

REPUBLIKA HRVATSKA
DRŽAVNI HIDROMETEOROLOŠKI ZAVOD
REPUBLIC OF CROATIA
METEOROLOGICAL AND HYDROLOGICAL SERVICE

**160 GODINA METEOROLOŠKIH MOTRENJA
I NJIHOVA PRIMJENA U HRVATSKOJ**

**160 YEARS OF METEOROLOGICAL
OBSERVATIONS AND THEIR APPLICATION IN CROATIA**

Zagreb, 2014.

UREDNIŠTVO / EDITORIAL BOARD

Odgovorni urednik / **Responsible editor**

Ivan Čačić

Glavni urednik / **Editor in chief**

Krešo Pandžić

Zvonko Žibrat

Urednički odbor / **Editorial board**

*Ante Dvornik, Marjana Gajić-Čapka, Dražen Glasnović, Milan Hodžić,
Branka Ivančan-Picek, Zvonimir Katušin, Jerko Kirigin, Janja Milković, Mirko Orlić,
Ivan Penzar, Milan Sijerković, Dušan Trninić, Vlasta Tutiš*

Grafičko-tehnički urednik / **Production editor**

Ivan Lukac

Lektor / **Revised by**

Vjeročka Ban, Ivančica Mihovilić

Prijevod / **English translation**

*Jasna Bilinić-Zubak, Andrija Bratanić, Zrinka Glasnović, Vesna Jurčec, Darija Jurčić,
Bojan Lipovščak, Andrea Pavelić Čajić, Iskra Pavlović, Nino Radetić, Nataša Strelec-Mahović,
Davor Tomšić, Vedrana Vojković Estatiev*

Izdavač / **Publisher**

Državni hidrometeorološki zavod

ISBN 978-953-7526-04-7

CIP zapis je dostupan u računalnome katalogu Nacionalne i sveučilišne knjižnice
u Zagrebu pod brojem 000903522

PREDGOVOR

Važnost meteoroloških motrenja sve više dolazi do izražaja nakon otkrića meteoroloških instrumenata, kada počinje razvoj meteorologije kao znanstvene discipline. Meteorološka motrenja su sustavno započela koncem 18. stoljeća i to najprije u - Europi. Kako je Hrvatska tada pripadala jednoj od tadašnjih svjetskih sila, tj. *Austrougarskoj Monarhiji*, razumljivo je njeno razmjerno rano uključivanje u tadašnji meteorološki motriteljski sustav. Dapače, prve naznake meteorologije na području današnje Hrvatske javljaju se znatno ranije, već u antičko doba. Autor najstarijih hrvatskih meteoroloških rasprava jest Herman Dalmatin podrijetlom iz središnje Istre (oko 1110. - oko 1143). Začeci meteoroloških instrumentalnih mjerenja u Hrvatskoj sporadički se pojavljuju dvadesetak godina prije nego je Galilei konstruirao termometar na tekućinu 1611. Započeo ih je liječnik Santorio Santorio (1561.-1636.), rodom iz Kopra, koji je između 1587. i 1599. godine boravio na posjedima knezova Frankopana u Kvarneru. On je prvi konstruirao uređaj za mjerenje brzine vjetera.

Pored sporadičnih meteoroloških motrenja u drugim mjestima, prvim regularnim motrenjem u Hrvatskoj smatra se ono u *Dubrovniku*, započeto 1851. godine. Nažalost, ta je meteorološka postaja kasnije imala prekide u radu. Najstarija postaja s neprekidnim motrenjima u Hrvatskoj je Zagreb-Grič. Na toj postaji motrenja su započela krajem 1861. godine. Osim Zagreb-Griča, postoji još nekoliko postaja u Hrvatskoj sa stoljetnim nizovima meteoroloških podataka. To su: *Osijek*, *Požega*, *Gospić*, *Crikvenica* i *Hvar*. Svi podaci s navedenih postaja pohranjeni su i na magnetni medij pa se njima može lakše koristiti u raznim istraživanjima, na primjer klimatskih promjena.

Do osnutka *Državnog hidrometeorološkog zavoda* (DHMZ) 1947. godine (tadašnji naziv

PREFACE

With the appearance of meteorological instruments and the development of meteorology as a science, meteorological observations started gaining the importance. The beginning of regular meteorological observations dates back to the late 18th century and it primarily took place in Europe. Since Croatia was a part of the Austro-Hungarian Monarchy, which was a world power at the time, it was included in the meteorological observation in those early days. The very beginnings of weather observations on the territory of the present Croatia can be traced back to ancient times. Croatian author of the oldest meteorological discussion is Herman Dalmatin, of the origin of Middle Istria (cca 1110 to cca 1143). Beginnings of meteorological instrumental measurements in Croatia sporadically occur some twenty years before Galilei designed thermometer with liquid in 1611. They begun by the physician Santorio Santorio (1561-1636), native of Koper, who between 1587 and 1599 stayed at estates of princes Frankopan on the Gulf of Quarnero. He has also made the first instrument for measurement of wind speed.

Sporadic meteorological observations were conducted all over the country, but the observation station in Dubrovnik, established in 1851, can still be considered as the first regular observation station. This station unfortunately did not operate continuously. The oldest Croatian station operating continuously was the Zagreb-Grič, established in 1861. Apart from the Zagreb-Grič, there is a number of stations in Croatia which have a long tradition of collecting meteorological data: Osijek, Požega, Gospić, Crikvenica and Hvar. All the data recorded at the above stations are saved on a magnetic media and can thus be used in different researches, such as the research of climatic changes.

Before the establishment of the Meteorological and Hydrological Service of Croatia in 1947, meteorological observations were con-

Uprava za hidrometeorološku službu) meteorološka motrenja su obavljana u sastavu *Geofizičkog zavoda* koji danas djeluje u okviru Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Do osamostaljenja Hrvatske, 1991. godine, meteorološka služba u Hrvatskoj bila je sastavni dio meteorološke službe bivše *Jugoslavije*. Od 1992. godine Hrvatska je članica *Svjetske meteorološke organizacije* (World Meteorological Organization - WMO), koja je sljednica Međunarodne meteorološke organizacije iz 1873. godine. Godine 1994. Hrvatska postaje članica *Regionalnog centra za numeričko modeliranje u srednjoj Europi* (Regional Centre Limited Area Modelling for Central Europe - RC LACE), godine 1995. postaje pridružena članica *Europskog centra za srednjoročne prognoze vremena* (European Centre for Medium Range Weather Forecasts - ECMWF). 2002. godine postaje pridružena članica *Europske agencije za iskorištavanje meteoroloških satelita* (European Agency for Exploitation of Meteorological Satellites - EUMETSAT), a punopravna zemlja članica postaje 2007. godine. Također, Hrvatska je od 2007. godine punopravna članica EUMETNET-a (European Meteorological Network) i ECOMET-a (The Economic Interest Grouping of the National Meteorological Services of the European Economic Area).

Danas u Hrvatskoj, u nadležnosti DHMZ-a, radi 40 glavnih meteoroloških postaja (6 u nadležnosti *Hrvatske kontrole zračne plovidbe*), 104 klimatološke i 341 kišomjerna postaja, dvije radiosondažne i 8 radarskih postaja.

Na *Prirodoslovno-matematičkom fakultetu* Sveučilišta u Zagrebu školuju se visokoobrazovani kadrovi (meteorolozi), a u *Srednjoj šumarskoj školi* u Karlovcu jedan razred ima program obrazovanja za *meteorološkog tehničara*.

U ovoj publikaciji bit će detaljnije prikazan razvoj motriteljskog meteorološkog sustava u Hrvatskoj od davnih sporadičnih mjerenja do danas. Najstarije razdoblje razmatra

ducted by the Geophysical Institute, which is now a department of the Faculty of Science in Zagreb. Before Croatia gained independence in 1991, its meteorological service had been a part of the meteorological service in the former Yugoslavia. Since 1992, Croatia has been a member of the World Meteorological Organisation which is successor of International Meteorological Organization founded in 1873. In 1994, Croatia joined the RC LACE (Regional Centre Limited Area Modelling for Central Europe), in 1995 it became an associate member of ECMWF (European Centre for Medium Range Weather Forecasts) and, in 2002, an associate member of EUMETSAT (European Agency for Exploitation of Meteorological Satellites) and full member in 2007.

Croatia, since 2007, is a number of EUMETNET-a (European Meteorological Network) and ECOMET-a (The Economic Interest Grouping of the National Meteorological Services of the European Economic Area).

Today, the Croatian meteorological network under the jurisdiction of the Meteorological and Hydrological Service of Croatia consists of 40 main meteorological stations (6 of them is operated by the Croatian Air Traffic Control Administration), 104 climatological and 341 rain-gauge stations, 2 radio-sonde and 8 radar stations.

The Faculty of Science in Zagreb offers degree courses for meteorologists, while the Secondary School for Forestry in Karlovac has an educational programme for meteorological technician.

This publication will deal in more details with the development of the observation meteorological system in Croatia from the early sporadic observations till today. The very beginnings are discussed in Chapter One, whereas Chapter Two deals with the period from 1947-2012, including the World Weather Watch programme. Chapter Three describes the way in which the data obtained by meteorological observations are used in different fields of meteorology: climatology, weather forecast, marine, aeronautical and

se u prvom poglavlju. U drugom je poglavlju obuhvaćeno razdoblje 1947.-2012., uključujući i program *Svjetsko meteorološko bdijenje* (World Weather Watch-WWW). U trećem je poglavlju opisana upotreba proizvoda meteoroloških motrenja u različitim granama meteorologije: *praćenju klime, vremenskoj prognozi, pomorskoj, zrakoplovnoj i tehničkoj meteorologiji* te u *hidrologiji i oceanografiji*. U dodacima su kratki opisi motrenja u susjednim zemljama: *Austriji, Bosni i Hercegovini, Mađarskoj i Sloveniji* te detaljan popis klimatoloških postaja u Hrvatskoj.

technical meteorology, hydrology and oceanography. The annexes include a short description of meteorological observations in the neighbouring countries (Austria, Bosnia and Herzegovina, Hungary and Slovenia) as well as a complete list of climatological stations in Croatia.



Ivan Čačić

Ravnatelj / Director

mr. sc. Ivan Čačić

SADRŽAJ / CONTENTS

1. POVIJESNI PREGLED DO 1947. GODINE	11
1. HISTORICAL REVIEW UP TO 1947	11
<i>Ivan Penzar, Milan Sijerković</i>	
1.1. Meteorološke bilješke, opažanja i prva saznanja	11
1.1 Meteorological notes, observations and first knowledges	11
1.2. Počeci sporadičnih mjerenja	17
1.2 Beginnings of sporadic observations	17
1.3. Osnutak i razvoj mreže meteoroloških postaja	19
1.3 Founding and development of the meteorological station network	19
1.3.1. Razdoblje od sredine 19. stoljeća do I. svjetskog rata (1851.-1914.)	19
1.3.1 Period from the middle of 19th century to World War I (1851-1914)	19
1.3.2. Razdoblje od početka I. do svršetka II. svjetskog rata	25
1.3.2 Period from the beginning of the World War I to the end of World War II	25
1.3.3. Povijest mreže meteoroloških postaja različitih namjena	28
1.3.3 The history of meteorological station network for different purposes	28
1.3.4. Meteorološka postaja u Dubrovniku	30
1.3.4 Meteorological station in Dubrovnik	30
1.3.5. Meteorološka postaja u Zagrebu	31
1.3.5 Meteorological station in Zagreb	31
1.4. Povijest meteorološke znanosti i prakse	33
1.4 The History of meteorological science and practice	33
1.4.1. Počeci meteorološke struke	33
1.4.1 The beginnings of meteorological profession	33
1.4.2. Razvoj meteorološke znanosti i prakse	36
1.4.2 The development of meteorological science and practice	36
2. METEOROLOŠKA MOTRENJA U RAZDOBLJU 1947.-2012.	49
2. METEOROLOGICAL OBSERVATIONS BETWEEN 1947 TO 2012	49
2.1. In situ meteorološka motrenja	49
2.1 Meteorological observations in situ	49
<i>Zvonimir Katušin, Davor Tomšić, Zvonko Žibrat</i>	
2.1.1. Mreža prizemnih meteoroloških postaja s pretežito klasičnim instrumentima	49
2.1.1 Network of surface meteorological stations with mainly classical instrumentations	49

2.1.2. Automatska prizemna meteorološka mjerenja	60
2.1.2 Automatic surface meteorological observations	60
2.1.3. Visinska meteorološka mjerenja	72
2.1.3 Upper-air measurements	72
2.2. Daljinska motrenja	76
2.2 Remote sensing	76
<i>Dušan Bižić, Ivan Čačić, Tomislav Kovačić, Bojan Lipovščak, Nataša Strelec-Mahović</i>	
2.2.1. Radarska motrenja	77
2.2.1 Radar observations	77
2.2.2. Motrenja sa satelita	85
2.2.2 Satellite observations	85
2.3. Svjetsko meteorološko bdijenje	92
2.3 World Weather Watch	91
<i>Dražen Glasnović, Branka Ivančan-Picek, Vladimir Malović, Krešo Pandžić</i>	
3. UPOTREBA PODATAKA METEOROLOŠKIH MOTRENJA	97
3. THE USE OF METEOROLOGICAL OBSERVATION DATA	97
3.1. Meteorologija	97
3.1 Meteorology	97
<i>Alica Bajić, Ksenija Cindrić Kalin, Lidija Cvitan, Marjana Gajić-Čapka, Dražen Glasnović, Milan Hodžić, Branka Ivančan-Picek, Dijana Klarić, Blaženka Matjačić, Janja Milković, Krešo Pandžić, Mirta Patarčić, Melita Perčec Tadić, Ružica Popović, Alen Sajko, Renata Sokol-Jurković, Katarina Stanković, Nataša Strelec-Mahović, Vlasta Tutiš, Sonja Vidić, Marko Vučetić, Višnjica Vučetić, Ksenija Zaninović, Drago Žaja</i>	
3.1.1. Praćenje klime	97
3.1.1 Climate monitoring	97
3.1.2. Vremenska prognoza	115
3.1.2 Weather forecasting	115
3.1.3. Pomorska meteorologija	138
3.1.3 Marine meteorology	138
3.1.4. Zrakoplovna meteorologija	146
3.1.4 Aeronautical meteorology	146
3.1.5. Primijenjena meteorologija	150
3.1.5 Applied meteorology	150
3.1.6. Razvoj i istraživanje	179
3.1.6 Research and development	179
3.2. Hidrologija	191
3.2 Hydrology	191
<i>Dušan Trninić</i>	

3.3. Oceanografija	193
3.3 Oceanography	193
<i>Mirko Orlić</i>	
3.3.1. Djelovanje tlaka zraka i tangencijalne napetosti vjetra na more	194
3.3.1 Action of the atmospheric pressure and tangential wind stress onto sea	194
3.3.2. Odziv mora na djelovanje površinskih protoka topline i vlage	201
3.3.2 Sea response on action of the surface heat and humidity flows	202
3.3.3. Zaključak	204
3.3.3 Conclusion	205
 DODACI / ANNEXES	
A. Meteorološka motrenja u susjednim državama	207
A. Meteorological observations in neighboring countries	207
<i>Peter Steinhauser (A1), Muhamed Muminović (A2), Ivan Mersich (A3), Filip Stucin (A4)</i>	
B. Popis klimatoloških postaja u Hrvatskoj za razdoblje 1945.-2012.	217
B. List of climatological stations in Croatia for the period 1945-2012.....	217
<i>Jerko Kirigin, Ines Srzić</i>	
 Reference	 225
References	225
Popis skraćenica	239
List of abbreviations	239

1. POVIJESNI PREGLED DO 1947. GODINE

Meteorološka motrenja objedinjuju dvije vrste podataka, i to vizualna opažanja vremenskih pojava kao što su oblaci, vjetar, oborina, atmosferske optičke i akustičke pojave, nepogode i slično, te instrumentalne podatke o temperaturi, vlažnosti i tlaku zraka, smjeru i brzini vjetra, količini pale oborine, o osunčavanju i slično. Takva kompleksna motrenja započela su u svijetu koncem 18. stoljeća, a u Hrvatskoj u prvoj četvrtini 19. stoljeća.

Vizualna opažanja i praćenja vremena bez upotrebe instrumenata provodila su se sporadično diljem svijeta praktički od pamtivijeka. U Hrvatskoj su bilješke o vremenu starije od dva tisućljeća. Nalazimo ih u samostanskim i gradskim ljetopisima, u izvješćima o povijesnim događajima, u opisima bitaka, putopisima, liječničkim biltenima i drugdje.

Pored opažackog i mjenog meteorološkog materijala od davnine postoje i brojne meteorološke rasprave i djela filozofskog, znanstvenog i stručnog sadržaja sačuvane u rukopisnom obliku ili objavljene. Među autorima takvih djela ističu se i mnogi ljudi iz naših krajeva. Jedni su djelovali i proslavili se u domovini, a drugi u stranom svijetu, osobito u Italiji, Mađarskoj i Austriji. Neki od naših autora pojedine meteorološke teme obrađivali su usput ili su samo komentirali tuđe teorije, drugi su ih korigirali i usklađivali s novijim spoznajama i poznatim činjenicama ili su iznosili svoje mišljenje i davali svoje teorije. Naše autore uglavnom možemo kronološki podijeliti u tri skupine i to: 1. one koji su djelovali do svršetka 18. stoljeća, tj. u doba kad se meteorologija kao struka još nije počela razvijati pa ih možemo smatrati pretečama meteorologa, 2. one koji su tu struku kao pioniri počeli graditi i razvijati u nas tijekom 19. stoljeća i 3. one koji su razvijali meteorologiju kao egzaktnu znanost.

1.1. Meteorološke bilješke, opažanja i prva saznanja

Najstariji zapisi o vremenskim prilikama na području Hrvatske potječu iz grčkog i rimskog doba. Nakon dolaska Hrvata u svoju postojbinu zapisi o vremenu javljaju se od 9. stoljeća nadalje (Penzar, Penzar, 1997.; Penzar et al, 2001.). U prvom redu to su podaci o osobito hladnim zimama

1. HISTORICAL REVIEW UP TO 1947

Meteorological observations unite two kinds of data - visual observations of weather phenomena such as clouds, wind, precipitation, atmospheric optical and acoustic phenomena, storms, etc. and instrumental data on air temperature, humidity and pressure, wind direction and speed, precipitation amount, on insolation and the like. In the world such complex observations began at the end of 18th century and in Croatia in the first quarter of 19th century.

Visual observation and weather monitoring with no use of instruments were performed sporadically and periodically across the world. In Croatia notes on weather are older than two milleniums. They are found in monastery and town annales, in reports on historic events, battle descriptions, travel records, medical bulletins and elsewhere.

Since ancient times, besides the observed and measured meteorological material there have been numerous tractats and works with philosophical, scientific and professional contents, preserved as manuscripts or published. Among the authors of such works there are many people from our country. Some of them worked and became famous in their homeland and others abroad, especially in Italy, Hungary and Austria. Some of our authors treated some meteorological themes by the way or just made comments on someone else's theories, the others corrected and updated them with the recent knowledges and familiar facts or gave their opinion and offered their own theories. Generally, our authors can be chronologically divided into three groups: 1 - those acting until the end of 18th century, i.e. in the period when meteorology as a profession had not started to develop yet, so they may be considered as predecessors of meteorologists, 2 - those, who started to build up this profession as pioneers and to develop it in our country during 19th century and 3 - those, who were developing meteorology as an exact science.

1.1 Meteorological notes, observations and first knowledges

The oldest records on weather conditions for the area of Croatia were originated in the Greek and Roman period. After the arrival of Croats into their homeland, the records on weather appeared since 9th century and further on (Penzar, Penzar, 1997, 2001). Primarily these data on especially cold winters and bad weather on Adriatic in some

i o lošem vremenu na Jadranu u nekim situacijama. Tako se opisuje nepovoljno vrijeme kad je papa Aleksandar III putovao iz Vieste u Veneciju u ožujku 1177., pa je nepredviđeno bio prisiljen zaustaviti se na otocima Palagruži i Visu. Postoje također opisi zadarskog plemića **Pavla Pavlovića** o tuči 23. veljače 1402., o pojavi halo oko Sunca 11. svibnja 1404., te o suši i hladnoći iste godine i naredne zime. Bura i sjevernjak puhali su tada više od sto dana, more uz obalu i otoke bilo je zaledeno, a ptice, žabe i ribe su se smrzavale. U ožujku 1405. čitav kraj oko Zadra prekrila je gusta magla, a istodobno je zavladała epidemija silnoga kašlja, glavobolje i groznice. Podatke o hladnim zimama 1616., 1620. i 1621., kad se vino u kaležima na oltaru smrzavalo, sadrži dnevnik što su ga vodili članovi kaptola na Krku. Dragocjene opise vremena nalazimo nadalje u zapisima makarskih franjevaca **Pavla Šilobadovića, Nikole Gojaka, Petra Antulovića i Andrije Ivičevića** od 1662. do 1794. (Soldo, 1993.; Penzar, Penzar 1997.). Bilješke o vremenu mogu se također naći u kronikama drugih samostana diljem Hrvatske. Tako su poznate one fra **Marijana Lanosovića** pisane u Baču, Našicama, Osijeku i Slavonskom Brodu. Među njima se ističe pravi meteorološki dnevnik o vremenu u Osijeku što ga je Lanosović vodio tijekom 1769. godine (Penzar, Penzar, 1985.). U prvoj polovini 19. stoljeća meteorološki je dnevnik vodio i župnik **Randić** u Crikvenici. U Osijeku meteorološke zapise ostavio je i **S. K. Redlstein** u razdoblju od 1804. do 1832. On, primjerice, navodi da je 3. kolovoza 1813. od 11 do 12 sati padao snijeg, da je 7. srpnja 1821. nevrijeme s tučom u Kukujevcima pobilo marvu i 500 ovaca, da je na Božić te godine bilo tako toplo da su objedovali u vrtu, da je na Veliku Gospu 1823. bilo strašno grmljavinsko nevrijeme te je kuglasta munja opustošila župnu crkvu u Tvrdi, da ujesen 1826. nije pala kiša 75 dana, a krajem rujna je bilo tako hladno da se voda smrzavala (Sršan, 1997.).

Zapise o vremenu pravili su i javni liječnici. Tako su gradski, podžupanijski i županijski fizici o svojim opažanjima bili dužni izvještavati u redovnim godišnjim zdravstvenim izvješćima prema zakonskoj odredbi od 7. lipnja 1784. Takva praksa potrajala je sve do pred kraj 19. stoljeća. Na taj način prikupljen je obilni materijal iz preko dvadeset mjesta u Hrvatskoj. On se uglavnom čuva u Državnom arhivu ili u županijskim i regionalnim arhivima. Koliko nam je poznato, dosad još nitko nije sustavno istražio taj materijal. Do ove prilike saznali smo za mnoge takve izvještaje od kojih za primjer navodimo izvještaje

situations. So, the bad weather was described, as Pope Alexander III travelled from Vieste to Venice in March 1177 and was unintentionally forced to make a stop on islands of Palagruža and Vis. There are also descriptions on hail of Feb. 23, 1402, on halo phenomenon around the Sun on May 11, 1404, and on the drought and coldness in the same year and the next winter by the Zadar nobleman **Pavao Pavlović**. Bora and north wind blew for more than hundred days, the sea along the coast and islands was frozen and the birds, frogs and fish froze too. In March 1405 the whole surrounding of Zadar was in dense fog and simultaneously there was an epidemic of heavy cough, headache and fever. Data on cold winters in 1616, 1620 and 1621, as the wine was freezing in calices on altars are contained in the diary written by the members of canons of Krk. Precious weather descriptions are also found in notes of Franciscans from Makarska, such as **Pavao Šilobadović, Nikola Gojak, Petar Antulović and Andrija Ivičević** from 1662 to 1794 (Soldo, 1993, Penzar, Penzar 1997). Notes on weather can be also found in chronicles of other monasteries across Croatia. So, those of Fra **Marijan Lanosović** made in Bač, Našice, Osijek and Slavonski Brod are known. Among them there is a real meteorological diary on weather in Osijek, written by Lanosović during 1769 (Penzar, Penzar, 1985). In the first half of 19th century a meteorological diary was written also by the priest **Randić**, a priest in Crikvenica. In Osijek, meteorological notes were also left by **S. K. Redlstein** for the period from 1804 to 1832. He, for instance, cited that it was snowing on August 3, 1813 between 11 and 12 a.m., that on July 7, 1821 a thunderstorm with hail killed livestock and 500 sheep in Kukujevci, that on Christmas the same year it was so warm, that people had their lunch in garden, that on Assumption of the Virgin Mary in 1823, there was a terrible thunderstorm and the ball lightning devastated the parish church in Tvrdi, that in the fall 1826 there was no rain for 75 days, and by the end of September it was so cold that the water was freezing (Sršan, 1997).

Records on weather were made also by public physicians. So, the town, subcounty and county physicians were obliged to report in their regular annual medical reports, following the legal decision of June 7, 1784. Such a practice lasted until the end of 19th century. In such a way, a lot of material was collected from more than twenty places in Croatia. It is generally preserved in State Archives or in county or regional archives. As far as we known, up to now nobody has systematically investigated that material yet. Until now we have got

liječnika: J. Bajamontija (Andreis, 1974.; Milčetić, 1912.) iz Hvara od 1785. do 1790; J. Derenčina iz Križevaca za 1877. (Lukačević); M. Krčelića iz Osijeka za 1785.; I. K. Lalanguea iz Varaždina za 1785.; L. Pluskala iz Križevaca za 1785. i M. Fabya iz Zagreba za 1785. (Barbarić, Šojat, 1989.), te Milkovića iz Zagreba za 1825/26. (Laszowski, 1994.). Uglavnom smo ih sve razmotrili. Iz njih je vidljivo kako su meteorološki opisi vrlo kratki i općeniti. Prikazani su kronološki po mjesecima, dijelovima mjeseca ili čak po danima. Pojedini liječnici nisu samo pratili vrijeme po službenoj dužnosti nego su i samoinicijativno nabavljali instrumentalnu opremu i vrlo požrtvovno redovno motrili, primjerice dr. Tiller (1842. u Rijeci) i dr. Blauhorn (1856. u Osijeku). U drugim mjestima gdje su već proradile meteorološke postaje liječnici su dopunjavali svoja izvješća podacima dobivenim mjerenjima na tim postajama (Derenčin u Križevcima, Kalivoda u Sr. Mitrovici). Takvi pojedinačni brojčani podaci preuzeti iz regularnih motrenja za meteorologiju kao struku nemaju značenja.

Autor najstarijih hrvatskih meteoroloških rasprava jest **Herman Dalmatin** podrijetlom iz središnje Istre (oko 1110. - oko 1143.). On je s arapskog na latinski 1138. godine preveo djelo pod nazivom *Prognostica* ili *Fatidica*, gdje se na temelju djelovanja Sunca i planeta predviđaju opći životni uvjeti kao što su nerodna godina, glad i slično. Izvorno je pak napisao (oko 1140.) raspravu o kišama, *Liber imbrum*. To je svojevrsni priručnik s razrađenim iskustvenim pravilima istočnjačkih znanstvenika (indijskih, babilonskih i arapskih), te grčke znanosti o predviđanju oborinskih pljuskova, nevremena i mirne kiše na temelju astroloških odnosa Sunca i planeta. Kao primjer navodimo pravilo: *Ako se Sunce nalazi u Vodenjaku, a Mjesec mu se približava ili je smješten u protivnom stupnju, i ako se Venera nalazi na istom mjestu, doći će u tom satu do kiše* (Dadić, 1990.).

Prvi opis dvaju karakterističnih tipova vremena u Dubrovniku (kad puše bura, odnosno kad puše jugo) dao je **Filip de Diversis**, talijanski učitelj u tom gradu od 1434. do 1441. (Božić, 1973.). Imena vjetrova na Jadranu koje su upotrebljavali pomorci ostavio je **Benedikt Kotruljević** (1416.-1469.) u svom rukopisu *De navigatione* (Cotrullis, 1464.). Po njemu je jugo najčešći vjetar na Jadranu. Najstariji opis nekih meteoroloških pojava (kiša, duga, grom) na hrvatskom daje se u tzv. *Hrvatskom lucidaru* iz 15. stoljeća. To je prijevod jednog leksikona s češkog. Sačuvan je glagoljski

the knowledge of many such reports of which the examples written by doctors are listed below: J. Bajamonti (Andreis, 1974; Milčetić, 1912) from Hvar from 1785 to 1790; J. Derenčin from Križevci for 1877 (Lukačević); M. Krčelić from Osijek for 1785; I. K. Lalangue from Varaždin for 1785; L. Pluskal from Križevci for 1785 and M. Faby from Zagreb for 1785 (Barbarić, Šojat, 1989), and Milković from Zagreb for 1825/26 (Laszowski, 1994). Mainly they have all been all considered. From them it is obvious how the meteorological descriptions are very short and general. They are presented chronologically by months, parts of months or even by days. Not only that some physicians monitored the weather by their official duty, but they were also acquiring instrumental equipment on their own initiative and regularly very consciously observed, as Dr. Tiller (1842 in Rijeka) and Dr. Blauhorn (1856 in Osijek). In other places, where already meteorological stations operated the physicians supplemented their reports with data, measured at those stations (Derenčin in Križevci, Kalivoda in Sr. Mitrovica). Such single numerical data taken from the regular observations, have no significance for meteorological profession.

Croatian author of the oldest meteorological discussion is **Herman Dalmatin**, of the origin of Middle Istria (cca 1110 to cca 1143). In 1138, he translated from Arab to Latin a work titled "*Prognostica* or *Fatidica*", where based on the interaction of Sun and planets, the general life conditions like unfertile year, hunger and similar are foreseen. Originally, he wrote (about 1140) a dissertation on rains, called "*Liber imbrum*". It is a certain handbook with elaborated experienced rules of oriental scientists (Indian, Babylonian and Arab) and of the Greek science on foreseeing precipitation showers, storms and steady rain, based on astrological relations between the Sun and planets. As an example, the rule should be quoted: "*If the Sun is situated in Aquarius and the Moon is closing to or is located in opposite degree and if Venus is on the same place, in that hour there will be rain*" (Dadić, 1990).

The first description of two characteristic weather types in Dubrovnik (when "Bora" blows and when "Jugo" blows), was given by **Filip de Diversis**, an Italian teacher in that town from 1434 to 1441. (Božić, 1973). The names of winds over Adriatic, used by navigators, were left by **Benedikt Kotruljević** (1416-1469) in his manuscript "*De navigatione*" (Cotrullis, 1464). According to him "Jugo" (Sirocco) is the most frequent wind on the Adriatic. The oldest description of some meteorological phenomena (rain, rainbow, thunderbolt) was

prijepis u knjižnici samostana sv. Magdalene u Dubašnici na otoku Krku. Dubrovčanin **Nikola Nalješković** (1510.-1587.) raspravlja o klimatskim zonama i predlaže da se cijela Zemlja po zemljopisnoj širini podijeli na 96 pojasa (Nale, 1579.). Njegov sugrađanin **Nikola Vitov Gučetić** (1549.-1610.) napisao je i objavio prvu sustavnu meteorološku raspravu u nas (Gozze di, 1584., 1585.). On se potpuno drži Aristotelova tumačenja o zraku, vihoru, munji, tuči, snijegu, rosi, kiši, dugi i drugim pojavama. Na Aristotelovim principima pokušava objasniti pomoću suhog i mokrog isparavanja zašto vjetar puše iz špilje Vjetrenice u Popovu polju, a ne puše iz špilje Šipun kraj Cavtata. U to vrijeme djelovao je u Dubrovniku i u Bologni liječnik, diplomat i u svoje doba slavni kozmograf **Lujo Đurašević** (oko 1529.-1565.). Koliko je poznato, ostavio je barem dva rukopisa u kojima raspravlja o meteorološkim pojmovima (Georgirio, sred. 16. st. a i Georgirio, sred. 16. st. b). U 10. glavi svojih *Kozmografskih komentara* raspravlja o vjetrovima, a u 19. i 20. o podjeli klima na Zemlji. On predlaže podjelu na 38 klimatskih pojasa. Iz rasprave o vjetrovima se vidi da je bio oštrouman opažatelj, koji se pri objašnjavanju pojava nije slijepo držao teorija opće priznatih autoriteta. Tako na konkretnim primjerima pobija Aristotela tvrdeći ispravno da svojstva vjetrova nisu univerzalna, nego ovise o podlozi preko koje vjetar puše. U toj raspravi, nadalje navodi imena vjetrova na šest europskih jezika, od kojih je jedno "ilirsko", tj. slavensko nazivlje. Ta je imena protumačio na latinskom, a glase redom za 16 smjerova vjetra: *sjever, bura, kozomor, ježilo, sunčani, južina, jug, zimunić, poludanji, jesenić, munjalo, znuša, zapadni, vihar, proljetni*. Osim toga govori i o smorcu, koji naziva *platine*, zatim spominje *bijeli jug* (suho jugo ili palac), te *pijavicu* ili *srdu* (Penzar, Penzar, 1998.). Đuraševiću neki istraživači pripisuju i djelo o liječenju onih koji su rođeni u dubrovačkoj klimi *De ratione medendi eos qui sub climate ragusae nati sunt*. To je djelo izgubljeno za vrijeme požara nakon katastrofalnog dubrovačkog potresa 1667.

Velikan svjetske znanosti **Franjo Petriš**, rodom iz Cresa (1529.-1597.), bio je liječnik i profesor filozofije u Ferrari i Rimu. U svojoj *Novoj filozofiji* (Patritius, 1591.) između ostaloga raspravlja o zraku, vjetru, toplini, plimi i oseki. Bio je radikalni protivnik Aristotelovih shvaćanja, njegove prirodne filozofije, jer se nisu slagala s opažanjima. Time je utirao put novim shvaćanjima u europskoj znanosti (Dadić, 1994.). Petriš, između ostaloga, smatra da su sunčana svjetlost i

given in the so-called "*Hrvatski Lucidar*" from 15th century. It is a translation of a lexicon in Czech. Its glagolitic transcription was preserved in the library of St. Magdalena monastery in Dubašnica on the island of Krk. **Nikola Nalješković** (1510-1587) of Dubrovnik discussed climate zones and suggested to divide the whole Earth into 96 strips by latitude (Nale, 1579). His fellow citizen **Nikola Vitov Gučetić** (1549-1610) has written and published the first systematic meteorological treatise in our region (Gozze di, 1584, 1585). He fully stood by Aristotle's interpretation on the air, whirlwind, lightning, hail, snow, dew, rain, rainbow and other phenomena. On the basis of Aristotle's principles, he tried to explain using dry and wet evaporation why the wind blows from the Vjetrenica cave in Popovo polje and does not from the Šipun cave near Cavtat. In Dubrovnik and Bologna acted physician, diplomat and in famous cosmographer **Lujo Đurašević** (cca 1529-1565). He left at least two manuscripts in which he discussed meteorological terms (Georgirio, Middle of 16th century a Georgirio, Middle of 16th century b). In the tenth chapter of his "*Cosmographic Comments*" he discussed winds and in the 19th and 20th the climate distribution on the Earth. He proposed a division into 38 climatic zones. In the treatise on winds it is obvious, that he was a clever observer who explaining phenomena did not blindly stand by the theories of generally acknowledged authorities. In concrete examples he contested Aristotle, correctly claiming that the wind characteristics are not universal, but they depend on the ground over which the wind blows. In that treatise further, he cited wind names in six European languages of which one is "Illyric", i.e. Slavonic terminology. He interpreted these names in Latin and they are used for 16 directions respectively: *Sjever, Bura, Kozomor, Ježilo, Sunčani, Jug, Zimunić, Poludanji, Jesenić, Munjalo, Znuša, Zapadni, Vihar, Proljetni*. Besides, he also mentioned the sea breeze calling it *Platine*, then *Bijeli Jug* (dry "Jugo" or Palac) and *waterspout* or *Srda* (Penzar, Penzar, 1998). Some investigators are ascribing to Đurašević also a work on healing those who were born in Dubrovnik climate called "*De ratione medendi eos qui sub climate ragusae nati sunt*". This work was lost during the fire following the disastrous earthquake in Dubrovnik in 1667.

Franjo Petriš (1529-1597), a great mind of the global science was born in Cres. He was a physician and professor of philosophy in Ferrara and Rome. In his "*New Philosophy*" (Patritius, 1591), among other things he discussed the air, wind, heat, tide and ebb. He was a radical opponent to Aristotle's understanding and his natural philoso-

toplina glavni agensi koji daju aktivnost prirodi. Za Zemlju tvrdi da nije savršena kugla, nego ima nepravilan oblik. Morske mijene i morske struje dovodi u vezu s toplinom, gustoćom i salinitetom morske vode. Sâm je promatrao strujanje vode u Osorskom tjesnacu i pojavu štriga ili seša u njemu. Dodaje da i vjetar može izazvati morske struje i poplavu obala, osobito u Veneciji. Petriš je, dakle, jedan od prvih naših znanstvenika koji je promatrao međusobno djelovanje atmosfere i mora.

Drugi velikan svjetske znanosti **Marko Antun de Dominis** (1560.-1624.) iz Raba, senjski biskup i splitski nadbiskup, poznati je fizičar koji se bavio optikom, pa među ostalim i tumačenjem duge (Dominis de, 1611.). Ispravno je objasnio nastanak glavne duge, a samo djelomično nastanak sporedne duge (Dadić, 1994.). Spominjemo nadalje dva znanstvenika koji su radili na primjeni alternativnih izvora energije. Jedan od njih je **Faust Vrančić** (1551.-1617.), biskup, diplomat i autor brojnih izuma. Podrijetlom je iz Šibenika. U svom djelu o novim strojevima (Verantis, 1615.) dao je između ostaloga nacрте mlinova na vođeni i vjetreni pogon, te na plimu i oseku, a i projekt padobrana. Pokuse s padobranom je i sâm provodio. Drugi je **Marin Getaldić** (1568.-1626.), dubrovački matematičar. Izrađivao je parabolična zrcala i s njima eksperimentirao kako bi pomoću sunca zapalio vatru na velikoj udaljenosti, posebno na neprijateljskim brodovima u slučaju pomorske opsade. Jedno se Getaldićevo zrcalo čuva u Pomorskom muzeju u Greenwichu. Getaldić je također riješio geometrijski problem kako izmjeriti veličinu Zemlje uz pretpostavku da je ona kugla koju opisuje površina mirnog mora (Ghetaldi, 1630.). Smrt ga je spriječila da takvo mjerenje i provede.

Zastarjelo astrološko shvaćanje da nebeska tijela svojim skrivenim moćima uzrokuju suše, poplave, studeni, nepogode te da utječu na plodnost polja zastupao je još u 17. stoljeću **Juraj Dubrovčanin** ili Georgius Raguseius (1579.-1622.). Bio je profesor filozofije u Padovi. Među znanstvenicima koji su se u to vrijeme još uglavnom držali Aristotelove filozofije je i dubrovački matematičar **Stjepan Gradić**, isusovac (1613.-1683.). U svom djelu o zasadama peripatetičke filozofije on komentira Aristotelovu knjigu o meteorima, tj. o meteorološkim pojavama (Gradi, oko 1634.). Znameniti dubrovački pjesnik, književnik, filozof i povjesnik **Ignjat Đurđević** (1675.-1737.) zanimao se matematikom i fizikom, pa i meteorologijom. Pisao je o

phy, because they did not agree with observations. Thus he made a way for new understandings in the European science (Dadić, 1994). Petriš regarded the solar light and heat to be main agents giving the activity to the nature. He claimed that Earth is not a perfect globe, but it has an irregular form. Tides and sea currents are brought in a relation with heat, density and salinity of the sea water. He himself observed the water flow in Osor Strait and appearance of Štriga and seiches in it. He also added that the wind can cause sea currents and coast flooding, especially in Venice. So, Petriš is one of our first scientists observing the interaction of the atmosphere and the sea.

Another great mind of the global science, **Marko Antun de Dominis** (1560-1624) from Rab, bishop of Senj and archbishop of Split, was a well known physicist dealing with optics and also with interpretation of rainbow (Dominis de, 1611). He correctly explained the origin of the primary rainbow, and only partially the origin of the secondary rainbow (Dadić, 1994). Now we are going to mention the next two scientists working on application of alternative energy sources. One of them is **Faust Vrančić** (1551-1617), a bishop, diplomat and designer of numerous inventions. He was from Šibenik by his origin. In his work on new machines (Verantis, 1615) he made drafts of water and wind powered mills and also tide powered, and a project of parachute, too. He was also doing the experiments with parachute himself. Another one is **Marin Getaldić** (1568-1626), a mathematician from Dubrovnik. He was making parabolic mirrors and experimenting with them to make a fire at the great distance using the sunlight, especially on enemy ships in the case of the naval siege. One of Getaldić's mirrors is kept in the marine museum in Greenwich. Getaldić also solved the geometrical problem on how to measure the Earth's size, assuming it to be a globe described by the surface of calm sea (Ghetaldi 1630). His death prevented him to carry on such a measurement.

The obsolete astrological understanding that the celestial bodies are causing droughts, floods, coldness, storms and influencing the fertility of fields was represented in 17th century by **Juraj Dubrovčanin** or Georgius Raguseius (1579-1622). He was a professor of philosophy in Padua. Among the scientists still standing by the Aristotle's philosophy at that time there was **Stjepan Gradić** S.J. (1613-1683) from Dubrovnik.. In his work on the principles of peripathetic philosophy, he made comments on Aristotle's book on meteora, i.e. on meteorological phenomena (Gradi, cca 1634). **Ignjat Đurđević** (1675-1737) a famous poet,

nazivima vjetrova i crtežima prikazao pet vjetrovnica¹. Usporedba Kotruljevićevih, Đuraševićevih, Gučetićevih i Đurđevićevih naziva za 16 smjerova vjetra pokazuje da se tijekom stoljeća pojedini naziv nije uvijek pridijevao istom smjeru vjetra, što bi trebalo uvažavati prilikom prijevoda tekstova s latinskoga ili grčkoga na hrvatski. Trogiranin **Ivan Lučić** (1604.-1679.), pisac prve hrvatske povjesnice (Lucius, 1666., 1667., 1668.), upozorava na čestu istodobnu pojavu suprotnih vjetrova (juga i bure), a s tim u vezi i suprotnih morskih struja oko rta Ploče što može biti opasno za plovidbu. Spominje također etezije kao stalni ljetni vjetar koji ubrzava plovidbu od Istre prema Otrantu.

Buru na hrvatskoj obali Jadrana kao vjetar opasan za tamošnje stanovništvo i plovidbu spominju u svojim putopisima i prikazima Dalmacije brojni strani autori već od rimskog doba. Pritom se iz stoljeća u stoljeće ponavljaju netočne tvrdnje kako stanovništvo može duž Jadrana po želji izazvati buru paljenjem vatre i stvaranjem dima i kako bura nastaje u špiljama. Nalazimo ih, primjerice, u **Plinija** (23.-79.) iz Koma i **Fortisa** (1747.-1803.) iz Padove. Sinjanin **Ivan Lovrić** (oko 1754.-1777.) suprotstavlja se takvom mišljenju (Plinius, 1844.; Fortis, 1984.; Lovrić, 1948.).

Svestrani hrvatski prirodoslovac i svjetskoga glasa **Josip Ruđer Bošković** (1711.-1786.), isusovac iz Dubrovnika, raspravljao je i o meteorološkim pojmovima kao što su tornada, pi-javice (Boschovich, 1749., 1766.), duga, polarna svjetlost, debljina atmosfere, paralaksa svjetlosti i drugo. Razmatrao je i utjecaj promjene atmosferskog tlaka i temperature na hod ura njihalica. O Boškovićevim znanstvenim dostignućima i o drugim meteorološkim pojmovima pjevali su dubrovački latinisti **Benedikt Stay** ili Stojković (1717.-1801.) i **Brno Džamanjić** ili Zamanja (1735.-1820.) u svojim poučnim pjesmama i tako širili nove spoznaje, a sâm Bošković je tome dodavao svoje opsežne bilješke i dopunska tumačenja. U 18. stoljeću u stranom su svijetu djelovali i sveučilišni profesori **Ignjat Martinović** (1755.-1795.) i **Josip Franjo Domin** (1754.-1819.). Prvi je predavao prirodoslovlje u Budimu i Lavovu i bio dvorski kemičar u Beču. Pogubljen je kao sudionik jakobinske urote. U svojim je radovima na meteorološke teme raspravljao o optičkim pojavama (1781.) i debljini atmosfere

writer, philosopher and historian of Dubrovnik, was interested in mathematics and physics, as well as in meteorology. He was writing about wind names and through drawings he presented five wind roses¹. A comparison of 16 wind direction names by Kotruljević, Đurašević, Gučetić and Đurđević, shows that during centuries a particular name was not always given to the same wind direction, which should be taken into consideration in translating texts from Latin and Greek into Croatian. **Ivan Lučić** of Trogir (1604-1679), the author of the first Croatian history (Lucius 1666, 1667, 1668) pointed out to the frequent simultaneous appearance of opposite winds ("Jugo" and Bora) and relating to it, also of opposite sea currents around Ploče cape which may be dangerous for sailing. He also mentioned Ethesian winds as steady summer winds speeding up the sailing from Istria toward Otrant.

Bora on the Croatian coast of the Adriatic as a dangerous wind for local population and had been mentioned by numerous foreign authors in their travel descriptions and surveys of Dalmatia since Roman times on. The untrue claims of how the people could deliberately provoke Bora by fire and making smoke along the Adriatic that Bora originates in caves, had been repeated one century to another. They are found, for instance, in **Pliny** (23-79) from Como and **Fortis** (1747-1803) from Padua. **Ivan Lovrić** (cca 1754-1777) from Sinj opposes such opinion (Plinius, 1844; **Fortis**, 1984; Lovrić, 1948).

Josip Ruđer Bošković (1711-1786), the Croatian universal natural scientist of worldwide fame and a Jesuit from Dubrovnik, discussed meteorological terms like tornados, waterspouts (Boschovich, 1749, 1766), rainbow, polar light, height of the atmosphere, parallax of light and others. He considered also the influence of changes in the atmospheric pressure and temperature on the course of pendulum clocks. The **Benedictine Stay** or Stojković (1717-1801) and **Brno Džamanjić** or Zamanja (1735-1820), the latinists from Dubrovnik, wrote poetry on Bošković's scientific achievements and on other meteorological terms, spreading new ideas in their didactical poems. Bošković himself was adding to it his ample notes and additional interpretations. In 18th century, **Ignjat Martinović** (1755-1795) and **Josip Franjo Domin** (1754-1819), the university professors, worked abroad. The first was teaching natural sciences in Buda and Lviv and he was a court chemist in Vienna. He was executed as a participant in a Jacobine conspiracy. In his papers on meteorological themes, he discussed optical phe-

¹ Kopije tih vjetrovnica iz Đurđevićevog rukopisa *Questiones physico-mathematicae* ljubazno nam je stavio na raspolaganje prof. dr. Ivica Martinović.

¹ Copies of these wind roses from Đurđević's manuscript "Questiones physico-mathematicae", has friendly been given us by Prof. Dr. Ivica Martinović.

(1785.). Domin, zagrebački kanonik i profesor fizike u Pešti, bio je član europskih znanstvenih akademija i društava. Napisao je više djela iz fizike i kemije. Istraživao je načine liječenja pomoću statičkog atmosferskog elektriciteta. Godine 1784. provodio je pokuse s malim zračnim balonima punjenim vodikom. Raspravljao je također o sprječavanju tuče pomoću zvonjenja (1786.) pa smatra da bi zvuk zvana prije mogao izazvati nego li spriječiti munje i tuču.

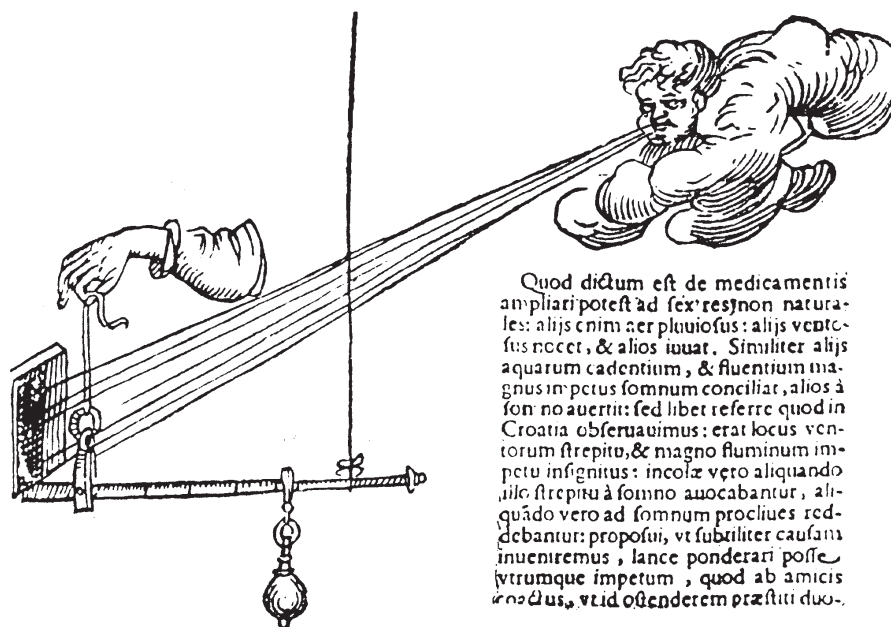
1.2. Počeci sporadičnih mjerenja

Začeci meteoroloških instrumentalnih mjerenja u Hrvatskoj sporadično se pojavljuju dvadesetak godina prije nego je Galilei konstruirao termometar na tekućinu 1611. Započeo ih je liječnik **Santorio Santorio** (1561.-1636.), rodom iz Kopra, koji je između 1587. i 1599. boravio na posjedima knezova Frankopana u Kvarneru i drugdje. Ondje je iskusio djelovanje bure na ljudski organizam pa je odlučio i kvantitativno ocijeniti učinke udara vjetera na zdrave i bolesne osobe. Za tu svrhu sam je načinio anemometar na vagu (slika 1.1.), termoskop i higroskop kojima je određivao koliko se razlikuju toplina i zasićenost zraka izdahnutoga iz pluća bolesnika i zdrave osobe. Opis instrumenata i metodu rada je objavio (1625.).

nomena (1781) and height of the atmosphere (1785). Domin, the canon in Zagreb and professor of physics in Pest, was a member of European scientific academies and societies. He wrote several papers on physics and chemistry. He investigated the ways of healing using static atmospheric electricity. In 1784 he made experiments with small air balloons filled with hydrogen. He discussed preventing hail by ringing church bells (1786) and he considered that the sound of bells would rather provoke than prevent lightnings and hail.

1.2 Beginnings of sporadic observations

Beginnings of meteorological instrumental measurements in Croatia sporadically occur some twenty years before Galilei designed thermometer with liquid in 1611. They begun by the physician **Santorio Santorio** (1561-1636), native of Koper, who between 1587 and 1599 stayed at estates of princes Frankopan on the Gulf of Quarnero and elsewhere. There he experienced impact of Bora on human organism and he decided also to evaluate quantitatively effects of wind squalls on healthy and sick persons. For this purpose he made himself a balance anemometer (Figure 1.1), thermoscope and hygroscope and with them he determined how much are differing warmth and saturation of the air breathed out the lungs of a sick and



Slika 1.1. Santorijeva anemometarska vaga s tekstom iz kojega se vidi da je mjerenja provodio u Hrvatskoj

Figure 1.1 Santorio's anemometric balance with a text showing that the measurements were carried out in Croatia

Već spomenuti povjesničar **I. Lučić** posjedovao je termometar i oporučno ga je 1674. ostavio Petru Božidareviću. Nije nam poznato da je igdje u Hrvatskoj tim instrumentom bila mjerena temperatura zraka.

Prva organizirana međunarodna mreža meteoroloških postaja radila je krajem 18. stoljeća (1781.-1785.) pod nadzorom akademije u Mannheimu (Societas Meteorologica Palatina). Društvo je osnovano radi točnijega razumijevanja utjecaja vremena na poljodjelstvo i zdravstvo. Mjerenja su se provodila tri puta dnevno na 57 postaja od Sibira, preko Europe, do Sjeverne Amerike. U toj mreži nije bila ni jedna postaja iz Hrvatske, ali je Zagrepčanin **Franjo Bruna** (1745.-1817.), isusovac, astronom, sveučilišni profesor i rektor u Budimu, motrio na tamošnjoj zvjezdarnici za tu službu devet godina.

Prvi izmjereni meteorološki podatak na našem tlu, za koji se zna iz novinskih izvještaja, dao je **Krsto Mazarović**, rodom iz Kotora, 15. prosinca 1789. u Zagrebu, kad se je balonom punjenim toplim zrakom podignuo iznad tornja zagrebačke katedrale. Da bi odredio visinu do koje se popeo, mjerio je barometrom tlak zraka na toj visini i na tlu prije polijetanja.

U već spomenutom osječkom dnevniku **Sebastijana Karla Redlsteina** navedene su brojne vrijednosti temperature zraka izmjerene u Osijeku od 1809. godine dalje. Primjerice, za Božić 1812. bilo je -18 °C, 25. siječnja te zime -19 °C, u veljači 1829. (od 9. do 14.) temperatura se kretala od -22 do -25 °C, a 20. srpnja 1846. izmjereno je 36 °C u hladu (a 40 °C na suncu!).

Posebnu skupinu čine meteorološka mjerenja na otoku Mljetu od 1823. do 1825. onih dana kad su se čule podzemne tutnjave (Stulli, 1823; Partsch, 1826.; Kišpatić, 1891.). Motritelj je bio **Ivan Benedikt Getaldić**, a postaja se nalazila uz Upravu otoka Mljeta u Babinom polju. On je tijekom mjesec dana (od 15. listopada do 15. studenog 1823.) prvi u Hrvatskoj provodio motrenja u tri termina dnevno. Mjerio je atmosferski tlak te temperaturu i vlažnost zraka, a uz to je određivao izgled neba i vjetar. Ustanovljeno je da nema veze između podzemnih tutnjava i atmosferskoga stanja. Kad su prestale podzemne tutnjave, instrumenti su najvjerojatnije preneseni u Dubrovnik, gdje su služili za povremena mjerenja na dane kad se osjetio potres. Takve podatke navodi Kišpatić (1891.) prema dubrovačkim izvješćima od Perreya.

Zagrebačke novine *Agramer politische Zeitung* opisujući jaku zimu 1829/30. navode poda-

healthy person. He published description of the instruments and working method (1625).

Already mentioned historian **I. Lučić** possessed a thermometer and by will he left it to Petar Božidarević in 1674. It is not known if anywhere in Croatia the air temperature was measured using this instrument.

First organized international network of meteorological stations was operative by the end of 18th century (1781-1785) under supervision of the academy in Mannheim (Societas Meteorologica Palatina). The society was founded with a goal to give more accurate understanding of weather influence on agriculture and health. Measurements were made three times a day on 57 stations from Siberia across Europe up to North America. In this network there was not a single station in Croatia, but **Franjo Bruna** (1745-1817), a Jesuit from Zagreb, astronomer, university professor and rector in Buda, made observations at the astronomical observatory there for this service during nine years.

First measured meteorological datum in our area, for which it is known from the newspaper reports, was made by **Krsto Mazarović**, native of Kotor, on Dec.15, 1789 in Zagreb, as he ascended in a balloon filled with warm air above the belltower of Zagreb cathedral. To determine the height to which he ascended he measured air pressure using a barometer at that height and on the ground before ascending. In already mentioned Osijek log of **Sebastijan Karl Redlstein** many air temperature values are listed, measured in Osijek since 1809. For instance, on Christmas 1812 it was -18 °C and on Jan.25 of that winter -19 °C, in February 1829 from 9 to 14 the temperature fluctuated from -22 to -25, on July 20, 1846 it was measured 36 °C.

A separate group are representing meteorological observations on island of Mljet from 1823 to 1825 on days when underground thunder was heard (Stulli, 1823; Partsch, 1826; Kišpatić, 1891). The observer was **Ivan Benedikt Getaldić** and the station was located at the Direction of the island Mljet in Babino Polje. He carried out during a month (from Oct.15 to Nov.15, 1823) first in Croatia observations in three observing hours a day. He measured atmospheric pressure and air temperature and humidity and besides he determined aspect of the sky and wind. It was stated that there is no link between the underground thunder and the state of the atmosphere. When the underground thunder ceased the instruments most probably were brought to Dubrovnik where they were used for periodic measurements on the days when an earthquake was felt. Such data are cited by Kišpatić (1891) after Dubrovnik reports of Perrey.

Zagreb newspaper *Agramer politische Zeitung* describing severe winter 1829/30 cite a datum that

tak da je temperatura krajem prosinca bila -25 °C. Iste su novine 1841. i 1842. u svakom broju objavljivale podatke o tlaku, temperaturi, vjetru, izgledu neba, vodostaju Save te o vremenu izlaska i zalaska Sunca u Zagrebu. Do sada nije poznato tko je bio motritelj, a ne zna se ni položaj postaje.

Podatke o temperaturi, tlaku, vjetru i izgledu neba objavljivale su i zadarske novine *Gazzetta di Zara* od 1832. do 1850., pod kraj toga razdoblja čak s dvije postaje. Postaja s duljim nizom mjerenja bila je na liceju, gdje je profesor **Pegger** motrio dva puta dnevno (u 6 i 14 sati). Treba napomenuti da su se meteorološka motrenja 1845. godine sustavno obavljala, osim u Zadru, još i u Splitu, Dubrovniku i Kotoru. Mjesečne i godišnje srednjake tih podataka objavio je **Frane Carrara** (1846.). Od njega potječe i vjeran prikaz klime Dalmacije koji se osniva na dugogodišnjim iskustvenim spoznajama.

U Rijeci su također tamošnje novine od 1843. do 1845. objavljivale vrijednosti temperature i tlaka koje je mjerio liječnik **N. Tiller** na Nautičkoj školi u 8 i 16 sati. U Osijeku je od 1856. do 1865. samoinicijativno mjerio liječnik **Blauhorn** u tri termina dnevno. On je svoje podatke redovno dostavljao u Zagreb (Penz, 1866), ali se ne zna gdje su oni sada.

Svi navedeni motritelji iz prve polovice 19. stoljeća radili su prema svojim mogućnostima, bez nekih općih uputa i bez kontrole instrumenata. Zbog toga izmjereni podaci imaju samo povijesnu, ali ne i znanstvenu meteorološku vrijednost. Oni su samo dokaz o želji pojedinaca da upoznaju vrijeme i njegova stanja u svom kraju, a i o njihovoj ljubavi prema prirodi i o spremnosti da uz osobna odricanja što dulje ustraju u toj volonterskoj djelatnosti.

Sredinom 19. stoljeća započeo je razvoj mreže regularnih meteoroloških motrenja u Hrvatskoj. Tako je Vladin građevinski odsjek u tadašnjoj banskoj upravi osnovao svoju mrežu kišomjernih postaja i već je za 1851. izdao preglednu kartu sa srednjim godišnjim količinama oborine.

1.3. Osnutak i razvoj mreže meteoroloških postaja

1.3.1. Razdoblje od sredine 19. stoljeća do I. svjetskog rata (1851.-1914.)

Mreža službenih (regularnih) meteoroloških postaja u Hrvatskoj, kao što je spomenuto, počela se osnivati u drugoj polovici 19. stoljeća. To je bilo povezano s općim okolnostima razvoja meteo-

the temperature by the end of December was -25 °C. The same newspaper published during 1841 and 1842 in every number data of pressure, temperature, wind and aspect of the sky, water level of Sava river and the times of the sunrise and sunset at Zagreb. Up to now it is not known who was observer and where was the location of the station.

Data on temperature, pressure, wind and aspect of the sky were published also in Zadar newspaper *Gazzetta di Zara* from 1832 to 1850, at the end of this period even from two stations. The station with longer series was at the high school for girls, where professor **Pegger** observed twice a day (at 6 a.m. and 2 p.m.). It should be noted that the meteorological observations in 1845 were systematically made except in Zadar also in Split, Dubrovnik and Kotor. Monthly and annual means of these data were published by **Frane Carrara** (1846). From him originates also a true presentation of the climate of Dalmatia based on long term empirical cognitions.

In Rijeka the local newspaper was bringing from 1843 to 1845 the values of temperature and pressure measured by physician **N. Tiller** at Naval school at 8 a.m. and 4 p.m.. In Osijek from 1856 to 1865 the physician **Blauhorn** measured on its own at three observation hours a day. He sent his data regularly in Zagreb (Penz, 1866), but it is not known where they are now.

All these observers in the first half of 19th century worked to their possibilities without some general instructions and without instrument checking. Therefore the measured data have only historical, but not the scientific meteorological value. They are only a proof of willingness of particular persons to know weather and its state in their region and also of their love for nature and of their readiness to persist much longer in this voluntary activity.

By the middle of 19th century began development of a network of regular meteorological observations in Croatia. So the Government's building department in the banal (country) administration founded its network of precipitation stations and already for 1851 published a survey map of mean annual precipitation amounts.

1.3 Founding and development of the meteorological station network

1.3.1 Period from the middle of 19th century to World War I (1851- 1914)

The network of regular meteorological stations in Croatia was founded in thesecond half of 19th century. It was related to general circumstances of development in meteorology in Europe and abroad.

rologije u Europi, a i šire. Naime, sredinom 19. stoljeća toliko se povećao broj meteoroloških postaja što su ih osnivali zaljubljenici u meteorologiju, da su učeni ljudi u pojedinim zemljama spoznali kako njihovu radu valja posvetiti doličnu pozornost. Trebalo je uvesti više reda u način i vrijeme obavljanja motrenja, u smještaj postaja i vrstu sprava za meteorološka mjerenja. Zato se počinju organizirati skupine ili mreže meteoroloških postaja koje trebaju omogućiti stjecanje pouzdanih i cjelovitih znanja o vremenu i klimi. Uspostavljaju se i ustanove koje će skrbiti o radu meteoroloških postaja.

Prvi poznati poticaj za osnutak mreže meteoroloških postaja u Hrvatskoj može se pripisati novčarskom savjetniku Danielu pl. Stanisavljeviću iz Zagreba (Penzar, Penzar, 1978.). Dana 4. prosinca 1849. on je uputio prijedlog austrijskoj Akademiji znanosti u Beču o tome. Predlagao je, za početak, uspostavljanje postaja u Karlovcu, Malom Alanu, Maljevcu, Rijeci, Varaždinu, Zavalju i, dakako, Zagrebu. Razlog za takav izbor postaja je to što je Stanisavljević u naznačenim mjestima našao osobe koje su bile voljne prihvatiti se motriteljskog posla! Akademija, koja je tada bila jedina ustanova kojoj su se meteorološki zanesenjaci mogli obratiti za pomoć, odnosno za dobivanje potrebnih meteoroloških sprava, odbila je Stanisavljevićev prijedlog. Ona je, naime, kanila osnivati meteorološke postaje uz postojeće poštanske urede. Međutim, tu razboritu nakanu (podaci motrenja bi se iz poštanskih ureda lako mogli dostavljati središnjoj službi) nije bilo jednostavno provesti u djelo.

Unatoč takvim početnim nesporazumima i nesuglasticama, mreža meteoroloških postaja u Hrvatskoj osnivala se po uzoru na austrijsku meteorološku službu i u njezinu okrilju. Ona je opskrbljivala postaje u Hrvatskoj instrumentima i uputama za rad, a izmjerene je podatke i druge vremenske informacije provjeravala i redovito objavljivala u svojim godišnjacima. Odgovorna ustanova bila je *Središnji zavod za meteorologiju i geomagnetizam* u Beču (Central Anstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus), koji je utemeljen 1851. godine. Prema njegovu godišnjaku za 1848., te je godine u Austriji radila 31 postaja. U godišnjaku za 1852. objavljeni su i podaci prve meteorološke postaje u Hrvatskoj koja je radila po uputama iz Beča.

Prva službena meteorološka postaja u Hrvatskoj osnovana je 1851. u Dubrovniku. Nalazila se u zgradi gimnazije, a motrenja je obavljao gimnazijski profesor Ivan de Bortoli.

Namely, by the middle of 19 century so much augmented the number of meteorological stations, being founded by meteorological fans, that the learned people in single countries became aware that to their work an appropriate attention should be given. It was necessary to make more order in the way and time of carrying observations, in locating stations and kind of equipment for meteorological measurements. Therefore there begun to be organized groups or networks of meteorological stations which should enable acquiring reliable and complete knowledge on weather and climate. The institutions were established which would take care of operation of meteorological stations were established. First known initiative to found a network of meteorological stations in Croatia may be attributed to a financial adviser Daniel noble Stanisavljević from Zagreb (Penzar, Penzar, 1978). On Dec.4, 1849 he directed the proposition about it to Austrian Academy of Sciences in Vienna. He suggested, as the begin, to establish stations in Karlovac, Mali Alan, Maljevac, Rijeka, Varaždin, Zavalje and, of course, Zagreb. The reason for such a choice of stations was the fact that in designed places he found persons willing to take over observational job! Academy, then being the only institution to which meteorological fanatics could turn for help respectively for obtaining necessary meteorological apparatus, refused Stanisavljević's proposition. It, namely, intended to found meteorological stations at existing postal offices. Meanwhile that reasonable intention (observation data could be from postal offices easily transmitted to the central service) was not easy to carry out.

In spite of such initial disagreements and misunderstanding the network of meteorological stations in Croatia was being founded following the model of Austrian meteorological service and in its patronage. It supplied the stations in Croatia with instruments and working instructions and it checked the measured data and other weather information and regularly published in its yearbooks. The responsible institution was *Central Institute for Meteorology and Geomagnetism in Vienna* (Central Anstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus) established in 1851. After its yearbook for 1848 in that year in Austria were operative 31 stations. In the yearbook for 1852 were published also data of the first meteorological station in Croatia operating after instructions from Vienna.

First official meteorological station in Croatia was founded in 1851 in Dubrovnik. It was located in the building of the High School (Gymnasium) and observations were carried out by its professor Ivan

Godine 1853. osnovane su dvije postaje: u Zagrebu i Staroj Gradiški. Meteorološka postaja u Zagrebu počela je raditi 18. veljače, a bila je smještena u Gornjem gradu (sadašnja Opatička 18). Postaja je utemeljena zalaganjem već spomenutog Stanisavljevića, koji je bio i motritelj na njoj. U Novoj Gradiški motrenja je obavljao poručnik Gold, a za njezin osnutak zaslužan je generalmajor Uffenberg.

Godine 1854. (prvi su podaci objavljeni za rujan) utemeljena je meteorološka postaja u Zadru. Motrenja obavljaju poštanski činovnici.

Godinu dana poslije toga, 1855. godine (prvi podaci su objavljeni za veljaču), počela je raditi meteorološka postaja u Korčuli, a prvi je motritelj bio kanonik Ivan Zaffron.

Vis dobiva meteorološku postaju u svibnju 1857., ali ona iste godine (16. listopada) prestaje raditi. Motritelj je bio Franjo Krema.

Godine 1858., 1. ožujka, utemeljena je postaja u Hvaru, a njezin je utemeljitelj i dugogodišnji motritelj (do 1899.) bio glasoviti hrvatski prirodoslovac Grgur Bučić, po profesiji poštanski činovnik.

Sljedeće godine, 1859., osnivaju se tri meteorološke postaje: u Osijeku, Splitu i Varaždinu. U Osijeku se postaja nalazila u osječkoj Tvrđi, i to u vrtu vojne bolnice. Prvi je motritelj bio vojni službenik Ulmann. U Splitu je prvi motritelj Ivan de Bortoli, koji je tamo očito premješten iz Dubrovnika. U Varaždinu motrenja obavlja profesor F. Folprecht.

Na kraju prvog desetljeća postojanja mreže meteoroloških postaja, godine 1860., utemeljena je meteorološka postaja u Rijeci, a prvi je motritelj bio profesor I. Penz.

Broj meteoroloških postaja do svršetka 19. stoljeća povećavao se neprestance, premda je često bilo i obustave motrenja, ponajčešće zbog preseljenja motritelja. Do 1900. godine na području Hrvatske bilo je utemeljeno ukupno 168 postaja i uz to još 23 postaje na područjima koja sada pripadaju susjednim državama. Broj naselja u kojima su se u 19. stoljeću obavljala motrenja na području Hrvatske iznosi 161. Nesukladnost broja postaja i naselja potječe odatle što je u pojedinim mjestima tijekom naznačenog razdoblja bilo nekoliko meteoroloških postaja koje su gdje (Dubrovnik, primjerice) radile istovremeno. Od ukupno 168 postavljenih postaja 24 su prestale raditi, pa je 1900. godine radilo 146 postaja.

Većina postaja uspostavljena je na poticaj pojedinih intelektualaca koji su od meteorološke

de Bortoli. In 1853 two stations were founded: in Zagreb and Stara Gradiška. The meteorological station in Zagreb got operational on Feb. 18 and it was located in Upper Town (now Opatička 18). The station was established by pleading of already mentioned Stanisavljević who was also the observer on it. In Stara Gradiška the observations were carried by lieutenant Gold and its founding is a merit of Major General Uffenberg.

In 1854 (first data were published for September) meteorological station in Zadar was founded. Observations were carried by postal officials.

A year after it, in 1855 (first data were published for February) meteorological station in Korčula became operative and its first observer was canon Ivan Zaffron.

Vis gets its meteorological station in May 1857, but it ceased its operation in the same year (on Oct. 16). Its observer was Franjo Krema.

In 1858, on March 1, meteorological station in Hvar was founded and its founder and observer for a long time (up to 1899) was famous Croatian naturalist Grgur Bučić, a postal clerk by profession.

In the next year 1859 three meteorological stations were founded: in Osijek, Split and Varaždin. In Osijek the station was in Tvrđa (Fort) in the garden of the military hospital. Its first observer was military official Ulmann. In Split the first observer was Ivan de Bortoli who was obviously moved there from Dubrovnik. In Varaždin the observations were carried by professor F. Folprecht.

At the end of the first decade with existence of the network of meteorological stations, in 1860, meteorological station in Rijeka was founded and its first observer was professor I. Penz.

The number of meteorological stations augmented steadily up to the end of 19th century, although there were frequent discontinuations of observations, mostly due to moving of observers. Up to 1900 on the territory of Croatia a total of 168 stations were founded and besides still 23 stations on territories belonging now to neighboring states. The number of settlements in which were carried meteorological observations on the territory of Croatia in 19th century amounts to 161. Discrepancy in the number of stations and settlements comes out because there were in some places during that period several meteorological stations operating sometimes (e.g. Dubrovnik) simultaneously. Of a total of 168 set stations 24 ceased to operate, so in 1900 were operating 146 stations.

središnjice zatražili i dobili instrumente i na taj se način uključili u službenu mrežu postaja. Pojedinci su meteorološke sprave dobili na drugi način, pa su počinjali motriti bez suradnje sa središnjicom, kojoj nisu dostavljali podatke te stoga oni nisu bili ni objavljeni. Takav je, primjerice, bio slučaj s P. L. Biankinijem iz Šibenika, koji je potaknuo mjerenja temperature i oborine u Drnišu, Kninu, Korčuli, Mokrinama, Ninu, Obrovcu, Podgori, Račišću, Šibeniku, Trogiru i Veloj Luci u razdoblju 1884.-1887., a podaci su naknadno dostavljeni u Beč radi objavljivanja. Dakako, i meteorološke središnjice nastojale su pronaći prikladne motritelje i opskrbiti ih instrumentima radi uspostave vremenskih motrenja. Meteorološke postaje u Petrinji, Lepoglavi i na Sljemenu, na Medvednici, osnovane su zaslugom prof. Ivana Stožira, motritelja i upravitelja Meteorološkog opservatorija u Zagrebu. Bilo je i postaja koje su utemeljile vojska, mornarica, ministarstvo građevine i druge ustanove koje su bile zainteresirane za podatke vremenskih motrenja.

Godine 1900. od ukupno 146 postaja koje su radile, kišomjernih, koje motre samo oborinu, bilo je 88. Zanimljivo je da su u početku kišomjerne postaje bile zapostavljene i utemeljene su razmjerno kasno u usporedbi s bolje opremljenim postajama. Prve su kišomjerne postaje postavljene u Istri. Takve je postaje u sjevernoj Hrvatskoj u nekoliko navrata (1877., 1887. i 1892.) osnivao građevinski odsjek Vlade u Zagrebu, kao što je već spomenuto.

Razumljivo je da su u svojem početku motrenja bila manje ujednačena nego sada. Dogovori i propisi o smještaju instrumenata, njihovu tipu, o terminima motrenja, jedinicama za pojedine meteorološke elemente te o nazivima i definiciji atmosferskih pojava nastajali su postupno. Tek su se godine 1870. ustalili Celzijevi stupnjevi i milimetri kao jedinice za mjerenje temperature te tlaka i količine oborine. Iste godine zamalo sve postaje obavljaju motrenja u 7, 14 i 21 sat, dok je prije jutarnje motrenje bilo u 6, 7 ili 8 sati, a večernje u 20, 21 i najčešće u 22 sata (Penzar, Penzar, 1978.).

Motritelje na meteorološkim postajama u 19. stoljeću možemo podijeliti u dvije skupine. Prvu čine učitelji, profesori, liječnici, ljekarnici, svećenici i općenito osobe koje su taj posao obavljale iz ljubavi prema prirodi i prirodnim znanostima. Kad bi takve osobe iz bilo kojeg razloga promijenile mjesto boravka, obično bi u drugome mjestu preuzimale ili počinjale vremenska motrenja. Primjerice, profesor de Bortoli je počeo motrenja

Most of the stations were founded by initiative of single individual intellectuals who asked from the meteorological central and obtained instruments and in such a way were included into the official network of stations. Some individuals obtained meteorological devices on another way, so they began to observe with no cooperation with the central to which they did not supplied data and therefore they were not published. Such a case was, for instance, with P. L. Biankini from Šibenik who initiated observations of temperature and precipitation in Drniš, Knin, Korčula, Mokrine, Nin, Obrovac, Podgora, Račišće, Šibenik, Trogir and Vela Luka in the period 1884-1887 and the data were later sent to Vienna for publication. Of course meteorological centers also made efforts to find appropriate observers and to supply them with instruments for establishing meteorological observations. Meteorological stations in Petrinja, Lepoglava and Sljeme on Medvednica mountain were founded owing to professor Ivan Stožir, observer and director of the Meteorological Observatory in Zagreb. There were also some stations founded by the army, navy, ministry of building and other institutions, interested in data of weather observations.

In 1900 of a total of 146 operative stations there were 88 precipitation stations measuring only precipitation. It is interesting that in the beginning precipitation stations were neglected and founded rather late compared with better equipped stations. First precipitation stations were set up in Istria. Such stations in northern Croatia repeatedly (1877, 1887 and 1892) were founded by building department of the government in Zagreb, as it was already mentioned.

It is understandable that in their beginnings observations were less standardized than now. Conventions and regulations on setting instruments, their type, observing hours, units for particular meteorological elements and names and definitions of atmospheric phenomena developed gradually. Only in 1870 were settled degrees Centigrade and millimeters as units for measuring temperature, pressure and precipitation amounts. In the same year almost all stations make observations at 7 a.m., 2 p.m. and 9 p.m., while earlier the morning observation took place at 6, 7 or 8 a.m. and evening observation at 8, 9 and mostly 10 p.m. (Penzar, Penzar, 1978).

Observers on the meteorological stations in 19th century can be divided into two groups. The first consists of teachers, professors, physicians, pharmacutists, priests and generally persons doing that job through love for nature and natural sci-

najprije u Dubrovniku, a zatim u Splitu. Profesor Penz je utemeljio postaju u Rijeci, a poslije je obavljao motrenja u Osijeku. Andrija Mohorovičić obavljao je motrenja u Bakru i Zagrebu, a profesor Antun Satler u Gospiću, Srijemskoj Mitrovici i Petrinji. Drugu skupinu motritelja čine članovi vojnih posada, poštanski i željeznički činovnici, svjetioničari, namještenici u poljoprivrednim i šumskim gospodarstvima i sl. Neki od njih koji su taj posao preuzeli po dužnosti nisu imali mnogo razumijevanja za meteorologiju, pa zato nisu redovito ili kvalitetno obavljali vremenska motrenja. Međutim, bilo je poprilično i onih koji su savjesno obavljali posao vremenskog motritelja, koji ih je tijekom vremena vjerojatno zainteresirao. U 19. stoljeću bilo je 18 osoba koje su posao vremenskog motritelja na meteorološkoj postaji višeg reda obavljali barem 10 godina.

U drugoj polovici 19. stoljeća bila je ukupno 21 postaja s neprekidnim nizovima vremenskih motrenja duljim od 15 godina, 17 s 20 godina ili duljim nizovima, a 4 s nizovima duljim od 30 godina. To su: Hvar (42 godine), Zagreb-Grič (39), Pula (36) i Rijeka (32).

Početkom 20. stoljeća, do I. svjetskog rata, broj se meteoroloških postaja nije zamjetno mijenjao. Pojedine su nove postaje počinjale s radom, ali su druge prestajale. Prije početka I. svjetskog rata u Hrvatskoj je bilo 35 postaja I. i II. reda i 80 kišomjernih (ukupno 115) (Volarić, Kempni, Lisac, 1990.).

S obzirom na upravu nad mrežom meteoroloških postaja, treba zaključiti da ona nije bila jedinstvena. Do 1870. većina je postaja bila pod nadzorom austrijske službe, a od 1871. do 1900. veliki dio postaja nadzirao je Središnji zavod za meteorologiju i geomagnetizam u Budimpešti, dok su postaje u Istri i Dalmaciji uglavnom imale upravu u Beču. Treći, manji dio postaja bio je pod upravom mornarice ili u privatnom vlasništvu.

Poslije dugotrajnog Mohorovičićevog nastojanja, zemaljska vlada je 15. siječnja 1901. godine donijela odluku o stavljanju svih postaja na području banske uprave pod nadzor Meteorološkog opservatorija Zagreb-Grič, kojemu je na čelu bio Andrija Mohorovičić (Penzar B. i suradnici, 1986.). On je odmah počeo provjeravati podatke i pripremati ih za objavljivanje. Mohorovičić upućuje cirkularno pismo svim motriteljima. Pohvaljuje poimence tridesetak dobrih postaja. Slijedi točan naputak o tome kako treba motriti i bilježiti podatke motrenja (slika 1.2.). U pismu je i sljedeća preporuka: „*Tko si tu moralnu dužnost preuzme, da nešto bilježi, neka to ili u redu bilježi ili*

ences. When such persons for any reason would change the place of their residence, usually they would take over or begin with weather observations in the other place. For instance, professor de Bortoli began with observations at first in Dubrovnik, then in Split. Professor Penz founded the station in Rijeka and later he made observations in Osijek. Andrija Mohorovičić made observations in Bakar and Zagreb and professor Antun Satler in Gospić, Srijemska Mitrovica and Petrinja. The other group of observers make members of military garrisons, postal and railroad clerks, lighthouse keepers, employees in agricultural and forest estates and similar. Some of them took this job as an official duty and they had not much understanding for meteorology and so they did not carry weather observations regularly or in a quality way. Meanwhile there were a lot of those who carried the work of the meteorological observer consciously getting with the time probably interested for. In 19th century there were 18 persons doing the job of weather observer on a meteorological station of higher order at least for 10 years. In the second half of 19th century was a total of 21 stations with a continuous series of weather observations longer than 15 years, 17 with 20 years or longer and 4 with series longer than 30 years. They are: Hvar (42 years), Zagreb-Grič (39), Pula (36) and Rijeka (32).

By the beginning of 20th century, up to the World War I, the number of meteorological stations did not change considerably. Some new stations were beginning to operate, but the others ceased. Before the beginning of the World War I there were in Croatia 35 stations of Ist and IInd order and 80 precipitation stations (together 115) (Volarić, Kempni, Lisac, 1990).

Regarding the management of operating the network of meteorological stations it should be concluded that it was not unique. Up to 1870 most of the stations were under supervision of the Austrian service and from 1871 to 1900 a great deal of stations was controlled by the Central Institute for Meteorology and Geomagnetism in Budapest, whereas as the stations in Istria and Dalmatia had their management mostly in Vienna. The third, lesser part, of stations was managed by the navy or private property.

After lasting Mohorovičić's insisting the country government made on Jan.15, 1901 decision to subdue all stations on the territory of Banal Croatia under jurisdiction of the Meteorological Observatory Zagreb-Grič headed by Andrija Mohorovičić (Penzar, B. et al., 1986). He immediately began checking data and preparing them for publication.

H. br. 59.105 z 1894.
kr. zem. vlada odjel. inženj.

Hemaljska vodojavna služba.

Naputak

za motrenje i bilježenje odnošaja led.

S. 1.

Svrha je naputka ovom, da glade motrenja odnošaja led u ustanovi i oznaci one izrazu, koje se kod događivanja odnošaja led u vodostaj „nik bezjavkahi, u nedeljnih izvješćih riekih vidokahi o ledu i urubnici“ „Opaske“ mjesečnih izkazah vodostajnih dnevnikah jednoličnim načinom svestrano rabiti imadu.

S. 2.

Motrenje odnošaja led ima odpočeti, kad se u zimsko doba pojave jui na rieci manje ledene ploče: sante i ili gomile sniega.
Ovaj manji pokret led ima se oznaciti s rieču: „ledotoč“

S. 3.

Kada se ledene ploče: sante i u velikoj množini nagomilaju ter posvema ili djelomice kastru površinu vode, tada se rabiti imadu sliedeće oznake: „jak ledotoč“, mjestimice stojeći led“, ili: „rieča je u cijeloj širini“, ili: „rieča je na $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$ kastru plovećim ledom“.

S. 4.

Kada se površina vode zaledi, ili se ploveći led zaustavi, tada se prema stanju ledne površine rabiti imaju sliedeće oznake: „rieča je zaledjena“, ili: „led stoji“.

S. 5.

Kada led stoji, tada se i debljina njegova izmjeriti ima te se u tu svrhu led prema potrebi na jednom mlinu, više različitih mjestih probiti ima a popriečna srednost nadjenih debljinah, u centimetih zaokružena, daje mjeru debljine led. Ako je led tako slab, da je na istom mjestu stajati i tako ga probiti, rabiti se ima oznaka: „led je slab, märe pako: „debljina led. cm.“

S. 6.

Kakvoća stojećega led ima se također motriti. Čvrsto zamrznuti svodi led oznaci se sa: „čvrsti led“, slabi i izrošeni led: sa: „slab led“. Pošto se trošenje led redovito najprije u matiči rieke

Slika 1.2. Naputak za motrenje i bilježenje pojave led koji je izradio Andrija Mohorovičić 1894. godine

Figure 1.2 Instruction for observation and registration of ice by Andrija Mohorovičić, 1894

uopće neka ne bilježi. Bolje je ništa nego loše“ (Penzar I., Sijerković, 1998.).

Pod takvim skrbnim nadzorom (Mohorovičić je osobno obišao zamalo sve meteorološke postaje) mreža je dobro radila i prikupljeni su vrlo kvalitetni podaci o vremenu u Hrvatskoj, što je bilo temelj za istraživanje klime. Godine 1911. Meteorološki opservatorij mijenja ime u *Kraljevski zemaljski zavod za meteorologiju i geodinamiku* u Zagrebu.

1.3.2. Razdoblje od početka I. do svršetka II. svjetskog rata

Prvi svjetski rat, od 1914. do 1918. godine, uzrokovao je prestanak rada mnogih postaja, gubitak instrumenata i podataka vremenskih motrenja. Oporavak mreže meteoroloških postaja bio je težak i vrlo spor.

Tadašnja novoformirana država Kraljevina Jugoslavija imala je, čini se, prečih briga od meteorološke službe. Tek potkraj 1922. u Beogradu je održana konferencija o organizaciji meteorološke službe. Druga je održana 1925., a treća u lipnju 1926. u Sarajevu. Tada je dogovoreno da će cijela služba biti podijeljena na 5 opservatorija (Zagreb, Beograd, Sarajevo, Ljubljana, Split), od kojih će svaki dobiti svoju mrežu na upravljanje. Mrežu je trebalo financirati Ministarstvo poljoprivrede i voda, a rad opservatorija (koji su trebali biti i znanstvene ustanove) Ministarstvo prosvjete (Marki, 1927.). Nažalost, ostvarivanje takva zaključka stručnjaka nije bilo lako.

Kad je godine 1925. Stjepan Škreb preuzeo upravu Geofizičkog zavoda u Zagrebu (kako se od 1921. godine nazivao Kraljevski zemaljski zavod za meteorologiju i geodinamiku), pod njegovim je nadzorom bilo ukupno 68 postaja, od čega 49 kišomjernih i 19 postaja višeg reda. One su uglavnom bile opremljene neispravnim spravama, a motritelji na njima nisu bili dovoljno stručni (Volarić, Kempni, Lisac, 1990.). Jedan, manji, dio postaja u Istri i na Jadranu pripao je Italiji, dok je većina postaja u Dalmaciji dospjela pod nadzor Meteorološkog opservatorija u Beogradu i Ratne mornarice. Potkraj 1926. Meteorološki opservatorij u Beogradu nadzirao je na hrvatskom području Jadrana rad 9 postaja višeg reda, a Ratna mornarica 8 postaja (Marki, 1927.).

Valja istaknuti da je beogradski opservatorij dobio upravu nad onim postajama koje je obnovio ili podigao poslije svršetka I. svjetskog rata, i to novcem koji je država dobila kao ratnu odštetu.

Mohorovičić sent a circular letter to all observers. He commends by name about thirty good stations. An exact instruction how the observational data should be measured and recorded follows (Figure 1.2). In the letter also stays the following recommendation: “Who is taking this moral duty to record something, he should record it either correctly or not at all. It is better nothing than bad.” (Penzar I., Sijerković, 1998). In 1911 Meteorological Observatory changed its name to *Royal Country Institute for Meteorology and Geodynamics* in Zagreb.

1.3.2 Period from the beginning of the World War I to the end of World War II

The World War I, from 1914 to 1918, caused ending of operation for many stations, loss of instrumentation and weather observation data. Recovery of the network of meteorological stations was difficult and very slow.

The newly formed state of Kingdom of Yugoslavia had, as it seems, more urgent worries than meteorological service. Only by the end of 1922 in Belgrade the conference was held organizing meteorological service was held. The second was held in 1925 and the third in June 1926 in Sarajevo. Then it was agreed upon that the whole service will be divided in 5 observatories (Zagreb, Belgrade, Sarajevo, Ljubljana, Split). The network should be financed by Ministry of Agriculture and Waters and the operation of observatories (which should be also scientific institutions) by Ministry of Education (Marki, 1927). Unfortunately realizing such a conclusion of experts was not easy.

When in 1925 Stjepan Škreb took over the management of the Geophysical Institute in Zagreb (as since 1921 Royal Country Institute for Meteorology and Geodynamics was renamed), under his control were 68 stations in total, of which 49 precipitation and 19 stations of higher order. They were mostly equipped with inaccurate instruments and the observers on them were not enough professional (Volarić, Kempni, Lisac, 1990). A smaller part of stations (in Istria and on the Adriatic) fell under Italy, whereas the majority of stations in Dalmatia came under control of the Meteorological Observatory in Belgrade and War Navy. By the end of 1926 the Meteorological Observatory in Belgrade controlled on the Croatian territory of the Adriatic operation of 9 stations of higher order and the War Navy 8 stations (Marki, 1927).

It should be pointed out that the Belgrade observatory got management of those stations which were renewed or set up after the World War I with the money obtained by the state as the war reparation.

Ratna je mornarica svoju skrb ostvarila najprije posredstvom Mornaričke meteorološke centrale, koja je utemeljena 1925. u Kumboru (Boka kotorska) u sastavu Mornaričkog vazduhoplovstva. Godine 1930. ta centrala prelazi u Split, na Opservatorij Marjan, koji je godine 1925. izgradila Općina Split. Godine 1931., zbog nedostatka općinskih financijskih sredstava za njegovo izdržavanje, Ratna mornarica preuzima Opservatorij. Preustrojem Hidrografskog instituta godine 1936., pomorska meteorološka služba s postajama višeg reda prelazi u njegovu nadležnost, a tako će ostati sve do početka II. svjetskog rata u Jugoslaviji u travnju 1941. Tada je pod njegovim nadzorom bilo 15 postaja na području Hrvatske (Sušak, Omišalj, Rab, Bonaster, Grpašćak, Žirje, Šibenik, Movar, Divulje, Split, Hvar, Vis, Vela Luka, Šipan, Dubrovnik) i Kumbor u Boki kotorskoj.

Godine 1926. na Jadranu je bilo i šezdesetak kišomjernih postaja od kojih su neke imale i termometar, koje je ustanovila negdašnja Inspekcija voda, a tada su pripadale pojedinim oblasnim županijama i služile potrebama poljodjelstva i hidrotehnike. Bilo je i nekoliko klimatoloških postaja pri proizvođačima duhana.

Poslije osnutka Banovine Hrvatske, 1939. godine, Geofizički je zavod preuzeo mrežu meteoroloških postaja u Dalmaciji (osim onih o kojima je skrbio Hidrografski institut), kao i postaja u Hercegovini i Bosanskoj Posavini.

Potkraj 1940. na području Hrvatske postojale su 53 postaje višeg reda (s motrenjima nekoliko meteoroloških elemenata, najmanje tri puta dnevno) i 137 kišomjernih (Sijerković, 1993.).

Tijekom II. svjetskog rata vremenska motrenja obavljaju se na nekoliko desetaka postaja na području tadašnje Nezavisne Države Hrvatske. Geofizički zavod provodi nadzor nad radom tih postaja, prikuplja i obrađuje podatke njihovih motrenja, uključujući postaje u Bosni, kao i pomorske i zrakoplovne postaje. Tek potkraj 1944. i 1945. godine, kad su ratni sukobi zahvatili cijelo područje Hrvatske, mnoge od tih postaja prestaju raditi, prekidajući dotadašnji niz meteoroloških motrenja. Postaje na većem dijelu Jadrana nisu bile u nadležnosti Geofizičkog zavoda, jer je taj dio hrvatskog područja okupirala Italija te su radile u okviru talijanske meteorološke službe ili vojske. Većina je postaja na okupiranom području prestala raditi poslije kapitulacije Italije u rujnu 1943.

The War Navy realized its care at first through Navy Meteorological Center founded in 1925 in Kumbor (Boka Kotorska) as a part of the Navy Air Force. In 1930 that center moved to Split to Observatory Marjan, built in 1925 by the Community of Split. In 1931 due to lack of communal finances for its support the War Navy took over the observatory. Through the reorganization of the Hydrographic Institute in 1936 the naval meteorological service with stations of higher order was turned to its competence, what will last all the way until beginning of the World War II in Yugoslavia in April 1941. Then were under its control 15 stations on the territory of Croatia (Sušak, Omišalj, Rab, Bonaster, Grpašćak, Žirje, Šibenik, Movar, Divulje, Split, Hvar, Vis, Vela Luka, Šipan, Dubrovnik) and also Kumbor in Boka Kotorska.

In 1926 on the Adriatic there were about sixty precipitation stations (of which some had also a thermometer) founded by former Water Inspection and they then belonged to particular regional counties and served for purposes of agriculture and hydrotechnics. There were also a few climatological stations with tobacco producers. Following founding of Banovina of Croatia in 1939 the Geophysical Institute took over the network of meteorological stations in Herzegovina and in Bosnian Posavina.

By the end of 1940 on the territory of Croatia there were 53 stations of higher order (observing several meteorological elements at least three times a day) and 137 precipitation stations (Sijerković, 1993).

During the World War II weather observations were carried on several tens of stations over the territory of then Independent State of Croatia. Geophysical Institute controlled operation of these stations, collected and processed the data of their observations including also stations in Bosnia, as well as naval and aeronautical stations. Only by the end of 1944 and in 1945, as the war conflicts took over the whole territory of Croatia, many of such stations ceased operating breaking the series of meteorological observations up to date. Stations on the major part of the Adriatic were not under competence of the Geophysical Institute because that part of the Croatian territory was occupied by Italy and they were operative under Italian meteorological service or army. The majority of stations on the occupied area ceased operating following the capitulation of Italy in September 1943.

When a part of antifascist alliance activities swept over our regions, on the liberated area a need for a meteorological service related to actions

Kad je dio aktivnosti Antifašističkog saveza zahvatio i naše krajeve, na oslobođenom području osjetila se potreba za meteorološkom službom s obzirom na akcije partizanskih mornaričkih snaga na Jadranu i na djelovanja savezničkog zrakoplovstva. Početkom ožujka 1944. u glavnom stožeru Narodnooslobodilačke vojske i partizanskih odreda (NOV PO) Hrvatske obavljana su vremenska motrenja bez uporabe sprava. U travnju 1944., a prema nalogu vrhovnog stožera, na otoku Visu uspostavljena je prva prava meteorološka postaja sa svim potrebnim spravama. Postaja je bila uključena u savezničku sinoptičku mrežu. U rujnu 1944. na Visu počinje raditi i radiosondažna postaja, ponajviše za potrebe savezničkog zrakoplovstva. Važnu ulogu u razvoju obnovljene meteorološke službe imao je ponovni osnutak Hidrografskog instituta potkraj 1943. Godinu dana poslije toga, u studenom 1944., Institut prelazi u oslobođeni Split, dobiva cjelovitiji ustroj te u svojem sastavu ima i meteorološku službu. Manjak stručnog osoblja donekle je riješen organiziranjem tečajeva za meteorološke tehničare, od kojih je prvi, s 27 polaznika, bio u ljeto 1944. u talijanskom Graviniju, a drugi, s 30 polaznika, u ožujku 1945. u Kaštelima. Oni su raspoređeni u zapovjedništvima većih vojnih jedinica, u vojnim zrakoplovnim lukama, u meteorološkom odsjeku Hidrografskog instituta i na ponovno uspostavljenim meteorološkim postajama na Jadranu. U svibnju 1945., kad je službeno završen II. svjetski rat, na hrvatskom dijelu Jadrana radilo je 13 postaja sa stručnim osobljem. To su bile postaje u Dubrovniku, Korčuli, Sućuraju, Hvaru, Visu, Splitu, Šibeniku, Zadru, Rabu, Senju, Lošinj, Rijeci i Labinu. Radom postaja rukovodio je meteorološki odsjek Hidrografskog instituta i tako je bilo do 1947. godine, kad je formirana jedinstvena Hidrometeorološka služba Jugoslavije. Od tada do 1952. naznačene su meteorološke postaje, zajedno s Pomorskim meteorološkim centrom koji je utemeljen 1947. i izdvojen iz Hidrografskog instituta, u sastavu Savezne uprave hidrometeorološke službe (Grakalić, 1977.).

Po završetku rata u nadležnosti Geofizičkog zavoda u Zagrebu ostalo je samo 16 klimatoloških i 52 kišomjerne postaje, koliko je preživjelo ratni vihor. Uređaji su bili dotrajali, mnogi su bili neispravni, a nedostajali su novi, pa zato ne iznenađuje što je 1946. kišomjernih postaja bilo još manje (samo 32!). Godine 1947. u Hrvatskoj radi 26 sinoptičkih (od kojih 13 na Jadranu), 21 klimatološka i 56 kišomjernih postaja (Sijerković, 1993.).

of Partisan naval forces on the Adriatic and to activity of allied air force was felt. In the beginning of March 1944 in the main staff of the Peoples Liberating Army and Partisan Squads of Croatia weather observations were made without use of apparatus. In April 1944 to the order of the supreme staff on the island of Vis first true meteorological station with all necessary instrumentation was established. The station was included into allied synoptic network. In September 1944 on Vis began to operate also an upper air station, mostly to meet needs of allied air force. An important role in development of renewed meteorological service had re-founding the Hydrographic Institute by the end of 1943. A year later, in November 1944, the institute moved to liberated Split, got a more complete organization and in its scope it had meteorological service too. Lack of the professional personnel to a certain degree was solved by organizing courses for meteorological technicians from which the first, with 27 participants, was held during the summer of 1944 in Italian Gravina, and the second, with 30 participants, in March 1945 in Kaštela. They were disposed in commands of major military units, on military airfields, in meteorological department of the Hydrographic Institute and on reestablished meteorological stations on the Adriatic. In May 1945, as the World War II officially ended, on the Croatian part of the Adriatic 13 stations with professional personnel were operating. They were stations in Dubrovnik, Korčula, Sućuraj, Hvar, Vis, Split, Šibenik, Zadar, Rab, Senj, Lošinj, Rijeka and Labin. The operation of the stations was managed by the meteorological department of the Hydrographic Institute and it was so up to 1947, when it was already formed the unique Hydrological and Meteorological Service of Yugoslavia. Since then up to 1952 designated meteorological stations, together with the Marine Meteorological Center, which was founded and taken out of the Hydrographic Institute, was incorporated into Federal Direction for Hydrological and Meteorological Service (Grakalić, 1977).

After the end of the war under authority of Geophysical Institute in Zagreb only 16 climatological and 52 precipitation stations, were left, how many survived the war whirl. The equipment was worn out, many out of order, the new was falling short and it was not surprising that in 1946 there are still less precipitation stations (only 32!). In 1947 in Croatia are operative 26 synoptic (including also those on the Adriatic, 13 of them), 21 climatological and 56 precipitation stations (Sijerković, 1993).

1.3.3. Povijest mreže meteoroloških postaja različitih namjena

U prethodnim poglavljima razmatrana je povijest vremenskih motrenja na meteorološkim postajama ponajvećma s gledišta istraživanja klime. Valja, međutim, istaknuti da su se razvijale i mreže meteoroloških postaja s vremenskim motrenjima za potrebe drugih znanstvenih područja meteorologije, kao što su to sinoptičke, zrakoplovne, agrometeorološke, pomorske ili visinske meteorološke postaje.

Sinoptičke postaje

Na prvoj austrijskoj sinoptičkoj karti od 1. lipnja 1865. bili su zabilježeni podaci meteoroloških postaja Hvara, Pule i Zagreba (Penzar I., Sijerković, 1998.). To bismo mogli, uvjetno, smatrati početkom rada sinoptičkih postaja u nas. Godine 1876. podaci s Hvara zabilježeni su na prvoj sinoptičkoj karti Njemačke. Čini se, ipak, da podaci iz Hrvatske nisu redovito dostavljani u druge europske zemlje. Vremenski podaci iz Zagreba, primjerice, i to oni koji se odnose na motrenja u 7 sati, redovito se dostavljaju Beču tek od 1. siječnja 1892., nastojanjem Andrije Mohorovičića. Od godine 1905. na zagrebačkom Meteorološkom opservatoriju na Griču uvode se posebna mjerenja u 12 sati radi dostavljanja „međunarodnom telegrafu“. Nastojanjem Ambroza Haračića od godine 1894. podaci iz Malog Lošinja dva puta dnevno dostavljaju se brzojavno u Beč. Prva mreža sinoptičkih postaja u nas vjerojatno je bila ona koju je ustanovio Hidrografski zavod u Puli, koji je radio u okrilju austrijske (austro-ugarske) ratne mornarice (Grakalić, 1977.). U toj ustanovi se već od 1874. godine izrađuju redoviti vremenski izvještaji, što su se većinom zasnivali na vremenskim motrenjima na brodovima austrijske ratne mornarice, a zatim i u mreži meteoroloških postaja. Godine 1878. skupljaju se vremenski podaci i iz drugih dijelova Europe te redovito crtaju vremenske karte, na osnovi kojih se izrađuju i prognoze vremena. Takva je aktivnost posebice bila naglašena tijekom I. svjetskog rata kada je svaki ratni brod ujedno bio i meteorološka postaja. Ipak, prvom službenom mrežom sinoptičkih postaja možemo smatrati onu koja je označena na prvoj „građanskoj“ sinoptičkoj karti izrađenoj 17. prosinca 1920. u Kraljevskom zemaljskom zavodu za meteorologiju i geodinamiku u Zagrebu. Do početka II. svjetskog rata sinoptička motrenja odvijala su se uglavnom u okviru ratne mornarice i ratnog zrakoplovstva.

1.3.3 The history of meteorological station network for different purposes

In previous chapters the history of weather observations on meteorological stations was considered mostly from the aspect of climate research. Meanwhile it should be pointed out that also other networks of meteorological stations were developed with weather observations for other scientific branches of meteorology like synoptic, agrometeorological, naval or upper air meteorological stations.

Synoptic stations

On the first Austrian synoptic map of June 1, 1865 there were present data from the meteorological stations Hvar, Pula and Zagreb (Penzar I., Sijerković, 1998). It could be, conditionally, regarded as a beginning of operation of synoptic stations in our region. In 1876 the data from Hvar are present on the first synoptic map of Germany. It seems, yet, that the data from Croatia were not regularly delivered to other European countries. Weather data from Zagreb, for instance, those related to 7 a.m. observation, are regularly delivered to Vienna only since Jan. 1, 1892 by insisting of Andrija Mohorovičić. Since 1905 at the Zagreb observatory special measurements are introduced at noon to be delivered to “international telegraph”. On insisting of Ambroz Haračić since 1894 the data from Mali Lošinj are twice a day transmitted by telegraph to Vienna. The first network of synoptic stations here was probably that established by the Hydrographic Institute in Pula, operative under Austrian (Austro-Hungarian) war navy (Grakalić, 1977). In that institution were already since 1874 made regular weather reports, mostly based on meteorological observations on ships of the Austrian war navy and then also based on the network of meteorological stations. In 1878 also the weather data from other parts of Europe were collected and the weather maps were regularly drawn, from which weather forecasts were made.

Such activity was especially stressed during the World War I, when every warship was also a meteorological station. Yet as the first official network of synoptic stations may be regarded that contained in the first “civil” synoptic map, made on Dec. 17, 1920 in Royal Country Institute for Meteorology and Geodynamics in Zagreb. Up to the beginning of the World War II synoptic observations were mostly developed in war navy and war air force.

Agrometeorološke postaje

Početak agrometeoroloških mjerenja može se smatrati godinu 1898. kad su za meteorološku postaju u Križevcima nabavljena tri geotermometra (Pandžić i sur., 1998.). Time je ta postaja, utemeljena 1866. godine u okviru Gospodarskog i šumarskog učilišta, dobila obilježja agrometeorološke postaje. Takav je status zadržala do 1920. godine, kad je učilište ukinuto, a postaja prestala raditi.

Godine 1946., na poticaj Zemaljskog poljoprivrednog zavoda u Zagrebu, Ministarstvo poljoprivrede i šumarstva NRH donosi uredbu kojom se nalaže svim organima lokalne vlasti da na svojem području organiziraju fenološka motrenja, a prema zajedničkom programu. Tako je tijekom proljeća 1946. uspostavljeno 410 fenoloških postaja. Međutim, već 1947. njihov je broj smanjen na 250, s tendencijom daljnjeg smanjivanja.

Zrakoplovne meteorološke postaje

Najstarija zračna luka u Hrvatskoj bila je u Zagrebu na Selskoj cesti, gdje je u razdoblju od 1. studenog 1923. do 1. svibnja 1927. postojala i meteorološka postaja na kojoj su motritelji bili vojne osobe. Ona bi se mogla smatrati prvom zrakoplovnom meteorološkom postajom (Penzar I., Sijerković, 1998.). Od 1. svibnja 1927. aerodrom se nalazio na Borongaju, gdje je postavljena i zrakoplovna meteorološka postaja. Do početka II. svjetskog rata skrb o radu zrakoplovnih postaja imalo je ratno zrakoplovstvo.

Tijekom rata u pojedinim su se mjestima obavljala vremenska motrenja za potrebe zrakoplovstva okupacijskih vojnih snaga Italije i Njemačke. Na području NDH bilo je četrdesetak takvih postaja. S druge strane, za potrebe zrakoplovstva antifašističke koalicije formirane su 1944. godine zrakoplovne meteorološke postaje pri glavnom stožeru NOV i PO Hrvatske te pri vrhovnom stožeru na Visu.

Poslije II. svjetskog rata prva uspostavljena zrakoplovna meteorološka postaja bila je ona u Lučkom kraj Zagreba, gdje je bio smješten zagrebački aerodrom, a postaja je bila u okviru vojne meteorološke službe.

Pomorske meteorološke postaje

Uspostava mreže pomorskih meteoroloških postaja na Jadranu povezana je s austrijskom mornaricom te osnutkom Hidrografskog zavoda u Trstu 1860. godine i njegove podružnice u Puli 1862. Pulska je ustanova godine 1869. postala

Agrometeorological stations

As the beginning of agricultural meteorological measurements may be considered the year 1898, when for the meteorological station in Križevci three soil thermometers were acquired (Pandžić et al., 1998). So that station, established in 1866 at Agricultural and Forestry School, got character of an agrometeorological station. Such status it kept until 1920, when the school was revoked and the station ceased to operate.

In 1946 on initiative of the Country Agricultural Institute in Zagreb Ministry of Agriculture and Forestry proclaimed a regulation ordering all organs of the local power to organize on its territory phenological observations according to the common program. So during the spring of 1946 410 phenological stations were established. However, already in 1947 their number was reduced to 250 with a tendency for further reducing.

Aeronautical meteorological stations

The oldest airport in Croatia was in Zagreb on Selska cesta, where in the period from Nov. 1923 to May 1, 1927 existed also a meteorological station on which the observers were military persons. It could be regarded as the first aeronautical meteorological station (Penzar, I., Sijerković, 1998). Since May 1, 1927 the airport was located on Borongaj, where the aeronautical meteorological station was set up. Up to the beginning of the World War II the war air force cared about operation of aeronautical stations.

During the war at some places weather observations for needs of air forces of occupying military forces of Italy and Germany were carried on. On the territory of Croatia there were around forty such stations. On the other hand, for needs of air force of the antifascist coalition in 1944 aeronautical meteorological stations were formed at the main staff of Croatia and at the supreme staff on Vis island. After the World War II the first established aeronautical meteorological station was at Lučko near Zagreb, where the Zagreb airport was located, and the station was under military meteorological service.

Naval meteorological stations

Establishing of the network of marine meteorological stations on the Adriatic is related to the Austrian navy and founding Hydrographic Institute in Trieste in 1860 and its expositure in Pula in 1862. Pula institution became in 1869 an independent in-

samostalan zavod, koji je funkcionirao do svršetka I. svjetskog rata i sloma Austro-Ugarske Monarhije. Od 1867. godine svi brodovi austrijske mornarice imali su obvezu bilježenja važnih vremenskih pojava. Od 1877. godine vremenska motrenja morali su obavljati svi lučki uredi i kapetanije, a od 1887. vremenske dnevnike vodile su i pomorske škole. O uspostavi službenih meteoroloških postaja na Jadranu, koje su imale i obilježja pomorskih meteoroloških postaja, bilo je riječi u prethodnim poglavljima.

Visinske meteorološke postaje

Službeno prva visinska motrenja u Hrvatskoj bila su pilotbalonska mjerenja u Zagrebu u razdoblju ožujak-listopad 1918. Mjerenja su obavljana na Zvezdarnici u Gornjem gradu, i to dva puta dnevno (kad su to vremenske okolnosti dopuštale). Ukupno je obavljeno 258 mjerenja, a najveća dosegnuta visina papirnih balona bila je 5500 metara (Sijerković, 1993.).

Međutim, to nisu najranija pilotbalonska mjerenja u hrvatskoj meteorologiji. U razdoblju od prosinca 1915. do ožujka 1916. hrvatski znanstvenik Stjepan Mohorovičić obavljao je aerologijska mjerenja visinskog vjetera pomoću balona u Igalu, u Boki kotorskoj. To je bilo povezano s potrebama i zahtjevima austrougarskog ratnog zrakoplovstva. Balon je jedanput dosego visinu od 12 km. Mjerenja su poslužila istraživanju uspravne strukture bure, juga i jadranskih ciklona (Sijerković, 1993.).

U razdoblju od svršetka I. svjetskog rata do početka II., mjerenja visinskog vjetera pomoću balona obavljana su na vojnim meteorološkim postajama na aerodromima u Zagrebu i Splitu, i to jedanput dnevno, u 7 sati.

Tijekom II. svjetskog rata pilotbalonska mjerenja obavljana su povremeno u Zagrebu, Daruvaru, Požegi, Šibeniku, na otoku Lastovu (a možda i drugdje) za potrebe zrakoplovstva okupacijskih vojnih snaga Italije i Njemačke. Radiosondazna mjerenja kratkotrajno su obavljale njemačke zrakoplovne snage u Zagrebu i Šibeniku, te partizanska vojska na otoku Visu od rujna 1944.

Poslije svršetka II. svjetskog rata u veljači 1946. obnovljena su pilotbalonska mjerenja u Zagrebu, i to na vojnoj meteorološkoj postaji u Lučkom, gdje je bila tadašnja zagrebačka zrakoplovna luka.

1.3.4. Meteorološka postaja u Dubrovniku

Najstarija službena meteorološka postaja u Hrvatskoj utemeljena je, kako je već istaknuto, u

stitute, being in function until the end of the World War I and collapse of Austro-Hungarian Monarchy. Since 1867 all ships of Austrian navy were obliged to record important weather phenomena. Since 1877 all harbour offices and captainies had to make weather observations and since 1887 weather log books were in charge of nautical schools too.

Upper air meteorological stations

Officially first upper air measurements in Croatia were pilot balloon measurements in Zagreb in the period March to October 1918. The measurements were made at the Astronomical Observatory in the Upper Town twice a day (when the weather conditions permitted). A total of 258 measurements was made and the highest achieved altitude with paper balloons was 5,500 meters (Sijerković, 1993). However they are not the earliest pilot balloon measurements in Croatian meteorology. In the period from December 1915 to March 1916 Croatian scientist Sjepan Mohorovičić carried aerological measurements of upper wind using balloons in Igalo, Boka Kotorska. It was related to the needs and requests of the Austro-Hungarian war air force. Once the balloon achieved an altitude of 12 kilometers. The measurements were used in investigating vertical structure of Bora, Jugo and Adriatic cyclones (Sijerković, 1993). In the period from the end of the World War I to the beginning of the World War II measurements of upper wind using balloons were made at military meteorological stations on airport in Zagreb and Split once a day at 7 a.m.. During the World War II pilot balloon measurements were carried periodically in Zagreb, Daruvar, Požega, Šibenik, the island of Lastovo (maybe even elsewhere) for needs of the air force of occupying military forces of Italy and Germany. Radiosounding measurements were carried shortly by German air force in Zagreb and Šibenik and by the Partisan army on the island of Vis since 1944. After the end of World War II in February 1946 pilot balloon measurements in Zagreb were renewed at the military meteorological station in Lučko where was at that time the Zagreb airport.

1.3.4 Meteorological station in Dubrovnik

The oldest official meteorological station in Croatia was founded, in Dubrovnik in 1851. The station was located in High School and its founder was high school professor Ivan de Bortoli who was also its first observer.

The station was equipped with a barometer, thermometer and pluviometer. It was operative,

gradu u prostorijama Narodnog muzeja Gospodarskog društva, u sadašnjoj Opatičkoj ulici broj 18.

„Gospodarske novine” u broju 9 od 26. veljače 1853. donose prvi izvještaj o radu te postaje, koji je potpisan s „Observatorium meteorologični gospodarskoga društva za Hrvatsku i Slavoniju”. Uz tlak, temperaturu i vlagu zraka, na postaji se povremeno mjerila i količina oborine. Čini se da je osnovnim uređajima, dobivenim iz Beča, naknadno dodana i vjetrulja napravljena u Zagrebu (Penzar I, 1977.; Sijerković 1993.).

Premda se pouzdan trag rada postaje izgubio u svibnju 1854., moguće je da su motrenja nastavljena i poslije, možda 1855. i 1856.

Iz „Gospodarskih novina” može se saznati o radu nove meteorološke postaje već potkraj 1855. godine. Postaja je bila smještena u Gospodarskom pokušalištu u Liepoj vesi (sad Malinova ulica broj 9). Motrenja je obavljao Antun Trummer, nadvrtlar Gospodarskog društva. Tko je postaju opskrbio meteorološkim instrumentima i točno mjesto njezina smještaja nije poznato. Izvorni podaci o radu postaje nisu sačuvani nego se o tome može saznati samo iz napisa u „Gospodarskim novinama”, kao i u slučaju prethodne postaje. Na postaji se, uz količinu oborine, mjerila i temperatura, i to tri puta dnevno, u 6, 12 i 18 sati. Nova je postaja radila do potkraj 1856. godine.

Sljedeća lokacija na kojoj je bila smještena meteorološka postaja u Zagrebu je gimnazija na Katarinskom trgu (ponovno Gornji grad). Motrenja na tome mjestu počela su 1. siječnja 1857. i trajala su do 30. lipnja 1859. Motrenja su bila u sklopu prirodoslovnog odjela, a vodio ih je gimnazijski profesor Antun Zeithammer. Moglo bi se zaključiti da ta motrenja predstavljaju nastavak onih koja je, nedaleko od Katarinskog trga, počeo Stanisavljević 1853. godine. Iz bivše meteorološke postaje preneseni su termometri i termometrijska kućica. Poslije su iz Beča dobiveni novi kišomjer i barometar te naputak za obavljanje motrenja.

Četvrta postaja bila je smještena također u Gornjem gradu, u zgradi prve realne gimnazije na Griču (sada Grič broj 3). Postaja je počela raditi 1. prosinca 1861. (slika 1.3.). Meteorološka kućica i svekoliki drugi instrumentarij prenesen je iz Klasične gimnazije na Katarinskom trgu. Stoga se može zaključiti da meteorološka postaja na Griču predstavlja kontinuitet mjerenja iz godine 1853. Prvi motritelj na gričkoj meteorološkoj postaji bio je gimnazijski profesor Ivan Stožir. Klimatološka

društva za Hrvatsku i Slavoniju” (Meteorological Observatory of the Economic Society for Croatia and Slavonia). Beside of air pressure, temperature and humidity on the station was periodically measured also precipitation amount. It seems, that to the basic equipment obtained from Vienna later also a wind vane made in Zagreb was added (Penzar I., 1977; Sijerković, 1993). Although a reliable trace on the station operation was lost in May 1854, it is possible that the observations continued even later, maybe in 1855 and 1856.

From the “Gospodarske novine” (Economic newspaper) it is possible to know about operation of a new meteorological station already by the end of 1855. The station was located at Agricultural Experimental Site in Liepaves (now Malinova ulica 9). Observations were carried by Antun Trummer, higher gardener of the Agricultural Society. It is not known who supplied the station with meteorological instruments and the exact place of its location. Original data about operation of this station are not preserved so it can be known only from “Gospodarske novine”, as in the case of the preceding one. At the station together with precipitation amount was measured also temperature three times a day at 6 a.m., 12 a.m. and 6 p.m.. The new station was operative until end of 1856.

The next location of the meteorological station in Zagreb was the high school on Catherine Square (again Upper Town). Observations at that place begun on Jan.1, 1857 and they lasted until June 30, 1859. Observations were within the department of Natural Sciences and carried by high school professor Antun Zeithammer. It could be concluded that those observations represent a continuity of those begun, not far from Catherine Square, by Stanisavljević in 1853. From the former meteorological station were taken thermometers and thermometric screen. Later were from Vienna obtained a new rain gauge and barometer and the instruction for carrying observations. Fourth station was also located in Upper Town, in the building of the first gymnasium at Grič (now Grič 3). The station has begun to operate on Dec.1, 1861 (Figure 1.3). Meteorological screen and other instrumentation were brought from the gymnasium. Therefore it may be concluded that the meteorological station on Grič represents a continuity of measurements from 1853. The first observer at Grič meteorological station was professor Ivan Stožir. Climatological observations from Grič represent the longest series of continuous weather observations at a single location in Croatia and it is fundamental for research on climate and its change in our area. From this sta-



Slika 1.3. Zgrada realke u Zagrebu na Griču u vrijeme uspostavljanja meteorološke postaje 1861. godine

Figure 1.3 The building of the high school on Grič in Zagreb, in the time of establishing the meteorological station in 1861

motrenja na Griču predstavljaju najdulji niz neprestanih vremenskih motrenja na jednom mjestu u Hrvatskoj, pa je temeljan za istraživanje klime i njezinih promjena u našim krajevima. Iz te postaje poslije je (1880. godine) nastao Opservatorij Zagreb-Grič, a u daljnjem slijedu Geofizički zavod i sadašnji Državni hidrometeorološki zavod, kao središta razvoja meteorološke znanosti i prakse (službe) u Hrvatskoj.

1.4. Povijest meteorološke znanosti i prakse

1.4.1. Počeci meteorološke struke

U potpoglavlju 1.1. govorili smo o meteorološkim razmatranjima koja se nalaze uglavnom kao usputna u prirodosnanstvenim raspravama iz prvih stoljeća Novoga vijeka. Meteorološki radovi u Hrvatskoj u 19. stoljeću su mnogobrojni i raznoliki, a po obliku su većinom samostalne rasprave ili čak i knjige.

Spomenut ćemo najprije popularna djela. To su većinom prijevodi, a svrha im je poučavanje puka u razumijevanju atmosferskih pojava. Tako je **Antun Karlo Bakotić** (1861.), profesor mate-

tion later (in 1880) grew out observatory Zagreb-Grič and in further sequence Geophysical Institute and Meteorological and Hydrological Service of today, as centers of development in meteorological science and practice (service) in Croatia.

1.4 The history of meteorological science and practice

1.4.1 The beginnings of meteorological profession

In chapter 1.1, we talked about the meteorological observations that were mainly incidental in dissertations of natural sciences from the first centuries of the modern world. Meteorological works in Croatia in the 19th century are numerous and of a different kind, mainly in the form of independent dissertations or even a book.

At first, we are going to mention some popular works. These are mostly the translations, and their purpose is teaching common people the understanding of atmospheric phenomena.

Antun Karlo Bakotić (1861), the professor of mathematics and physics from Rijeka, translated

matike i fizike iz Rijeke, s talijanskoga preveo opise geofizičkih pojava. **Pajo Krempler**, župnik u Hrnetiću, preveo je s njemačkoga (1869.) nauk o vremenu s uputama kako se služiti barometrom pri predviđanju vremena. **Toma Mikloušić**, župnik u Stenjevcu, izdao je (1819.) stoljetni kalendar prema njemačkom uzoru. Predviđanje vremena po predloženoj metodi u tom djelu nema nikakvu stručnu osnovu. Djelo je za nas značajno stoga što sadrži tumačenje mnogih atmosferskih pojava. Mikloušiću se pripisuje autorstvo anonimne brošure iz 1825. o postavljanju gromobrana za spriječavanje tuče. **Ivan Perkovac**, književnik, s poljskoga je preveo (1860.) kratki prikaz meteorologije s pučkim, iskustvenim pravilima za predviđanje vremena. **Slavomir Sinčić**, kotarski školski nadzornik, je pak za učenike pučkih škola napisao (1881.) izvorno djelce s jednostavnim tumačenjem atmosferskih pojava.

Drugu, veliku skupinu radova sačinjavaju uglavnom kratki opisi neke pojave ili prikazi rezultata vlastitih autorovih opažanja na meteorološkoj postaji. Tako je **Grgur Bučić**, hvarski motritelj i svestrani prirodoslovac - jedini u toj skupini autora koji nije bio srednjoškolski profesor nego službenik telegrafske postaje - prikazivao u austrijskim časopisima (od 1866. do 1896.), među ostalim, svoja opažanja iz meteorologije i oceanografije. **Ambroz Haračić**, osnivač i voditelj meteorološke postaje u Malom Lošinj, inače veoma zaslužan za razvoj tog otoka, prikazivao je vrijeme, klimu i, ovisno o njoj, vegetaciju otoka (1886., 1888., 1892.), posebno s obzirom na tipične promjene tijekom godine. Prikazi klime temelje se na višegodišnjem nizu mjerenja što povećava njihovu vrijednost. **Oton Kučera**, astronom i popularizator prirodoslovlja, u školskim je izvješćima prikazao režim vjetra u Vinkovcima kao i razmatranje o postanku mraza i metodama njegove prognoze. No Kučerina stručnopolularna knjiga *Vrieme* (1897.) najvažnije je njegovo djelo koje se i danas može s interesom čitati. **Ivan Stožir**, osnivač Meteorološkog opservatorija Zagreb-Grič i njegov upravitelj tijekom 30 godina, te pisac srednjoškolskih udžbenika iz fizike, redovito je objavljivao podatke motrenja u školskim izvješćima te domaćim i stranim meteorološkim publikacijama. Stručne članke u vezi s tim motrenjima pisao je u časopisima *Meteorologische Zeitschrift* i *Zeitschrift der österreichischen Gesellschaft für Meteorologie*. **Antun Otokar Zeithammer**, za vrijeme dok je boravio u Hrvatskoj kao gimnazijski profesor na Katarinskom trgu u Zagrebu, osnovao je ondje meteorološku postaju 1857. i provodio motrenja do 1859. Podatke je objavljiva-

from Italian the descriptions of geophysical phenomena. **Pajo Kempler**, the vicar in Hrnetić, translated from German the study on weather with the instructions of how to use the barometer when predicting the weather (1869). **Toma Mikloušić**, the vicar in Stenjevec, published the centenary calendar according to the German model (1819). The prediction of weather in that part does not have any professional basis. This work is significant for us in that it contains the explanation of many atmospheric phenomena. Mikloušić is credited with the authorship of an anonymous brochure from 1825 about the installment of lightning-conductor for the prevent of hail. **Ivan Perkovac**, the writer, translated from Polish the short meteorological review with the popular, experienced rules of the weather forecasting (1860). **Slavomir Sinčić**, the district school-inspector, wrote an authentic work with the simple explanation of atmospheric phenomena for elementary school pupils (1881).

The second great group of works contains the short descriptions of a certain phenomenon or the reviews of the results of the author's own observations at meteorological station. **Grgur Bučić**, the observer and the omniscient natural scientist from Hvar, and the only one in this group of authors who was not the high school professor but an employee at the telegraph station, among other things published his remarks on meteorology and oceanography in Austrian magazines (from 1866 to 1896). **Ambroz Haračić**, the founder and the guide of the meteorological station in Mali Lošinj, moreover credited with the development of this island, presented the weather, the climate and the vegetation of the island depending on it (1886, 1888, 1892), especially considering the typical changes during the year. The presentations of climate are based on the series of measuring during several years, which increases their value. **Oton Kučera**, the astronomer and the popularizer of natural sciences, in school reports presented the regime of wind in Vinkovci, as well as the consideration of the formation of frost and the methods of its forecasting. Yet, the Kučer's professional and popular book named *"Vrieme"* (1897) is his most important work that can be read with interest even today. **Ivan Stožir**, the founder of the meteorological observatory Zagreb-Grič and its director for 30 years, the author of the high school physics textbooks, published regularly the data on the observations in school reports and in national and foreign meteorological publications. In the magazines *"Meteorologische Zeitschrift"* and *"Zeitschrift der österreichischen Gesellschaft für Meteorologie"* he wrote the papers considering these observations. **Antun Otokar Zeithammer**, while staying in Croatia and working as the high school professor on Katarina's Square in Zagreb, founded the meteorological station there in 1857

vao u mjesnim novinama i *Gospodarskom listu*, a uz to je također pisao o nekim svojim istraživanjima iz fizičke geografije Hrvatske te o proširenju meteorološke mreže u nas. **Rudolf Šega**, upravitelj meteorološke postaje u Križevcima, obradio je podatke tamošnjih motrenja iz osmogođšnjeg razdoblja, a **I. Vitanović** je prikazao vlažnost zraka i količine oborine u Osijeku za 1880. godinu.

Osim toga treba spomenuti da je **Ignjat Bartulić** u *Književniku* za 1864. opisao upotrebu brojčava u meteorologiji, **Simon Šubic** je raspravljao o metodama određivanja vlage u zraku u *Radu JAZU*, a **Martin Sekulić** razmatrao polarnu svjetlost, dugu i oledbu, te predložio i postavljanje anemometara na riječkoj željezničkoj pruzi radi upozorenja na bure. Rasprave su mu izašle u *Radu JAZU*, knj. 20, 23, 27 i 54. Već početkom 20. stoljeća objavljen je rad **Vladoja Drapczynskog** (1908.) gdje uspoređuje vrijednosti meteoroloških elemenata u cikloni i u anticikloni za Zagreb, sasvim po uzoru na svoja prethodna istraživanja za Kijev i St. Louis.

Prvi povijesni pregled meteorologije u Hrvatskoj načinio je **Bogoslav Šulek** (1885.), autor poznatog rječnika hrvatskog znanstvenog nazivlja.

Od autora meteoroloških radova koje bismo prema današnjim kriterijima mogli nazvati znanstvenima, najstariji je akademik **Josip Torbar**. Njegove se meteorološke rasprave odlikuju kvalitetom koju stariji radovi drugih autora uglavnom nisu imali, a to je fizikalno objašnjenje procesa ili pojave koji se istražuju, odnosno kritička analiza postojećih hipoteza o dotičnom predmetu. Josip Torbar bio je svećenik, upravitelj zagrebačke Velike realke, a potaknuo je osnivanje meteorološke postaje na Griču u Zagrebu. Iz osobnog je interesa redovito promatrao oblake, mjerio temperaturu i vlažnost zraka, te na temelju toga sastavljao i poslije provjeravao mjesnu prognozu vremena. Pokušao je objasniti mehanizam udara bure. Svoje meteorološke radove objavio je u *Radu JAZU* 17, 38, 43, 53, 72, 78, 87, 111 i 113. Nastojao je prikazati režim vjetra na Zemlji i u Hrvatskoj, zagrebačku klimu i metode prognoze vremena, a istražio je pravilnost meteorološkog singulariteta "ledenih svetaca" u Hrvatskoj, kao i povezanost Sunčevih pjega s meteorološkim elementima u Zagrebu. U proračune je redovito uključivao meteorološke podatke iz Hrvatske, ma kako oskudni oni bili u njegovo doba.

Gjuro Pilar, sveučilišni profesor geologije u Zagrebu, posebno se bavio geološkim problemima oledbe, što je uključivalo i njezine meteorolo-

and practiced observations until 1859. He published the data in local newspaper and in *"Economic magazine"*, and he wrote about some of his research of physical geography of Croatia and about the expansion of our meteorological network. **Rudolf Šega**, the director of the meteorological station in Križevci, elaborated the data on the local observations from the period of eight years, and **I. Vitanović** presented the air humidity and the amounts of rain for the year 1880.

In addition to this, we have to mention that **Ignjat Bartulić** described the use of telegrams in meteorology in *"Writer"* for the year 1864, and **Simon Šubic** discussed the methods of the measuring of air humidity in the *"Work of Yugoslav Academy of Science and Arts"*. **Martin Sekulić** inspected closely the polar light, the rainbow and the glaciations, and suggested the installment of anemometers on the railway track in Rijeka because of the precautions to the northeasterly winds. His dissertations were published in the *"Work of Yugoslav Academy of Science and Arts"*, book 20, 23, 27 and 54. At the beginning of the 20th century, the work of **Vladoje Drapczynsky** (1908) was published, in which he compares the values of the meteorological elements in cyclone and anticyclone for Zagreb, on the model of his previous research for Kiev and St. Louis.

The first historical review of meteorology in Croatia was made by **Bogoslav Šulek** (1885), the author of famous dictionaries of Croatian scientific terms.

Josip Torbar is the oldest academician among the authors of the meteorological works that could be considered scientific according to the present criteria. His meteorological dissertations are characterized by the quality that the older works of other authors mainly did not possess, and that's the physical explanation of the process or of the phenomenon which have been researched, or the critical analysis of the present hypotheses on the respective subject. Josip Torbar was a priest, the headmaster of the high school in Zagreb, and he initiated the establishment of the meteorological station on Grič in Zagreb. Out of his own interest, he regularly observed clouds, measured the temperature and humidity of air, and based on that he made and afterwards checked the local weather forecast. He tried to explain the mechanism of the gust of bora. He published his meteorological works in the *"Work of Yugoslav Academy of Science and Arts"* (17, 38, 43, 53, 72, 78, 87, 111 and 113). He made efforts to present the wind regime on the Earth and in Croatia, the climate in Zagreb and the methods of the weather forecasts, and he researched the correctness of the meteorological singularity of "frozen saints" in Croatia, as well as the connection of the sunspots with the meteorological elements in Zagreb. No matter how in-

ške uzroke. Rezultati su objavljeni u *Radu JAZU* 25, 30 i 39 i drugdje (1869. i 1872.). U okviru terenskih radova provodio je i neka mikrometeorološka mjerenja.

Artur Gavazzi (Franović), sveučilišni profesor geografije u Zagrebu, bavio se također meteorologijom i oceanografijom. Istraživao je raspodjelu naoblake (1888.), oborine (1891.) i temperature (1893.), a dao je i prikaz Haračićeve rasprave o klimi Lošinja. Objavljivao je i početkom 20. stoljeća.

Od stranaca koji su u 19. stoljeću po službenoj dužnosti boravili u našim krajevima i zanimali se za prirodne znanosti vjerojatno je najzaslužniji **Joseph Roman Lorenz**, profesor na Višoj pomorskoj školi u Rijeci, a poslije na sveučilištu u Beču. Vrlo je temeljito i uspješno istraživao fizičke procese u atmosferi i u moru na Jadranu, osobito na Kvarneru. Vjerno je opisao prilike za vrijeme bure i prvi je tumačio njezin nastanak i udare (1863.; Lorenz, Rothe, 1874.).

U 19. stoljeću objavili su udžbenike, odnosno priručnike J. R. Lorenz zajedno s C. Rotheom (1874.), F. Visković (1876.) i I. Potočnjak (1878.). Lorenzov njemački udžbenik obrađuje opću meteorologiju, a za nas je važan zbog dijelova koji se odnose na vrijeme na Jadranu. **Franjo Visković**, pomorski kapetan u službi austrijskog Lloyd, napisao je na talijanskom meteorološki priručnik za nautičke škole, a **Ivan Potočnjak**, profesor na Gospodarskom i šumarskom učilištu u Križevcima, objavio je za to učilište prvi udžbenik iz meteorologije na hrvatskom jeziku.

Višegodišnje srednje vrijednosti meteoroloških elemenata u Hrvatskoj nalaze se i u geografijama iz 19. stoljeća (Seljan, 1843.; Klaić, 1878.; Hoić, 1888.; Stefanić, 1890.).

1.4.2. Razvoj meteorološke znanosti i prakse

Potkraj 19. i početkom 20. stoljeća promijenile su se okolnosti važne za razvoj meteorološke znanosti i prakse, kako u širem okružju, tako i u Hrvatskoj. Kao prvo i najvažnije, mreže meteoroloških postaja doživjele su veliki kvantitativni i kvalitativni napredak. Tome su pridonijeli otkriće i uporaba svih najvažnijih meteoroloških instrumenata, standardizacija metoda i termina motrenja, kao i uspostava međunarodne suradnje (Međunarodna meteorološka organizacija, Beč, 1873.). Tehnička otkrića i njihova primjena, najprije telegrafa, a zatim radija, omogućila su brzi prijenos podataka vremenskih motrenja, što je bio

adequate they were in his time, he regularly included the meteorological data from Croatia in estimations.

Gjuro Pilar, the university professor of geology in Zagreb, especially concerned himself with the geological problems of glaciations, which included their meteorological causes. The results were published in the "Work of Yugoslav Academy of Science and Arts" (25, 30 and 39) and elsewhere (1869 and 1872). He did some micro-meteorological measurements under terrain works.

Artur Gavazzi (Franović), the university professor of geography in Zagreb, engaged in meteorology and oceanography, too. He researched the distribution of overcast (1888), precipitation (1891) and temperature (1893), and he wrote the review of Haračić's dissertation on the climate of Losinj. He published at the beginning of the 20th century as well.

Among the foreigners that at the beginning of the 19th century stayed in our country on official duties and took interest in natural sciences, probably the most meritorious was **Joseph Roman Lorenz**, the professor at the High nautical school in Rijeka, and later on at the University of Vienna. Very thoroughly and successfully, he researched the physical processes in the atmosphere and in the sea on the Adriatic, especially in Kvarner. He authentically described the conditions under bora and was the first to explain its origin and its gusts (1863; Lorenz, Rothe, 1874).

In the 19th century, J.R. Lorenz together with C. Rothe (1874), **Franjo Visković** (1876) and Ivan Potočnjak (1878), published textbooks and handbooks. Lorenz' German textbook deals with general meteorology, and it is important to us because of the parts concerning the weather on the Adriatic. **Franjo Visković**, the sea captain in the service of the Austrian Lloyd, wrote the meteorological handbook for nautical schools in Italian, and **Ivan Potočnjak**, the professor at Agricultural and forest educational institution in Križevci, published the first meteorological textbook for that school in English.

The mean values of the meteorological elements in Croatia for the period of several years can as well be found in the geographies from the 19th century (Seljan, 1843; Klaić, 1878; Stefanić, 1890).

1.4.2 The development of meteorological science and practice

At the end of the 19th and at the beginning of the 20th century, the circumstances important for the development of meteorological science and practice changed in Croatia and elsewhere. The first and the most important thing is that the networks of meteorological stations made a great quantitative and qualitative progress. The discovery

uvjet za razvoj pojedinih područja meteorologije, kao što je to sinoptička. Zatim, razvoj fakulteta omogućio je izobrazbu osoba koje su imale sklonosti prema prirodnoslovnim znanostima. Studiji matematike i fizike omogućili su stjecanje odgovarajućih znanja i onima koji su se željeli baviti meteorologijom, čime se podignula njezina razina do egzaktnosti znanosti. Naposljetku, na sve većem broju meteoroloških postaja ostvareni su dugogodišnji nizovi vremenskih motrenja, što su bili solidni temelji za istraživanje vremena i klime.

Opisane okolnosti omogućile su i u Hrvatskoj širu primjenu podataka vremenskih motrenja, što je poticalo osnutak i razvoj različitih znanstvenih područja primijenjene meteorologije i meteorološke službe općenito.

Glavni nositelj razvoja meteorološke znanosti i prakse u Hrvatskoj bio je do svršetka II. svjetskog rata Geofizički zavod u Zagrebu (kojemu je preteča bio Meteorološki opservatorij na Griču), a u poslijeratnom razdoblju meteorološku je službu preuzeo sadašnji Državni hidrometeorološki zavod. S obzirom na to razvoj meteorologije u Hrvatskoj bio je uvelike povezan s radom i djelovanjem ravnatelja Geofizičkog zavoda i hidrometeorološke ustanove, ali i drugih osoba koje su bile nositelji razvoja pojedinih područja meteorologije i meteorološke službe.

Od meteoroloških stručnjaka koji su isključivo ili pretežito djelovali u okviru Geofizičkog zavoda valja istaknuti Andriju Mohorovičića, Stjepana Škreba, Josipa Goldberga, Milana Kovačevića, Antu Obuljena, Radovana Vernića, Branka Maksića i Berislava Makjanića. U hidrometeorološkoj službi (Uprava, Republički, Državni zavod) valja posebice istaknuti njegove direktore/ravnatelje Franju Margetića, Milu Šikića i Tomislava Vučetića te stručnjake kao što je Božidar Kirigin. Od zamjetno manjeg broja zaslužnih osoba koje su djelovale izvan naznačenih meteoroloških institucija valja spomenuti Stjepana Mohorovičića i Eralda Markija. Takav je bio, kronološki prvi, i Wilhelm Keslitz, ravnatelj meteorološkog odjela vojnog Hidrografskog instituta u Puli. On je vjerno opisao, 1903. i 1914. godine, karakteristične tipove vremena na Jadranu, osobito kad pušu bura i jugo. Obradio je i 1900. i objavio rezultate 30-godišnjeg niza vremenskih motrenja u Puli (1867.-1897.). U koautorstvu s K. Rösslerom 1904. je napisao udžbenik iz pomorske meteorologije, koji je važan i zato što je sadržavao brojne meteorološke podatke na Jadranu.

ANDRIJA MOHOROVIČIĆ (Volosko, 23.I. 1857.-Zagreb, 18.XII.1936.) gimnaziju je završio

and the use of all most important meteorological instruments, the standardization of methods and terms of observation, as well as the establishment of the international co-operation (International meteorological organization, Vienna, 1873) contributed to that. Technical discoveries and their use, at first of telegraph and then radio, enabled the fast transfer of the data on weather observations, which was the condition for the development of the particular spheres of meteorology, as the synoptic sphere. The development of the universities enabled the education of the persons who showed tendency towards natural sciences. The studies of mathematics and physics enabled the acquirement of appropriate knowledge for those who wanted to follow a profession of meteorology, which raised its level to the exact science. Finally, the long time series of the weather observations were realized at many meteorological stations, which were the solid bases for weather and climate research.

The described circumstances enabled the expanded use of data on weather observations, which initiated the foundation and the development of various scientific spheres of applied meteorology and meteorological service in general.

Until the end of the second World War, the main holder of the development of meteorological science and practice in Croatia had been the Geophysical service in Zagreb (the predecessor of which was the Meteorological observatory on Grič), and in the postwar period the meteorological service was taken over by the present State Meteorological and Hydrological Service. Consequently, the development of meteorology in Croatia was connected with the work and activity of the headmaster of the Geophysical Service and hydro-meteorological institution, but also of other persons that were the holders of the development of particular spheres of meteorology and meteorological service.

Among the meteorological experts who exclusively and chiefly worked under the Geophysical Service we must emphasize Andrija Mohorovičić, Stjepan Škreb, Josip Goldberg, Milan Kovačević, Ante Obuljen, Radovan Vernić, Branko Maksić and Berislav Makjanić. In Hydrological and Meteorological Service (Management, Republic, State Service), its directors/headmasters have to be pointed out, such as Franjo Margetić, Mile Šikić and Tomislav Vučetić, as well as the experts like Božidar Kirigin. Among the persons who worked out of the mentioned meteorological institutions, we have to mention Stjepan Mohorovičić and Erald Marki. Chronologically, the first head-master of the meteorological department of the military Hydrographic Institute in Pula, was Wilhelm Keslitz. In 1903 and 1914 he authentically described the characteristic types of weather on the Adriatic, especially when bora and jugo blow. He elaborated

u Rijeci, a studij matematike i fizike u Pragu. Doktorirao je 1893. na Filozofskom fakultetu u Zagrebu. Službovao je na gimnazijama u Zagrebu i Osijeku, a od 1882. do 1891. u Pomorskoj školi u Bakru. Godine 1891. Mohorovičić je premješten na Veliku realku u Zagrebu. Ujedno je od 1. I. 1892. od Ivana Stožira preuzeo upravu Meteorološkog opservatorija. Od tada do kraja 1921. bio je ravnatelj te ustanove, djelatnosti koje je neprestance širio i unapređivao. Opservatorij pod njegovom upravom 1911. postaje Kraljevski zemaljski zavod za meteorologiju i geodinamiku u Zagrebu, a 1921. godine Geofizički zavod u Zagrebu, što je već rečeno.

Svoju je meteorološku djelatnost počeo u Bakru, gdje je utemeljio meteorološku postaju i na njoj osobno obavljao motrenja. U Bakru je istraživao oblake i napravio spravu za mjerenje brzine i smjera gibanja oblaka. Motriteljsku je djelatnost nastavio i na zagrebačkom Meteorološkom opservatoriju na Griču. U Zagrebu je osnovao dvije meteorološke postaje, u Botaničkom vrtu i na Josipovcu. Njegovim je nastojanjem Meteorološki opservatorij preuzeo od mađarske meteorološke službe godine 1901. nadzor nad radom meteoroloških postaja u Hrvatskoj i Slavoniji. Podatke njihovih vremenskih motrenja kontrolira, obrađuje i objavljuje. Organizira mrežu od oko 500 dragovoljnih opažača grmljavinskih oluja. U razdoblju 1893.-1914. izrađuje i u tadašnjim zagrebačkim novinama objavljuje prognozu vremena za Zagreb. Od 1892. redovito brzojavom dostavlja u Beč podatke vremenskih motrenja u Zagrebu, a od 1905. godine za te svrhe uvodi i posebno motrenje u 12 sati. Godine 1899. organizira na području Jastrebarskog pokusnu zaštitu od tuče, a iste godine počinje prvi meteorološki istraživački projekt u Hrvatskoj, koji se odnosi na istraživanje bure u području krša. S meteorološkog znanstvenog područja objavljuje devet radova, koji se odnose na istraživanje oblaka, studije jakih mjesnih oluja i na istraživanje zagrebačke klime (Skoko, Mokrović, 1982; Sijerković, 1993.).

Početkom 20. stoljeća Mohorovičić svoj znanstveni rad usmjerava na seizmologiju, o čemu je objavio 15 radova. Epohalan je njegov znanstveni dokaz postojanja granične plohe koja odjeljuje koru od plašta Zemlje (Mohorovičićev diskontinuitet ili MOHO). Sustavnim prikupljanjem podataka o učincima potresa i postavljanjem prvih seizmografa, Mohorovičić je zapravo utemeljio seizmološku službu u Hrvatskoj. Prvi je u nas proučio djelovanje potresa na zgrade.

Od 1897. Mohorovičić je privatni docent, a od 1910. izvanredni profesor na Filozofskom fakultetu. Održavao je nastavu i u Višoj trgovačkoj

and in 1900 published the results of the thirty-year series of weather observations in Pula (1867-1897). In co-authorship with Rossler, K., in 1904 he wrote the marine meteorology textbook which was important because it contained the numerous meteorological data on the Adriatic.

ANDRIJA MOHOROVIČIĆ (Volosko, 23 January, 1857-Zagreb, 18 December, 1936). He finished high school in Rijeka, and his studies of mathematics and physics in Prague. He won his doctoral degree at the Faculty of philosophy in Zagreb in 1893. He worked in high schools in Zagreb and Osijek, and from 1882 to 1891 at Aeronautical high school in Bakar. In 1891, Mohorovičić was transferred to the High school in Zagreb. Since 1 January 1892, he undertook the management of the Meteorological observatory. Since then until the end of 1921, he was the head-master of this institution, and he constantly widened and advanced the sphere of his activities. Under his management, the observatory becomes the Royal State Service of meteorology and geodynamics in Zagreb in 1911, and in 1921 it becomes the Geophysical Service in Zagreb.

He began his meteorological activity in Bakar, where he founded the meteorological station on which he personally performed the observations. In Bakar he researched the clouds and he made the instrument for measuring the velocity and direction of cloud motion. He continued his observational activity at the meteorological observatory on Grič in Zagreb. In Zagreb he founded two meteorological stations, at Botanical garden and on Josipovac. Thanks to his efforts, in 1901 the Meteorological observatory undertook the supervision of the work of the meteorological stations in Croatia and Slavonia from Hungarian meteorological service. He controls, elaborates and publishes the data on their weather observations. He organized the network of the 500 voluntary observers of thunder storms. In the period from 1893 to 1914 he made and published the weather forecast for Zagreb in the newspaper of that time. Since 1892, he regularly delivered to Vienna the data on weather observations by telegram, and since 1905 for that purpose, he introduced the special observation at 12 o'clock. In 1899, he organized the experimental protection from hail in the area of Jastrebarsko, and in the same year he initiated the first meteorological research project in Croatia, which referred to the research of bora in the area of the rocky ground. In the meteorological scientific sphere, he published nine works referring to the cloud research, the study of strong local storms, and the research of the climate in Zagreb (Skoko, Mokrović, 1982; Sijerković, 1993).

At the beginning of the 20th century, Mohorovičić oriented his scientific work towards the seismology on which he published 15 works. His scien-

školi. Godine 1898. postao je redovni član JAZU-a (sada HAZU).

Za njegov doprinos hrvatskoj i svjetskoj znanosti Mohorovičićovo ime imaju krater na Mjesecu, jedna ulica u Zagrebu, istraživački brod Hidrografskog zavoda i Geofizički zavod Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu. Na rektorskom lancu Sveučilišta u Zagrebu nalazi se i medaljon s Mohorovičićevim likom. Njegovo poprsje nalazi se u predvorju Geofizičkog zavoda, a spomen-skulptura na trgu u Voloskom.

STJEPAN ŠKREB (Zagreb, 13.VII.1879.- Zagreb, 14.VIII.1952.) gimnaziju je završio u Zagrebu, a zatim je na Mudroslovnom fakultetu u Zagrebu upisao studij kemije, matematike i fizike. Diplomirao je godine 1901., a sljedeće je godine postavljen za mjesnog učitelja, najprije na Rea-lnoj gimnaziji, a zatim na Ženskom liceju u Zagrebu. Škreb je 1906. godine dobio naslov profesora, a 1910. proglašen je doktorom filozofije s disertacijom "Utjecaj zemaljske rotacije na gibanje atmosfere".

Godine 1899., na trećoj godini studija, Škreb je postao honorarnim asistentom na Meteorološkom opservatoriju u Zagrebu na Griču. Godine 1912. odobrena mu je petomjesečna stipendija za studijski boravak u inozemstvu. Godine 1915. Škreb je prestala služba u Zavodu za meteorologiju i geodinamiku u Zagrebu, a ujedno je unovačen. Poslije svršetka I. svjetskog rata, do 1924. g., Škreb je raspoređen u školsku upravu, gdje je obavljao važne dužnosti. Godine 1925. premješten je u Geofizički zavod, kao zamjenik tadašnjeg upravitelja, a potkraj ožujka 1926. postavljen je za njegova upravitelja. Na tome je položaju ostao do ožujka 1947., kad je umirovljen. Proširio je i unaprijedio rad Zavoda. Osnivanjem mareografske postaje u Bakru utemeljio je fizičku oceanografiju. Uspostavio je suradnju Zavoda sa srodnim ustanovama i s raznim granama gospodarstva te posebice sa zdravstvom. Škreb je obavio i vrlo zahtjevan posao obnove mreže meteoroloških postaja nakon I. svjetskog rata, njezina proširenja i unapređenja kakvoće rada.

Škreb je napisao 38 znanstvenih radova i 61 rad stručne i popularizatorske problematike (Volarić, Kempni, Lisac, 1990.). Njegovi radovi obuhvaćaju znanstvena područja fizike, geofizike, astronomije, statistike, klimatologije i meteorologije. Bavio se primjenom teorije pogrešaka na meteorološke podatke. Istraživao je klimu Hrvatske, posebice oborinski režim, a zajedno s J. Goldbergom izradio je prvu klimatsku klasifikaciju Hrvatske. Od 1919. do 1946. održavao je nastavu na Filozofskom fakultetu u Zagrebu iz brojnih ko-

tific proof of the existence of marginal level surface that separates the Earth crust from its cover (the Mohorovičić discontinuity or MOHO) is epoch-making. Mohorovičić founded the Seismological Service in Croatia by the systematic collecting of the effects of earthquakes and by establishing of the first seismographs. He was the first in our country to study of the effects of earthquakes on buildings.

Since 1897, Mohorovičić was the private senior lecturer, and since 1910, he was an extra professor at the Faculty of philosophy. He taught at Commercial high school, too. In 1898, he became the regular member of the Yugoslav Academy of Science and Arts (today the Croatian).

Owing to his contribution to Croatian and world science, the crater on Moon, a street in Zagreb, the research ship of Hydrographic service and the Geophysical service of the Faculty of Science in Zagreb, were all named after him. On the chancellor's chain let of the University of Zagreb, there is a locket with the image of Mohorovičić on. There is his portrait in the hall of the Geophysical Service, and his memorial statue on the square in Volosko.

STJEPAN ŠKREB (Zagreb, 13 July, 1879- Zagreb, 14 August, 1952). He finished high school in Zagreb, and then he enrolled in the study of chemistry, mathematics, and physics at the Faculty of Philosophy in Zagreb. He graduated in 1901, and the next year he was assigned the place of the local teacher, firstly at the High School in Zagreb and then at the High school for girls in Zagreb. In 1906, Škreb was given the title of professor, and in 1910, he was proclaimed to be the doctor of philosophy with the dissertation "The effect of the Earth rotation upon the motion of atmosphere".

In 1899, at the third year of his studies, Škreb became the part-time assistant at the Meteorological Observatory on Grič, in Zagreb. In 1912, he got the five-month fellowship for the study residence abroad. In 1915, Škreb finished his working at the Service of meteorology and geodynamics in Zagreb, and at the same time, he was recruited. After the end of the World War I, until 1924, Škreb performed important duties in the school management. In 1925, he was transferred to the Geophysical Service, as a deputy of the head-master, and at the end of March, 1926, he was nominated as the head-master. He stayed at this position until March 1947, when he was retired. He expanded and promoted the work of the Service. By the establishment of the marigraph station in Bakar, he founded the physical oceanography. He established the co-operation of the Service with the kindred institutions and with various branches of economics, especially health services. Škreb did the very requiring job, re-establishing the network of meteorological stations after the World War I,

legija, a od 1923. do 1952. predavao je na Poljoprivredno-šumarskom i Tehničkom fakultetu u Zagrebu. Obnašao je i dužnost dekana Filozofskog fakulteta. Godine 1930. izabran je za dopisnog člana JAZU-a, 1935. g. za izvanrednog, a 1937. za redovnog člana JAZU-a. Godine 1942. imenovan je potpredsjednikom Akademije.

Aktivno je sudjelovao u radu Hrvatskog prirodoslovnog društva, a u tri navrata obavljao je dužnost njegova predsjednika. Objavio je brojne članke u časopisu „Priroda” i održao mnoga predavanja u Pučkom sveučilištu u Zagrebu.

JOSIP GOLDBERG (Sarajevo, 18.II.1885.-Zagreb, 15.X.1960.) nakon gimnazijskog školovanja u Sarajevu, 1908. završio je studij matematike i fizike u Beču. Na temelju disertacije iz termodinamike u Beču je 1914. g. promoviran za doktora filozofije. U razdoblju 1908.-1927. službovao je u svojstvu profesora fizike i matematike na gimnazijama u Mostaru i Sarajevu. Godine 1927. premješten je u Geofizički zavod u Zagrebu, gdje je ostao do svojeg umirovljenja 1955. godine. U razdoblju 1951.-1955. bio je predstojnik Geofizičkog zavoda (Penzar B. i sur., 1986.; Sijerković, 1993.).

Goldberg je bio svestran geofizičar, te se bavio u znanstvenom i praktičnom smislu njezinim različitim granama: *meteorologijom*, *oceanografijom* i *seizmologijom*. Najviše se bavio istraživanjem klime. Bio je prvi koji se upustio u istraživanje klimatskih promjena u nas. Objavio je u našim i inozemnim časopisima oko 30 znanstvenih i stručnih radova. Bio je autor ili koautor 8 udžbenika iz fizike i astronomije, koja su doživjeli brojna izdanja. Objavio je brojne popularne članke iz različitih područja prirodoslovnih znanosti, ali i iz filozofije, likovne umjetnosti i glazbe.

Goldberg je 1947. godine bio osnivač studija geofizike s meteorologijom na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, na kojemu je bio predstojnik katedre i održavao nastavu. Dopisnim članom JAZU-a, postao je već 1940. g., a redovnim 1951. g. U Akademiji je bio pročelnik njezine Fizičke sekcije. Zaslužan je za osnutak Instituta za fiziku atmosfere i kozmičku fiziku JAZU-a te u okviru toga i Opservatorija Puntijarka na Medvednici. Bio je vrlo aktivan u Hrvatskom prirodoslovnom društvu, posebice u njegovoj matematičko-fizičkoj sekciji.

MILAN KOVAČEVIĆ (Prkovi, 13.XII.1889.-Zagreb, 2.XII.1954.) gimnazijsko je školovanje završio u Vinkovcima, a zatim je upisao studij na Filozofskom fakultetu u Zagrebu. Zbog ratnih okolnosti studij je završio po okončanju I. svjetskog rata. Na Geofizički je zavod došao

their expansion and the promotion of the quality of their work

Škreb wrote 38 scientific works and 61 work on the professional and popularizing problems (Volarić, Kempni, Lisac, 1990). His works contain the scientific spheres of physics, geophysics, astronomy, statistics, climatology and meteorology. He engaged in the application of the theory of errors to meteorological data. He did the research of climate in Croatia, especially of the precipitation regime, and together with Josip Goldberg, he made the first climatic classification of Croatia. From 1919 to 1946, he taught numerous courses of lecture at the Faculty of Philosophy in Zagreb, and from 1923 to 1952, he taught at the Faculty of Agriculture and Forestry and at the Faculty of Technology in Zagreb. He performed the duty of the dean of the Faculty of philosophy, as well. In 1930, he was chosen as the correspondence member of the Yugoslav Academy of Science and Arts, in 1935 as an extra, and in 1937 as the regular member of YASA. In 1942, he was nominated as the vice-chairman of the Academy.

He actively participated in the work of the Croatian society of natural sciences, and on three occasions, he performed the duty of its chairperson. He published numerous articles in the magazine "Nature" and gave many lectures at the University Extension in Zagreb.

JOSIP GOLDBERG (Sarajevo, 18 February, 1885 - Zagreb, 15 October, 1960). After the education in high school in Sarajevo, he finished his studies of mathematics and physics in Vienna, in 1908. On the basis of the dissertation on thermodynamics, he was promoted as the doctor of philosophy in Vienna, in 1914. In the period from 1908 to 1927, he worked as the professor of physics and mathematics at high schools in Mostar and Sarajevo. In 1927, he was transferred to the Geophysical Service in Zagreb, where he stayed until his retirement in 1955. From 1951 to 1955, he was the head of the Geophysical Service (Penzar, B. et al., 1986; Sijerković, 1993).

Goldberg was the omniscient geophysicist, and in scientific and practical sense, he engaged in its various branches such as *meteorology*, *oceanography* and *seismology*. He engaged mostly in climate research. He was the first to get involved in the research of climatic changes in our country. He published about thirty scientific and professional works in domestic and foreign magazines. He was the author or the co-author of eight physics and astronomy textbooks that had numerous editions. He also published numerous papers on the different spheres of natural sciences, but on philosophy and on fine arts and music.

Goldberg was the founder of the studies of geophysics with meteorology at the Faculty of Natural

1919. g. u svojstvu asistenta. U Zavodu je ostao do 1947. Tada je, kao iskusan i vrstan stručnjak, postavljen za načelnika meteorološko-klimatološkog odjela u novoosnovanoj Saveznoj upravi hidrometeorološke službe (SUHMS) u Beogradu. Na toj je dužnosti ostao do umirovljenja 1954. godine (Penzar B. i sur., 1986.; Sijerković, 1993.). Odmah od početka svojeg rada kao meteorolog opredijelio se za klimatologiju. Organizirao je i vodio mrežu meteoroloških postaja nad kojima je Geofizički zavod imao nadzor između dva svjetska rata. Provjeravao je i obrađivao podatke vremenskih motrenja, te sudjelovao u njihovu publiciranju. Kratkotrajno je, 1926. godine, radio i kao prognostičar vremena. U SUHMS-u je posebice zaslužan za obradu i publiciranje podataka sa svih postaja u Jugoslaviji u razdoblju 1925.-1940., te za izradu prve karte izohijeta za FNRJ.

Kovačević je objavljivao znanstvene i stručne radove u našim i inozemnim časopisima i to uglavnom s područja klimatologije. Sudjelovao je i u pisanju vrlo važne knjige "Klima Hrvatske" 1942. godine. Objavio je i priličan broj stručno-popularnih članaka iz meteorologije. Ukupno je objavio 30 radova. Djelovao je kao nastavnik na stručnim meteorološkim tečajevima nakon II. svjetskog rata, zatim u Srednjoj hidrometeorološkoj školi i na Prirodno-matematičkom fakultetu u Beogradu.

ANTE OBULJEN (Split, 7.VII.1902.-Split, 8. III.1978.) studirao je fiziku, najprije u Beču, a zatim na Filozofskom fakultetu u Zagrebu, gdje je diplomirao 1938. Nekoliko je godina, od 1926. do 1934., radio na Meteorološkom opservatoriju na Marjanu u Splitu. Godine 1936. dolazi u Geofizički zavod u Zagrebu, u kojemu radi do 1947. Kratkotrajno je, 1947. godine, bio upravitelj Geofizičkog zavoda, a zatim, u drugoj polovici iste godine, načelnik novoosnovane Uprave hidrometeorološke službe NRH. Godine 1948. postavljen je za načelnika sinoptičkog odjela u Saveznoj upravi hidrometeorološke službe u Beogradu, gdje je radio do umirovljenja (Sijerković, 1993.; Penzar B. i sur. 1986.). Ponajvećma se bavio prognozom vremena. Počeo je već u Splitu, nastavio u Zagrebu i završio u Beogradu. Poslije II. svjetskog rata obnovio je prognostičku djelatnost u Geofizičkom zavodu. U Beogradu je organizirao rad prognostičke službe i bio glavni prognostičar. Radio je na unapređivanju metoda prognoze vremena. Bio je vrlo popularan u javnosti.

Napisao je 17 znanstvenih, stručnih i znanstvenopopularnih radova s područja opće meteorologije, sinoptičke meteorologije i klimatologije. Održavao je nastavu iz meteorologije i klima-

Sciences and Mathematics of the University of Zagreb in 1947, at which he was the head of the chair and gave lectures. He became the correspondence member of YASA in 1940, and the regular member in 1951. At the Academy, he was the chief of its Physical section. He was credited for the foundation of the Institute of atmospheric and cosmic physics of YASA, and of the Puntijarka Observatory on Medvednica Mountain. He was very active in Croatian society of natural sciences, and especially in its mathematical and physical section.

MILAN KOVAČEVIĆ (Prkovci, 13 December, 1889 - Zagreb, 2 December, 1954). He completed high school in Vinkovci and entered the University of Zagreb, Faculty of philosophy. Due to the war, he graduated after the end of the First World War, and became an assistant in Geophysical Institute where he remained until 1947. At that time, being an experienced and capable specialist he was invited to newly established Federal Hydrometeorological Service (FHMS) in Belgrade as a head of meteorological- climatological department and remained there until retirement in 1954 (Penzar, B. et al., 1986; Sijerković 1993). Immediately at the beginning of his work, he decided to become a climatologist. He organized and directed the network of meteorological stations, which was under the guidance of Geophysical Institute between two World Wars. He was checking and elaborating meteorological observations and participated in publications. For a short time in 1926, he was a forecaster. In FHMS, he was especially meritorious for dealing with checking and publishing the data for all stations in Yugoslavia in the period 1925-1940, and execution of first map isohyets for Yugoslavia. Kovačević has published scientific and professional papers in domestic and foreign publications mainly in the field of climatology. He participated in the publication of very important book "Climate of Croatia" in 1942. He published a large number of professional-popular articles from meteorology, totally thirty papers. After the Second World War, he was also the instructor in professional meteorological courses, and in secondary hydrometeorological school and in the Faculty of Science in Belgrade.

ANTE OBULJEN (Split, 7 July, 1902 - Split, 8 March, 1978). He was studying physics, first in Vienna and afterwards in Philosophy Faculty in Zagreb where he graduated in 1938. For several years, 1926-1934, he was working in Meteorological Observatory in Marjan, Split. In 1936, he came to Geophysical Institute in Zagreb where he worked until 1947. For a short time, he was a chairperson of Geophysical Institute and afterwards became the head of newly established Hydrometeorological Service in Croatia. In 1948, he became the head of the Synoptic Department of FHMS in Belgrade, where he was working until re-

tologije u Zagrebu (Tehnički fakultet, Prirodoslovno-matematički fakultet, Viša pedagoška škola) i u Beogradu (Prirodno-matematički fakultet i Srednja hidrometeorološka škola).

BRANKO MAKSIĆ (Zagreb, 16.IX.1909.-Zagreb, 20.IX.1966.) gimnaziju je pohađao u Zagrebu. Diplomirao je 1933. iz teorijske matematike na Filozofskom fakultetu u Zagrebu. Sedam godina bio je srednjoškolski profesor, i to na Klasičnoj gimnaziji u Visokom (Bosna i Hercegovina) i na Realnoj gimnaziji u Bitoli (Makedonija). Od 1941. radio je u Geofizičkom zavodu u Zagrebu. Doktorirao je 1953. na Sveučilištu u Zagrebu, obranivši tezu: „Atmosferska vlaga u specijalnim uvjetima i njeno mjerenje”. Od 1947. predavao je meteorologiju na Prirodoslovno-matematičkom, Arhitektonskom i Šumarskom fakultetu. Godine 1961. postao je redovnim sveučilišnim profesorom geofizike i meteorologije na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu u Zagrebu i članom dopisnikom u radnom sastavu JAZU-a. U razdoblju 1955.-1966. bio je predstojnik Geofizičkog zavoda, te dekan i prodekan PMF-a. Od 1959. do 1966. bio je direktor Instituta za fiziku atmosfere i kozmičku fiziku JAZU-a, a od 1960. direktor Geofizičkog instituta. Bio je pročelnik fizičke sekcije JAZU-a, urednik znanstvenih časopisa, član stručnih komisija i sl.

Maksić se u razdoblju II. svjetskog rata i neposredno poslije njega aktivno bavio analizom i prognozom vremena u Geofizičkom zavodu i kao savjetnik u Upravi hidrometeorološke službe. Proširio je djelatnost Geofizičkog zavoda na nova područja (aktinometrija, dinamička klimatologija, izučavanje magnituda potresa itd.). Organizirao je postdiplomski studij iz meteorologije.

Njegova znanstvena djelatnost najviše je bila usmjerena na dinamičku i sinoptičku meteorologiju. Posebno su se isticala njegova istraživanja vlage u zraku, redukcije tlaka zraka na morsku razinu, te mikroklimatska istraživanja. U posljednje vrijeme težište znanstvenog rada usredotočio je na problem objektivne, numeričke prognoze vremena. Ukupno je objavio 25 radova. Bio je vrlo plodan suradnik i urednik za meteorologiju Opće, Pomorske i Šumarske enciklopedije. Bio je autor ili koautor cijeenjenih udžbenika iz fizike za srednje škole (Penzar B. i sur., 1986; Sijerković, 1993.).

BERISLAV MAKJANIĆ (Zagreb, 25.XI. 1922.-Split, 9.X.1988.) poslije završetka Klasične gimnazije u Splitu, upisao je studij matematike na Filozofskom fakultetu u Zagrebu, na kojem je diplomirao 1947. godine. Makjanićevo je zanimanje za meteorologiju počelo razmjerno rano, već u

tirement (Sijerković, 1993; Penzar, B. et al.; 1986). He was mainly working in weather forecasting, starting already in Split, continuing in Zagreb and terminating in Belgrade. After the end of the Second World War, he resumed prognostic activity in the main forecaster. He was working on improvement on forecasting methods. He was very popular in public.

He published 17 scientific, professional and popular papers in the field of general meteorology, forecasting and climatology. He delivered lectures in meteorology and climatology in Zagreb and Belgrade.

BRANKO MAKSIĆ (Zagreb, 16 September, 1909 - Zagreb, 20 September, 1966). He attended the high school in Zagreb and graduated in 1933 in theoretical mathematics at the Faculty of Philosophy in Zagreb. For 7 years, he was the professor in the classic high school in Visoko (Bosnia and Herzegovina) and in high school in Bitola (Macedonia). From 1941, he was working in Geophysical Institute in Zagreb. He obtained a doctoral degree in 1953 with a thesis: “Atmospheric humidity in special conditions and its measurement”. From 1947 he lectured on Faculty of Science, Architecture and Agriculture and Forestry Faculty in Zagreb. In 1961 he became full professor of geophysics and meteorology in Faculty of science in Zagreb, and corresponding member of Academy of Science and Art in Zagreb in the period 1955-1966 he was a head of Geophysical Institute and dean in the Faculty of Science. From 1959 to 1966 he was the director of the Institute for atmospheric and cosmic physics in Academy, and from 1960 the director of Geophysical Institute. He was a head of physical section of Academy, chief editor of scientific bulletins, member of professional commission etc.

Maksić was in the period of the Second World War and after its end active in the work of weather analysis and forecasting in Geophysical Institute and as consultant in Hydrometeorological Service. He extended activity of the Geophysical Service onto the new fields. He organized graduate studies in meteorology.

His scientific activity was mainly directed by the dynamic and synoptic meteorology. His research was particularly recognized in the study of air humidity, pressure reduction on sea level, and microclimate. Last research was focused on the problem on objective numerical weather forecast. He published 25 papers. He was very successful co-operator and editor of General, Marine and Forest Encyclopedia. He was also the author of important textbooks in physics for secondary school (Penzar, B. et al., 1986; Sijerkovic, 1993).

splitskoj gimnaziji, gdje je surađivao s B. Kiriginom. Na Filozofskom fakultetu u Zagrebu upisao je i neke predmete iz geofizike. U Geofizičkom je zavodu 1943. i 1944. honorarno obavljao vremenska motrenja. Kad je unovačen, jedno je vrijeme (kolovoz 1945.-veljača 1946.) radio kao meteorološki motritelj na Brijunima. U razdoblju 1946.-1947. radio je u novoosnovanom Hidrografskom institutu u Splitu. Godine 1947. dobio je posao u tek osnovanoj Upravi hidrometeorološke službe, gdje je radio sljedećih 11 godina. Najprije je bio motritelj na meteorološkoj postaji Sljeme, a zatim je obavljao dužnost načelnika meteorološko-klimatološkog odjela. Dok je radio u hidrometeorološkoj službi, uvelike je pridonio širenju mreže meteoroloških postaja u Hrvatskoj, poboljšanju kakvoće njezina rada, uvođenju modernih metoda klimatološke obrade podataka i objavljivanju prvih godišnjaka. Godine 1958. na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu obranio je doktorsku disertaciju pod nazivom „Obalni sistem cirkulacije u dnevnom periodu - prilog matematičkoj teoriji i analizi pojava na primorju Jugoslavije”. Iste je godine prešao u Geofizički zavod, gdje je svoju djelatnost usmjerio na znanstveni i obrazovni rad. Bio je predstojnik Zavoda u razdoblju 1966.-1982. U fakultetsku nastavu Makjanić je bio uključen već 1950. godine. Godine 1961. postao je docentom, 1966. izvanrednim, a 1971. redovnim profesorom geofizike s meteorologijom na PMF-u. Održavao je nastavu i na Šumarskom fakultetu, u Školi narodnog zdravlja i Vojnoj akademiji. U razdoblju 1966.-1974. bio je direktor Instituta za fiziku atmosfere JAZU-a. Bio je član ili je obavljao rukovodeće poslove različitih znanstvenih odbora, povjerenstava, uredništava časopisa. Bio je redaktor struke meteorologija u Pomorskoj enciklopediji, urednik Klimatografije Jugoslavije. Godine 1977. Makjanić je izabran za izvanrednog člana JAZU-a i u tome svojstvu bio je predsjednik Savjeta za daljinska istraživanja i fotointerpretaciju. U domaćim i stranim publikacijama objavio je ukupno 29 znanstvenih i 20 stručnih radova, te sam ili u koautorstvu 6 udžbenika i skripata. Njegovi su interesi obuhvaćali različita područja meteorologije i geofizike, ali najviše klimatologiju, dinamičku meteorologiju i primjenu matematičke statistike u meteorologiji i geofizici. Posebno su zanimljiva i važna njegova istraživanja bure posredstvom matematičkih modela strujanja zraka preko planine (Penzar B. i sur., 1986.; Sijerković, 1993.).

RADOVAN VERNIĆ (Bihać, 23.XII.1914.-Zagreb, 20.X.1958.) gimnaziju je pohađao u Zagrebu, gdje je upisao i studij matematike i nebeske mehanike na Filozofskom fakultetu, na

BERISLAV MAKJANIĆ (Zagreb, 25 November, 1922 - Split, 9 October, 1988). After completing the classic high school in Split he enrolled in the study of mathematics and the Faculty of philosophy in Zagreb, where he graduated in 1947. His interest for meteorology started very early, already in the high school in Split, where he was the collaborator of B.Kirigin. At the university he studied some subjects of geophysics. In Geophysical Institute in 1943 and 1944, he was working part-time in weather observations. As a freshman he was working some time as meteorological observer in Brijuni. In the period 1946-1947 he worked in newly established Hydrographic Institute in Split. From 1947 he worked in Hydrometeorological Service for eleven years. First he was observer in meteorological station Sljeme, and after this he was a head of Meteorological-Climatological Department. While working in Hydrometeorological Service he greatly contributed to the increase of station network in Croatia, improvement of its work, introduction of modern methods of climatological data elaboration and publication of first annual bulletins. In 1958 he obtained the doctor's degree in the Faculty of Science under the title "Coastal circulation system in daily period- supplement to mathematical theory and analysis of phenomena on the coastal area of Yugoslavia". The same year he transferred to Geophysical Institute where his activity was directed to scientific and educational work. He was the head of Institute in the period 1966-1982. In lecturing on faculty he was already incorporated in 1950. In 1961 he became assistant, in 1966 an extra-ordinary, and in 1971 an ordinary professor of geophysics with meteorology in the Faculty of Science. He was giving the lectures on Agricultural Faculty, and the School of national health and Military Academy. In the period 1966-1974 he was the director of atmospheric physics of Academy. He was the member of various scientific committees and in editorial board of publications. He was a reviser in meteorology for Marine Encyclopedia and chief editor of climatography of Yugoslavia. In 1977 Makjanić was chosen for extra-ordinary member of academy, and in this position he was the president of Council for remote-control research and photo interpretation. He published 29 scientific and 20 professional papers in domestic publications and abroad, and alone or in co-operation of 6 textbooks and notes. He has shown interest in various fields of meteorology and physics, but mostly climatology, dynamic meteorology and applied mathematical statistics in meteorology and geophysics. Of special interest is his research of bora by mathematical models of air currents across the mountains (Penzar, B. et al., 1986; Sijerković, 1993).

kojemu je diplomirao 1939. Zatim je kratkotrajno radio kao honorarni asistent na katedri za matematiku. Poslije toga bio je upravitelj Meteorološkog opservatorija u Mostaru. Godine 1943. premješten je u Geofizički zavod u Zagrebu, u kojemu je ostao do 1955. U razdoblju 1948.-1951. bio je upravitelj Zavoda. Godine 1953. obranio je doktorsku disertaciju. Zatim je postao docentom te izvanrednim profesorom na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu u Zagrebu, a od 1954. bio je član dopisnik u radnom sastavu JAZU-a. Od godine 1955. bio je predstojnik novoosnovanog Kabineta za dinamičku astronomiju na PMF-u.

Vernić se u Geofizičkom zavodu s početka bavio sinoptičkom meteorologijom. Kao upravitelj Zavoda posebice je zaslužan za osnutak mreže za prikupljanje makroseizmičkih podataka, za početak motrenja Sunčevih pjega i mjerenja globalne Sunčeve radijacije, te za unapređenje publicističke djelatnosti. U astronomiji se bavio nebeskom mehanikom, posebno tzv. problemom triju tijela, što je bila i tema njegove doktorske teze.

Napisao je 12 znanstvenih i stručnih radova, od kojih 3 s područja meteorologije (Penzar B., Penzar I., 1958.).

FRANJO MARGETIĆ (Zagreb, 25.XI.1905.-Zagreb, 15.VI.1990.) gimnaziju je završio u Susaku. Počeo je studij strojarstva u Beču, ali ga nije završio. Godine 1933. diplomirao je fiziku na Filozofskom fakultetu u Zagrebu. Još dok je studirao postao je, 1930. godine, članom Geofizičkog zavoda, u kojemu je u svojstvu asistenta i opservatora radio do 1947. Skrbio je o radu kišomjernih postaja. Nakon osnutka Uprave hidrometeorološke službe, 1948. godine postaje njezinim načelnikom, što je bio do 1958. Velike su njegove zasluge za uspostavu i razvoj meteorološke i hidrološke službe u zahtjevnom i teškom poratnom razdoblju, posebice mreže motriteljskih postaja. U vrijeme njegove uprave uvedena su pilotbalonska mjerenja visinskog vjetera i prva radiosondazna mjerenja slobodne atmosfere iznad Zagreba i Splita. Od 1958. do umirovljenja 1966. radio je kao savjetnik u Hidrometeorološkom zavodu, a posebno je aktivan u studijskim i istraživačkim poslovima. Sudjeluje u mikroklimatskim mjerenjima i izrađuje prototip psihrometra. Jedan je od utemeljitelja službe obrane od tuče u Hrvatskoj. Bio je vrhunski stručnjak za meteorološke instrumente. U Zavodu je posebice zaslužan za ustrojanje meteorološkog laboratorija i radionice. Zaslužan je za obnovu prastarog Sprung-Fuessovog barometra koji je na Griču postavljen 1903. godine. Sudjeluje u obnovi dugovječnih seizmografa Geofizičkog zavoda (Sijerković, 1993.).

RADOVAN VERNIĆ (Bihać, 23 December, 1914 - Zagreb, 20 October, 1958). He attended the high school in Zagreb where he entered the study of mathematics and sky mechanics at the Faculty of Philosophy where he graduated in 1939, after this he was shortly employed as part-time assistant in mathematics, and afterwards he became a head of Meteorological Observatory in Mostar. In 1943 he was transferred to geophysical Institute in Zagreb where he remained until 1955. In the period of 1948-1951 he was the chairman of the Institute. In 1953 he defended his doctoral thesis and became the first assistant and later the extra-ordinary professor in Faculty of science in Zagreb, and from 1954 he was the corresponding member in Academy. From 1955 he was the chairman of newly established Cabinet for dynamic astronomy in Faculty of Science.

Vernić was in Geophysical Institute first of all interested in synoptic meteorology. As Institute's chairman he was especially meritorious for the establishment of network for collection of macroseismological data, for the beginning of observation of sunspots and the measurements of radiation, as well as the advancement of publication activity. In astronomy he was interested in the sky mechanics, especially the so-called problem of three bodies that was also his doctoral thesis.

He published 12 scientific and professional papers from which there were three from the field of meteorology (Penzar B. and I., 1958).

FRANJO MARGETIĆ (Zagreb, 25 November, 1905-Zagreb, 15 June, 1990). He completed high school in Susak. He started a study of mechanical engineering in Vienna, which he did not completed. In 1933 he graduated in physics in the Faculty of Philosophy in Zagreb. Even during the study he became in 1930 the member of Geophysical Institute where he remained as assistant and observer until 1947. He was taking care about rain gage stations. After establishment of Hydrometeorological Service in 1948 he became its director and remained there until 1958. He was especially meritorious for the development of meteorological and Hydrological Service in a very difficult post-war period, particularly observation station network. At the time of his leadership the pilot balloon measurements were introduced for upper air wind observation and the first radio sounding measurements of free atmosphere above Zagreb and Split. From 1958 until retirement in 1966 he was the advisor in Hydrometeorological Service, and especially was active in research work. He participated in microclimatic measurements and he developed prototype of psychrometer. He is one of the founders of hail protec-

Objavio je 40 znanstvenih, stručnih i znanstveno popularnih radova. Posebno je važan njegov znanstveni doprinos istraživanju oborine, pa je u povijesnoj knjizi „Klima Hrvatske”, objavljenoj 1942. godine, napisao poglavlje o oborini. Za enciklopedijska izdanja Leksikografskog zavoda u Zagrebu napisao je brojne članke iz područja meteorologije.

Predavao je meteorologiju za studente geografije na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu u Zagrebu, a za studente geofizike s meteorologijom održavao predavanja iz kolegija Meteorološki instrumenti.

BOŽIDAR KIRIGIN (Zagreb, 4.XII.1921.- Zwickau, 22.VIII.1977.) gimnaziju je pohađao u Splitu, a u Zagrebu je završio studij eksperimentalne fizike s geofizikom na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu. Nakon svršetka studija kratkotrajno je radio na visinskoj meteorološkoj postaji Sljeme. Godine 1948. počeo je raditi u nov osnovanoj Upravi hidrometeorološke službe NRH. Godine 1956. postao je rukovoditeljem meteorološko-klimatološkog odjela, što će ostati sve do svoje tragične smrti u prometnoj nesreći (Sijerković, 1993.).

Meteorologijom se počeo baviti zarana, još kao gimnazijalac u Splitu, gdje je u razdoblju 1938.-1940. vodio svoju privatnu meteorološku postaju. Već početkom studija uključio se kao honorarni motritelj u rad Geofizičkog zavoda, gdje će ostati do 1943. U hidrometeorološkoj službi od početka je radio u odjelu kojega je djelovanje povezano s meteorološkim postajama, motrenjem i obradom podataka te njihovom primjenom u istraživanju klime. Neprocjenjiv je njegov doprinos razvoju mreže meteoroloških postaja, kojih se broj u gotovo tri desetljeća njegova rada povećao od 125 na 703. Zaslužan je za postavljanje najviše meteorološke postaje u Hrvatskoj na Zavižanu, na sjevernom Velebitu. Na Zavižanu je razvio punkt za istraživanje različitih metoda mjerenja oborine. Sudjelovao je u mikroklimatskim mjerenjima na Zavižanu i u Gorskom kotaru. U suradnji s vanjskim čimbenicima promicao je primjenu meteoroloških podataka i informacija u gospodarstvu i uslužnim djelatnostima. Bio je vrlo aktivan i zaslužan suradnik na izradi *Klimatografije* i *Atlasa klime Jugoslavije*.

Bio je vrlo plodan pisac znanstvenih, stručnih i znanstvenopopularnih radova, u Hrvatskoj i u inozemstvu. Od 72 objavljena rada velika se većina odnosi na istraživanje oborine i snježnog pokrivača. Kirigin je bio dugogodišnji, vrlo uspješni urednik stručnog časopisa „Vijesti iz hidrometeorološke službe SR Hrvatske”.

He was expert for meteorological instruments. In service he was especially meritorious for meteorological laboratory and workshop, particularly for renewal of very ancient Sprung-Fuess barometer placed in Grič in 1903. He participated in re-establishment of long lasting seismographs in Geophysical Institute (Sijerković, 1993).

He published 40 scientific, professional and popular papers. His contribution of precipitation research is of special importance and in the book “Climate of Croatia”, published in 1942, he wrote the chapter on precipitation. In Encyclopedia of Lexicographic Institute he wrote many articles from meteorology.

He was teaching meteorology for students of geography at the Faculty of Science and for students in geophysics he was giving the lecture about meteorological instruments.

BOŽIDAR KIRIGIN (Zagreb, 4 December, 1921 - Zwickau, 22 August, 1977). He attended the high school in Split and in Zagreb completed the study of experimental physics with geophysics in Faculty of Science. After graduating, he was shortly employed in meteorological mountain station Sljeme. In 1948 he started to work in the newly established Hydrometeorological Service of Croatia. In 1956, he became a head of meteorological climatological department where he remained until his tragic death in traffic accident (Sijerković, 1993).

Already in the high school in Split he was interested in meteorology and in the period 1938-1940 he established his private meteorological station. At the beginning of the study he was part-time observer in Geophysical Institute, where he remained until 1943. In Hydrometeorological Service his work was connected with observations in meteorological stations, and data processing with the application in climate research. His contribution to station network development is invaluable, and the number of stations during his work in 3 decades was increased from 125 to 703. He is meritorious for establishment of the highest meteorological station in Croatia, Zavižan in north Velebit. He developed there a place for investigation of various methods for precipitation measurements. He participated in microclimatological measurements in Zavižan and Gorski kotar. In co-operation with other performers he promoted the application of meteorological data and information in economy and trades. He was very active collaborator in the publication of climatology and of Climatic atlas of Yugoslavia.

He was very diligent and fruitful author of scientific, professional and popular papers in Croatia and abroad. Most of his 72 papers are related to pre-

MILE ŠIKIĆ (Štikada, 14.III.1924.-Beograd, 14.I.1985.) školovao se u Banjoj Luci. Poslije svršetka II. svjetskog rata upisao je studij poljoprivrednih znanosti na Poljoprivredno-šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, na kojemu je diplomirao 1950. godine. Kratkotrajno je radio kao novinar, a 1951. počeo je raditi u Upravi hidrometeorološke službe NR Hrvatske. Kao rukovoditelj agrometeorološke službe radio je do 1958. g., kad je postao direktorom Republičkog hidrometeorološkog zavoda. Na toj je dužnosti ostao do početka 1980. g., kad je preuzeo dužnost direktora Saveznog hidrometeorološkog zavoda u Beogradu, koju je obnašao do svoje smrti početkom 1985. godine.

U hidrometeorološkoj službi Hrvatske očitovao je velike organizatorske sposobnosti i široki spektar stručnog znanja. Uvođenjem novih područja primijenjene meteorologije (onečišćenje zraka, oborina i voda; zaštita od tuče itd.) i suvremenih metoda rada i tehnologija (automatske meteorološke postaje, radarska meteorologija, funkcionalni sustav radioveza i daljinskog prijenosa podataka itd.) uvelike je pridonio razvoju službe i njezinu stasanju do europske razine. Kao direktor očitovao je veliku skrb glede izobrazbe stručnjaka. Poticao je znanstveno-istraživački rad, pa je njegovom zaslugom 1970. godine Zavod upisan u registar znanstvenih ustanova. Poticao je i razvijao međunarodnu suradnju. Napisao je desetak stručnih radova, uglavnom s područja agrometeorologije. Bavio se i nastavnom djelatnošću u obrazovanju poljoprivrednih stručnjaka (Pandžić i sur., 1998.).

TOMISLAV VUČETIĆ (Herceg Novi, 24.I.1935.-Zagreb, 25.II.2000.) završio je Srednju hidrometeorološku školu 1953. godine, a zatim je radio kao tehničar u hidrometeorološkoj službi Crne Gore u Cetinju i Titogradu (sada Podgorica). Godine 1956. počeo je raditi kao prognostičar u vojnoj zrakoplovnoj meteorološkoj službi u Zagrebu a ujedno je upisao studij geofizike s meteorologijom na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Diplomirao je 1962. Godine 1964. zaposlio se u Republičkom hidrometeorološkom zavodu SR Hrvatske i to na mjestu načelnika Sinoptičko-aerološkog sektora, koji je u svojem sastavu objedinjavao telekomunikacije, elektroniku, prognozu vremena, aerologiju i zrakoplovnu meteorologiju. Zaslužan je za uvođenje funkcionalnih sustava radio-veza i daljinskog prijenosa podataka te za osnutak suvremene, radarski dirigitirane, službe zaštite od tuče. Kao vrstan dugogodišnji komentator vremenskih izvješća na televiziji uvelike je pridonio popularizaciji prognoze vremena i meteorologije općeni-

cipitation and snow cover research. Kirigin was for a long time very successful editor of professional publication "News from Hydrometeorological Service of Croatia".

MILE ŠIKIĆ (Štikada, 14 March, 1924 - Beograd, 14 January, 1985). He attended school in Banja Luka. After the end of Second World War he enrolled in the Faculty of Agriculture and Forestry in Zagreb where he graduated in 1950. He was shortly working as a journalist, and in 1951 he started to work in the Hydrometeorological Service of Croatia. As the chairman of Agrometeorological Service he worked until 1958 when he became a director of Republic Hydrometeorological Institute. In this duty he remained until the beginning of 1980 when he transferred to Belgrade to become the director of Federal Hydrometeorological Service until his death at the beginning of 1985.

In Hydrometeorological Service of Croatia he indicated great organizing capability and broad spectrum of professional knowledge. Introducing new fields of applied meteorology (air, precipitation and water pollution, hail protection, etc), new methods and technology (automatic meteorological stations, radar meteorology, functional system of radio connection and remote-control transfer of data etc) and greatly contributed to the development of service and its increase to the European level. As the director he has shown large interest for the education of specialists. He was stimulating and developing international cooperation. He wrote several professional papers mainly from the field of agrometeorology. He also participated in education of agricultural specialists (Pandžić et al., 1998).

TOMISLAV VUČETIĆ (Herceg-Nov, 24 January 1935 - Zagreb, 25 February, 2000). He completed secondary hydrometeorological school in 1953 and afterwards worked as technician in Hydrometeorological Service in Montenegro in Cetinje and Titograd (now Podgorica). In 1956 he started to work in military aeronautical service in Zagreb as forecaster and registered the study of geophysics with meteorology in the Faculty of Science. He graduated in 1962. In 1964 he was employed in Hydrometeorological Service of Croatia in a position of head of synoptic-aerological sector, which united telecommunications, electronics, weather forecasting, aerology and aeronautical meteorology. He was given credit for introduction of functional system of radio connections and remote-control transfer of data and founding of modern service of hail protection guided by radar system. As an excellent long-term commentator of weather reports on television he greatly contributed to populariza-

to. Direktorom Zavoda postao je početkom 1980. i tu je dužnost obavljao do umirovljenja potkraj 1995. U tome je razdoblju Zavod doživio zamjetan razvoj u različitim područjima svojeg djelovanja. Uspostavljena je mreža automatskih meteoroloških postaja; uvedena su elektronička računala u prijenosu i obradi podataka; nabavljen je prvi prijamnik satelitskih slika i time počeo razvoj satelitske meteorologije; u prognostičkoj službi uvedene su metode objektivne (numeričke) prognoze vremena itd. Godine 1992. Hrvatska je primljena u Svjetsku meteorološku organizaciju (WMO - World Meteorological Organization), a Vučetić je bio prvi stalni predstavnik Hrvatske u toj organizaciji. Uvelike je pridonio velikom razvoju međunarodne suradnje Državnog hidrometeorološkog zavoda (DHMZ) s drugim meteorološkim službama i njihovim asocijacijama (Pandžić i sur., 1998.).

ERALD MARKI (Hvar, 4.VIII.1876.-Split, 1. XII.1958.) godine 1901. završio je Visoku tehničku školu u Grazu (Austrija). Kao vrstan stručnjak zaslužan je, među inim, za izgradnju splitskog brodogradilišta i plinare te za elektrifikaciju grada, a velik je i Markijev doprinos uređenju parka na Marjanu. Bio je profesor Srednje tehničke škole u Splitu i sudski vještak za strojeve i kotlove. Zbog svojih velikih zasluga bio je 16 godina gradski vijećnik. Bavio se speleologijom, planinarstvom i jedrenjem.

Meteorologijom se počeo baviti zarana. Već 1912. bio je član Austrijskog meteorološkog društva. Godine 1922. sudjelovao je, kao predstavnik Primorja, na prvoj konferenciji o ustrojstvu meteorološke službe u Jugoslaviji. Na njegov poticaj, ali i uz aktivno sudjelovanje, izgrađen je u Splitu, na Marjanu, meteorološki opservatorij. Opservatorij je počeo raditi 1926. g., a Marki je bio njegov upravitelj do 1931. Markijevom zaslugom obnovljen je rad splitskog meteorološkog opservatorija već početkom 1945., a Marki je skoro dvije godine bio njegov upravitelj. Od 1948. do smrti Marki je radio kao savjetnik Pomorskog meteorološkog centra u Splitu.

Vrlo je važan njegov istraživački i popularizatorski rad na području meteorologije. Nekoliko njegovih radova odnosi se na teoretsko istraživanje nastanka sastojaka oblaka i oborina, od kojih su neki objavljeni u stranim znanstvenim časopisima. Posebice su važna dva njegova klimatološka rada: „Klimatske prilike Dalmacije” iz 1924. i „Kratki prikaz klime jugoslavenske jadranske obale u usporedbi s klimom francusko-talijanske rivijere” te knjiga „Vrijeme - praktična uputa za upoznavanje i proricanje vremena bez upotrebe sprava” iz 1950. godine (Sijerković, 1993.).

tion of weather forecast and meteorology in general. At the beginning of 1980 he became the director of Hydrometeorological Service and remained on this position until retirement in 1995. During this period large development was noticed in different fields of its activities. The automatic station network was established, computers were introduced in the data processing, first receiver of satellite data was purchased and in prognostic sector new objective (numerical) methods were introduced etc. In 1992 Croatia was accepted into WMO and Vučetić was its first representative. He greatly contributed to the progress of international cooperation of MHS with other services and associations (Pandžić et al., 1998.).

ERALD MARKI (Hvar, 4 August, 1876 - Split, 1 December, 1958). In 1901, he graduated from high technical school in Graz, as an expert he is meritorious among the other things, for building of Split's shipyard and gashouse for cities electrification, and his large contribution is also the arrangements of park in Marjan. He was the professor of secondary technical school in Split, and legal judge of machinery and boiler plant. Deserving credit for this he became for 16 years city's councilor. He was interested speleology, hiking and sailing.

He became interested in meteorology very early. Already in 1912, he was the member of Austrian meteorological society. In 1922, he participated in the first conference of establishment of Yugoslav meteorological service. With his initiative and active participation the meteorological observatory was built in Marjan, Split, and began to work at the beginning of 1945 with Marki as its director for almost two years. From 1948 until his death, Marki worked as advisor in Marine Meteorological Center in Split.

His research and work for popularization in meteorology is very important. Several of his publications concerned theoretical studies of cloud and precipitation growing, and some of these papers are published in scientific bulletins abroad. His two climatological papers are especially important: "Climate in Dalmatia" from 1924 and "Short survey of Yugoslav Adriatic coastal climate in comparison with French-Italian Riviera", and the book "Weather- practical instructions for understanding and forecasting weather without instruments" from 1950 (Sijerković, 1993).

STJEPAN MOHOROVIČIĆ (Bakar, 1890 - Zagreb, 1980). He graduated from high school in Zagreb. He studied mathematics and physics, mainly in Zagreb, and partly in Goettingen, where he indicated interest for geophysics and astrono-

STJEPAN MOHOROVIČIĆ (Bakar, 1890.-Zagreb, 1980.) gimnaziju je završio u Zagrebu. Studirao je matematiku i fiziku, većim dijelom na Filozofskom fakultetu u Zagrebu, a manjim u Göttingenu, gdje očituje zanimanje i za geofiziku i astronomiju. Godine 1913. položio je profesorski ispit i postao nastavnikom na Realnoj gimnaziji u Bjelovaru. Po svršetku I. svjetskog rata, u kojemu je bio unovačen, radio je kao srednjoškolski profesor, najprije na Trgovačkoj akademiji, zatim na II. ženskoj realnoj gimnaziji, a od 1923. na Klasičnoj gimnaziji, gdje je radio cijela dva desetljeća.

Prvi znanstveni rad S. Mohorovičić je objavio već 1913., i to s područja geofizike. I drugi je s meteorološkog područja, a treći je bio u vezi s teorijom relativnosti. Po svršetku rata proglašen je doktorom filozofije na Zagrebačkom sveučilištu. Do 1927. objavio je ukupno 22 znanstvena rada, većinom s područja teorijske fizike, zatim astronomije, meteorologije i geofizike. Godine 1934. objavljen je njegov posljednji i najvažniji rad, u kojemu je postulirao moguće postojanje pozitronija, vezanog stanja elektrona i pozitrona.

Meteorologijom se počeo baviti tijekom I. svjetskog rata, u kojemu je bio upravitelj vojnih meteoroloških postaja. U razdoblju od prosinca 1915. do ožujka 1916. obavio je u Igalu, u Boki kotorskoj, 88 pilotbalonskih mjerenja (baloni od papira ili „paragumije”), u kojima je jedan balon dospio 12 km visoko (već spomenuto). Njegova studija o tim mjerenjima prva je takve vrste u Hrvatskoj. Poglavlje „Jedna računska metoda za obradu uzleta pilotnoga balona” sadrži teoretska razmatranja problema mjerenja visinskog vjetera pomoću balona. S obzirom na to, S. Mohorovičić može se smatrati začetnikom aerologije u Hrvatskoj. Rezultate mjerenja koristio je za istraživanje uspravne strukture bure i juga, kao i jadranskih ciklona. Mohorovičić je rezultate svojih mjerenja uspoređivao s opažanjima pilota zrakoplova, te njegova studija označava početak zrakoplovne meteorologije u nas. Slična je mjerenja obavljao u razdoblju od rujna 1916. do veljače 1918. u Galiciji. Meteorologiji se pouzdano vratio još jedanput. Godine 1943. u Zagrebu je objavljeno djelo „Oblaci”, koje je zapravo „izvadak iz Međunarodnog atlasa oblaka”. Na naslovnoj stranici je napisano: „Slobodno sastavio, preveo i nadopunio prof. dr. Stjepan Mohorovičić, prič. nadsatnik - meteorolog” (Paar, 1992.; Sijerković, 1993.).

my. In 1913 he became lecturer in gymnasium in Bjelovar. After the First World War, in which he was raw recruit, he worked as secondary school professor first in the Trade Academy and afterwards in the second woman real gymnasium, and from 1923 in classic gymnasium where he remained for two decades. First scientific publication appeared already in 1913 in the field of geophysics. The second work was from meteorology and the third from the theory of relativity. At the end of war he obtained the doctor's degree in philosophy from Zagreb University. Until 1927 he published 22 scientific papers mainly from theoretical physics and then from astronomy, meteorology and geophysics. In 1934 his last and most important work was published where he postulated possible existence of positron connected with the condition of electrons and positrons. He started to work in meteorology during the First World War, in which he was the chief of military meteorological stations. In the period of December 1915 to March 1916 he performed in Igalo, Boka Kotorska, 88 pilot balloon measurements in which one balloon reached the height of 12 km. His study concerning these measurements was the first of this type in Croatia. The chapter “One calculation method for estimation of taking off the pilot balloon” contains theoretical study of the problem of upper air measurements by balloons. Stjepan Mohorovičić could be considered as the beginner of aerology in Croatia. The results of measurements he used for investigations of vertical structure of bora and jugo and the Adriatic cyclones. Mohorovičić compared the results of his measurements with observations of aircraft pilots, and this way his study indicates the beginning of aeronautical meteorology in our area. Similar measurements he made in the period September 1916 - February 1918 in Galicia. He returned trustworthy to meteorology once more. In 1943 in Zagreb was published the paper “Clouds” which was actually “extract from International cloud atlas”. On title-page it was written: “Freely composed, translated and extended by professor doctor Stjepan Mohorovičić, the reserved captain-meteorologist” (Paar, 1992; Sijerković, 1993).

2. METEOROLOŠKA MOTRENJA U RAZDOBLJU 1947.-2012.

U suvremenoj meteorologiji neophodno je punu pozornost posvetiti motrenjima, s tim da se radi usporedivosti podataka definira točnost, propisi i načini obavljanja motrenja, te kriteriji za ustrojstvo mreže meteoroloških postaja. Osnovne smjernice i za to područje daje WMO. Razvoj znanosti omogućio je da se osim korištenja klasičnih meteoroloških instrumenata danas koriste i uređaji koji omogućuju daljinska i automatska motrenja, pa čak i motrenja izvan Zemljine atmosfere, kao što su satelitska. Usprkos kontinuiranu razvoju mjernih uređaja, još je uvijek u motriteljskom sustavu važna uloga čovjeka, osobito u nadzoru rada uređaja i njihovu održavanju. Činjenica je međutim da se ona postupno smanjuje, pa se došlo već i do poluautomatskih ili približno automatskih motriteljskih sustava. Neovisno o načinu izvedbe, postoji podjela na prizemna i visinska meteorološka motrenja. Prva se odnose na pretežno prizemni sloj atmosfere (do 10 m iznad tla), izuzev nekih atmosferskih pojava kao što su naoblaka i električna pražnjenja, dok se visinska odnose na atmosferski sloj do visine od tridesetak kilometara iznad tla. Zbog toga će te dvije skupine motrenja biti opisane odvojeno.

Kako je današnje područje Hrvatske bilo djelomično u sastavu danas susjednih državnih zajednica, u Dodatku A ukratko su opisana meteorološka motrenja u nekoliko susjednih država: Austriji, Bosni i Hercegovini, Mađarskoj i Sloveniji.

2.1. *In situ* meteorološka motrenja

In situ meteorološka motrenja podrazumijevaju položaj osjetnika (senzora) na mjestu motrenja. To nije slučaj kod tradicionalnog načina opažanja, jer se oko opažača može smatrati kao „senzor” za daljinsko motrenje, primjerice meteoroloških pojava. Međutim, zbog jednostavnosti izlaganja ovdje se taj detalj neće posebno razmatrati.

2.1.1. Mreža prizemnih meteoroloških postaja s pretežito klasičnim instrumentima

Mreža meteoroloških postaja definirana je kao skup postaja na kojima se mjere i opažaju meteorološki elementi prema određenim propisima, nacima i pravilima WMO-a. Takva propisana istovrsnost treba se održavati niz godina da bi se

2. METEOROLOGICAL OBSERVATIONS BETWEEN 1947 AND 2012.

In contemporary meteorology it is indispensable to pay full attention to observation in order to enable the comparability of data to define the precision, the rules and ways of performing the observation and to define the criteria for setting up the network of meteorological stations. The guidelines for this field were also given by WMO. Apart from the use of classical instruments, the actual development of science, made possible the use of appliances for remote and automatic observation even observations out of the Earth's atmosphere such as satellites. In spite of the continuous development of measuring instruments in the observation system the role of man is still unavoidable especially in the control and the functioning of instruments as well as their maintenance. But, in fact this role is decreasing due to the growing use of semiautomatic and near-automatic observation systems. Independent on the technical make there are two divisions of meteorological observations: surface and upper-air observations. The first refers mainly to the surface layer of the atmosphere (up to 10 m above surface) except some atmospheric phenomena such as cloudiness and electric discharge while the upper-air observation reaches 30 km above surface. This is the reason why these two groups of observation will be dealt with separately.

As the actual territory of Croatia partly used to be within the territory of neighbouring countries, the Appendix A will give a short description of meteorological observations in some of these countries: Austria, Bosnia and Hercegovina, Hungary and Slovenia.

2.1 Meteorological observations *in situ*

The *in situ* meteorological observations understand the position of the sensor in the very place of observation. This is not the case with the traditional way of observing because the eye of the observer could be considered as the “sensor” for remote observation of meteorological phenomena.

2.1.1 Network of surface meteorological stations with mainly classical instruments

The network of meteorological stations is defined as a group of stations in which the meteorological elements are measured and observed according to rules, instructions and regulations of WMO. This required uniformity should be stuck to

dobili usporedivi nizovi meteoroloških podataka na promatranom području i u vremenskom slijedu.

Povijesni pregled

Organizirana meteorološka motrenja obavljana su u Hrvatskoj i prije 1880. godine koja se uzima kao početak razdoblja organiziranih meteoroloških motrenja u Europi. U okviru Habsburške Monarhije, koja je 1848. godine objavila prvi meteorološki godišnjak bila je i Hrvatska, pa se nedugo zatim, od 1852. nadalje, u godišnjacima pojavljuju i meteorološke postaje iz hrvatskih gradova (poglavlje 1.). Promjena broja meteoroloških postaja od 1851. do 2012. godine prikazana je na slici 2.1.

Neposredno nakon osnivanja 1947. godine, Hidrometeorološka služba NR Hrvatske preuzima sve postaje od Geofizičkog zavoda i sinoptičke postaje ratnog zrakoplovstva (poglavlje 1.). Na taj se način mreža meteoroloških postaja ujedinjuje pod jedinstvenom nadležnošću i počinje se razvijati širim zamahom. Izuzetak su 18 sinoptičkih postaja na Jadranu, kojima je do konca 1952. godine rukovodila Savezna uprava hidrometeorološke službe Jugoslavije preko pomorskog odjeljenja sa sjedištem u Splitu.

Mreža meteoroloških postaja organizacijski je ustrojena prema programu rada na:

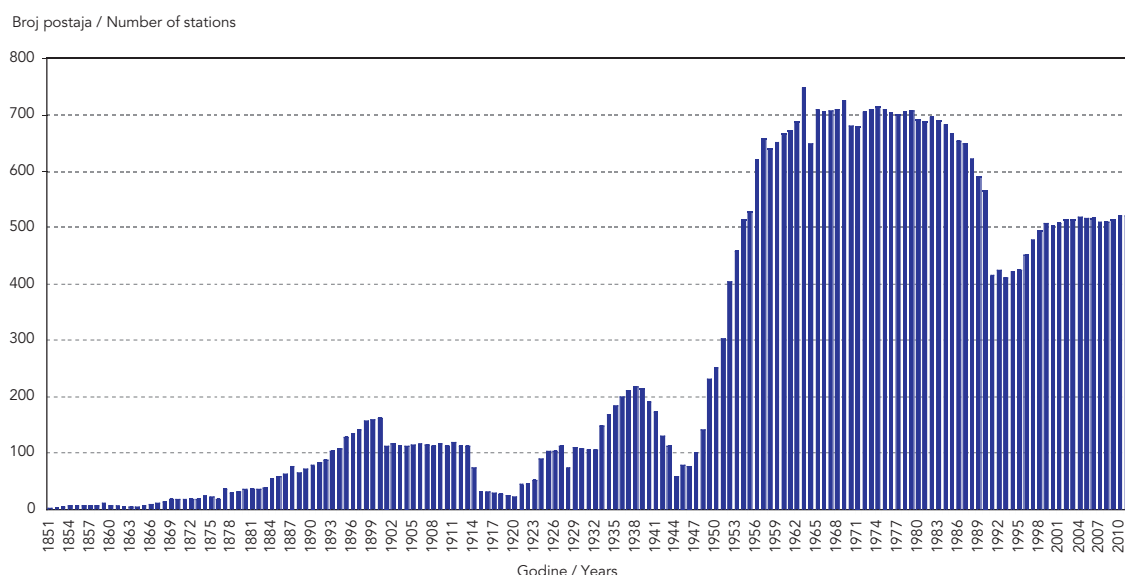
through a long term in order to get a series of meteorological data comparable on the observed territory and in the time sequence.

Historic overview

The organized meteorological observations were performed in Croatia even before 1880 but that year is taken as the beginning of organized meteorological observations in Europe. Croatia was within the Habsburg monarchy which on 1848 edited the first meteorological almanac so that shortly afterwards, i.e. from 1852 onwards, in the almanacs also the meteorological stations in Croatian towns are mentioned (see chapter 1). The change of the number of meteorological stations between 1851 and 2012 is shown in Figure 2.1.

Immediately after its foundation in 1947 the Meteorological hydrological service of NR Croatia takes over all the stations of the Geophysical Institute and the synoptic station of the air force (chapter 1). In this way the network of meteorological stations is united under one authority starting a new and broader swing. An exception to this are the 18 synoptic stations on the Adriatic coast which were until 1952 under the jurisdiction of the Federal administration of the meteorological, hydrometeorological service of Yugoslavia through its maritime section with the seat in Split.

The network of meteorological stations is organized according to their working processes as:



Slika 2.1. Razvoj mreže meteoroloških postaja u Hrvatskoj u razdoblju 1851.-2012.

Figure 2.1 Development of the network of meteorological stations in Croatia in the period between 1851- 2012

- glavne meteorološke postaje (GMP) s profesionalnim motriteljima (24-satno motrenje);
- obične (klimatološke) meteorološke postaje (OMP) s neprofesionalnim motriteljima i mjerenjima u 7, 14 i 21 sat po lokalnom vremenu te s kontinuiranim praćenjem meteoroloških pojava;
- kišomjerne postaje (KŠP) s neprofesionalnim motriteljima i mjerenjima oborine u 7 sati po srednjoeuropskom vremenu (SEV) te praćenjem meteoroloških pojava kontinuirano;
- totalizatori (T) za sakupljanje oborine u cjelogodišnjem razdoblju.
- main meteorological stations (GMP) with professional observers (24-hour observation)
- ordinary (climatological) stations (OMP) with non-professional observers and measurements at 7, 14, and 21 hr local time and continuous following of meteorological phenomena;
- rain-gauge stations (KŠP) with nonprofessional staff and precipitation measurement of at 7 hr Central European Time (CET) and continuous following of meteorological phenomena;
- totalizer (T) for precipitation collecting on the yearly basis.

Glavne meteorološke postaje

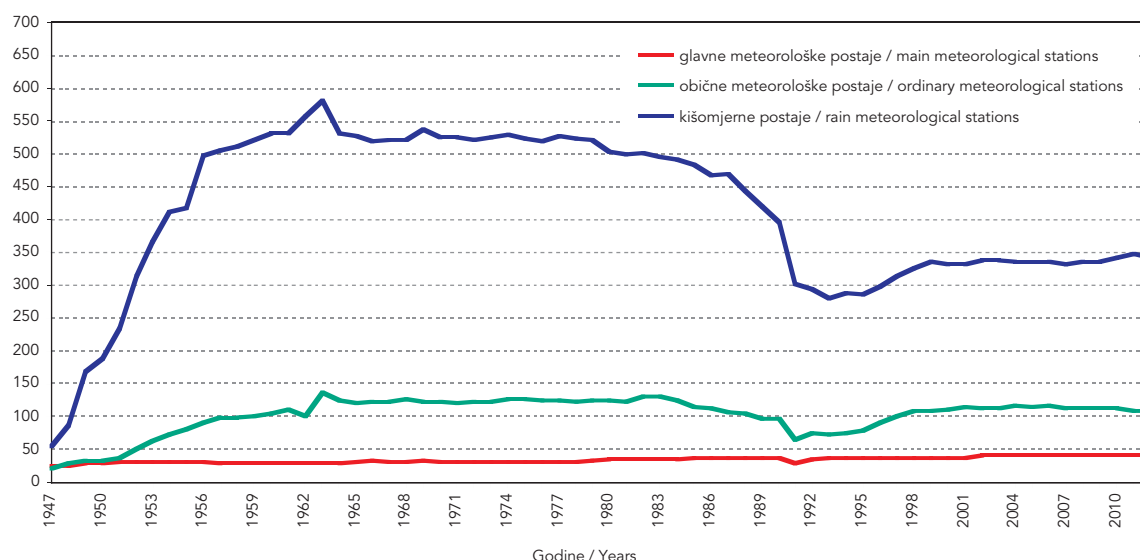
Glavne meteorološke postaje imaju vrlo opsežan motriteljski program te registriraju veliki broj meteoroloških elemenata i pojava, a u pravilu bi trebale imati dežurstvo od 24 sata s razmjenom podataka u sinoptičkim trosatnim terminima. U stvarnosti 24-satna dežurstva imalo je 3-5 postaja, a ostale su dežurstvom bile pokrivene veći dio dana, i to s radnim vremenom 4-21 sat ili 7-14 sati i 19-21 sat. Dojavljani podaci u obliku SYNOP-izvješća, preko prijamnih centara u Splitu i Zagrebu, davani su dalje u SHMZ i u međunarodnu razmjenu sve do sredine 1991. Od tada međunarodne obveze preuzima DHMZ. Na slici 2.2. prikazan je i broj glavnih meteoroloških postaja u Hrvatskoj tijekom zadnjeg 65-godišnjeg razdoblja.

Main meteorological stations

These stations have a very extensive observation programme registering a large number of meteorological elements and phenomena and as a rule they should have a 24-hour staff on duty with data dissemination in three-hour synoptic terms. In reality this 24-hour duty had only 3-5 stations and the rest were in the larger part of the day covered with working hours from 4-21 or 7-14 and 19-21. The collected data were transmitted in the form of SYNOP-report through the receive centers in Split and Zagreb and forwarded to SHMZ and the international exchange to the mid 1991 and from then onwards directly from Zagreb. On Figure 2.2 the number of main meteorological stations in Croatia through the 65-year period are also shown.

The number of main meteorological stations was also influenced by the already mentioned organizational changes, depending whether the mar-

Broj postaja / Number of stations



Slika 2.2. Broj meteoroloških (glavnih, običnih, kišomjernih) postaja na području Hrvatske (1947.-2012.)

Figure 2.2 Number of meteorological (main, ordinary and rain-gauge) stations in Croatia (1947- 2012)

Na broj glavnih meteoroloških postaja utjecale su i organizacijske promjene koje su prethodno spomenute, a ovisno o tome jesu li pomorske i zrakoplovne postaje bile pod nadzorom DHMZ-a. Kao što je već rečeno, prve su bile pod nadzorom SHMZ-a od 1947. do uključivo 1952. godine, a druge od 1973. do uključivo 1990. godine. Od 1992. do 2002. sve meteorološke postaje u zračnim lukama (Zagreb-Pleso, Pula, Rijeka-Omišalj, Zadar-Zemunik, Split-Resnik, Dubrovnik-Čilipi i nakon osnivanja Osijek-Klisa) pod nadležnošću su Ministarstva za pomorstvo, promet i veze u okviru Uprave za kontrolu leta (zrakoplovna meteorološka služba).

Katkad se program glavne meteorološke postaje proširuje dodatnim motrenjima za potrebe hidrologije, agrometeorologije, ekologije itd. Također, obavljaju se povremeno mjerenja u okviru međunarodnih projekata WMO-a, kao što je Međunarodna geofizička godina 1957./1958. i Alpski eksperiment 1981./1982.

U razdoblju od 1947. do 2002. za mjerenja na GMP korišteni su uglavnom klasični instrumenti (živini i alkoholni termometri, živini barometri, kišomjeri), mehanički instrumenti (termograf, higrograf, barograf, ombrograf, anemograf) te električni anemografi.

Od 1990. godine počeli su se s uvoditi električni anemografi (tipa μ m, Hrvatska) pa ih 2012. u mreži GMP radi 33, i to: Hvar (1990.), Makarska (1990.), Puntijarka (1990.), Bilogora (1991.), Gradište (1991.), Rab (1991.), Mali Lošinj (1991.), Senj (1992.), Dubrovnik (1995.), Slavonski Brod (1995.), Ogulin (1995.), Palagruža (1995.); Zadar (1995.); Komiža (1996.); Rijeka (1996.), Daruvar (1996.), Parg (1997.), Gospić (1998.), Zavižan (1998.), Zagreb-Maksimir (1999.), Varaždin (1999.), Ploče (2001.), Osijek Čepin, Karlovac, Pazin (2002.), Zagreb-Grič, Krapina, Sisak, Šibenik, Knin, Split-Marjan (2003.) te Lastovo (2008.). Također, od 2001. godine se prema „Planu modernizacije mjerenja u mreži glavnih meteoroloških postaja” provodi osnovna nadopuna s osjetnicima za mjerenje temperature, relativne vlage i tlaka zraka te količine oborine. Do 2012. godine preostale su, bez navedene nadopune, samo još postaje Gorice, Komiža, Križevci i Mali Lošinj.

U operativnoj meteorologiji razmjerno malo pažnje se poklanjalo mjerenju komponenti Sunčevog zračenja stoga su u svijetu mjerenja globalnog (ukupnog) Sunčevog zračenja, meteorološki najvažnije komponente započela tek početkom, a kod nas tek sredinom 20. stoljeća. Prva mjerenja globalnog zračenja u Hrvatskoj počela su 1948.

itite and aeronautical stations were under the control of DHMZ. As already mentioned, the former were under the control of SHMZ from 1947 to 1953 and the latter from 1973 to 1991. From 1992 to 2002 all the meteorological stations on airports (Zagreb Pleso, Pula, Rijeka Omišalj, Zadar Zemunik, Split Resnik, Dubrovnik Čilipi and after its foundation also Osijek Klisa) are under the jurisdiction of the Ministry of maritime affairs, traffic and communications within the flight control service (aeronautical meteorological service).

Sometimes the programme of a single meteorological station is extended with additional observing for the requirements of hydrology, agrometeorology, ecology etc. that will be described further on. Occasionally measurements are performed also within international projects of WMO such as the International Geophysical Year 1957/1958 and the ALPEX 1981/1982.

In the period between 1947 and 2002 for the measurements on GMP mainly classical instruments were used (mercury and alcohol thermometers, mercury barometers, rain-gauges), mechanical registering instruments (thermographs, hygrometers, barographs, rain-gauge, wind-vane) as well as electric wind-vanes.

From (since) 1990 electronic wind-vanes (of the μ m) type are gradually introduced in Croatia so that in 2012 in the network of GMP there are 33 of them: Hvar (1990), Makarska (1990), Puntijarka (1990), Bilogora (1991), Gradište (1991), Rab (1991), Mali Lošinj (1991), Senj (1992), Dubrovnik (1995), Slavonski Brod (1995), Ogulin (1995), Palagruža (1995), Zadar (1995), Komiža (1996), Rijeka (1996), Daruvar (1996), Parg (1997), Gospić (1998), Zavižan (1998), Zagreb-Maksimir (1999), Varaždin (1999), Ploče (2001); Osijek Čepin, Karlovac, Pazin (2002); Zagreb Grič, Krapina, Sisak, Šibenik, Knin, Split Marjan (2003) te Lastovo (2008). Also, since 2001 according to the “Plan for modernization of measurements in the network of main meteorological stations” a basic complement with temperature, relative humidity, air pressure and precipitation sensors is being carried out. By the 2012 only stations Gorice, Komiža, Križevci and Mali Lošinj remained without above mentioned complements.

In operational meteorology relatively little attention has been given to the measurements of solar radiation components in the world, therefore the measurement of global (total) solar radiation, meteorological the most important component, started only at the beginning, and in Croatia in the mid-twentieth century. The first measurements of global solar radiation in Croatia started in 1948 on the Zagreb-Grič observatory (Robitzsch actinograph).

godine na opservatoriju Zagreb-Grič (Robitzschev aktinograf). Već 1949. godine bila su uspostavljena mjerenja globalnog zračenja na Sljemenu i u Splitu, te 1951. godine u Pargu, 1954. u Križevcima i 1956. u Razomiru (vrlo kratkotrajno).

Tek od 1957./58. godine, koja je u svijetu bila proglašena Međunarodnom geofizičkom godinom, počinju redovitija mjerenja u svjetskim razmjerima, a slijedeći poticaj je bio 1964./65. godine koja je bila proglašena Međunarodnom godinom mirnog Sunca. Stoga je na Meteorološko-aerološkom opservatoriju Zagreb-Maksimir uspostavljeno 1969. godine mjerenje ne samo globalnog zračenja već i ostalih komponenti Sunčevog zračenja. Na GMP Rijeka i Dubrovnik započela su mjerenja globalnog zračenja 1980. godine no trajala su samo do 1983. godine. Nažalost, i preostala ovdje spomenuta mjerenja potpuno su obustavljena u razdoblju 1983.-1989. godine. Mjerenja komponenti (globalnog i difuznog) Sunčevog zračenja počinju se ponovno uspostavljati 2003. godine (Dubrovnik, Parg, Rijeka, Split Marjan), Zagreb-Maksimir (2004.), Gospić (2005.) te Zadar (2006.), a predviđeno je uspostavljanje na još 5 postaja (slika 2.3.).

Meteorološka su motrenja upisivana u *Dnevnik glavne meteorološke postaje* (DGMP) odmah nakon motrenja i naknadno nakon obrade registriranih traka. Od 1990. započelo se s unosom DGMP na osobno računalo, i do 2004. taj se unos

In the 1949, measurements of the global solar radiation have been established at Sljeme and Split, in 1951 in Parg, in 1954 in Križevci and in 1956 in Razomir (but measurements were carried shortly).

Since 1957/58, which was declared as the International Geophysical Year, measurements of solar radiation on a global scale became more regular and the next contribution (and another initiative to it was...) was declaring the 1964/65 as the International Year of the Quiet Sun. Consequently, measurements of not only global but other solar radiation components on the meteorological-aerological opservatory Zagreb Maksimir have been established. On GMP Rijeka and Dubrovnik measurements started in 1980 but they lasted only until 1983. Unfortunately, the rest of measurements mentioned herein were suspended during the period 1983-1989, too. Measurements of solar radiation components (both global and diffuse) have been re-established in 2003 (Dubrovnik, Parg, Rijeka, Split Marjan), Zagreb Maksimir (2004), Gospić (2005), Zadar (2006) and it is planned to establish measurements at five more stations (Figure 2.3).

Meteorological observations were entered in the log book of the Main meteorological station (DGMP) immediately after the observation and subsequently after processing of the registering tapes. From 1990 the entering of DGMP into the computers was being introduced so that until 2004 such enterings were done in 33 GMP-s: Zagreb Maksimir VII/1990,



Slika 2.3. Mjerenje komponenti sunčevog zračenja na MAO Zagreb-Maksimir

Figure 2.3 Measurement of solar radiation components, MAO Zagreb-Maksimir

već obavlja na svih 33 GMP: Zagreb Maksimir (VII/1990.), Puntijarka (IX/1990.), Zagreb-Grič (IX/1990.), Bilogora (I/1992.), Gradište (I/1992.), Krapina (IX/1993.), Split-Marjan (I/1995.), Zadar (IX/1995.), Rijeka (III/1997.), Senj (III/1997.), Ogulin (III/1997.), Varaždin (XII/1997.), Slavonski Brod (I/1998.), Šibenik (VIII/1998.), Karlovac (VIII/1998.), Dubrovnik (XI/1998.), Hvar (XI/1998.), Knin (XI/1998.), Komiža (XI/1998.), Makarska (XI/1998.), Ploče (XI/1998.), Zavižan (XI/1998.), Gospić (IX/2000.), Parg (I/2001.), Pazin (I/2001.), Bjelovar (III/2001.), Daruvar (II/2001.), Mali Lošinj (II/2001.), Rab (II/2001.), Sisak (II/2001.), Križevci (VIII/2001.), Osijek (I/2002.) i Gorice (I/2004.).

Zadržavanje i osiguravanje reprezentativnosti motrilišta jedan je od glavnih zadataka održavanja motriteljskog sustava. U okviru toga jest izgradnja i održavanje objekata GMP-a. Od 1947. izgrađene su nove zgrade glavnih meteoroloških postaja na lokacijama: Parg (1950.), Sisak (1954.), Gospić (1961.), Zadar (1963.), Ogulin (1970.), Senj (1974.), Rijeka (1977.), Dubrovnik (1979.), Knin (1988.), Makarska (1990.), Ogulin (1993.), Zadar (nova lokacija 1995.; slika 2.4.), Daruvar (nova lokacija 1996.), Slavonski Brod (novi objekt 1999.) i Karlovac (novi objekt 2001.) te Varaždin (nova lokacija 2009.).

Puntijarka IX/1990, Zagreb Grič IX/1990, Bilogora I/1992, Gradište I/1992, Krapina IX/1993, Split-Marjan I/1995, Zadar IX/1995, Rijeka III/1997, Senj III/1997, Ogulin III/1997, Varaždin XII/1997, Slavonski Brod I/1998, Šibenik VIII/1998, Karlovac VIII/1998, Dubrovnik XI/1998, Hvar XI/1998, Knin XI/1998, Komiža XI/1998, Makarska XI/1998, Ploče XI/1998, Zavižan XI/1998, Gospić IX/2000, Parg I/2001, Pazin I/2001, Bjelovar III/2001, Daruvar II/2001, Mali Lošinj II/2001, Rab III/2001, Sisak II/2001, Križevci VIII/2001, Osijek I/2002 and Gorice (I/2004).

One of the main problems is the maintenance of the facilities and their representativeness so that some of the GMP are rebuilt or newly built. Since 1947 new buildings of main meteorological stations were built on the following locations: Parg (1950), Sisak (1954), Gospić (1961), Zadar (1963) Ogulin (1970), Senj (1974), Rijeka (1977), Dubrovnik (1979), Knin (1988), Makarska (1990), Ogulin (1993), Zadar (new location 1995), Daruvar (new location 1996), Slavonski Brod (new building 1999) and Karlovac (new building 2001) and Varaždin (new location 2009). Some of these buildings are really on very high aesthetic levels as shown on the example of Zadar (Figure 2.4).

In order to train the observers workshops and seminars for leader chef officers of GMP were held: in Split (1953), Zagreb (1954), Zagreb (1957), Zagreb (1974) Zagreb (1976), Zagreb (1977), Stubičke Toplice (1981), Baška - Krk (1983),



Slika 2.4. Glavna meteorološka postaja Zadar

Figure 2.4 Main meteorological station at Zadar

U svrhu osposobljavanja motritelja održavana su savjetovanja voditelja GMP, i to: Split (1953.), Zagreb (1954.), Zagreb (1957.), Zagreb (1974.), Zagreb (1976.), Zagreb (1977.), Stubičke Toplice (1981.), Baška na Krku (1983.), Samobor (1987.), Zagreb (1995.), Zagreb (2000.), Zagreb (2006.) te Zagreb (2014.).

Osposobljavanje pripravnika obavljalo se kroz dodatno školovanje (1972.-1976.). Svi djelatnici bez završene srednje škole završili su tada srednju hidrometeorološku školu u dodatnom razredu posebno organiziranom za Hrvatsku. U razdoblju 1980.-2012. godine organizirano je dodatno osposobljavanje meteoroloških motritelja na svim GMP (85 djelatnika), kroz rad na postaji, dodatne ispite u DHMZ-u i kroz polaganje državnog ispita.

Godine 1976. načinjen je Pravilnik o radu meteoroloških opservatorija i glavnih meteoroloških postaja, a izmijenjen je i dopunjen 1995. Izrađen je i novi Naputak za opažanja i motrenja na glavnim meteorološkim postajama (2008.). Do 2012. godine napisano je nekoliko članaka o povijesti i radu mreže meteoroloških postaja i povijesti pojedinih postaja (Katušin, 2007., 2010., 2011.).

Obične meteorološke (klimatološke) postaje

Mrežu običnih meteoroloških postaja čine postaje na kojima se obavljaju svakodnevna motrenja tri puta tijekom dana u 7, 14 i 21 sat po lokalnom vremenu, i to najvažnijih klimatskih elemenata: temperatura i relativne vlažnosti zraka, vjetera, naoblake, količina oborine, vidljivosti i atmosfere.

Nakon završetka Drugog svjetskog rata na području Hrvatske, pod upravom Geofizičkog zavoda, radilo je 16 klimatoloških postaja. Od 1947. godine (slika 2.2.) broj se klimatoloških postaja povećavao, a najviše ih je bilo 1967. i 1976., ukupno 125. Smanjenje broja običnih meteoroloških postaja počelo je 1983., a znatno je pao tijekom 1991. zbog događanja u Domovinskom ratu. Prostorna razdioba glavnih i običnih meteoroloških postaja u Hrvatskoj prikazana je na slici 2.5.

U nastojanju da se zadovolje potrebe raznih grana gospodarstva, od 1962. počelo se i s postavljanjem postaja izvan plana osnovne mreže. Takve postaje tretiraju se kao dopunske, a gdje je to moguće, one istovremeno obavljaju funkcije osnovne mreže.

Podaci klimatoloških postaja osnova su za korištenje u gospodarstvu i proučavanju klime. Sto-

Samobor (1987), Zagreb (1995), Zagreb (2002), Zagreb (2006) and Zagreb (2014).

Trainings for probationers were also held through additional education (1972-1976). All the employees who had uncompleted secondary education now completed the secondary hydrometeorological school in a supplementary class especially organized for Croatia. In the 1980-2002 period the training of meteorological observers was intensified on all GMP (85 people) through practical work on the station as well as supplementary exams in the DHMZ and exams on government level.

In 1976 a Rule book on the work of meteorological observatories and main meteorological stations was published and it was re-edited in 1995. Instructions for observations and monitoring at the main meteorological stations were made (2008), too. Until 2012 several articles on the history and functioning of the network of meteorological stations and on the history of single stations were published (Katušin, 2007, 2010, 2011).

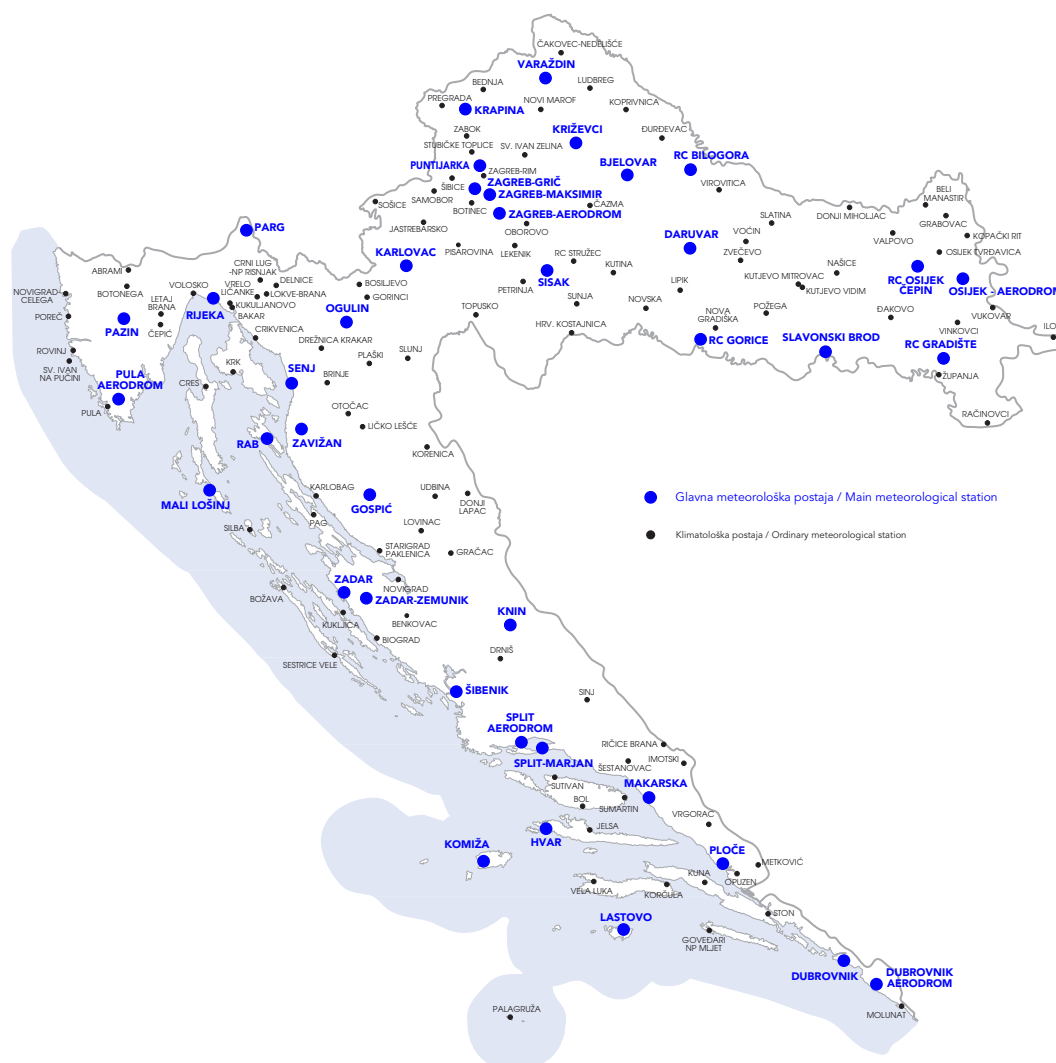
Ordinary (climatological) stations

The network of such stations comprises the stations that make the observations three times a day, i.e. at 7, 14, and 21 hr local time. The issues observed are: temperature, relative moisture level, wind, overcast, precipitations, visibility and phenomena. After World War II, on the territory of Croatia there were 16 climatological stations under the administration of the Geophysical Institute. Since 1947 (Figure 2.2) the number of such stations grew very intensely especially during the 1967-1976 period when they reached the number of 125. But after 1983 the number of ordinary meteorological station started to decrease, especially during the war year 1991. The distribution of main and ordinary meteorological stations is shown on Figure 2.5.

Since 1962 in the efforts to satisfy the requirements of different branches of the economy, stations outside the regular network were also organized. Such stations are treated as supplementary, and where possible, they take the function of the basic network as well.

The data from climatological stations are basic for the application in the economy and the study of the climate so their steady maintenance is of prime importance. Of the same importance is also the regular payment for services to voluntary observers because only through steady contacts and correct relationship towards them the quality of work and data gathering can improve.

The measurement on climatological stations are performed with classical instruments (mercury ther-



Slika 2.5. Razdioba glavnih i običnih meteoroloških postaja u Hrvatskoj u 2012. godini

Figure 2.5 Distribution of main and ordinary meteorological stations in 2012

ga odnos prema njihovom održavanju i redovitim isplatama nagrada dobrovoljnim motriteljima mora biti na visokoj razini, jer se samo kontrolom rada, stalnim kontaktiranjem i korektnošću u ispunjavanju obveza prema motriteljima može poboljšati kvaliteta rada i podataka.

Mjerenja na klimatološkim postajama obavljaju se klasičnim instrumentima (živini termometri, vjetrokaz i kišomjer) prema preporuci WMO-a, a tako bi trebalo ostati dok se ne pronađe prava veza između podataka dobivenih klasičnim mjerenjima i podataka dobivenih pomoću elektoničkih instrumenata.

Nažalost, kao volonterski, dugotrajan rad klimatoloških postaja nije jednostavno ostvariti. Na

meters, wind-gauges and rain-gauges) and according to the recommendation of WMO it should remain so until the proper link between the data achieved through the classical measuring methods and the measurements done by electronic instrument is found.

Unfortunately the voluntary work of climatological stations in the long run is relatively difficult to achieve. This is visible from the fact that there was a rather large number of installed climatological stations with a relatively short life (see Appendix B).

Rain-gauge stations

The network of rain-gauge stations consists of stations where the measurements of precipitations

to ukazuje priličan broj uspostavljenih klimato-
loških postaja s relativno kratkim razdobljem rada
(vidi Dodatak B).

Kišomjerne postaje

Mrežu kišomjernih postaja čine postaje na kojima se u pravilu samo jedanput na dan (7 sati po SEV-u) mjeri količina oborine koja je pala u posljednja 24 sata. U hladnom razdoblju godine mjeri se visina snijega te visina novog snijega. Svaki se dan prate i bilježe meteorološke pojave.

Motrenja obavljaju neprofesionalni motritelji, a podaci se najviše koriste za potrebe gospodarstva (vodoprivrede, elektroprivrede, građevinarstva) i u proučavanju klime.

U mreži kišomjernih postaja u Hrvatskoj su 1946. godine bile samo 32 postaje (slika 2.2.). Do 1957. broj se kišomjernih postaja povećao do iznad 500, s tim da ih je 1962. bilo 530. Od 1980. njihov broj lagano pada, sa znatnim padom neposredno prije Domovinskog rata i nakon njega (ispod 300) te ih opet 2012. godine ima 327. Za različite potrebe, uz kišomjerne i obične klimato-
loške postaje postavljaju se ombrografi i isparitelji.

Godine 1952. uspostavljena je mreža kišomjera koji mjere polugodišnju ili godišnju količinu oborina na nepristupačnim i nenaseljenim područjima. Ti veliki kišomjeri, totalizatori, također su korisni jer bez njih na velikim prostranstvima ne bi bilo podataka o oborinama. Nažalost točnost tih podataka nije uvijek zadovoljavajuća, te je i zbog toga njihov broj stagnirao u rasponu 20 - 30 na ukupno 20 u 2012. godini.

Prostorna i visinska razdioba postaja 1977. godine

U tablici 2.1. prikazan je odnos između broja postaja, prosječne površine koju teorijski pokriva jedna postaja i izračunate udaljenosti između postaja za 1977. godinu, kada je broj postaja bio najbliži preporukama WMO-a.

U odnosu na visinske zone pokazuje se da je u usporedbi s postotkom pojedine visinske zone broj meteoroloških postaja iznad 400 m premalen (tablica 2.2.).

Osvrt na postojeće stanje

Prikazana horizontalna i vertikalna pokrivenost Hrvatske meteorološkim postajama u 1977. godini, koja je u skladu s preporukama WMO-a, u Domovinskom je ratu značajno promijenjena, jer

are done only once in the 24-hour period and that at 7 hr CET. In the cold part of the year the quantity (height) of snow is measured as well as the height of new snow. Every day the meteorological phenomena are followed and recorded.

The observations are performed by nonprofessional observers and the data are mostly used for the requirements of the economy (water management, electric power industry, civil engineering) and the study of climate. In the network of rain-gauge stations in Croatia in 1946 there were only 32 stations (Figure 2.2). Until 1957 their number grew to above 500 and in 1962 there were even 530 such stations. Since 1980 the number of rain-gauge station is decreasing with a steeper fall before the Homeland war and after it (under 300) and then again the number of rain-gauge stations starts to increase and in 2012 there were 327 stations. Together with the rain-gauge stations there are installed also ordinary climatologic stations for special requirements.

In 1952 the network of rain-gauge stations which measured half-year and yearly quantities of precipitation was built in nonaccessible and uninhabited places. These large scale rain-gauges - totalyzers - are also useful because such large areas would not otherwise be covered with precipitation data. But the correctness of such data is unfortunately not always satisfactory and for this reason their number stagnated between 20 and 30 and in 2012 there were 20 totalyzers in total.

Distribution of stations as to area and altitude coverage in 1977.

In the table 2.1 the relationship between the number of stations, average area covered theoretically by a single station and the calculated distance between stations for the year 1977 is shown. The year 1977 is taken because then the number of stations was the same as recommended by WMO. Referring to altitude zones, in comparison with the percentage of a single altitude zone, the number of meteorological stations above 400m showed to be too small (table 2.2)

Actual conditions

The horizontal and vertical coverage of Croatia with meteorological stations in 1977, which was as recommended by WMO, and accepted by all member states was during the Homeland war significantly altered because in 1991 and 1992 some 55% of the stations were out of work.

Compared to the year 1989, i.e. before the aggression, in 1993 only some 70% of the stations

Tablica 2.1. Broj meteoroloških postaja i prosječna površina koju pokriva pojedina postaja (km²), te prosječna udaljenost između postaja (km) u 1977. godini

Table 2.1 Number of meteorological stations and average area covered by a single station (sq km) and average distance between stations (km) in 1977.

Vrsta postaje Type of station	Broj postaja Number of stations	Prosječna površina za jednu postaju u km ² Average area for a single station in sq km	Prosječna udaljenost između postaja (km) Average distance between stations (km)
Glavna met. postaja Main station	22	2570	50,7
Obična met. postaja Ordinary station	119	400	20,0
Kišomjerna postaja Rain-gauge st.	612	90	9,5

Tablica 2.2. Raspored meteoroloških postaja po visinskim zonama izražen u postotcima ukupnog broja meteoroloških postaja u 1977. godini

Table 2.2. Disposition of meteorological stations according to altitude zones in percents of total number of meteorological stations in 1977.

Vrsta postaje Type of station	Visinski pojas / upper-air zone							
	0 - 200 m	201 - 400	401 - 600	601 - 800	801 - 1000	1001 - 1300	1301 - 1600	preko/ over 1600
GMP	78	10	3	0	6	0	3	0
OMP	69	13	5	5	4	1	2	1
KŠP	60	19	9	6	3	1	1	1
PA	53	20	10	7	6	3	0,8	0,2

GMP - Glavna meteorološka postaja / Main station

OMP - Obična meteorološka postaja / Ordinary station

KŠP - Kišomjerna postaja / Rain-gauge station

PA - površina (%) pojedinog visinskog pojasa u odnosu na ukupnu površinu Hrvatske / area (%) of single upper-air zone in relation to total area of Croatia

1991. i 1992. godine nije radilo više od 55 % meteoroloških postaja u odnosu na optimalan broj meteoroloških postaja prema kriteriju WMO-a koji su prihvatile sve članice.

U odnosu na 1989. godinu, u 1993. radi 70 % postaja, što znači da je u ratnim akcijama uništeno ili je okupirano 30 % postaja.

Direktnim pogotkom u zgradu ili meteorološki krug ili u neposrednu blizinu bili su oštećeni GMP: Gospić, Karlovac, Dubrovnik, Slavonski Brod, Osijek-Zeleno polje, Zagreb-Maksimir, Varaždin (slika 2.6.) i Daruvar.

Prebrojavanjem ukupnog broja uništenih meteoroloških instrumenata, opreme i objekata u

were functioning and that meant that in war actions there were some 30% of the destroyed or under occupation. The GMP stations at Gospić, Karlovac, Dubrovnik, Slavonski Brod, Osijek Zeleno polje, Zagreb Maksimir, Varaždin (Figure 2.6) and Daruvar had direct hits to the buildings or the near vicinity.

Damage of the total number of destroyed meteorological instruments, equipment and facilities in the basic network of meteorological stations can be estimated to reach about 3.5 million dollars.

Guidelines for further development

- Bring the number of meteorological stations of the basic network in Croatia onto the level of the



Slika 2.6. Postaja u Varaždinu, oštećena u Domovinskom ratu (1991.)

Figure 2.6 Station in Varaždin, damaged during the Homeland war (1991)

osnovnoj mreži meteoroloških postaja procjenjuje se da šteta od razaranja iznosi oko 3,5 milijuna dolara.

Osnovne smjernice za daljnji razvoj

- Broj meteoroloških postaja osnovne mreže u Hrvatskoj valja dovesti na razinu u skladu s preporukama WMO-a i očuvati homogenost mjerenja na području Hrvatske.
 - Meteorološke postaje treba opskrbiti novim instrumentima.
 - U skladu s preporukama WMO-a valja modernizirati meteorološka mjerenja uređajima nove tehnologije, tako da se osigura korektna veza između dosadašnjeg načina mjerenja i mjerenja novom, različitom tehnikom.
 - Objekte glavnih meteoroloških postaja razrušene u ratu te uništene zbog dugogodišnjeg neodržavanja, treba dovesti u upotrebno stanje, a na mjestima gdje ne postoje, treba izgraditi nove.
 - Treba poboljšati način osposobljavanja motritelja na GMP.
- WMO recommendation and preserve the measuring homogeneity in Croatia.
 - Equip the stations with new instruments
 - Modernize the meteorological measurements through new technology and appliances in conformity with the recommendation of WMO but securing a correct link between the past way of measuring and the measuring with the new, different technology.
 - The facilities of meteorological stations destroyed during the war or damaged through long neglect should be brought to a serviceable state. In places where they do not exist, build new ones.
 - Improve the way of training the observers on GMP.
 - Improve the relationship between the processing and control of data and the maintenance of meteorological stations because only an information feedback about the quality of data could give a real picture of a successful maintenance and quality of work.

- Treba zadržati čvrst odnos između obrade i kontrole podataka i održavanja meteoroloških postaja, jer samo povratna informacija o kvaliteti podataka daje sliku o uspješnosti održavanja i kvaliteti rada.

2.1.2. Automatska prizemna meteorološka motrenja

Automatizacija meteoroloških mjerenja došla je do punog izražaja s naglim razvojem mjerne tehnike (50-ih godina 20. stoljeća), elektronike i telekomunikacija (60-ih i 70-ih godina) te posebno s razvojem mikroprocesorske tehnologije i informatike (80-ih i 90-ih godina prošlog stoljeća). Ipak, treba naglasiti da je automatizacija meteoroloških mjerenja poseban značaj dobila u mikro meteorologiji, gdje se i danas obavlja većina svih meteoroloških mjerenja.

Automatski meteorološki sustavi (AMS) imali su u početku zadaću obavljati mjerenja osnovnih meteoroloških elemenata na mjestima koja su za čovjeka bila nepristupačna što je imalo poseban značaj za meteorološku službu. Današnji automatski meteorološki sustavi su to većim dijelom postali i stvarno po svim svojim karakteristikama. Kako je stalni dotok mjerenih meteoroloških podataka u realnom vremenu potreban mnogim djelatnostima, pristupilo se automatizaciji mjerenja. No, zbog složenosti motrenja meteoroloških pojava (oborine, oblaci itd.) to još uvijek čine motritelji, iako se i broj tih pojava neprekidno smanjuje zbog sve boljih mjernih osjetnika.

Kako i automatski meteorološki sustavi isto tako rade po strogo definiranim normama WMO-a, nove generacije automatskih meteorološko-mjernih sustava, koje se nalaze i u našoj meteorološkoj službi, i to domaće proizvodnje, u potpunosti zadovoljavaju sve navedene zahtjeve. Stoga ih je neophodno uvoditi u većem broju da meteorološka služba može odgovoriti svim postavljenim zahtjevima svojih korisnika, kako unutar države tako i u inozemstvu. Usprkos tome potrebno je zadržati određeni broj postaja s automatskim i s klasičnim načinom mjerenja i motriteljima, radi zadržavanja homogenosti stoljetnih meteoroloških nizova, što je namjera i u širim svjetskim razmjerima. Kombinirani rad postaja služi i kontroli rada i unapređenja rada automatskih meteoroloških sustava.

Namjenska automatska meteorološka mjerenja

U sklopu Centra za meteorološka istraživanja, osnovanog 1968. godine unutar tadašnjeg Re-

2.1.2 Automatic surface meteorological observations

The automation of meteorological measurements came to the full value with the fast development of measuring techniques (in the 50s of the 20th century), electronics and telecommunication (60s and 70s) and especially with the development of the microprocessor technology and informatics (80s and 90s of the 20th century). In meteorology the automation became of prime importance with the fast growth of interests for this science (even during World War II) with the spreading of meteorological services and their application to all the parts of life and work. But it should be stressed that automation of meteorological measurement became specially important in the micrometeorology where it is still very much in use.

At first the automatic meteorological systems (AMS) were meant to measure the basic meteorological elements in inaccessible places where they were of specific importance for the meteorological service. That meant that an independence from man as observer and controller of the functioning of the station was required. The actual automatic meteorological systems have in greater part become independent in all their characteristics. As the inflow of measured meteorological data in real time is continuous in many actual activities the automated measurements were introduced. But because of the complexity of observation of meteorological phenomena (precipitations, clouds etc) such observations are still done by men although the number of observed phenomena is steadily decreasing due to ever improving sensors. As the automatic meteorological systems, too, have to function according to strictly defined WMO norms, the actual generations of automatic meteorological measuring systems in use in our meteorological service - of our domestic production - quite satisfy all the requirements mentioned. This is why they should be introduced on larger scale so that the meteorological services could satisfy the requirements of their users within the country as well as abroad. Nonetheless it is necessary to maintain a certain number of stations with automatic as well as classical ways of measuring and observers or combined with automatic measurements in order to maintain the homogeneity of century-long series what is the worldwide intention. All that for the control of functioning as well as for the improvement of automatic meteorological systems.

Specific meteorological measurements

Within the Center for meteorological research, founded in 1968 as part of the former Federal

publičkog hidrometeorološkog zavoda, bio je i Odjel za razvoj, primjenu i obavljanje specijalnih meteoroloških mjerenja, u kojem se odvijala gotovo sva aktivnost, uz veliku potporu Meteorološkog laboratorija, vezana za uspostavu i nadzor rada automatskih meteoroloških sustava. Točnije, ta vrsta djelatnosti obavlja se od 1977. godine, kada je postavljen prvi elektronički anemograf na investitorskoj postaji Hrvatske elektroprivrede (HEP) u Oborovu. No već 1979. godine uspostavljena je prva automatska meteorološka postaja na otoku Viru. Nakon toga uspostava mjerenja automatskim meteorološkim sustavima, za potrebe investitora, postala je opća praksa, jer su zahtjevi za mjerenjima tražili kontinuitet mjerenja koji se klasičnim mjernim sustavima i motriteljima nije više mogao postići. U mnogo slučajeva specijalna mjerenja (slika 2.7.) obavljala su se upotrebom automatskih mjernih sustava (A-anemograf, AA-alarmni anemograf, AMP-automatska meteorološka postaja, AO-alarmni ombrograf), pilotbalonskog (PB) sustava, koji daje smjer i brzinu vjetra, te vezane radiosonde (VRS), koja daje podatke o strujanju, temperaturi i relativnoj vlažnosti zraka te atmosferskom tlaku do 1000 m (tablica 2.3.).

Poseban vid namjenskih mjerenja su profilna mjerenja (PF) brzine i smjera vjetra, temperature i relativne vlažnosti zraka. Ta mjerenja su se u razdoblju 1981.-1987. provodila terenskim vozilom. No, 1999. godine razvijen je u suradnji s proizvođačem *µm meteoroloških sustava* jedinstven u svijetu automatski mjerni sustav za profilna mjerenja koji se sastoji od 1 - 5 zasebnih mjernih komponenti (slika 2.8a) koje mjere ili samo vjetar ili temperaturu i relativnu vlažnost ili sve zajedno.

Taj sustav ima potpunu autonomnost napajanja. Posebnost je u tome što se uzorkovani sekundni podaci telemetrijski (radioveza) prenose na sakupljačko računalo koje zapisuje i sekundne mjerene podatke te ih obrađuje i arhivira. Podaci se odatle GSM vezom prenose u DHMZ. Udaljenost sustava i smještaja računala ovisi o dometu radio veze, a može biti do 30 km. Mjerni sustav može se postaviti na mjernu lokaciju i tada se uključuje sam (alarmni nivo) ili po potrebi iz DHMZ-a, a svi su međusobno vremenski sinkronizirani te u potpunosti daju istovremenost mjerenja. Po svim karakteristikama to je jedinstveni takav meteorološki mjerni sustav u svijetu, jer ne samo što daje i zapisuje sekundne podatke već i realizira istovremenost mjerenih podataka te upravljanje svim funkcijama na daljinu. Za sada

Hydrometeorological Institute there existed the Department for development, application and special meteorological measurements in which nearly all activities were performed with the support of the Meteorological laboratory connected to the implementation and control of the automatic meteorological systems. More precisely, such activity is in course since 1977 when the first electronic anemograph on the investor- station of Hrvatska elektroprivreda in Oborovo was installed. In 1979 the first automatic meteorological station on the island of Vir was installed. After that the installation of automatic measuring for the requirements of the investors became common practice as the necessary continuity of measurements could not be kept up by classical measuring systems and observers. In many cases the special measurements (Figure 2.7) were taken through the use of automatic measuring systems (A-anemograph, AA-alarm anemograph, AMP automatic meteorological station, AO-alarm ombrograph), pilot-baloon (PB) systems which gave the wind direction and speed, and radiosondes (VRS) which gave data on the circulation, temperature and relative humidity and atmospheric pressure up to 10000 m (table 2.3).

A special form of specialized measurements are profile measurements (PF) of the speed and direction of wind, temperature and relative air humidity. Such measurements between 1981 and 1987 were taken with an all-terrain vehicle with sensors for the wind directions and speed, and temperature and relative air humidity. But in 1999, in collaboration with the producer of *µm meteorological systems* an automatic system unique in the world was developed for profile measurements which consists of 1-5 separate measuring components (Figure 2.8a) which measure either only the wind or only the temperature and relative humidity or all of them together.

This system has a completely autonomous power supply. It samples data in intervals of seconds sending them telemetrically (radio links) to a collecting computer which processes them and files them away also at such intervals. These data are then sent through GSM link to DHMZ. The location of the system and the location of the computer depend on the range of the radio link and it can be 30 km. The measuring system can be located on the same location where the measurements are taken and then it is automatically swithed on (alarm level), or for the requirements of DHMZ. These systems are all synchronized giving completely synchronized measurements. By all its characteristics this is a unique meteorological system in the world because it not only gives and records the data at seconds intervals but it also does it simultaneously with remote control of all the functions. To this mo-



Slika 2.7. Specijalna mjerenja - više slika u kompletu

Figure 2.7 Special measurements - several pictures in a batch

Tablica 2.3. Namjenska automatska meteorološka mjerenja koja je provodio DHMZ

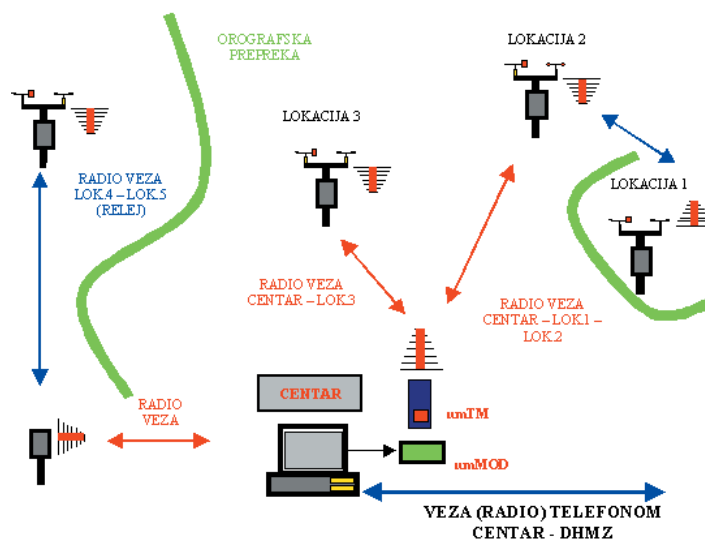
Table 2.3 Specified purpose automatic meteorological measurements taken by DHMZ

Lokacija Location	Mjerni period Measuring period	Mjerni sustav Measuring system	Razlog mjerenja Application
OBOROVO	1975.-2000.	A, AMP, KMP	Moguća lokacija za nuklearnu elektranu
VIR	1977.-1980.	AMP	Moguća lokacija za nuklearnu elektranu
HAMAZ	1977.-1980.	A	Određivanje lokacije i smjera piste Aerodroma Krk
REMETINEC	1979.-1984.	A, KMP	Projektiranje Sveučilišne bolnice Novi Zagreb
PLOMIN	1979.-1984.	A, AMP, KMP, VRS, PB	Projektiranje dimnjaka TE Plomin i studija utjecaja na okoliš
NP PLITVICE	1980.-1989.	A, KMP, KZV	Zaštita prirodnih karakteristika te razvoj turizma
KUTINA	1981.-2010.	AMP	Izgradnja i eksploatacija Tvornice gnojiva
BJELOVAR	1981.-1986.	A, KMP, VRS, PB, PF, KZ	Prostorno planiranje i zaštita okoliša
MOST KRK	1981.	A, PF, AA	Određivanje lokacije s najvećim udarima vjetra te praćenje sigurnosti prometa s obzirom na vjetar
PODRUTE	1983.-	A, VRS, PB	Utjecaj na okoliš moguće cementare
JABLAN-ZLOBIN	1983.-1985.	A, PF	Utjecaj jakog vjetra na distribuciju električne energije
MOLVE	1983.-1995.	A, AMP, VRS, PB, KZ	Zaštita okoliša s obzirom na eksploataciju prirodnog plina
TS MELINA	1985.-2008.	2A	Distribucija električne energije i jaki vjetar
DALJ	1986.-1987.	A, AMP	Moguća lokacija za nuklearnu elektranu
LUČICA	1986.-1991.	A, KMP	Moguća lokacija za HE
MOST RJEČINA	1986.-1994.	A	Sigurnost prometa s obzirom na jaki vjetar
CRIKVENICA	1986.-1994.	AMP	Thalasoherapia Crikvenica - zdravstveni turizam
SISAK	1988.-1990.	AMP	Prostorno planiranje i zaštita okoliša
GUSIĆ POLJE	1988.-1991.	AMP	Procjena utjecaja na okoliš nove HE SKLOPE
HE SKLOPE	1988.-1991. 1995.-2011.	AMP	Procjena utjecaja na okoliš nove HE SKLOPE
TS LIČKI OSIK	1988.-1991.	AMP	Procjena utjecaja na okoliš nove HE SKLOPE
TS OBROVAC	1988.-	A, AMP	Distribucija električne energije i jaki vjetar
TS NIN	1988.-1995.	A, AMP	Distribucija električne energije i jaki vjetar te sol
TS KONJSKO	1989.-1991.	AMP	Istraživanje za potrebe iskorištavanja sunčeve energije
HE LEŠĆE	1989.-1991.	A, KMP	Moguća lokacija za HE
GOTALOVO	1989.-2003.	AMP	Moguća lokacija za HE
HE ČAKOVEC	1991.-	A	Nadzor nad sigurnošću rada HE
HE DUBRAVA	1994.-2006.	AMP	Nadzor nad sigurnošću rada HE
CP TRILJ	1994.-2001.	AMP	Istraživanje sliva Cetine-vodni potencijal za HEP
AUTOCESTA ZG-KA	1994.-1995.	AMP	Istraživanje utjecaja vremenskih prilika na sigurnost cestovnog prometa
MALINSKA	1994.-	AMP	Potrebe Turističke zajednice Malinske
HRELJIN	1996.-2004.	A	Sigurnost prometa na autocesti ZG-RI
MASLENICA	1997.-	2AA	Sigurnost prometa na Masleničkom mostu
OPATIJA	1997.-	AMP	Potrebe Turističke zajednice Opatije
UMAG	1999.-2008.	AMP	Potrebe Turističke zajednice Umaga
PUNAT	1999.-2002.	AMP	Potrebe znanstvenog projekta i Turističke zajednice Opatije
BUKOVO	2000.-	A	Sigurnost prometa na autocesti ZG-RI
MOST PAG	2000.-	2AA	Sigurnost prometa na mostu

Tablica 2.3. Namjenska automatska meteorološka mjerenja koja je provodio DHMZ - nastavak

Table 2.3 Specified purpose automatic meteorological measurements taken by DHMZ - continue

Lokacija Location	Mjerni period Measuring period	Mjerni sustav Measuring system	Razlog mjerenja Application
VRH UČKE	1993.-2006.	A	Utjecaj jakog vjetra na distribuciju električne energije
TS NOVALJA	1995.-	A	Utjecaj jakog vjetra na distribuciju električne energije
DUGI RAT - ŽRNOVNICA	1999.	PF	Vjetrovni profil za potrebe određivanja odnosa građevinske konstrukcije i pritiska vjetra za PTT tornjeve
TUNEL SV. ROK	1999.-2003.	2AMP	Sigurnost prometa s obzirom na jak vjetar i pojavu zaleđivanja te ventiliranje tunela
BRODOGRADILIŠTE SPLIT	2000.	PF, 30 T+TG	Mjerenja temperaturnog profila na brodu hladnjači (Lady Korčula) za potrebe službenog certificiranja broda
DUBROVAČKI MOST	2001.	PF	Mjerenja vjetrovnog profila za potrebe određivanja odnosa građevinske konstrukcije i pritiska vjetra
SENJ	2002.	PF	Vjetrovni profil za potrebe određivanja odnosa vjetar-valovi
JASTREBARSKO	2002.-2006.	AMP	Znanstvena istraživanja Šumarskog instituta
VIJADUKT BARIČEVIĆ	2002.-2004.	AMP	Sigurnost prometa s obzirom na jak vjetar i pojavu zaleđivanja
VIJADUKT BOŽIĆI	2002.-2004.	AMP	Sigurnost prometa s obzirom na jak vjetar i pojavu zaleđivanja
LEDENIK	2003.-2004.	AMP	Sigurnost prometa s obzirom na jak vjetar i pojavu zaleđivanja
MASLENIČKI MOST	2003.-2004.	PF	Mjerenja vjetrovnog profila za potrebe određivanja učinkovitosti burobrana
GORINCI	2003.-	AMP	Za potrebe HE Lešće u izgradnji i u radu
JANKOVAC	2003.-	AAO	Za potrebe Hrvatskih voda - sliv Drave
CRIKVENICA	2003.-	AMP	Potrebe Turističke zajednice Crikvenice
SPLIT-POLJUD	2003.	PF	Vjetrovni profil za potrebe određivanja odnosa građevinske konstrukcije i pritiska vjetra
ZNANSTVENI PROJEKT 1,2-DHMZ	2004.-	2AMP	Znanstveni projekt 1,2 - mikrometeorološka mjerenja
ZNANSTVENI PROJEKT 3-DHMZ	2004.-	AMP	Znanstveni projekt 3 - specijalna mikrometeorološka mjerenja
BAKARAC	2004.-	A	Sigurnost prometa s obzirom na jak vjetar
ZADAR - ZEMUNIK	2004.-2005.	SODAR	Projekt DART05 (Dynamics of the Adriatic in Real Time 2005) - mjerenja vertikalnih profila vjetra nižih slojeva atmosfere
POVILE	2004.-	A	Sigurnost prometa s obzirom na jak vjetar
KOMARNA	2005.-	A	Projektiranje Pelješkog mosta
TUNEL SV. ROK - MASLENIČKI MOST	2006.-	PF	Mjerenja vjetrovnog profila za potrebe određivanja učinkovitosti burobrana na dionicama prometnice
KOZJAK	2006.-	PF	Vjetrovni profil za potrebe određivanja odnosa građevinske konstrukcije i pritiska vjetra za TT tornjeve
PRIZNA	2006.-	A	Sigurnost prometa s obzirom na jak vjetar
JASENICE	2006.-	A	Sigurnost prometa s obzirom na jak vjetar
LOKVINE	2006.-	A	Sigurnost prometa s obzirom na jak vjetar
SPLIT - AERODROM	2006.	SODAR	Projekt DART06 (Dynamics of the Adriatic in Real Time 2006) - mjerenja vertikalnih profila vjetra nižih slojeva atmosfere
SLUNJ-POLIGON	2007.-	AMP	Monitoring kvalitete zraka
KARLOBAG	2008.-	A	Za potrebe dogradnje luke
MASLENICA - STARI MOST	2008.-	A	Sigurnost prometa s obzirom na jak vjetar
NP MLJET	2008.-	AMP + 3 plutače	Znanstvena istraživanja eko sustava NP Mljeta
SPLIT - AERODROM	2010.	SODAR	Projekt WINDEX (Wind resources and forecasting in complex terrain of Croatia) - mjerenja vertikalnih profila vjetra nižih slojeva atmosfere



Slika 2.8a Shematski prikaz rada profilnog meteorološkog mjernog sustava

Figure 2.8a Schematic description of profile meteorological measuring systems



Slika 2.8b Profilna mjerenja, Dubrovački most, 2001. godine

Figure 2.8b The profile measurements, Dubrovački most, 2001

su njime provedena mjerenja za potrebe Građevinskog fakulteta iz Splita na tri lokacije iznad Dugog Rata (1999. godine), za potrebe navedenog fakulteta i Hrvatske uprave za ceste na objektima Dubrovačkog mosta (4 lokacije) u izgradnji (slika 2.8b) te u Senju (2001./2002. godine) za potrebe Geofizičkog zavoda Sveučilišta u Zagrebu. Također su provedena i mjerenja na objektima stadiona NK Hajduka (2002.) na Poljudu u Splitu

ment it performed measurements for the requirements of the Faculty of Civil Engineering in Split on three locations above Dugi Rat (1999), for the same faculty and the Croatian Road Administration on the building sites of Dubrovnik Bridge (4 locations; Figure 2.8b) as well as Senj (2001/2002) for the requirements of the Geophysical Institute of the University of Zagreb. Measurements on the sites of the stadium FK Hajduk at Poljud in Split (2002) and

te vrhu Kozjak (2006.-2012.), a za potrebe znanstvenoistraživačkog projekta pri Građevinskom fakultetu u Splitu i za izgradnju burobrana na dionici autoceste A3 Sv. Rok-Maslenica (2006.).

U sklopu Projekta obnove i zaštite obalnih šuma 2002. godine nabavljen je mjerni sustav SODAR Scintec FAS64 (Njemačka) za mjerenje visinskih profila brzine i smjera vjetra do 1000 m smješten u terenskom kombi vozilu. Meteorološki elementi su posebno važni kod raznih ekološko-akcidentnih situacija, ratnih situacija, praćenja meteoroloških fenomena, zaštite od šumskih požara te praćenja ostalih meteorološko-ekoloških elemenata za potrebe operativnih službi pri nadležnim organizacijama.

Mjerni sustav opremljen je prijenosnom automatskom meteorološkom postajom, a ima više razina napajanja strujom i to sve u sklopu terenskog kombi-vozila. Unutar cijelog sustava nalazi se i sav ostali potreban pribor kao i različite vrste komunikacijskih uređaja prema svim korisnicima podataka mjerenja.

SODAR (SONic Detection And Ranging) mjerni sustav koristi se za daljinsko mjerenje vertikalne turbulentne strukture i profila vjetra nižih slojeva atmosfere. SODAR sustav je istovjetan kao i radar (radar detection and ranging) sustav, osim što se koriste zvučni valovi umjesto radio valova.

Mjerenja sustavom SODAR provedena su i za potrebe međunarodnih i ostalih projekata u kojima je sudjelovao DHMZ svojom aktivnošću:

- 2004.-2005. Zadar-Zemunik mjerenja profila vjetra nižih slojeva atmosfere za potrebe projekta DART05 (Dynamics of the Adriatic in Real Time 2005.);
- 2006. Split-aerodrom mjerenja profila vjetra nižih slojeva atmosfere za potrebe projekta DART06 (Dynamics of the Adriatic in Real Time 2006.);
- 2010. Split-aerodrom mjerenja profila vjetra nižih slojeva atmosfere za potrebe projekta WINDEX (Wind resources and forecasting in complex terrain of Croatia).

Posebno treba napomenuti da su u sklopu automatske meteorološke postaje u Opatiji 1997. godine započela i prva kontinuirana mjerenja UV-B zračenja u Hrvatskoj. Ona su odmah bila i u funkciji obavještanja građana i posjetitelja grada Opatije na moguću opasnost od UV-B zračenja (slika 2.9.) putem tzv. turističko-meteorološkog monitoringa. To je i prva takva postaja koja je prikazivala stalni osjet ugođe, što još više daje zna-

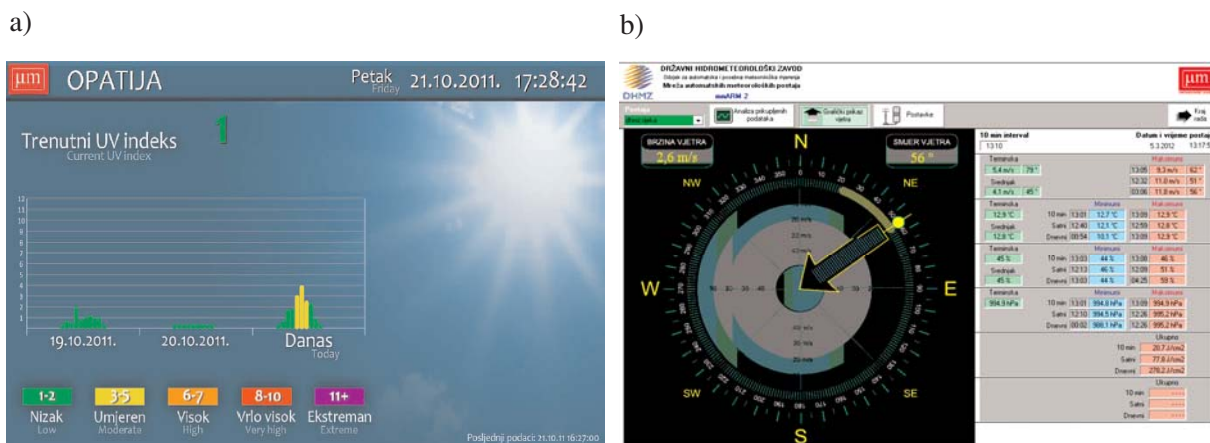
on the top of the Kozjak mountain (2006-2012) were performed for the requirements of the research project of the mentioned Faculty in Split, to build a windbreak on the section of the highway A3 Sv. Rok - Maslenica (2006).

Within the Project of coastal forest restoration and protection, in 2002 measurements system SODAR Scintec FAS64 (Germany) for the measurement of vertical wind speed and direction profiles up to 1000 m was procured and placed in the all-terrain vehicle. Meteorological elements are of a particular importance in a variety of ecologically - accidental situations, wars, monitoring of meteorological phenomena, protection of forest fires and monitoring of other meteorological and ecological elements for operational services of the authorized organizations. The measuring system is equipped with a portable automatic meteorological station and it has got a multi-level power supply all within the all-terrain vehicle. Within this system there are all other necessary accessories as well as different types of communication devices to data users. SODAR (Sonic Detection And Ranging) measuring system is used for remote sensing of vertical turbulent structure and wind profile of the lower layers of the atmosphere. SODAR measuring system is the same as RADAR (Radio Detection And Ranging) system, but it uses sound waves instead of radio waves.

Measurements that were carried out by SODAR system for international as well as other projects in which DHMZ participated:

- 2004-2005 Zadar-Zemunik wind profiles measurements of lower layers of the atmosphere for the project DART05 (Dynamics of the Adriatic in Real Time 2005)
- 2006 Split-airport wind profile measurements of lower layers of the atmosphere for the project DART06 (Dynamics of the Adriatic in Real Time 2006)
- 2010 Split-airport wind profile measurements of lower layers of the atmosphere for the project WINDEX (Wind resources and forecasting in complex terrain of Croatia).

It should be stressed that within the automatic meteorological station in Opatija, in 1997 the first continuous measuring of UV-B radiations in Croatia were done and their results were immediately communicated to the citizens and visitors, warning them through the tourist-meteorological monitoring, of the dangers from such radiations (Figure 2.9). Besides, this is the first such station that shows the comfort feeling index stressing how meteorology can be applied in tourism. The same was also done in Umag in 1999 and in Crikvenica in



Slika 2.9. Jedan od prikaza UV-B zračenja (a) i ostalih mjernih elemenata (b) na turističko-meteorološkom sustavu

Figure 2.9 One of the descriptions of UV-B radiations and comfort index on the touristic-meteorological system

čaj meteorologiji primijenjenoj u turističkoj djelatnosti. Ista mjerenja uspostavljena su 1999. godine i u Umagu te 2003. godine u Crikvenici.

Od novije uspostavljenih mjerenja treba spomenuti prva kontinuirana mjerenja prizemnog ozona u Hrvatskoj i to na GMP Ogulin i GMP Daruvar u 1999. godini koja su 2006. godine premještena na GMP Gradište i GMP Makarsku.

Uvođenje automatskih mjernih sustava u regularnu mrežu postaja DHMZ-a započelo je tek 1991. godine kada se i u tom dijelu meteorološke službe počinje pridavati veća važnost automatskim sustavima. Tip mjernog sustava koji je prevladavao u korištenju za potrebe Zavoda do 1986. godine bio je *IJS, Ljubljana*, koji je u velikoj mjeri i razvio već navedeni Odjel za razvoj, primjenu i obavljanje specijalnih meteoroloških mjerenja. No, promjene u tadašnjoj državi, kao i u samom Zavodu, doprinijele su i promjenama u načinu rada s automatskim sustavima te se od tada koriste sustavi tipa *μm, Zagreb*, koji je u potpunosti bio hrvatski proizvod, a u cijelosti je podržavao sve zahtjeve i protokole za automatske meteorološke sustave u mreži postaja meteorološke službe. Tijek uvođenja automatskih meteoroloških sustava u meteorološkoj službi Hrvatske prikazan je u knjizi *50 godina rada Državnog hidrometeorološkog zavoda*, (Pandžić i sur., 1998).

Mreža automatskih meteoroloških sustava Državnog hidrometeorološkog zavoda

Odjel za razvoj, primjenu i obavljanje specijalnih meteoroloških mjerenja i Meteorološki labo-

2003. The recent installation of such continuous measuring i.e. the measuring of ozone in Croatia and that on the GMP Ogulin and GMP Daruvar in 1999 should also be mentioned, although they were relocated on the GMP Gradište and Makarska in 2006.

The modernization, i.e. the introduction of automatic measuring systems into the network of meteorological stations of DHMZ started in 1991 when also in that part of the meteorological service a higher stress was put on the importance of automatic systems. The type of measuring system in major use for the requirements of the Institute until 1986 was the *IJS Ljubljana* largely developed by the already mentioned Department for development, application and special meteorological measuring. But the political changes and the changes in the Institute contributed to the changes in the application of automatic systems so that in the Institute in this field the system of the *μm type*, Zagreb are used. This system is of a complete Croatian product, completely supporting all the requirements and protocols for automatic meteorological systems in the network of the meteorological service. The course of implementation of automatic meteorological systems into the meteorological service in Croatia is shown in the book *“50 years of the functioning of the Meteorological Hydrological Service”*, (Pandžić at all 1998).

Network of automatic meteorological systems of the Meteorological Hydrological Service

The already mentioned Department for development, application and special meteorological meas-



Slika 2.10. Alarmni anemograf, most Pag, 2001. godina

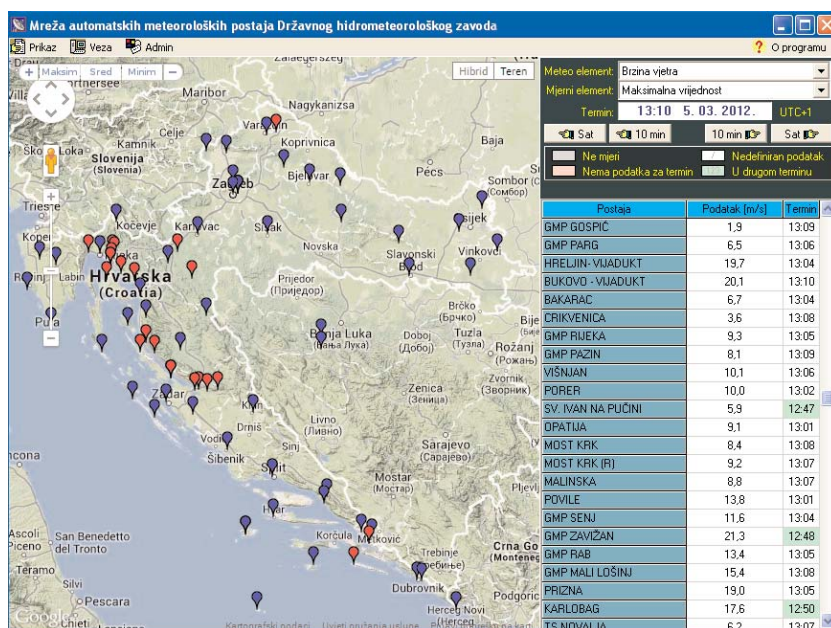
Figure 2.10 Anemograph at Pag bridge, 2001

ratorij Državnog hidrometeorološkog zavoda 1991. godine pokrenuli su uspostavu telemetrijskog sustava (mreže) daljinskog prijenosa podataka mjerenja automatskih meteoroloških postaja. Suradnjom s proizvođačem automatskih meteorološko-mjernih sustava, tipa μm , 21. rujna 1992. počeo je s radom telemetrijski sustav stalnog daljinskog prijenosa puštanjem u rad (putem radioveze) automatske meteorološke postaje Oborovo (vlasništvo Hrvatske elektroprivrede). S obzirom na brzo širenje automatskih sustava kako u meteorološkoj službi tako i za posebne potrebe drugih djelatnosti koje su tražile da njihova mjerenja budu sukladna službenima, Državni hidrometeorološki zavod je 16. siječnja 1995. propisao protokole „*Tehnički zahtjevi i propisi za mikroprocesorske anemografe i automatske meteorološke sustave u osnovnoj mreži postaja Državnog hidrometeorološkog zavoda*” za uvođenje automatskih mjernih sustava u mrežu postaja službe. To je dovelo do većeg reda u ovoj vrsti meteoroloških mjerenja na području Hrvatske (slika 2.10.).

Mreža automatskih meteoroloških postaja DHMZ-a brojila je 2002. godine 45 automatskih meteoroloških sustava, u stalnom svakodnevnom prozivanju putem radioveze, telefonom te mobilnom i GSM mrežom. 2012. godine mreža automatskih meteoroloških postaja DHMZ-a (slika 2.11.) ima već 75 automatskih meteoroloških su-

uring and the Meteorological Laboratory of the Meteorological Hydrological Service have in 1991 triggered the implementation of telemetric systems (network) for remote transfer of measured data of the automatic meteorological stations. In collaboration with the producer of automatic meteorological measuring systems of the μm type, on 21st September 1992 started the functioning of the telemetric system for permanent remote transfer of data (through radio link) of the automatic meteorological station Oborovo (property of Hrvatska elektroprivreda). Due to the ever faster spreading of automatic systems through the meteorological service as well as for the requirements of other activities wanting to have their measurements done in harmony with the official ones, the Meteorological Hydrological Service has on 16th of January 1995 issued the protocols: “*Technical requirements and rules for microprocessors, anemographs and automatic meteorological systems in the basic network of the Meteorological Hydrological Service*” for the introduction of automatic measuring systems in the network of stations of the service what lead to some more order within this kind of meteorological measuring in Croatia (Figure 2.10.). Today, in 2012 the network of automatic meteorological stations DHMZ counts already 75 automatic meteorological systems with constant daily polling via GSM, GPRS and Internet

At the beginning of the year 2002, the network of automatic meteorological stations DHMZ (Figure



Slika 2.11. Mreža automatskih meteoroloških sustava DHMZ-a (2012.)

Figure 2.11 Network of automatic meteorological systems of DHMZ (2012)

stava u stalnom svakodnevnom prozivanju putem GSM, GPRS i internet mreže.

S obzirom na specifične zahtjeve vlasnika tih postaja, to su i termini prijenosa podataka mjerenja s njih podređeni njihovim potrebama, tako da se prijenosi obavljaju od 1 do 24 puta dnevno u skladu s navedenim potrebama. Podaci mjerenja (10-minutni intervali) AMP-a prebacuju se putem navedenih veza na prozivno računalo u DHMZ-u u programski definiranom razmaku (svakih 10 minuta, svakih 60 minuta, jednom dnevno ili sl.), a tada u BAZU10 - bazu 10 min. podataka (slika 2.12.).

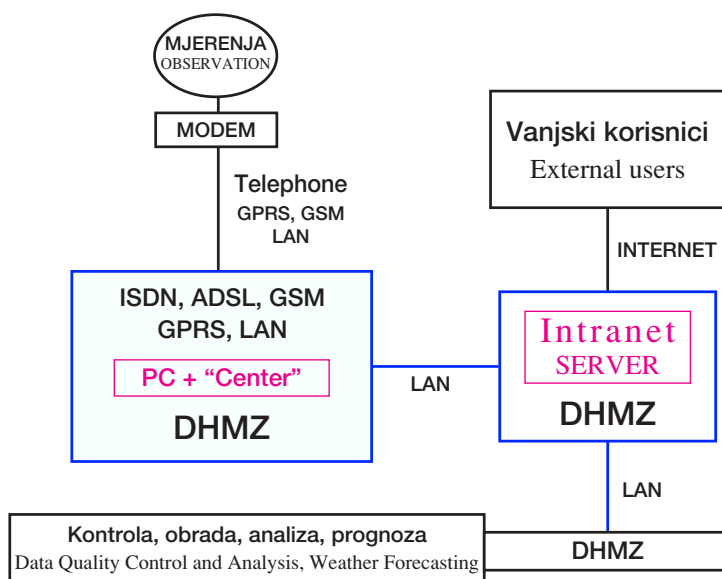
Svi pristigli podaci dostupni su svima unutar DHMZ-a pomoću programa *MB Pregled* - položajnog, tabličnog i grafičkog prikaza zadnja 4 dana podataka mjerenja, ali i ovlaštenim korisnicima izvan Zavoda i to u svako doba (slika 2.13.).

Na ovaj način sve operativne službe Republike, županija, gradova, privrednih organizacija i sami građani mogu svakodnevno koristiti podatke sa svih navedenih postaja koje opslužuje Državni hidrometeorološki zavod, što istovremeno znači da te službe i pojedinci ne moraju, za neke lokacije, postavljati svoje zasebne uređaje, već ih u potpunosti ili djelomično mogu zamijeniti postojeći u mreži automatskih meteoroloških sustava Državnog hidrometeorološkog zavoda. Također,

2.10) counted already 45 automatic meteorological systems, of several owners, in the continued, everyday call through radio link, telephone, mobile and GSM network. As regards the specific requirements of the owners of these stations also the time terms of transmission of measured data is subordinated to their needs so that the transmission is done from one to 24 times a day according to requirements. The measured data (in 10-minutes intervals) from the AMP are switched through the mentioned connections to the polling computer in the DHMZ in the programmed interval (or every 10 minutes or every 60 minutes or once a day or similar.) and then to BASE 10 - the base 10 min data to the computer with base then via internal network to the server in the central computer, as a safety copy. (Figure 2.12).

All the data so collected are available to everybody in the DHMZ through the program *MBOverview* of the last 4 days of measured data but also to the authorized users outside the Institute and that at any time (Figure 2.13).

In this way all the operative services of the Republic, the counties, cities, companies and even the single citizens can at any time make use of the data of all the mentioned stations served by the DHMZ what means that these services and individuals do not need to install, for certain locations, their separate instruments but they can partly or completely exchange with those in the network of

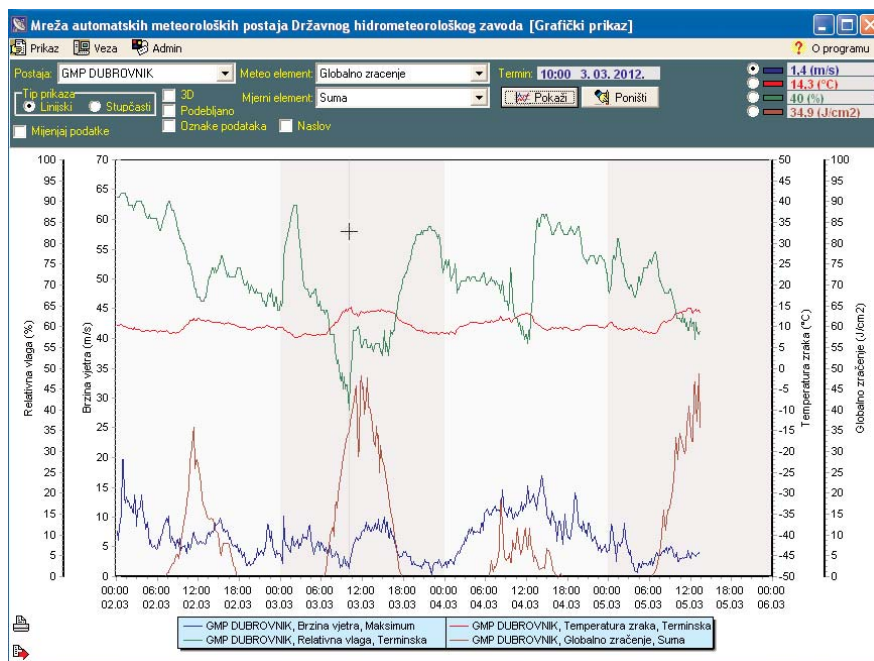


Slika 2.12. Način rada mreže automatskih meteoroloških postaja DHMZ-a

Figure 2.12. Functioning of the automatic network of meteorological stations of DHMZ

pravovremene informacije o mjerenim meteorološkim elementima te prognoze i upozorenja koja se temelje i na tim podacima, omogućuju nadležnim službama poduzimanje određenih mjera u izvanrednim meteorološkim prilikama.

automatic meteorological systems of the DHMZ. Also early information on measured meteorological elements as well as forecasts and warnings based on those data, enable the authorized services to take steps in cases of severe weather conditions.



Slika 2.13. Grafički prikaz podataka iz mreže automatskih meteoroloških postaja DHMZ-a

Figure 2.13 Graphic description of data of the network of automatic meteorological stations of DHMZ

Ovakav sustav meteoroloških postaja u potpunosti se može uklopiti u sve vrste monitoringa (ekološki, elektroprivredni, prometni, turistički i dr.), tj. operativnog praćenja i upozoravanja na moguće izvanredne prilike s obzirom na vremenske ili radne uvjete.

Očito je da je uspostava ovakve mreže automatskih meteoroloških sustava neophodna zbog sve većih zahtjeva za meteorološkim podacima u sferi osnovnih ljudskih potreba i životne sigurnosti, što ujedno znači veću dobrobit, ekonomsku i političku, svake zemlje.

Posebno treba naglasiti da je 2003. u krugu MAO Zagreb-Maksimir uspostavljen Ispitni poligon za potrebe ispitivanja svih vrsta osjetnika, procesorskih modula te meteoroloških stupova zbog donošenja odluke za njihovo uvođenje u redovnu mrežu postaja (slika 2.14.).

Sve upućuje na to da DHMZ mora uložiti dodatne napore kako bi još veći dio meteoroloških postaja bio moderniziran što je neminovna bu-

Such a system of meteorological stations can successfully be integrated into all types of monitoring (ecological, electric power, traffic, turistic etc) i.e. operative following and warning of possible severe weather conditions.

Obviously, the implementation of such network of automatic meteorological systems becomes indispensable for the growing requirements for meteorological data in the sphere of basic human needs as well as safety for life and property meaning well-being for the whole country.

It should be emphasized that in 2003 on MAO Zagreb Maksimir a test site for the testing of all types of sensors, processor modules and meteorological poles has been established due to making a decision of putting them in a regular measuring network (Figure 2.14).

According to all that is said beforehand the DHMZ must have in view the automatization of the part of its network of meteorological stations and that is a must for the future of the meteorological services. In 2012, in the occasion of the twentieth



Slika 2.14. MAO Zagreb-Maksimir s ispitnim poligonom

Figure 2.14 MAO Zagreb-Maksimir with testing site

dućnost meteorološke službe. U 2012. godini, godini 20. obljetnice rada mreže automatskih meteoroloških postaja, za potrebe Zavoda, već je uspostavljeno i novih 25 automatskih meteoroloških sustava sa zapisom uzorkovanih sekundnih podataka mjerenja, što samo potvrđuje da i sami u potpunosti možemo slijediti preporuke WMO-a za tu vrstu meteoroloških mjerenja.

2.1.3. Visinska meteorološka mjerenja

Važan korak u razvoju meteorologije bio je omogućavanje uvođenja treće (vertikalne) komponente u proučavanju stanja i gibanja zračnih masa u atmosferi. To je omogućeno mjerenjem brzine i smjera vjetra pilotbalonima te mjerenjem temperature, vlažnosti, tlaka zraka, brzine i smjera vjetra radiosondažnim uređajima. I prije početka radiosondažnih mjerenja u Zagrebu već su 1918. sa Zvezdarnice obavljana mjerenja vjetra puštanjem papirnih balona pa su u razdoblju od 27. ožujka do 23. listopada 1918. načinjene sondaže vjetra u 9 i 16 sati - ukupno 258 mjerenja do maksimalne visine od 5500 m. U razdoblju 1918.-1941. sondažu vjetra obavljale su vojne meteorološke postaje, među njima one u Zagrebu i Splitu, u 7 sati. Tijekom Drugog svjetskog rata sondaže vjetra izvođene su u Zagrebu, Daruvaru i na Lastovu. Kraće vrijeme radiosondažna mjerenja izvodile su njemačke zrakoplovne snage u Zagrebu i Šibeniku, te savezničke snage na Visu (poglavlje 1.).

Pilotbalonska mjerenja

Pilotbalonska mjerenja se obavljaju optičkim teodolitima ili radarom kojima se prati dizanje vodikom napunjenih balona. U razdoblju 1977.-1980. pilotbalonska (PB) mjerenja na Opservatoriju Zagreb-Maksimir obavljana su radarom WF3. Osim što su PB mjerenja provedena samostalno na postajama Zagreb-Maksimir i Split-Lazarica, provedena su i u međutermima između radiosondažnih mjerenja. Mjerenja su obrađivana upotrebom Molčanovljeva kruga, a od 1. kolovoza 1984. korištenjem osobnog računala (Zagreb-Maksimir). Prosjek postignutih visina je bio 4526 m za Zagreb-Maksimir, 6090 m za Split-Marjan i 4169 m za Slavonski Brod. Postignute visine ovise o lokaciji, jer izvođenje PB mjerenja ovisi o pokrivenosti neba oblacima i o vidljivosti. U tablici 2.4. navedeni su termini mjerenja te razdoblja mjerenja i raspoloživih podataka.

Pilotbalonska mjerenja u Puli prestala su u travnju 1970. zbog preseljenja GMP Pula s loka-

anniversary of functioning of the automatized meteorological stations network for the requirements of the Institute 25 new automatic meteorological systems have already been installed also with the per second sampled entries of measured data testifying that we are quite able to follow all the directives of WMO for this kind of meteorological measurements.

2.1.3 Upper-air measurements

An important step in the development of meteorology was the possibility of introducing the third (vertical) component of the study of state and movements of air masses in the atmosphere. That was made possible through the measuring of speed and direction of winds by the use of pilot-balloons as well as through measuring the temperature, humidity, air pressure, wind speed and direction with radiosounding equipments. Already before the beginning of radio-sounding, some measuring of winds by paper balloons from the Astronomical observatory in Zagreb in 1918 were done so that in the period between 27th March and 23rd October 1918 the wind sounding at 9 and 16 hours were done: 258 measurements to 5000 m height. In the period between 1918 and 1941 the wind sounding was performed by Army meteorological stations among which those in Zagreb and Split at 7 hours. During World War II the wind sounding was performed in Zagreb, Daruvar and on Lastovo. Some shorter time such soundings were performed by the German air forces in Zagreb and Šibenik and by the Allied forces on Vis (chapter 1).

Pilot-balloon measurements

Pilot-balloon measurements are performed with optical theodolites or radars which follow the rise of the hydrogen-filled balloon. In the period between 1977 and 1980 the pilot-balloon (PB) measurements on the observatory Zagreb Maksimir were performed with the WF 3 radar. Beside the independently performed PB measurements on the stations Zagreb Maksimir and Split Lazarica, such measurements were also performed in times between radio-soundings. The measurements were processed by means of the Molčan's circle and since 1st August 1984 by a PC /Zagreb Maksimir) The average of reached heights was 4526 m for Zagreb Maksimir, 6090m for Split Marjan, 4169 m for Slavonski Brod. The heights were dependent on the location because the PB measurements depend on the cloud coverings of the sky and of the visibility. In the table 2.4 the terms of measurements are listed as well as the periods of measurements and the availability of

Tablica 2.4. Pilotbalonska mjerenja u Hrvatskoj u razdoblju 1947.-2001.

Table 2.4 Pilot-balloon measurements in Croatia between 1947 and 2001

Postaja Observation station	Termini motrenja (h) Time	Razdoblje motrenja Observation period	Razdoblje raspoloživosti podataka Period of data availability
Zagreb-Lučko	7	1946.-1956.	-
Zagreb-Borongaj	4, 16	1956.-1959.	1956.-1959.
Zagreb-Maksimir	7,13, 7, 19*1	1959.-2001.	1959.-2001.
Split-Marjan	4, 4, 16 0, 13	1949.-1955. 1967.-1991.	1951.-1955. od 1952. 1967.-1991.
Split-Lazarica	7,13,19	1956.-1963.	1956.-1963.
Sinj	7, 13	1963.-1967.	1963.-1967.
Pula	4, 16	1954.-1970.	1954.-1970.
Slavonski Brod	6, 16 1,7,13,19	1954.-1957. 1957.-1969.	1956.-1969.
Slavonski Brod aerodrom	1,7,13,19	1969.-1991.	1969.-1991.

*1 - u razdoblju kada je u 13 h bilo RS mjerenje

cije Monte Zaro u zračnu luku i prelaska pod nadležnost SHMZ-a. Pilotbalonska mjerenja u Splitu prestala su u lipnju 1991., a u Slavonskom Brodu u kolovozu iste godine, zbog nemogućnosti prijevoza vodika i opasnosti za motritelje zbog ratnih okolnosti.

Obradeni podaci nalaze se u Aerološkim godišnjacima koji su izdavani do 1986. godine. Od 1986. postoje originalni dnevници s mjerenjima, koji se koriste za analize visinskog strujanja nad Hrvatskom.

Radiosondažna mjerenja

Radiosondažna mjerenja vrlo su skupa. Potrebno je osigurati uređaj, radiosonde, balone, vodik i ljude (slika 2.15.). U usporedbi s drugim europskim zemljama, u Hrvatskoj su radiosondažna mjerenja počela dosta kasno, u svibnju 1955., kada su osnovane dvije radiosondažne postaje, u Zagrebu i Splitu, s radioteodolitima GMD-1A koji su dobiveni u okviru vojne pomoći od SAD-a.

Vojni su službenici cijelo vrijeme radiosondažnih mjerenja u Splitu (1956.-1963.) i u Zagrebu do 1. lipnja 1969. radili zajedno s radnicima Hidrometeorološkog zavoda na obavljanju redovitih mjerenja. U tablici 2.5. prikazana su razdoblja mjerenja, termini mjerenja i razdoblja raspoloživosti podataka.

The pilot-balloon measurements in Pula stopped in April 1970 because of the moving of GMP Pula from the Monte Zaro location to the airport and the switch of competence to SHMZ. The pilot-balloon measurements in Split ceased in June 1991 and in Slavonski Brod in August of the same year because of the impossibility to transport hydrogen and the danger for the observers under war conditions and the measurements have never since been restored.

The processed data are collected in the Aerologic yearbooks published until 1986 and from that year there are original logbooks with the measurements. They are used for the analyses of upper-air circulations over Croatia.

Radio-sounding

Radiosoundings are costly because the whole equipment has to be at hand: radiosondes, balloons, hydrogen and staff (Figure 2.15). Compared with other countries in Europe, in Croatia the radio-sounding started relatively late, i.e. in May 1955 when two radiosounding stations were founded, one in Zagreb and one in Split, with radio-theodolites GMD-1A received within the military grants of the USA.

The military staff have during the whole period of radio-sounding in Split (1956-1963) and in Zagreb until 1st June 1969 been working on regular meas-



Slika 2.15. Radiosondažna mjerenja na Meteorološko-aerološkom opservatoriju Zagreb-Maksimir (1998.)

Figure 2.15 Radio-soundings on the meteorological-aerological observatory Zagreb-Maksimir (1998)

Od početka mjerenja 1955. na obje RS postaje koristi se američki uređaj za sondiranje GMD-1A. Podaci o vjetru obrađuju se grafički na projektoru A-1, a temperatura i vlažnost zraka također grafički na pomičnim kružnim računalima i linealima. Uvođenje pisača Servogor umjesto dotadašnjeg štampača znakova dovelo je do poboljšanja.

Prvo veće poboljšanje i olakšanje u radu značilo je uvođenje u operativni rad mikrokompjutora Sinclair Spectrum ZX-48 K od 1. kolovoza 1984. Korištenjem mikrokompjutora podaci su dobiveni direktno na magnetni medij, a prestala je upotreba projektora A1, kružnih računala i lineala. Nabava jačih osobnih računala još više je olakšala posao.

Drugo poboljšanje postignuto je 1. ožujka 1995. uvođenjem u rad uređaja MicroCORA (Vaisala, Finska), donacije finske meteorološke službe. Taj automatizirani uređaj omogućio je ranije završavanje radiosondaže i olakšao posao operaterima (slika 2.16.).

Svi PB i RS podaci do 1970. su obrađivani ručno, kada je za obradu RS podataka u SHMZ-u napravljen program za računalnu obradu. Do 1984. podaci su dostavljani u SHMZ, gdje se obavljala obrada. Vraćani su ispisani na papiru, a ulazni podaci izbušeni na karticama. Na Opservatoriju Zagreb-Maksimir također je rađen unos podataka za prethodne godine. Većina podataka izbušenih na karticama prebačena je posljednjih godina na magnetne trake.

urements together with the employees of the Hydrometeorological Institute. In Table 2.5. the periods of measurements, the time terms of measurements and the availability of data are shown.

Since the beginning of measurements in 1955 on both RS stations the American sounding equipment GMD-1A is used. The wind data are processed graphically on the projector A-1 as well as the temperature and air humidity.

The introduction of the plotter Servogor meant an improvement after the use of the printer of signs.

Another stronger improvement and relief was the introduction of the microcomputer Sinclair Spectrum ZX-48 K since August 1984. Through the use of the microcomputers the data were put directly onto the magnetic medium. With the purchase of PCs the work became even easier.

The introduction of the MicroCORA/Vaisala, Finland) equipment, a donation from the Finnish meteorological service, (since 1st March 1995) meant an additional improvement. This automated equipment rendered the radio-sounding quicker and the operators had less work to do (Figure 2.16).

All the PB and RS data were processed manually until 1970 when in SHMZ a software for computer processing of RS data had been introduced. Until 1984 the data were delivered to SHMZ where they were processed and then returned printed on paper entering the data on punched cards. On the observatory Zagreb Maksimir the data for the previous years were entered. The majority of data from

Tablica 2.5. Radiosondažna mjerenja u Hrvatskoj, razdoblje 1947.-1997.

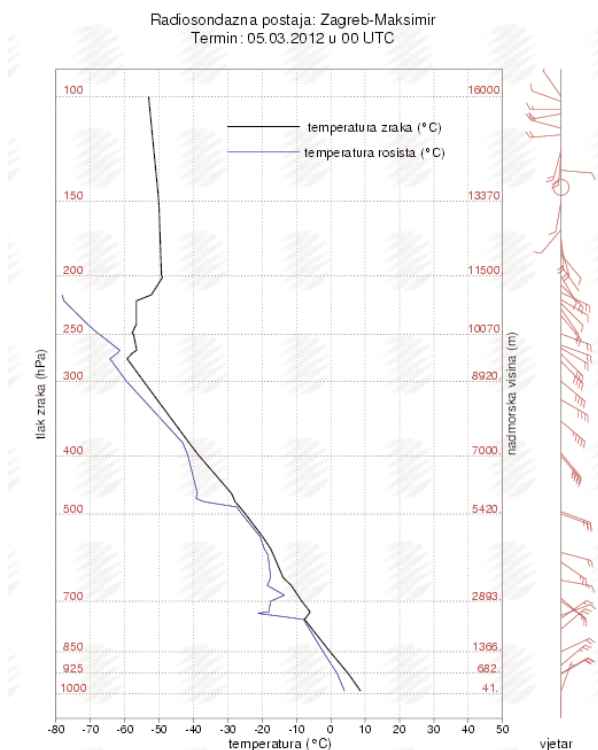
Table 2.5 Radio-sounding in Croatia between 1947 and 1997

Postaja Observation station	Termini motrenja (h) Time	Razdoblje motrenja Observation period	Razdoblje raspoloživosti podataka Period of data availability
Split Lazarica	4	1956.-1957.	1956.-1957.
	1	1957.-1963.	1957.-1963.
Zagreb Borongaj	4	1955.-1955.	1955.-1955.
	16	1955.-1956.	1955.-1956.
	4	1956.-1957.	1956.-1957.
Zagreb Maksimir	1	1957.-1959.	1957.-1959.
	1	1959.-1960.	1959.-1960.
	1,13	1960.-1963.	1960.-1963.
	1	1963.-1966.	1963.-1966.
	1,13	1967.-1983.	1964.-1983.
	1	1983.-1986.	1983.-1986.
	1,13	1986.-2001.	1986.-2001.

Prestankom rada navigacijskog sustava (omega) 31. rujna 1997., nije se više mogao koristiti radiosondažni uređaj MicroCORA. Zbog toga je krajem 1997. nabavljen novi uređaj, koji je zasnovan na LORAN-C orijentacijskom sustavu.

punched cards were lately changed onto magnetic tapes.

When on 30th September 1997 the (omega) navigation system ceased to work, the radio-sounding system MicroCORA could no longer be



Slika 2.16. Prikazi rezultata radiosondažnih mjerenja uređajem Vaisala

Figure 2.16 Description of results got with the Vaisala radio-sounding equipment



Slika 2.17. U potpunosti automatizirani radiosondažni uređaj Vaisala-Autosonde na lokaciji Zadar-Zemunik

Figure 2.17 Wholly automated radio-sounding system Vaisala-Autosonde on Zadar-Zemunik location

Od 25. siječnja 2000. na lokaciji Zadar-Zemunik instaliran je automatski radiosondažni uređaj tipa *Vaisala-Autosonde* koji koristi GPS sonde. Puštanje u redovni rad obavljeno je sredinom 2002. godine (slika 2.17.).

Smjernice razvoja

- Treba i nadalje osigurati prostornu raspodjelu visinskih mjerenja prema preporukama i normama WMO-a.
- Treba modernizirati opremu za izvođenje mjerenja, koja se razvija u smjeru potpune automatizacije mjerenja.
- Treba formirati banku RS podataka popunjavajući je unatrag od početka mjerenja.
- Treba razviti programe primjene za korištenje banke radiosondažnih podataka za proučavanje klime, lokalne prognoze mraza, magle i sl.
- Treba zadovoljavati sve međunarodne obveze u smislu redovite dostave izvještaja TEMP.

2.2. Daljinska motrenja

Termin daljinska motrenja proizlazi iz prostornog odnosa osjetnika mjernog uređaja i meteorološkog objekta koji se motri. Naime, u tom slučaju, informacije o meteorološkom objektu dobivaju se s udaljenosti pomoću elektromagnetskih signala (radiovalova, infracrvenog ili vidljivog dijela elektromagnetskog spektra). U daljinska

used. So by the end of 1997 a new equipment was purchased which was based on the LORAN-C navigation system.

Since 25th January 2000 on location Zadar-Zemunik an automatic radio-sounding equipment of the *Vaisala-Autosonde* was installed using GPS sondes. Its steady functioning started in mid 2002 (Figure 2.17).

Guidelines for further development

- Ensure a geographical distribution of upper-air measurements according to directives of the WMO. That means: radiosondes stations Zagreb Maksimir (at 1 and 13 hours) and Zadar (at 1 and 13 hours); pilot-balloon measurements in the meantime (7 and 19) Zagreb Maksimir and Zadar, and Slavonski Brod (1, 7, 13, 19) and Pula (1,7,13,19) (all CET).
- Modernize the measuring equipment in the sense of full automatization
- Constitute an RS data bank and fill it with old data dating from the beginning of measuring.
- Develop new programs of application for using the bank of radio-sounding data for the study of climate, local frost forecast, fog etc.
- Satisfy all international obligations as for regular reporting of TEMP.

2.2 Remote sensing

The term remote sensing derives from the space relationship of the sensor of the measuring instru-

motrenja spadaju radarska i satelitska motrenja, kao i vizualna opažanja, iako se ova posljednja obično svrstavaju u in situ motrenja. I radarska i satelitska motrenja spadaju u skupinu suvremenih metoda motrenja, jer se intenzivno razvijaju tek posljednjih nekoliko desetljeća. Smatra se da su to metode motrenja budućnosti, iako još uvijek ovise o klasičnim in situ motrenjima kao svojevrsnom kalibracijskom sustavu.

2.2.1. Radarska motrenja

Radar se u meteorologiji počeo primjenjivati krajem II. svjetskog rata. Nakon rata polje njegove primjene se proširuje te se intenzivno koristi za najave nevremena, mjerenje količine oborine, praćenje strujanja u prizemnom sloju, a posebno mjesto ima u hidrologiji i prometnoj meteorologiji. Danas se radarska mjerenja asimiliraju i u numeričke modele za prognozu vremena te predstavljaju izvor podataka o razdiobi, količini i vrsti oborina.

Princip rada

Radar (RAdio Detection And Ranging) je aktívni osjetnik za daljinska motrenja koji odašilje pakete elektromagnetskih valova u određenim vremenskim intervalima te mjeri reflektirano zračenje na udaljenim objektima. Za meteorologiju udaljeni objekti su kapljice kiše, kristali snijega ili zrnca leda koji se nalaze u oblacima. Radarska motrenja mogu se jednako dobro upotrebljavati danju i noću. Kao i satelitska motrenja, radarska u kratkom vremenu obuhvaćaju velika područja i imaju brz dotok informacija. Tako se količine oborine na površini većoj od 30 000 km² radarom mogu procijeniti za nekoliko minuta. Osim količine oborine, radarom se može procijeniti i vrsta oborine te smjer i brzina premještanja oborinskih zona, što je našlo primjenu u now castingu te u obrani od poplava i umjetnom djelovanju na vrijeme. Valne duljine elektromagnetskog zračenja upotrebljene kod meteoroloških radara su u X, C i S području, a odgovaraju valnim duljinama 1, 5 i 10 cm.

Danas su u upotrebi dvostruko polarizirani koherentni radari koji su u stanju mjeriti brzine oblaknih čestica i na taj način mjeriti komponente polja vjetrova u atmosferi, te na razlici intenziteta polariziranih komponenti određivati vrstu oborine ili meteorološkog objekta.

ment and the meteorological object observed. In such a case the information of the meteorological object are received from a distance through electromagnetic signals (radio-waves, infrared or electromagnetic spectrum). Remote observations also comprise radar and satellite observations as well as visual perception although the latter usually belongs to the in situ observations. Both radar and satellite observation belong to the modern observation methods because they were developed only in the last few decades. They were judged as observation methods of the future although they still depend on classical in situ observation as a calibration system sui generis.

2.2.1 Radar observations

The use of radars as a meteorological tool was first applied near the end of World War II. After the war its use is growing and it is intensive merely used to forecast storms, to measure the quantity of precipitation, to follow the air circulation in the surface layer and it holds a special place in hydrology and traffic meteorology. Nowadays radar data are assimilated in numerical weather forecasting models and they are the source of information defining the precipitation type, intensity and distribution.

Working principles

Radar (acronym of RAdio Detection And Ranging) is an active sensor for remote observations which through emitting of electromagnetic waves collects information of remote objects. Meteorological radar targets are raindrops, ice crystals and ice particles. Radar observations can equally well be used by day as by night and the electromagnetic waves pass through fog, snow and rain with equal success. Like satellite observation, radar observation comprises in short time large areas and fast inflow of information. So the quantity of precipitation on area larger than 30000 sq km can with radars be estimated in a few minutes. Apart from the quantity of precipitation, the radar can detect the kind of precipitation, velocity and direction of movement of precipitation areas and that is of prime importance for flood and hail defense. The wavelengths of electromagnetic radiation used in meteorological radars are mostly 1 to 10 cm.

Nowadays most common type of radar in use is C band dual pol Doppler radar. Together with the measurements of the position and intensity of precipitation these radars are able to measure the speed of cloud particles from that it is calculated the wind field and from the difference of dual polarized intensities the nature of targets is determined.

Situacija u Hrvatskoj

Meteorološki radari koji se koriste u Hrvatskoj imaju valnu duljinu zračenja 10 cm (S-frekvencijski opseg). Pri stvaranju mreže meteoroloških radara, koji su bili prvenstveno namjenjeni mjerenju oborine u grmljavinskim olujnim oblacima, odabrana je ova valna duljina zbog svoje pouzdanosti mjerenja i razmjerno malog gušenja signala u mjerenju intenzivnih oborinskih zona koje se javljaju unutar grmljavinskih oluja.

Početak uvođenja radara u Hrvatskoj vezan je uz radarski navođenu obranu od tuče. Sedamdesetih godina prošlog stoljeća nabavljeni su i za meteorološku uporabu prepravljani nišanski radari britanske proizvodnje 3 Mk-7, dometa 60 kilometara. S vremenom radari su postavljeni na osam lokacija u međuriječju Drave i Save i time je postignuto dobro radarsko prekrivanje cijelog područja. Radarska mjerenja su se obavljala ručno u sezoni aktivne obrane od tuče (travanj - listopad) samo u situacijama s konvektivnom naoblakom. Prvom djelomičnom modernizacijom 1982. godine postavljena su dva nekoherentna radara tipa WSR-74S, na RC-Puntijarka i RC-

Situation in Croatia

The meteorological radars used in Croatia are S band ie. the wavelength of 10 cm. While building up the meteorological radar network this wavelength was chose for its main characteristic: the reliability of measurement of intense precipitation areas in convective systems and in super cell Cb clouds.

In Croatia the radars were introduced for the guided hail protection. In the 70s of last century the target radars of UK production Mk-7 of 60 km range were purchased and adapted for meteorological purposes. In time radars were located on eight locations between the rivers Sava and Drava. The radar measurements were performed manually during the intense hail defense season (April - October) but only on convective clouds. During the first modernization (only in part), in 1982 there were two modern non coherent radar types set up : WSR-74S, on RC Puntijarka and RC Osijek. Their range was 240 km and they had a digital video integrator and processor (DVIP). Since the independence of Croatia in the Meteorological hydrological institute a series of efforts are made to modernize the existing radar networks in collaboration with Croatian producers as well in using the radar s for



Slika 2.18. Meteorološki radar na RC-Bilogori

Figure 2.18 The Bilogora radar centre

Osijek. Radari su imali radni doimet od 240 kilometara, a bili su opremljeni digitalnim videointegratorom i procesorom. Od osamostaljenja Hrvatske u Državnom hidrometeorološkom zavodu se, u suradnji s hrvatskim proizvođačima, poduzima niz akcija na osuvremenjavanju postojeće mreže radara, kao i uporabi radara u druge svrhe (prognoza vremena, mjerenje oborine). Doplerski radar dometa 240 kilometara američke proizvodnje nabavljen je i postavljen na RC-Bilogora 1994. godine (slika 2.18.).

Sljedeći korak u osuvremenjivanju učinjen je 1994. godine digitalizacijom radara WSR-74S na RC-Puntijarka, koja je obuhvaćala razvoj i izradu procesora signala, programske podrške za kontrolu i prikaz.

Nakon uspješno ostvarene digitalizacije radara na Puntijarki, započela je digitalizacija radara malog dometa (MER 93S). Posebni naponi pritom su uloženi u izradu radarskog prijamnika, antene s pogonskim motorima i u digitalno procesiranje signala. Izgled radarske mreže u Hrvatskoj prikazan je na slici 2.19.

Stvaranje digitaliziranih radarskih produkata ima posebno značenje zbog mogućnosti elektroničkog slanja podataka korisnicima. Tako se, osim različitim korisnicima unutar DHMZ-a, otvara mogućnost korištenja podataka i različitim vanjskim korisnicima, prije svega Hrvatskoj vojsci i Hrvatskoj kontroli leta. Na slici 2.20. je panoramski prikaz jedne od prvih digitaliziranih slika s RC-Puntijarka poslanih internetom u središnji ured DHMZ-a u Zagrebu. Slika prikazuje približavanje nevremena iz smjera Slovenije i ujedno

other purposes (weather forecasts, precipitation measuring). The Doppler radar of American production was purchased and set up on Bilogora in 1994 (Figure 2.18).

The next step in modernization was the digitalization of the WSR-74S radar on RC Puntijarka in 1994 comprising the development and production of signal processors, software for control and presentation.

After the successful digitalization of the radar on Puntijarka the digitalization of small range radars (MER 93S) started. Special efforts were made in the making of a radar receiver, aerial with driving motors and digital processing of signals. The aspect of the radar network can be seen on Figure 2.19.

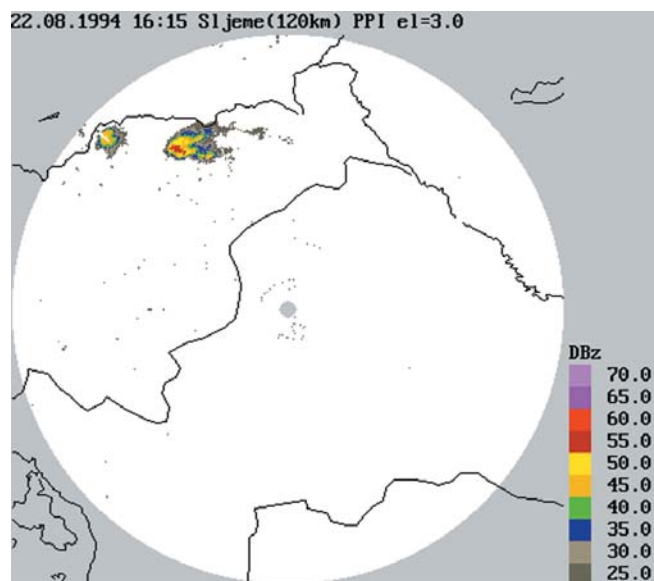
The making of digitalized radar products is particularly important for its ability of disseminating data to the users. The efforts are made to distribute the data to the users within the DHMZ as well to other users the Croatian army and the Croatian flight control. Figure 2.20 shows the panoramic view of one of the first digitalized pictures of RC Puntijarka sent via Internet into the central office of DHMZ in Zagreb. The picture shows the approaching of a storm from Slovenia and demonstrates the possibility of radar measurements.

Radar on RC Osijek is modernized in the year 2003 and parallel to the digitalization of the data the Doppler facility is enabled. With two Doppler radars on RC Bilogora and RC Osijek the basics for wind measurements are achieved and the distribution of data to GTS started, according to EUMETNET project E-PROFILE (follower of e-winprof) (Figure 2.21).



Slika 2.19. Mreža meteoroloških radara u Hrvatskoj

Figure 2.19 Meteorological radar network in Croatia



Slika 2.20. Panoramski prikaz jedne od prvih digitaliziranih radarskih slika s RC-Puntijarka (Zagreb)

Figure 2.20 Panoramic view of one of the first digitalized radar pictures from the RC Puntijarka (Zagreb)

demonstrira prognostičke mogućnosti radarskih mjerenja.

Radar na RC-Osijeku moderniziran je tijekom 2003. godine te je uz digitalizaciju signala izvršena i ugradnja mogućnosti doplerovog radara. Doplerizacijom radara Bilogora i Osijek ostvareni su preduvjeti za mjerenje brzine i smjera vjetra radarom te su podatci uključeni u razmjenu WMO-a u skladu s projektom EUMETNET-a E-PROFILE, sljednik projekta e-winprof. Navedeni radari su doppler radari, što znači da se osim za određivanje oborine i intenziteta naoblake mogu koristiti i za mjerenje brzine i divergencije visinskog vjetra (slika 2.21.).

Radarski podaci radara Bilogora i Osijek prilagođeni su za razmjenu unutar mreže WMO-a te se kodirani u BUFR i HDF5 formatu distribuiraju u mrežu GTS-a gdje se u okviru EUMETNET projekta OPERA koriste za izradu radarske kompozitne slike oborine nad Europom (slika 2.22.).

Radarska slika prikazuje se na internet stranici DHMZ-a s frekvencijom obnavljanja svakih 15 minuta. Slika je rezultat „volume scan-a“, koji počinje na elevaciji 0,5 °, a završava na 34,9 °. Cjelokupni „volume scan“ traje do 8 minuta (ovisno o zahtjevima za brojem elevacija i definiciji ostalih parametara koji utječu na kvalitetu radarske slike).

Prikaz radarske slike je PPI slika (panoramski prikaz), nosi naziv CAPPI, a pokazuje situaciju na 2.0 km visine (može bilo koji odabir visine plohe

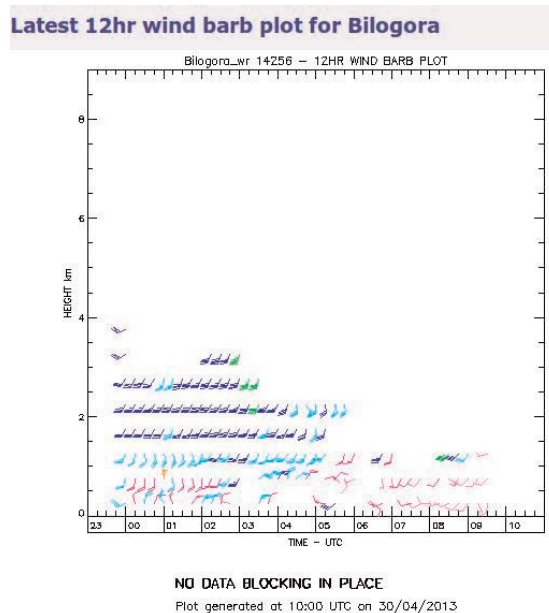
Data format is adjusted to WMO BUFR and HDF5 and the distribution over GTS according to the requirements of EUMETNAT project OPERA is made, the data are used for compositing the European radar picture. Those radars are Doppler radars, which means that in addition to determining the intensity of precipitation and cloud cover can also be used to measure speed and altitude wind divergence (Figure 2.22).

Radar image is presented on the DHMZ web with the 15 min frequency. The image is volume scan defined with elevation 0,5 deg, ending with 34,9 deg. The scanning is done in 8 minutes (it depends on the number of elevations and other radar parameters). Image is a CAPPI presentation on 2 km high. Pictures are renewed every 15 minutes.

The final modernization of Osijek radar is made in 2012. and the software and hardware platform is now the same level as Bilogora. First composite picture from two radars is made and put in operational use. The image is SRI (surface rainfall intensity) map derived from volume scans of Bilogora and Osijek radar. The intensity is colored in 5 different rainfall levels.

Radar data and digital storage of data

Before the digitalization these parameters were recorded: position of clouds, cloud height and height of defined radar reflectivity. The way of measuring and choice of data to measure depended on

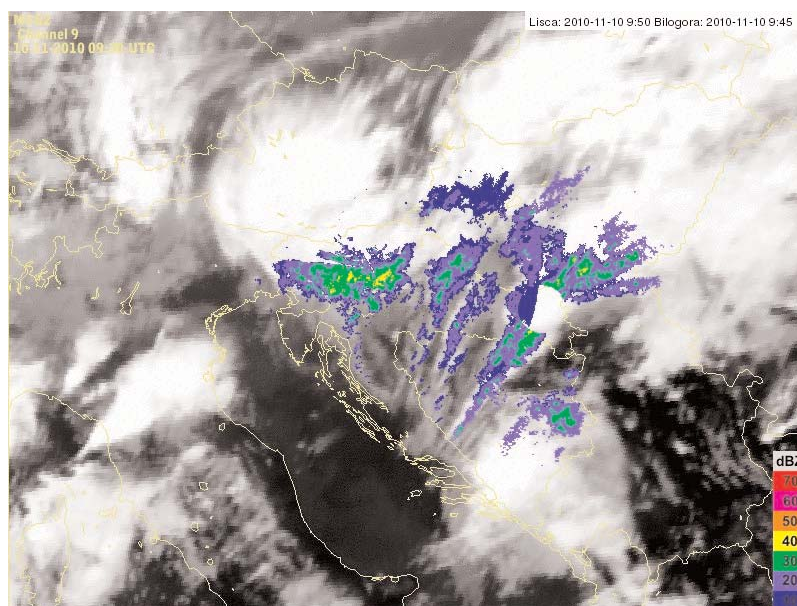


Slika 2.21. Vertikalni profil vjetra mjereno na RC-Bilogora

Figure 2.21 The vertical wind profile measured at RC Bilogora

od interesa). Radarske slike se prikazuju u 15-minutnim intervalima, a uz sliku je termin početka radarskog mjerenja. Vrijeme prikaza slike na udaljenom računalu ovisi o obradi i prijenosu informacija.

the method of hail defense. Since the beginning of hail defense service the position of maximal radar reflectivity, the diameter of intensified radar reflection zone, defined per reflectivity $Z_{max} - 10$ dBZ, height of intensified radar reflectivity zone and the



Slika 2.22. Kompozitna slika radarskih mjerenja oborine

Figure 2.22 The composite picture radar measurements of precipitation

Modernizacija programske i računalne komponente radara u Osijeku završena je 2012. godine te su radari Bilogora i Osijek podignuti na istu programsku razinu što omogućuje izradu kompozitne radarske slike.

Slika predstavlja kompozitni prikaz produkta SRI (Surface Rainfall Intensity - očekivani intenzitet oborine na tlu) dobiven iz podataka prikupljenih radarima na Bilogori i u Osijeku. Na slici je skala koja prikazuje očekivane količine oborine u sat vremena. Najniži prikazani nivo je 0.25 mm/h pa do >100 mm/h, raspodijeljeno u 5 nivoa u različitim bojama.

Radarski podaci i njihovo arhiviranje

Prije digitalizacije bilježili su se sljedeći radarski parametri: položaj oblaka, visina oblaka i visina područja određene radarske odražajnosti. Način mjerenja i odabir podataka koji se mjere ovise o metodi obrane od tuče.

Od početka rada obrane od tuče mjerio se položaj maksimuma radarske odražajnosti, promjer zone pojačane radarske odražajnosti, definirano odražajnošću $Z_{max} - 10$ dBZ, visina zone pojačane radarske odražajnosti i visina oblaka. Točan izgled zapisa mjerenja prikazan je u tablici 2.6. Digitalizirana mjerenja spremaju se u PPI ili

height of clouds were measured. The precise view of the record of such measurement can be seen on Table 2.6. The digitalized measurements are saved in PPI or RHI form. The angle separation can range from 0.1 or more (most frequently 0.5 or 1 degree for PPI or 0.1 or 0.2 degrees for RHI) and radially 125 m or more (from 250 to 1000 m). The measured data are saved in files, ray per ray. The number of rays depends on the angle separation. The number of data along the ray depends on the radial separation. The exact picture of the file depends on the format for data filing. Except raw data also processed data can be filed.

The data of radar measurements of all radar centers for the period from 1981 till the year of introduction of digitalized radars are filed in the data base in the computer. At the moment the data are under control and then they will be available for processing.

The digitalized radar measurements of all radar centers for the period 1997-2001 are filed on CD and can be processed with corresponding software tools. On the radar centers Puntijarka and Bilogora measurements are done on the daily basis all year round and on other centers only in the period of hail defense. The digitalized radar measurements are filed in two formats, RIF and IRIS. The format RIF is

Tablica 2.6. Podaci ručnih radarskih mjerenja odraza

Table 2.6 Data of manual radar measurements of reflexes

Veličina / Size	Opis / Description
P_m	meteorološki potencijal radara / meteorological potential of radar
Rbr odraza	redni broj odraza / ordinal number of reflex
Vrijeme/ Time	lokalno vrijeme mjerenja / local time of measurement
α_{nmax}	azimut maksimalnog radarskog odraza u cijelim stupnjevima azimuth of maxim radar reflex in full degrees
ϵ_{nmax}	elevacija maksimalnog radarskog odraza u cijelim stupnjevima elevation of maximal radar reflex in full degrees
D_{nmax}	udaljenost maksimalnog radarskog odraza / distance of maximal radar reflex
N_{max}	intenzitet maksimalnog radarskog odraza u decibelima intensity of maximal radar reflex in decibels
$D''-D'$	širina zone (promjer) pojačanog radarskog odraza width (diameter) of zone of intensified rada reflex
ϵ_{vz}	elevacija vrha zone pojačanog radarskog odraza elevation of top of zone of intensified radar reflex
D_{vz}	udaljenost vrha zone pojačanog radarskog odraza distance of top of zone of intensified radar reflex
ϵ_v	elevacija vrha radarskog odraza / elevation of top of radar reflex
D_v	udaljenost vrha radarskog odraza / distance of top of radar reflex

RHI obliku. Kutno razlučivanje može biti od 0.1° ili više (najčešće 0.5° ili 1° za PPI, odnosno 0.1° ili 0.2° za RHI), a radijalno od 125 m i više (najčešće od 250 do 1000 m). Izmjereni podaci spremaju se u datoteke zraka po zraku. Broj zraka ovisi o kutnom razlučivanju. Broj podataka duž zrake ovisi o radijalnom razlučivanju. Točan izgled datoteke ovisi o formatu za spremanje podataka. Osim sirovih podataka mogu se spremati razni podaci njihovih obrada.

Rezultati radarskih mjerenja svih radarskih centara za razdoblje od 1981. godine do uvođenja digitaliziranih radara upisani su u bazu podataka na računalu. Trenutno se provodi kontrola podataka, koji će nakon toga biti dostupni za obradu.

Digitalizirana radarska mjerenja svih radarskih centara za razdoblje 1997.-2001. spremljena su na CD i može ih se obrađivati odgovarajućim softverskim alatima. Na radarskim centrima Puntijarka i Bilogora mjerenja se obavljaju svakodnevno tijekom cijele godine, a na ostalima samo za vrijeme rada obrane od tuče. Digitalizirana radarska mjerenja spremljena su u dva formata, RIF i IRIS. Format RIF koristi se na svim radarskim centrima osim Bilogore. Radarska mjerenja u tom formatu sprema program za upravljanje radarom i spremanje radarskih podataka AMRAS, koji je načinjen u Hrvatskoj u suradnji s DHMZ-om. Format IRIS pripada programu IRIS američke tvrtke SIGMET, a koristi se na RC-Bilogora i RC-Osijek.

Za internu upotrebu napravljena je kompozitna slika radarskih mjerenja oborine radara Bilogora, Osijek te satelitskih mjerenja geostacionarnog satelita EUMETSAT u IC dijelu spektra.

Međunarodna razmjena radarskih podataka

Zahvaljujući osuvremenjavanju, DHMZ se ravnopravno uključuje u međunarodne programe vezane uz razmjenu radarskih produkata u Europi. Austrijski Središnji ured za meteorologiju i geodinamiku (ZAMG) iz Beča pokrenuo je 1993. godine projekt razmjene radarskih podataka i izrade kompozitne slike srednjoeuropskih zemalja (Central European Weather Radar Networking - CERAD) u kojem Hrvatska sudjelovala od početka.

Pojedinačne radarske slike i nacionalni kompoziti šalju se u Meteorološki zavod Austrije, odakle se srednjoeuropska kompozitna slika distribuira zemljama sudionicama. Sada su u kompozitnu sliku uključeni podaci 32 radara iz devet zemalja srednje Europe. Hrvatska u ovom programu operativno sudjeluje od 1996. godine.

used in all radar centers except on Bilogora. The radar measurement in this format files the program for the radar running and filing of radar data AMRAS which is compiled in Croatia in the collaboration with DHMZ. The format IRIS belongs to the program IRIS of the American company SIGMET and it is used on RC Bilogora and Osijek.

For internal in house use the composite from radars in Osijek, Bilogora and IC EUMETSAT geostationary data is made.

Intentional exchange of radar data

Thanks to the modernization, the DHMZ is on equal terms integrated into the international programs connected to the exchange of radar products in Europe. The Austrian Central office for meteorology and geophysics (ZAMG) in Vienna has in 1993 started a project of exchange of radar data and compilation of a picture of Central European countries (Central European Weather Radar networking - CERAD) in which Croatia was present since the beginning.

Single radar pictures and national composites are sent to the meteorological institute in Austria where the compositing is done and the central-European composite picture is distributed to the participating countries.. Now in the composite picture there are inserted the radar data of 32 radars from nine countries of central Europe. Croatia is active in this program since 1996.

The harmonization of producing and exchanging different radar products goes on in the European group for the operative exchange of radar data. That refers to the defining of products for the exchange, used algorithms and corresponding coding. At the beginning of 2000 Croatia has entered the EUMETSAT program under the name OPERA with the aim to harmonize and standardize the radar products and the possibility of creation of a unique radar image of Europe. OPERA (Operational Programme for the Exchange of Weather Radar Information), operates and develops the ODYSSEY data hub, which collects radar volume data, distributes quality flagged volume data to modelers and other radar data users, and produces quality controlled radar products. OPERA makes available the OPERA Data Information Model (ODIM) and encoding/decoding software for formats such as HDF5 and BUFR. OPERA provides support to its members in environmental and societal issues related to weather radars, such as radar siting, radio-frequency interference and the impact of wind farms. It also provides a European platform

Rad na harmonizaciji stvaranja i razmjene različitih radarskih produkata nastavlja se u europskoj grupi za operativnu razmjenu radarskih podataka. To se prije svega odnosi na definiranje produkata za razmjenu, upotrebljene algoritme i odgovarajuće kodiranje. Od početka 2000. godine Hrvatska se uključila u EUMETNET program pod nazivom OPERA, s osnovnim ciljem harmonizacije i standardizacije radarskih produkata, te mogućnosti stvaranja jedinstvene radarske slike Europe. U mrežu je uključeno 30 zemalja i 202 radara.

Tijekom 2010. Hrvatska se uključila u projekt Baltrad te je od 2012. počela eksperimentalna primjena Baltrad Tool Boxa, skupa programskih alata za korekciju i kontrolu kvalitete radarskih podataka (slika 2.23.).

Planovi

S obzirom na osnovne izvorne korisnike radarskih podataka, prije svega obranu od tuče, radarski sustavi postavljani su u kontinentalnom dijelu Hrvatske. Osnovni cilj projekta CRORAD (hrvatske mreže meteoroloških radara) jest postavljanje radarskih sustava u priobalje, čime bi se osiguralo potpuno pokrivanje Hrvatske radarskim podacima. U pripremi je i stvaranje jedinstvene radarske slike u koju će biti uključeni svi postojeći radari. Radarski podaci i produkti mogu se primjenjivati u hidrologiji za procjenu količine oborine, te najavama opasnih vremenskih situaci-

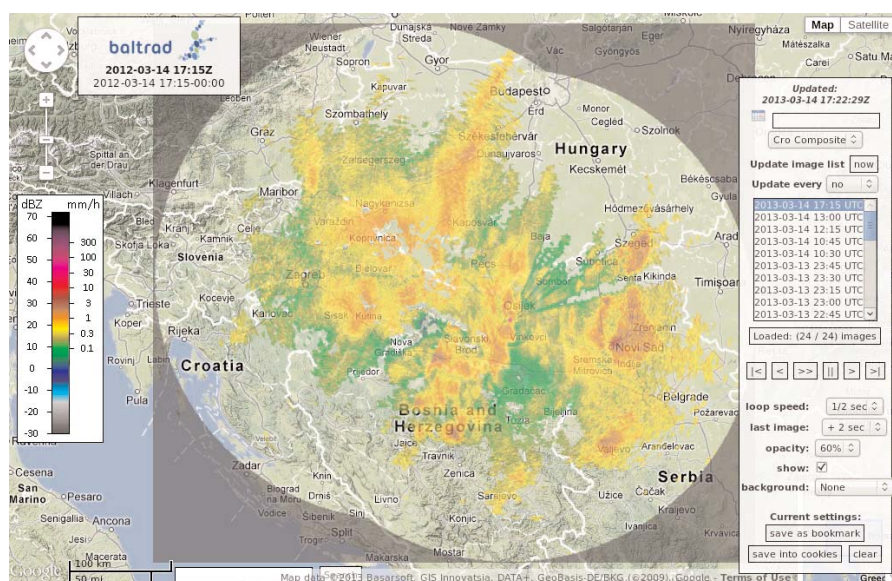
for exchange of experience in the field of weather radars. OPERA radar network consist of 202 radars from 30 members.

2010. DHMZ participate in BALTRAD project and from 2012. for the investigation purposes the Baltrad Radar Tool Box is tested. Baltrad Tool Box is a set of software tools used for radar data correction and quality control (Figure 2.23).

Plans

Giving the basic users of radar data, first of all of the hail defense service, the radar systems are set up in the continental part of Croatia. The main aim of the CRORAD project (Croatian network of meteorological radars) is the setting up of radar systems in coastal regions so that the whole of Croatia could be covered with radar data. A unique radar image is also being prepared which will comprise all the existing radars. The radar data and products can be applied in hydrology for precipitation amount measuring and the announcement of severe weather conditions and forecasts at very short notice. The measurement of horizontal fields and vertical wind profiles can be used in weather forecasts and initialization of numerical models.

Three new locations for radars in coastal area are determined. Field measurements are made and the new locations are Monte Kope near Pula, Sveti Križ near Zadar and Vela Glava at island of Vis. The first field cleaning are made and the preparations



Slika 2.23. Radarski kompozit Bilogora i Osijek / projekt Baltrad

Figure 2.23 Radar composite of RC Bilogora and Osijek / project Baltrad

ja i vrlo kratkoročnoj prognozi vremena. Mjerenja horizontalnih polja i vertikalnog profila vjetera mogu se koristiti u prognozi vremena i inicijalizaciji numeričkih modela. Okvirom planova modernizacije i proširenja radarskih mjerenja nad cijelim područjem Hrvatske pristupilo se uređenju novih lokacija za radarske centre na Jadranu.

Izvršena su terenska mjerenja i određene su potencijalne lokacije za postavljanje radara u Istri, Monte Kope kod Pule, Sveti Križ kod Zadra i Vela Glava na Visu. Pristupilo se čišćenju terena i osposobljavanju infrastrukture (struja, komunikacije, prilazni putevi, objekti) te ishodovanju potrebnih dozvola. Projektom modernizacije predviđeni su dopler radari C valnog područja uz dual polarizaciju signala.

Zaključak

DHMZ se aktivno uključio u operativne i znanstveno-istraživačke europske programe i projekte, a od 1995. godine operativno se razmjenjuju radarski produkti u mrežu WMO-a. Radarski podaci koriste se sve više u vrlo kratkoročnoj prognozi vremena te postaju nezamjenjivi izvor informacija u ranom upozoravanju na opasne meteorološke pojave, vrednovanju numeričkih mezo-modela, osiguranja priredbi na otvorenom, analiza u umjetnom djelovanju na vrijeme i pružanja usluga komercijalnim korisnicima.

2.2.2. Motrenja sa satelita

Povijest satelitskih motrenja

Meteorološki sateliti su vrsta umjetnih Zemljinih satelita opremljenih instrumentima za daljinsko prikupljanje podataka o različitim svojstvima atmosfere i Zemljine površine u realnom vremenu. Osim snimaka oblaka, meteorološki sateliti mjere temperaturu i vlažnost atmosfere, temperaturu Zemljine površine, određuju granice vode, vlažnih područja i leda te sadržaj pojedinih plinova u atmosferi. Posebno su važni jer omogućuju i prikupljanje meteoroloških podataka s balona, plutača i automatskih meteoroloških postaja te njihov prijenos do meteoroloških središta za obradu podataka. Meteorološke satelite zasigurno možemo svrstati među najveća tehnološka dostignuća druge polovine dvadesetog stoljeća. Satelitska mjerenja i opažanja, zajedno s pojavom brzih računala, predstavljaju pravu revoluciju u meteorologiji. Prvi eksperimentalni meteorološki satelit Tiros-1 lansirale su SAD u nisku orbitu oko Zemlje 1. travnja 1960. Satelit je kružio oko Zemlje na oko 700 km u približno polarnoj orbiti. Premda je

for the new infrastructure is made. The project is to install three C band dual pol Doppler units.

Conclusion

In the past ten years two radar systems had been modernized and DHMZ took active part in operative and research programs and projects in Europe and since 1995 it operatively exchanges radar products in WMO GTS. There is urgent need to install radars on the coastal area of Croatia to obtain complete radar picture over the whole land.

2.2.2 Satellite observations

Short history of satellite measurements

The meteorological satellites are artificial Earth's satellites equipped with the instruments for remote sensing of different properties of the atmosphere and surface in real time. Besides images of the clouds, meteorological satellites measure temperature and humidity of the atmosphere and the land surface, determine the ice cover spread, the boundaries of water and humid areas and the content of the atmospheric gases. They also have an important role in gathering meteorological data from buoys, meteorological balloons and the automatic stations and their transmission to the data-processing centers. The meteorological satellites are undoubtedly the top achievements of the second half of the 20th century. The satellite measurements and observations together with the rise of the fast computers represent a real revolution in meteorology. The first experimental meteorological satellite Tiros-1 was launched in the USA into a low orbit around the Earth on 1st April 1960 (Figure 2.24). The satellite was orbiting the Earth at 700 km in a near polar orbit. Although it functioned for only three months, it took about 23000 pictures. That was the first time that the meteorologists could really see the distribution of meteorological systems in the atmosphere.

The USA also produced and launched the first geostationary satellite. The ATS-1 was sent to the orbit above the equator on 7th December 1966. The satellite was taking pictures of the whole Earth's disc every half an hour with the resolution of 3.2 km. It was giving useful data through six years, until 1972.

Today satellite measurements make 85% of all meteorological measurements. The global system of operating meteorological satellites is made of two kinds of satellite: geostationary (American

radio samo tri mjeseca, snimio je gotovo 23000 slika. Bilo je to prvi put da su meteorolozi mogli stvarno vidjeti snimku raspodjele meteoroloških sustava u atmosferi. SAD je također proizveo i lansirao prvi geostacionarni satelit. ATS-1 je bio postavljen u orbitu iznad ekvatora 7. prosinca 1966. (slika 2.24.). Satelit je svakih pola sata snimao slike cijelog Zemljinog diska s rezolucijom 3,2 km. Osiguravao je korisne podatke tijekom šest godina, sve do 1972.

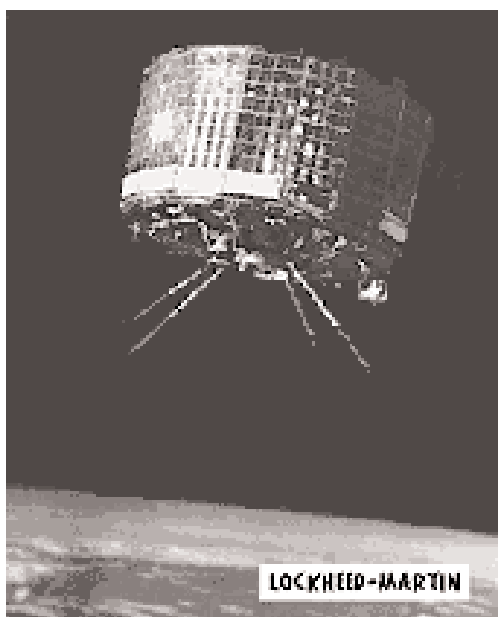
Satelitska mjerenja danas čine više od 85% ukupnih meteoroloških mjerenja. Globalni sustav operativnih meteoroloških satelita sastoji se od dvije vrste satelita: geostacionarnih (američki GOES, europski METEOSAT, japanski MTSAT, koreanski COMS, kineski FY-2/4, indijski INSATs, ruski GOMS) i polarnokružnih (NOAA, METEOR, METOP...), kojima upravlja sedam različitih civilnih agencija diljem svijeta (slika 2.25.).

Geostacionarni sateliti nalaze se na fiksnim lokacijama u ravnini ekvatora i kruže zajedno sa Zemljom na visini od 36000 km. Osnovna prednost tih satelita je u tome što snimaju Zemljin disk u više spektralnih područja svakih 15 minuta ili češće, kao što je slučaj s Meteosat satelitima. Jedan od nedostataka geostacionarnih satelita jest to što vrlo slabo snimaju zračenje iz područja viso-

GOES, European METEOSAT, Japanese MTSAT, Korean COMS, Chinese FY-2/4, Indian INSATs, Russian GOMS) and polar-orbiting ones (NOAA, METEOR, METOP...), managed by seven different civil agencies throughout the world (Figure 2.25).

The geostationary satellites are located on fixed localities in the plane of the equator, orbiting together with the Earth at the altitude of 36000 km. The most important advantage of these satellites is the fact that they can take pictures of the Earth's disc in several spectral channels every 15 min or even less, as in case of Meteosat satellites. One of the drawbacks of the geostationary satellites is the fact that they are not capable of measuring radiation coming from high geographic latitudes (> 60 degrees north and south geographic latitudes). In these regions the polar-orbiting satellites are therefore irreplaceable.

The polar-orbiting satellite orbits the Earth every 100 minutes at the altitude of about 850 km. The orbits of these satellites are synchronous with the Sun and so designed that, because of the rotation of the Earth, every next orbit of the satellite covers a zone a little to the right from the previous one. That means that the satellite overflies every zone on Earth at the same local time twice a day. The width of the zone captured by the satellite in one orbiting



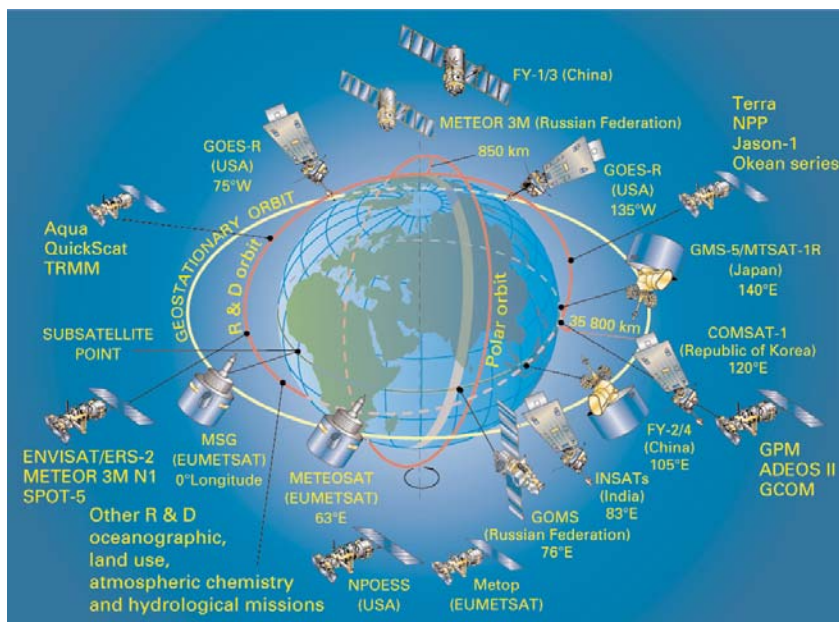
Tiros-1 (polarnokružni, 1960)
Tiros-1 (polar-orbiting, 1960)



ATS - 1 (geostacionarni, 1966)
ATS - 1 (geostationary, 1966)

Slika 2.24. Prvi eksperimentalni meteorološki sateliti

Figure 2.24 First experimental meteorological satellites



Slika 2.25. Geostacionarni i polarnokružni meteorološki sateliti u orbiti oko Zemlje
(izvor: Svjetska Meteorološka Organizacija (WMO))

Figure 2.25 Geostationary and polar-orbiting satellites in the Earth's orbit
(source: World Meteorological Organization (WMO))

kih zemljopisnih širina ($>60^\circ$ sjeverne i južne geografske širine). U tim je područjima stoga nezamjenljiva uloga polarnokružnih satelita.

Polarnokružni sateliti kruže oko Zemlje svakih 100 minuta, najčešće na visini od oko 850 km. Orbite tih satelita sinkrone su sa Suncem i predviđene tako da, zbog rotacije Zemlje, svaka sljedeća orbita satelita pokriva pojas malo udesno od prethodnog. To znači da satelit prelijeće svako područje na Zemlji u isto mjesno vrijeme dvaput dnevno. Širina pojasa koju satelit snimi u jednom prelijetanju je do 3000 km. Ta vrsta satelita ima velik broj detektora za snimanje u različitim dijelovima spektra, pa se dobivaju ne samo slike oblaka visoke kvalitete i veće oštine i razlučivanja već i podaci o vertikalnom profilu temperature i vlage u atmosferi, temperaturi površine tla i mora, gibanju oblaka, vegetaciji i slično.

Satelitske slike u prognostičkoj operativi u Hrvatskoj

U operativnoj prognostičkoj službi u Hrvatskoj satelitske slike koriste se od 1986. godine. Do sredine 1995. u upotrebi je bila sekundarna korisnička stanica (SDUS - Secondary Data User Station), koja je primala slike sa satelita Meteosat u WEFAX (analognom) formatu, kao i slike polarnih satelita NOAA, također u analognom obliku.

is 3000 km. Polar-orbiting satellites have several detectors that measure radiation in a large number of wavelengths. Therefore, besides high quality cloud images, these satellites provide the data about vertical temperature and humidity profiles of the atmosphere, temperature of the sea and land surface, cloud movements, vegetation etc.

Satellite pictures in the operational forecast service in Croatia

In the operational forecast service in Croatia satellite images are used since 1986. Till mid 1995 a Secondary Data User Station was used (SDUS), receiving the images from Meteosat satellite in WEFAX (analog) format, as well as the images from NOAA polar-orbiting satellites, also in analog form. From November 1995 until mid 2004 the Primary Data User Station (PDUS) was in use, receiving digital data from Meteosat satellite, analog images from NOAA satellites and forecast charts through MDD (Meteorological Data Distribution) system. Since 2004 satellite data are received via EUMETCast system which uses telecommunication satellites for data distribution. Besides disseminating Meteosat 7, 8 and 9 data, EUMETCast system enables distribution of NOAA, Metop and other polar-orbiting and geostationary satellite data and al-

Od studenog 1995. do sredine 2004. godine u upotrebi je bila primarna korisnička stanica (PDUS - Primary Data User Station) koja je omogućivala prijam digitalnih podataka s Meteosat satelita, analognih slika sa satelita NOAA te prijam pojedinih prognostičkih karata preko MDD (Meteorological Data Distribution) sustava. Od 2004. godine podaci se primaju putem EUMETCast sustava. To je sustav koji koristi komercijalne telekomunikacijske satelite za prijenos podataka. Osim odašiljanja podataka s Meteosat 7, 8, 9 i 10 satelita, Eumetcast sustav uključuje i prijenos podataka s NOAA, Metop i drugih polarnih i geostacionarnih satelita, kao i brojnih drugih meteoroloških produkata uključujući i produkte numeričkih modela za prognozu vremena.

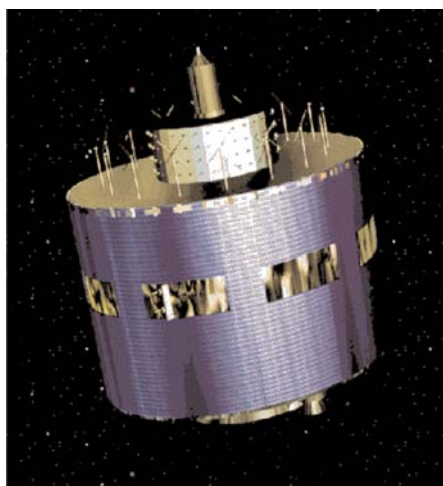
U operativnom radu prognostičke službe u Hrvatskoj koriste se uglavnom podaci s Meteosat satelita. Obradom i distribucijom podataka s Meteosat satelita upravlja EUMETSAT - Europska agencija za iskorištavanje meteoroloških satelita. U orbiti oko Zemlje trenutačno je operativan jedan Meteosat satelit prve generacije (Meteosat 7) te tri satelita druge generacije.

Prvi Meteosat satelit druge generacije (MSG) (slika 2.26.) lansiran je 28. kolovoza 2002. Za razliku od prve generacije Meteosat satelita, koji su snimali zračenje u tri spektralna područja, instrument SEVIRI (skraćeno od engl. Spinning Enhanced Visible and Infrared Imager) na MSG satelitu snima zračenje Zemlje u dvanaest spektralnih područja - osam u termalnom infracrvenom području, tri u području solarnog spektra te u širokopojasnom vidljivom kanalu visoke rezolucije (HRVIS). Podaci se primaju svakih 15 minuta,

so other meteorological products including the products from numerical weather prediction models.

In the operational work of the forecast service in Croatia mainly the data from Meteosat satellites are used. These satellites, the processing and distribution of data is managed by EUMETSAT - the European agency for the use of meteorological satellites. In the Earth's orbit there is currently one Meteosat First Generation satellite (Meteosat 7) and three Meteosat Second Generation (MSG) satellites.

The first MSG satellite (Figure 2.26) was launched on 28 August 2002. SEVIRI (Spinning Enhanced Visible and Infrared Imager) instrument on board the satellite measures the radiation in 12 spectral channels - eight in the thermal infrared spectrum (IR), three in the solar spectrum and in a broad high-resolution visible channel (HRVIS). The data are received every 15 minutes, or every 5 minutes in Rapid Scanning Service (RSS) mode. Spatial resolution of HRVIS channel data is 1km/pixel in sub-satellite point whereas the resolution of the other 11 channels is 3km/pixel. Each spectral channel finds the application in the analysis of the state of the atmosphere and its' constituents. Spectral channels in solar spectrum (0.6 and 0.8 μm) are essential for cloud detection, cloud tracking, scene identification and the monitoring of land surfaces and aerosols. These channels are depending on the insolation and are useful only during daylight hours. They can be used in combination to generate information on vegetation, an important element of climate change studies.



Slika 2.26. Meteosat satelit druge generacije (MSG)

Figure 2.26 Meteosat Second Generation (MSG) satellite

odnosno svakih 5 minuta u tzv. Rapid Scanning Service (RSS) modu. Prostorno razlučivanje HRVIS kanala je 1 km u točki ispod satelita, dok je razlučivost ostalih 11 kanala 3 km/pixelu. Sva-ko od spektralnih područja ima primjenu u analizi stanja atmosfere i njenih sastojaka. Tako se po-daci u vidljivom dijelu spektra, koji je zastupljen s dva kanala (0,6 i 0,8 μm) koriste za prepoznavanje i praćenje oblaka te monitoring površine tla i aerosola. Za mjerenje u vidljivom dijelu spektra izvor zračenja je Sunce tako da se slike mogu do-biti isključivo tijekom osunčavanja. Mogu se ko-ristiti u kombinaciji, čime se dobiva podatak o vegetaciji, važnom elementu u studijama o kli-matskim promjenama.

Kanal u blisko infracrvenom području 1,6 μm mjeri reflektirano sunčevo zračenje i omogućuje razlikovanje snijega od oblaka i vodenih od le-denih oblaka. Također daje i podatak o količini aerosola. Taj je kanal vrlo važan za zrakoplovstvo zbog njegove mogućnosti prepoznavanja ledenih oblaka. Infracrveni kanal 3,9 μm ima važnu ulogu u prepoznavanju niskih oblaka i magle noću, pro-cjenu temperature tla i mora noću te u prepozna-vanju šumskih požara odnosno vrućih točaka. Podaci u infracrvenim kanalima u području apsorpcije vodene pare (6,2 i 7,3 μm) mjera su za ko-ličinu vodene pare u višoj odnosno srednjoj tro-posferi i omogućuju pridjeljivanje visine polu-transparentnim oblacima. Zajednički podatak o vlazi iz oba kanala koristi se za praćenje struktura prepoznatljivih na slikama u spektru vodene pare, čime se omogućuje računanje atmosferskog vjetra čak i u uvjetima kad nema oblaka. Važna je primjena i u određivanju lokalne nestabilnosti atmo-sfere koja bi mogla dovesti do konvekcije i oluj-nog nevremena. Infracrveni kanal 8,7 μm važan je za dobivanje informacija o tankim cirusima jer razlikuje vodene od ledenih oblaka. Također se ko-risti i u produktima za određivanje nestabilnosti atmosfere.

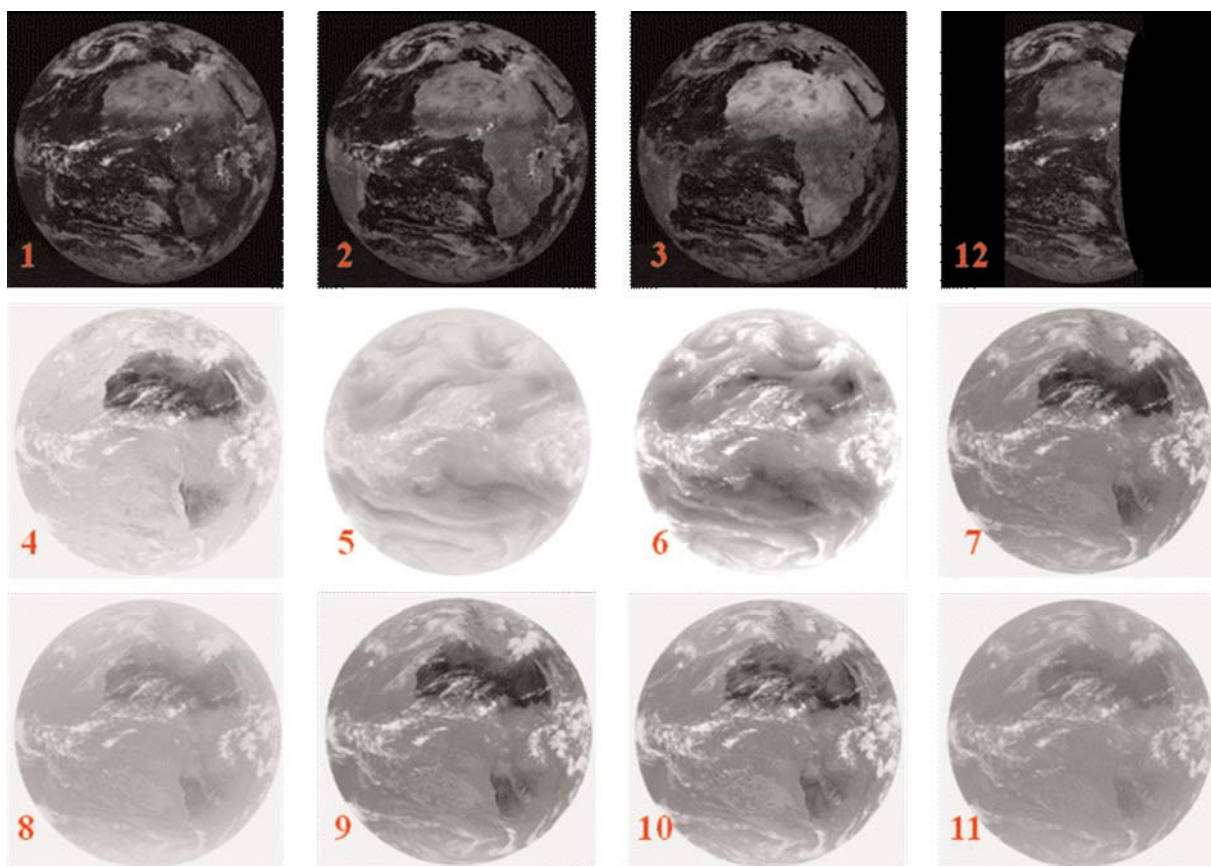
Kanal 9,7 μm , tzv. ozonski kanal, osjetljiv je na koncentraciju ozona u nižoj stratosferi pa omogućuje praćenje ukupnog ozona i njegovih dnevnih promjena kao i praćenje visine tropo-pauze. Termički infracrveni kanali 10,8 i 12,0 μm koriste se za mjerenje temperature površine tla i vrhova oblaka, za praćenje oblaka kod računanja atmosferskog vjetra te za procjenu nestabilnosti atmosfere. Takozvani CO₂ kanal, srednje valne duljine 13,4 μm , koristi se za procjenu nestabil-nosti atmosfere, a daje i informaciju o temperaturi niže troposfere te omogućuje određivanje visine polutransparentnih oblaka. Primjeri slika u sva-kom od 12 spektralnih područja prikazani su na slici 2.27.

Near-infrared 1.6 μm , also a solar channel, measures reflected sunlight and helps to discrimi-nate between snow and clouds as well as ice-clouds from water-clouds. It also provides aerosol information. This channel is important for aviation, because of its ice-cloud detection abilities. The infrared 3.9 μm channel is primarily used for the detection of low clouds and fog at night, for the measurement of land and sea temperatures at night and the detection of forest fires. Infrared channels in the water vapour absorption bands (6.2 i 7.3 μm) provide information on the humidity conditions in the mid-troposphere and enable the height assignment for semi-transparent clouds. The humidity information from both channels is used for tracking water vapour features and thus provides the local wind field even in cloud-free conditions. These data are also used to infer possible local atmospheric instability which might lead to convec-tion and severe storms. Infrared 8.7 μm channel is used primarily to provide quantitative information on thin cirrus clouds and to support the discrimination between ice and water clouds. It is also necessary for the atmospheric instability products.

Infrared 9.7 μm is a channel focused on ozone. It is sensitive to the ozone concentration in the lower stratosphere, thus enabling the monitoring of total ozone and its diurnal changes as well as the height of the tropopause. Thermal infrared channels 10.8 μm and 12.0 μm are used for measuring land and sea surface temperatures, cloud-top tempera-tures, calculating the atmospheric winds and for estimate of the atmospheric instability. The so-called CO₂ channel 13.4 μm is used for the esti-mation of atmospheric instability. It also provides the information about the temperature of the lower troposphere and infers the height of semi-transpar-ent clouds. Examples of images in all 12 spectral channels are given in Figure 2.27.

In meteorological practice the images combin-ing several channels, so called RGB combinations (from Red Green Blue) are frequently used. These images enable unambiguous recognition of certain structures or processes. An example of such com-bined image is the Airmass RGB, in Figure 2.28., which enables the recognition of different air-mass-es, jet stream location, etc.

Besides deriving pictures of clouds the satellite data enable calculation of various meteorological products such as: cloud type, cloud height, wind vectors on different height levels (calculated from the movement of clouds and other tracers, such as water vapor or ozone), tropospheric humidity, pre-cipitation index, hot spots for fire detection, insta-



Slika 2.27. Primjeri slika u svakom od 12 MSG spektralnih područja

Figure 2.27 Examples of the images in all 12 MSG spectral channels

U meteorološkoj praksi često se koriste kombinacije slika u nekoliko spektralnih područja, tzv. RGB kombinacije (od engl. Red Green Blue - Crveno Zeleno Plavo), pomoću kojih je moguće jednoznačno određivanje neke pojave ili procesa. Primjer jedne takve kombinirane slike je i tzv. Airmass RGB, na slici 2.28., koji omogućuje prepoznavanje različitih zračnih masa, položaj mlažne struje itd.

Osim slika oblaka, iz podataka satelitskih mjerenja mogu se izdvojiti ili izračunati i brojni drugi produkti, primjerice visina i vrsta oblaka, vektori vjetrova na različitim visinama (koji se izračunavaju iz gibanja oblaka i vodene pare ili ozona), troposferska vlažnost, indeks oborine, vruće točke za prepoznavanje požara, parametri stabilnosti atmosfere, sadržaj ozona te brojni drugi produkti vezani uz tlo, ledeni pokrov, klimatološke parametre i slično. Dio produkata izrađuje se u EUMETSAT-ovom centru u Darmstadtu, a dio u meteorološkim službama korištenjem posebnih programa za obradu satelitskih podataka. Brojni pro-

bility of the air masses, total ozone and many other parameters related to land surface, ice cover, climatology parameters, etc. One part of the products is produced in the EUMETSAT center in Darmstadt and the other in the meteorological services by using special programs for satellite data processing. New products are being developed within special development projects under the name Satellite Application Facilities (SAF) in several European national meteorological services. Every project (SAF) studies a single meteorology segment such as: short term forecast, climate monitoring, stratosphere ozone monitoring, monitoring of the oceans, ice and energy balance in the atmosphere. Every SAF is managed by one national meteorological service which within the project gathers also other interested meteorological services of EUMETSAT member states.

Apart from the new generation of geostationary satellites, there are two EUMETSAT's polar-orbiting satellites (Eumetsat Polar System - EPS), called Metop, flying in the Earth's orbit.



Slika 2.28. Airmass RGB iz podataka Meteosat 10 satelita za 6. studenog 2013. u 12 UTC. Airmass RGB kombinira razliku kanala 6,2 - 7,3 μm u crvenom snopu, razliku kanala 9,7 - 10,8 μm u zelenom te kanal 6,2 μm u plavom dijelu spectra

Figure 2.28 Airmass RGB Image derived from Meteosat 10 satellite data on 6th November 2013, 12 UTC. Airmass RGB combines channel difference 6.2 - 7.3 μm in red beam, channel difference 9.7 - 10.8 μm in green and channel 6.2 μm in blue part of the spectra

dukti nastali su u okviru posebnih razvojnih projekata pod nazivom Satellite Application Facilities (SAF) u više europskih nacionalnih meteoroloških službi. Svaki projekt (SAF) obrađuje pojedini segment meteorologije kao što je: kratkoročna prognoza, praćenje klime, praćenje stratosferskog ozona, praćenje oceana, leda i energetske ravnoteže u atmosferi. Svaki SAF vodi jedna nacionalna meteorološka služba koja u okviru projekta okuplja i druge zainteresirane meteorološke službe zemalja članica organizacije EUMETSAT.

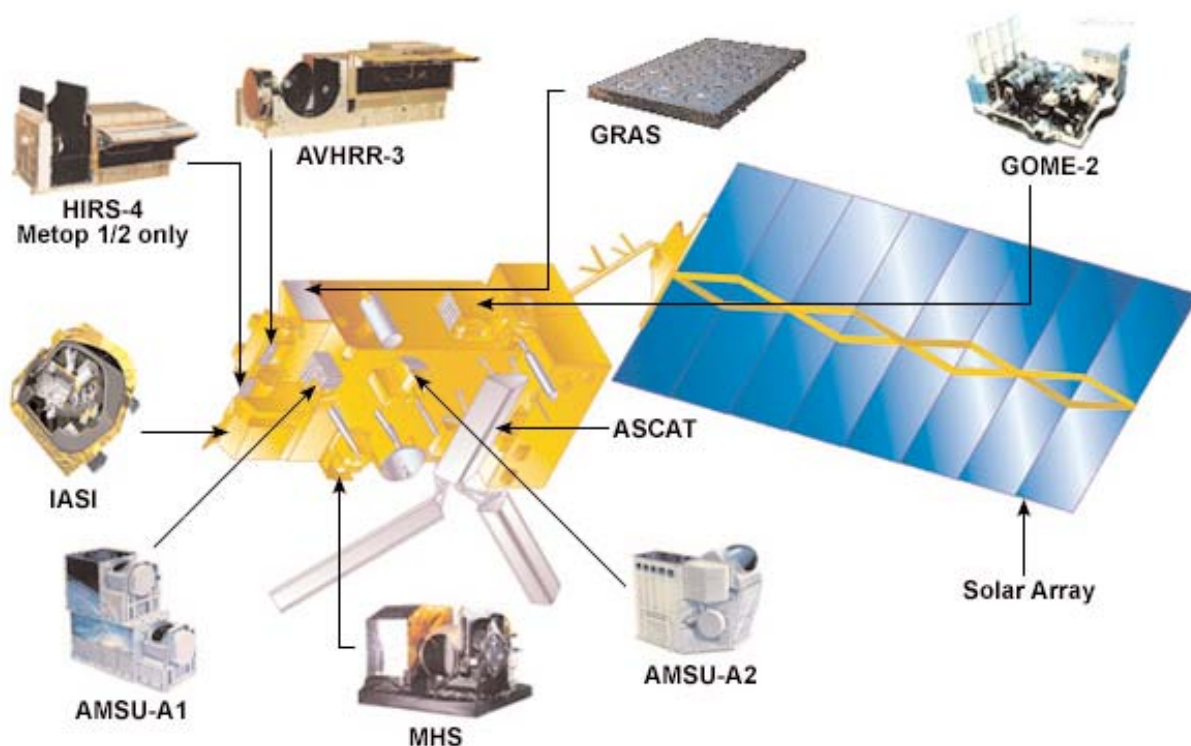
Osim nove generacije geostacionarnih satelita, u orbiti oko Zemlje lete i dva EUMETSAT-ova polarnokružna satelita (Eumetsat Polar System - EPS) koji nose naziv Metop. Prvi od Metop satelita lansiran je 19. listopada 2006., a drugi 17. rujna 2012. (slika 2.29.). Ti su sateliti europski doprinos zajedničkom europsko-američkom programu. Pri tom EPS Metop sateliti osiguravaju jutarnje, a američki sateliti poslijepodnevne orbite. Instrumenti, osim slika oblaka, snimaju vertikalne profile temperature i vlažnosti za uvrštavanje u numeričke modele, temperature površine mora i tla kao i koncentraciju pojedinih atmosferskih plinova.

First Metop satellite was launched on 19 October 2006 and the second on 17 September 2012 (Figure 2.29). These satellites contribute to common European - American satellite program in which EPS/Metop satellites provide for the morning and the American satellites for the afternoon orbits. The instruments, besides the images of the clouds, provide the vertical profiles of temperature and humidity for assimilation into numerical models and measure the sea and land surface temperature and the concentration of atmospheric gasses.

The new satellite systems provide an enormous quantity of data, but the access to these data is possible only to EUMETSAT members and the licensed users. This fact shows the importance for Croatia being a cooperating member of EUMETSAT since January 2002 and a full member since 2007.

2.3 World Weather Watch

The World Weather Watch (WWW), established by the WMO in 1963, is a comprehensive program



Slika 2.29. Izgled Metop polarnog satelita i smještaj instrumenata na satelitu (izvor: EUMETSAT)

Figure 2.29 Metop polar-orbiting satellite and the payload instruments (source: EUMETSAT)

Novi satelitski sustavi osiguravaju ogromnu količinu podataka, a pristup tim podacima omogućen je samo članicama EUMETSAT-a i korisnicima s licencom. Upravo je zbog toga iznimno važno članstvo Hrvatske u EUMETSAT-u u svojstvu pridružene članice od 2002, a punopravne članice od 2007. godine.

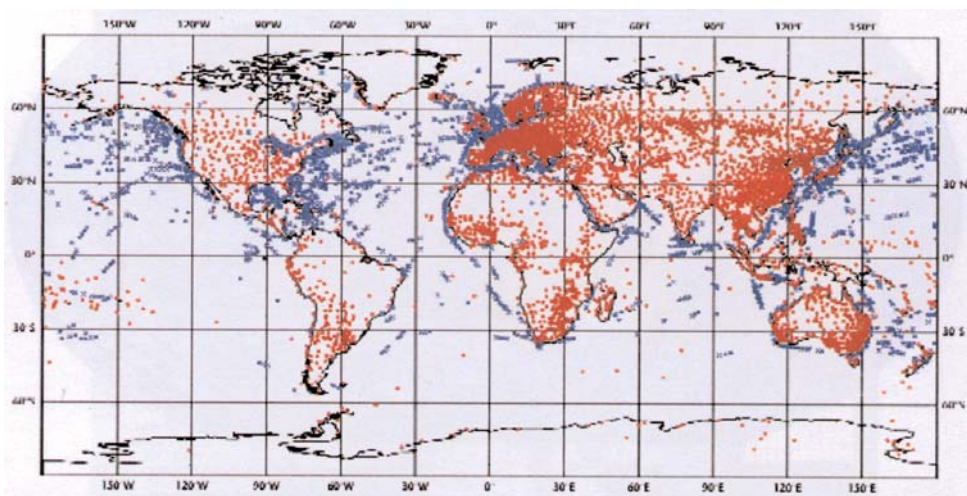
2.3. Svjetsko meteorološko bdijenje

Svjetsko meteorološko bdijenje (WWW), osnovano unutar WMO-a 1963. godine, je sveobuhvatan program motrenja i razmjene podataka zajedno s prognozom i upozorenjima koji su utemeljeni na tim podacima. WWW je organizirano i koordinirano u WMO-u da bi se osiguralo da svaka zemlja ima pristup podacima i informacijama koje su potrebne za prognozu i upozorenja na dnevnoj osnovi, naročito zbog zaštite ljudskih života i imovine. Osnovna infrastruktura u WWW se sastoji u ispruci podataka i produkata bitnih za prognozu i pravovremeno upozorenje na opasne vremenske prilike i praćenje klimatskog sustava (WMO, 2002.).

Globalni sustav motrenja (GOS), koji je u sastavu WWW-a, sadrži mrežu od približno 10000

of observations and exchange of such data along with the forecasts and warnings derived from them. It is organized and coordinated by the WMO to ensure that every country has access to data and information necessary to provide weather forecasts and warning services on a day-to-day basis, especially in support of safety of life and property. The basic infrastructure established through the WWW delivers the data and products essential for predicting and providing early warning of severe weather and monitoring the climate system (WMO, 2002).

The Global Observing System (GOS) of the WWW comprises networks of about 10000 manned and automatic weather stations (Figure 2.30), about 1000 upper-air stations on land and ships providing observational data on a voluntary basis by the maritime community, some 3000 commercial aircraft which provide over 70000 additional observations daily, 100 moored and 600 drifting buoys, and weather radars operated by the NMHSs of the world. These are completed by a constellation of 10 polar-orbiting and geostationary meteorological satellites (Figure 2.25 and 2.32), operated by some National Meteorological and Hydrological Services (NMHSs) or space agencies (Obasi, 2001). WMO is preparing a separate programme WIGOS



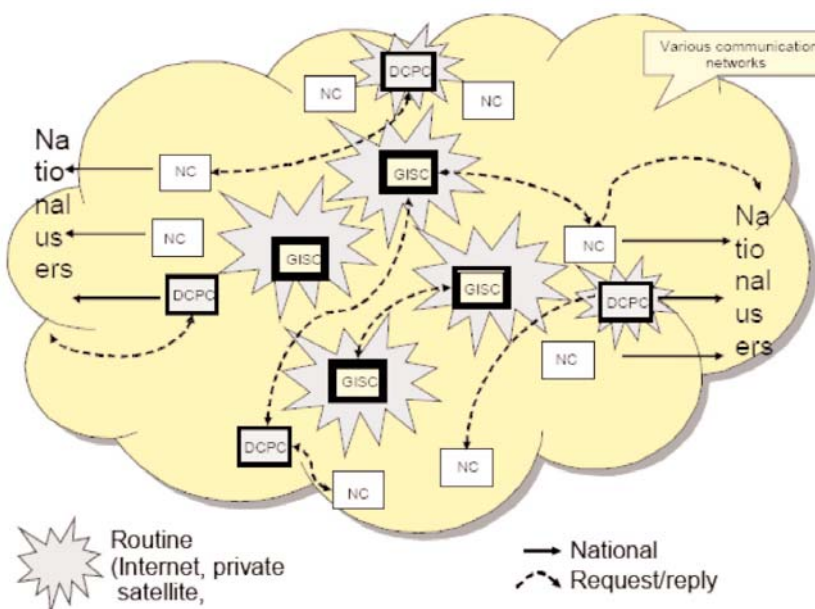
Slika 2.30. Tipični dnevni raspored meteoroloških motrenja s meteoroloških postaja (crveno) i s brodova (plavo), (Obasi, 2001.)

Figure 2.30 Typical daily coverage of surface observations made at meteorological stations (red) and from the ships (blue), (after Obasi, 2001)

prizemnih meteoroloških postaja (s motriteljima i automatskih; slika 2.30.), oko 1000 visinskih postaja kako na kopnu tako i brodovima koji obavljaju motrenja na dobrovoljnoj osnovi, oko 3000 komercijalnih zrakoplova koji osiguravaju preko 70000 dodatnih motrenja dnevno, 100 usidrenih i

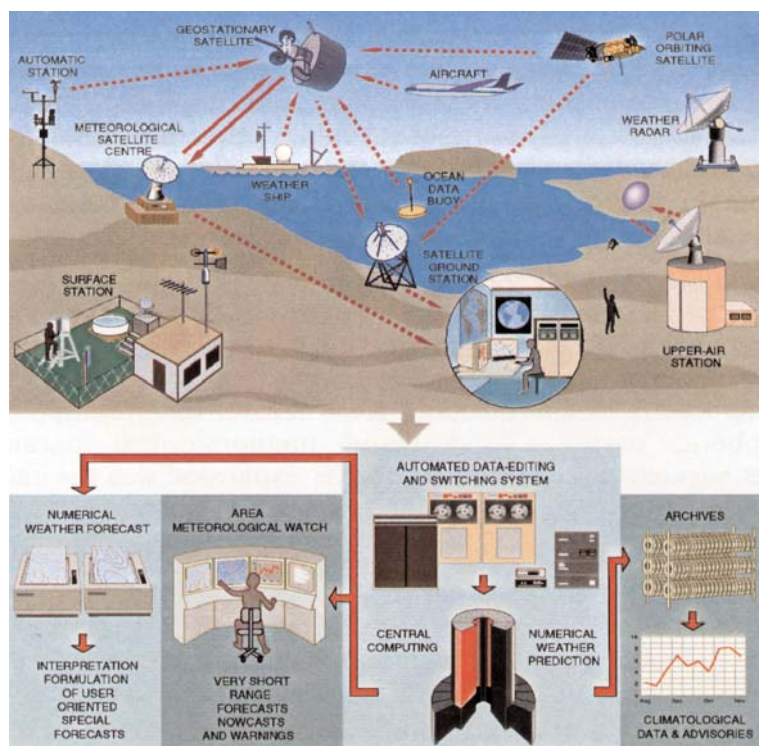
(WMO Integrated Observing System) which includes GOS as well as the other observation systems as e.g. GCOS (Global Climate Observing System).

WIS (WMO Information System) is a combination of ground and satellite communication systems



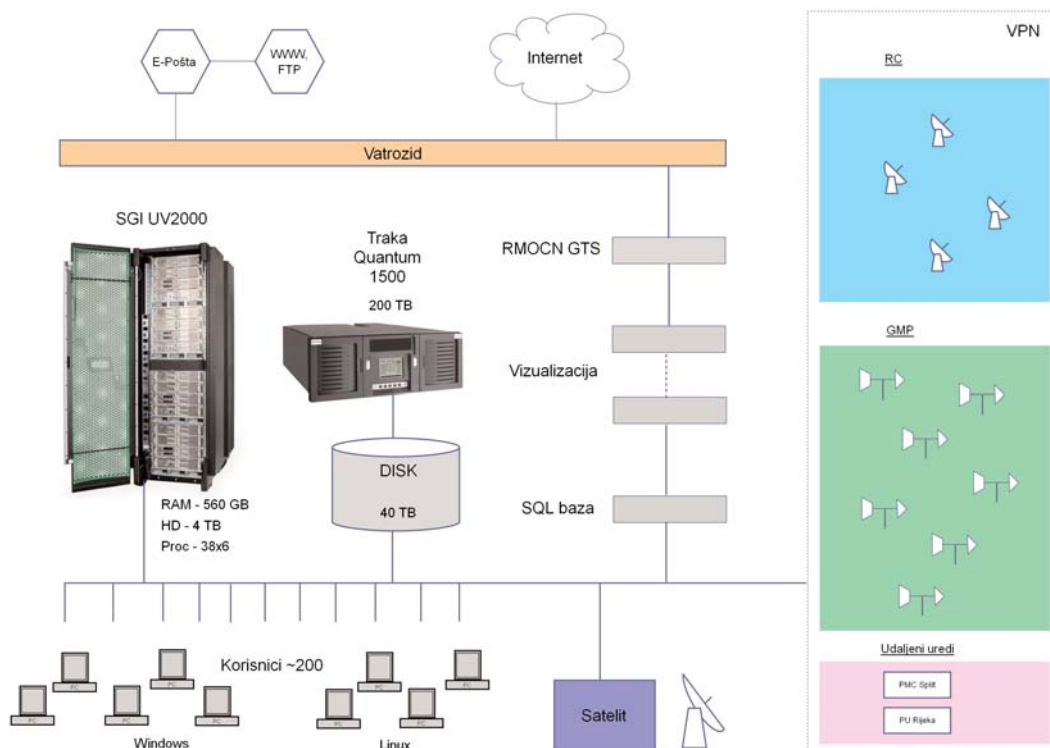
Slika 2.31. Globalni telekomunikacijski sustav

Figure 2.31 Global Telecommunication System



Slika 2.32. Svjetsko meteorološko bdijenje i operativni rad u nacionalnoj meteorološkoj službi (Obasi, 2001.)

Figure 2.32 The World Weather Watch and the operations of an NMHS (after Obasi, 2001)



Slika 2.33. Hrvatski nacionalni telekomunikacijski sustav

Figure 2.33 Croatian NMC telecommunication system

600 plovećih plutača, te mrežu meteoroloških radara u nacionalnim meteorološkim službama. Ovome treba dodati i 10 polarnih i geostacionarnih meteoroloških satelita (slika 2.25. i 2.32.) koje održavaju neke nacionalne meteorološke službe ili svemirske agencije (Obasi, 2001.). WMO provodi poseban program WIGOS (WMO Integrated Observing System) koji uključuje GOS kao i druge opažачke sustave kao što je na primjer GCOS (Global Climate Observing System).

WIS (WMO Information System) je kombinacija prizemnih i satelitskih komunikacija za kontinuiranu razmjenu podataka i produkata između svih nacionalnih službi i korisnika kao što je prikazano na slici 2.31. U tom sustavu razlikuju se tri razine centara: nacionalni informacijski centri (NC - National Centres), regionalni centri (DCPC - Data Collection and Production Centres) i globalni centri (GISC - Global Information System Centres). DHMZ je uspostavljen kao pomorsko-meteorološki WIS DCPC/WIGOS centar za Jadrano.

Hrvatski nacionalni telekomunikacijski sustav, prikazan na slici 2.33., osigurava dobru vezu s ostalim članicama WMO-a. Jedna od važnih računalnih komunikacijskih veza je ona s podregionalnim centrom u Beču i globalnim centrom u Offenbachu, te ECMWF-om.

for continuous data exchange among all national meteorological and hydrological services and users as it has been represented in Figure 2.31 In that system three different level of centers exist: national information centers (NC - National Centers), regional information centers (DCPC - Data Collection and Production Centers) and global information centers (GISC - Global Information System Centers). DHMZ has been established as Marine Meteorological WIS DCPC/WIGOS Center for Adriatic.

Croatian national telecommunication system is represented in Figure 2.33 A rather good connection with the rest of the meteorological community is realized. One of significant computer telecommunication line makes connection with subregional meteorological centre in Vienna and Global Centre in Offenbach-u as well as with the ECMWF.

3. UPOTREBA PODATAKA METEOROLOŠKIH MOTRENJA

Usporedno razvojem ljudskog društva i znanosti, potrebe za meteorološkim podacima, koji su rezultat ili proizvod meteoroloških motrenja, neprestano rastu. Sveobuhvatna primjena meteoroloških podataka realizira se unutar pojedinih grana meteorologije: u praćenju klime, prognozi vremena, tehničkoj meteorologiji, istraživanjima itd. Druga skupina korisnika srodne su discipline poput hidrologije i oceanografije. Konačno, važni su korisnici iz društvenih i gospodarskih djelatnosti kao što su: prostorno planiranje, vodoprivreda, elektroprivreda, promet, graditeljstvo, poljoprivreda, turizam i druge.

3.1. Meteorologija

Znanstveni pristup meteorologiji omogućen je tek nakon sustavnog pristupa meteorološkim motrenjima koja su uspostavljena koncem 18. stoljeća. Kombiniranjem empirijskih i teorijskih znanja postupno se došlo do današnjeg stupnja meteorološke teorije i prakse. U ovom radu bit će prikazana primjena nekoliko najvažnijih produkata meteoroloških motrenja, kao što su: praćenje klime, prognoza vremena, pomorska, zrakoplovna i tehnička meteorologija te istraživanje.

3.1.1. Praćenje klime

Riječ *klima* grčkoga je podrijetla i znači „nagib”, aludirajući na visinu Sunca iznad horizonta. U širem smislu, prema starijim izvorima, klima je prosječno ili srednje stanje atmosfere u duljem razdoblju (standardno 30 godina) na određenom području. Kasnije se uvidjelo da je navedena definicija klime nepotpuna pa su u nju uključeni i ekstremni meteorološki događaji, kao što su primjerice ekstremne oborine, ekstremne temperature zraka ili udari vjetrova u određenim razdobljima (dan, mjesec, godina). U najnovije doba definicija klime proširena je u kolektivno stanje atmosfere u duljem razdoblju, to jest na skup svih pojedinačnih vremenskih stanja.

Kad bi Zemljina kugla bila potpuno homogena i bez atmosferskog omotača, na njoj bi vladala solarna ili matematička klima uvjetovana kvazi-invarijantnim insolacijskim (astronomskim) faktorima (v. Penzar i Penzar, 1978.). Još su stari Grci, po tom principu podijelili Zemljinu povr-

3. THE USE OF METEOROLOGICAL OBSERVATION DATA

Parallel to the development of human society and science, the need for meteorological data, as a result of meteorological observations, has constantly been growing. A comprehensive application of meteorological data is carried out by individual branches of meteorology: climate monitoring, weather forecast, technical meteorology, research, etc. Associated disciplines such as hydrology and oceanography comprise another group of users. Finally, users coming from social and economic sectors such as: spatial planning, water management, electric power industry, traffic, construction, agriculture, tourism and others, comprise yet another important group of users.

3.1 Meteorology

Scientific approach to meteorology was made possible only after a systematic approach to meteorological observations established at the end of the 18th century. Current level of meteorological theory and practice has been achieved gradually by combining empirical and theoretical knowledge. Application of several important products of meteorological observations, such as: climate monitoring, weather forecast, marine, aeronautical and technical meteorology, and research will be presented in this chapter.

3.1.1 Climate monitoring

The word ‘climate’ comes from Greek and means ‘slope’, signifying the position of the Sun above the horizon. In a wider sense, according to older sources, climate is the average or mean state of the atmosphere over a longer period of time (usually 30 years) over a certain area. The definition of climate was later found to be incomplete, so extreme weather events, such as e.g. extreme precipitation, extreme air temperature or wind gusts in certain periods (day, month, year), were included as well. Lately, the definition was expanded again to mean a collective state of the atmosphere over a longer period of time, i.e. an assembly of all individual weather states.

Provided the Earth was completely homogeneous and having no atmosphere, it would be governed by solar or mathematical climate caused by quasi-invariant insolation (astronomical) factors

šinu na žarki, dva umjerena i dva hladna pojasa, pa se tako razlikuju tri tipa klime: topla, umjerena i hladna. Pored spomenutih faktora, klimu određuje opća cirkulacija atmosfere nad nekim područjem, kao i sastav atmosfere. Glavni su modifikatori klime raspodjela kopna i mora, položaj planinskih masiva, vodene površine, biljni pokrov itd. Posljedica toga raznolikost je klimatskih podtipova na Zemlji. Tako se može govoriti o maritimnoj i kontinentalnoj, planinskoj, vlažnoj i suhoj klimi, ovisno o položaju i karakteristikama krajolika. U Hrvatskoj prevladava umjerena klima (Škreb, 1942.; Zaninović i dr., 2008.). Na jadranskom priobalju i otocima prevladavaju maritimni utjecaji koji postupno slabe prema unutrašnjosti, gdje prevladavaju obilježja kontinentalne klime. U višim predjelima, osobito onima iznad 1000 metara nad morem, zamjetne su odlike planinske klime.

Tijekom stoljetnog praćenja i proučavanja utvrđeno je da klima nije konstantna. Ona se naime mijenja na različitim vremenskim ljestvicama: mjesečnoj, godišnjoj, dekadnoj ili stoljetnoj. Kratkoročne varijacije nazivaju se klimatskim kolebanjima, a dugoročne klimatskim promjenama. U prvom slučaju, kao mjera varijacija klime, mogu poslužiti odstupanja vrijednosti klimatskih elemenata od njihova višegodišnjeg, primjerice 30-godišnjeg prosjeka, koja se nazivaju i klimatskim anomalijama. U drugom slučaju, obično se promatra trend višegodišnjih srednjaka klimatskih elemenata u više uzastopnih klimatskih razdoblja ili kontinuirana tendencija tijekom dugogodišnjeg razdoblja, npr. sekularnog ili tijekom više desetljeća. I jedno i drugo danas je vrlo aktualno u svjetskim razmjerima. To najbolje potvrđuje angažman WMO-a, koji je još 1979. utemeljio *Svjetski program istraživanja klime* (WCRP - World Climate Research Programme), čija je svrha praćenje, proučavanje i predviđanje klimatskih prilika na Zemlji. Osobito je naglašen utjecaj čovjeka na klimatske prilike, posebice povećana proizvodnja stakleničkih plinova. U te aktivnosti WCRP-a uključila se i Republika Hrvatska.

Mjesečni i godišnji pregledi meteoroloških podataka

Podaci meteoroloških motrenja s glavnih, klimatoloških i kišomjernih postaja kontroliraju se i arhiviraju od početka sustavnih motrenja, dakle od 1851. godine pa sve do danas. Godine 1981. započinje postupak elektroničke obrade meteoro-

(Penzar and Penzar, 1978). Following that principle, the old Greek divided the Earth's surface into a torrid, two temperate and two cold zones, thus distinguishing between three types of climate: warm, temperate and cold. Beside the factors mentioned before, climate is determined by general circulation of the atmosphere over an area as well as by the composition of the atmosphere. The key climate modifiers are land and sea distribution, position of mountain ranges, water surfaces, vegetation cover etc. This results in a diversity of climatic subtypes and we can talk about maritime and continental, mountain, wet and dry climates, depending on the position and landscape characteristics. Temperate climate prevails in Croatia (Škreb, 1942; Zaninović et al., 2008). Maritime influences prevail in the Adriatic Littoral and the islands, gradually fading away further from the coast, where characteristics of continental climate take over. Characteristics of mountain climate are present in higher regions, especially those above 1000 metres above the sea level.

A century long monitoring and research provided evidence that climate is not constant. It varies on different time scales: monthly, annual, decennial, or centennial. Short term variations are called climatic fluctuations, whereas long terms ones are called climate change. In the former case, departures of climate element values from their long term, e.g. 30 year, average, usually referred to as climate anomalies, may be taken as a climate variation measure. In the latter, either a trend in climate element multi-annual mean values in a number of successive climatic periods is observed, or a continuous tendency over a long period, e.g. secular or several decades. The fact that WMO set up the World Climate Research Programme (WCRP) in 1979 goes to show how important they both are on a global scale. The purposes of WCRP is to monitor, study and predict climate conditions on the Earth, especially human influence on climate conditions due to increased production of greenhouse gases. The Republic of Croatia is actively involved in WCRP activities.

Monthly and annual meteorological summaries

Ever since the beginning of systematic observations in 1851, meteorological observation data from the main, climatological and precipitation stations have been checked and archived. Meteorological data has been electronically processed and stored on magnetic media since 1981. The data are then used in producing climate atlases, special summ-

loških podataka te pohrana na magnetne medije. U daljnjem postupku podaci se pripremaju za izradu klimatskih atlasa, posebnih pregleda i praćenje klime. Radi jednostavnijeg rukovanja izrađuju se i godišnji pregledi za pojedine elemente, kao što je primjerice oborina. Za neke postaje objavljuju se godišnjaci koji se šalju u međunarodnu razmjenu. Posebni prilozi o meteorološkim podacima objavljuju se od 1990. godine u *Hrvatskom statističkom ljetopisu*, koji priređuje Državni statistički zavod.

Stoljetni (sekularni) klimatski nizovi

Kao što je već spomenuto, podaci dugogodišnjih motrenja za veći broj postaja u Hrvatskoj sežu u drugu polovicu 19. stoljeća. Oni predstavljaju vrijedan arhivski materijal ne samo za spoznaju o sekularnim klimatskim prilikama u različitim područjima Hrvatske (slika 3.1.) već i za usporedbu klimatskih varijacija šire regije u razdoblju duljem od 100 godina. U tu svrhu razvijena je suradnja na istraživanju i razmjeni sekularnih nizova podataka s nacionalnim meteorološkim službama srednje europskih zemalja. Da bi razmjena bila jednostavnija i uporaba djelotvornija, ulažu se veliki naponi da se navedeni podaci prenesu na magnetne medije. U tome se djelomično i uspjelo jer su sekularni podaci za postaje: Zagreb-Grič, Osijek, Požegu, Gospić, Crikvenicu i Hvar raspoloživi u računalnoj arhivi DHMZ-a. Za neke od navedenih postaja priređene su posebne publikacije s pregledom važnijih elemenata kao što su temperatura zraka i količine oborine.

Klimatski atlas i monografije

Za ocjenu klime u standardnim razdobljima koriste se tridesetogodišnji nizovi podataka. Referentna su klimatska razdoblja prema preporuci Svjetske meteorološke organizacije (WMO) su 1931.-1960. i 1961.-1990. Na temelju njih izrađuju se klimatski atlas i monografije. Tako su se godine 1963. počeli prikupljati klimatološki podaci za klimatski atlas SFR Jugoslavije za razdoblje 1931.-1960. Izradi tog atlasa velik je doprinos dao i Republički hidrometeorološki zavod Hrvatske. Prema raspoloživim podacima izrađen je i *Atlas klime Hrvatske*. U njemu je prikazan srednji godišnji hod i prostorna raspodjela srednjih godišnjih vrijednosti glavnih klimatskih elemenata kao što su temperatura zraka, količina oborine, naoblaka, trajanje sijanja Sunca, strujanje zraka

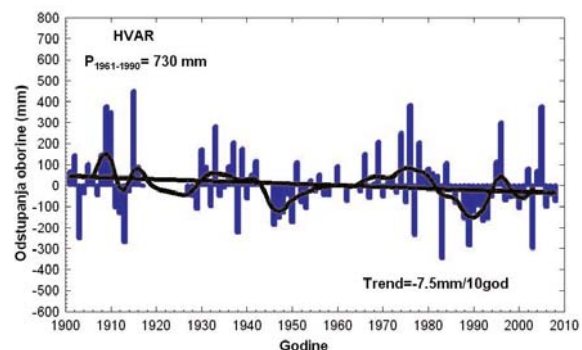
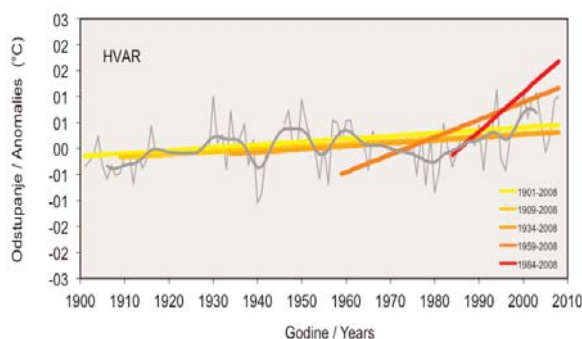
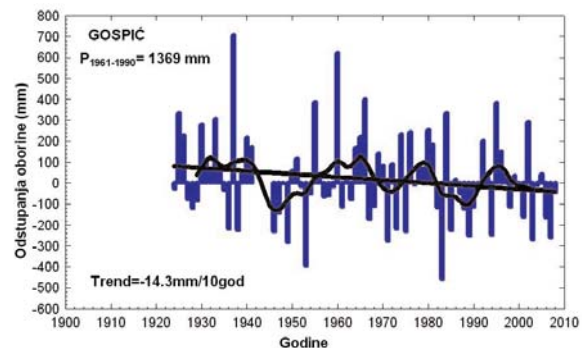
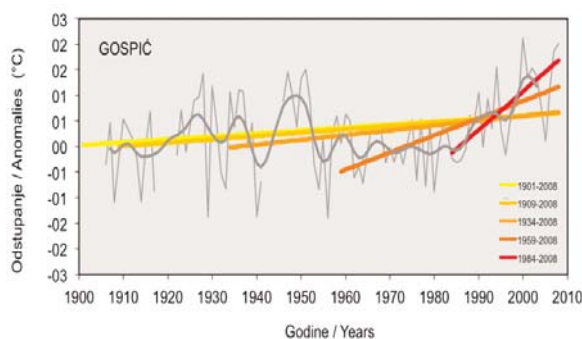
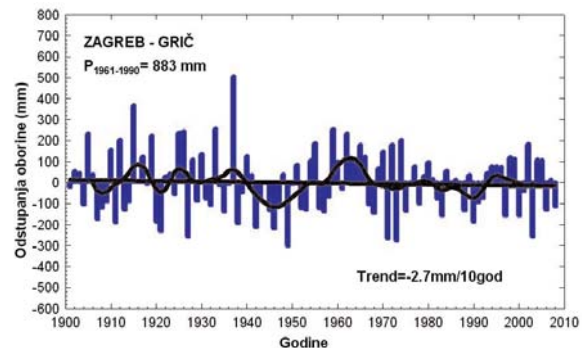
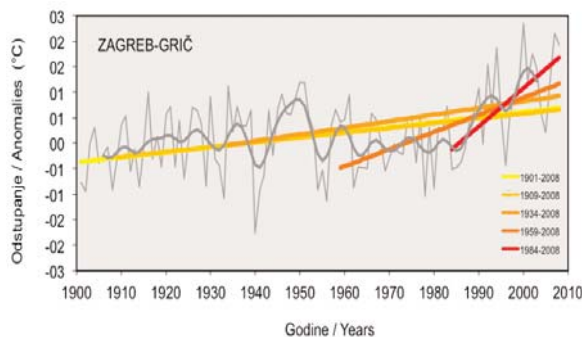
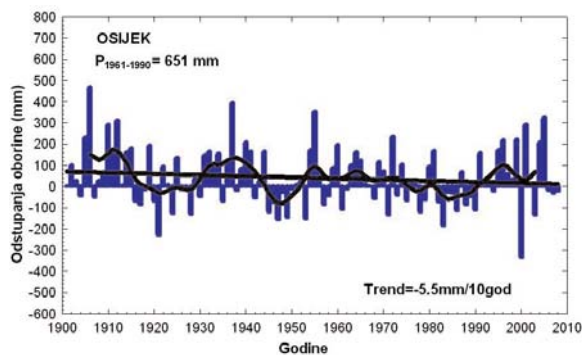
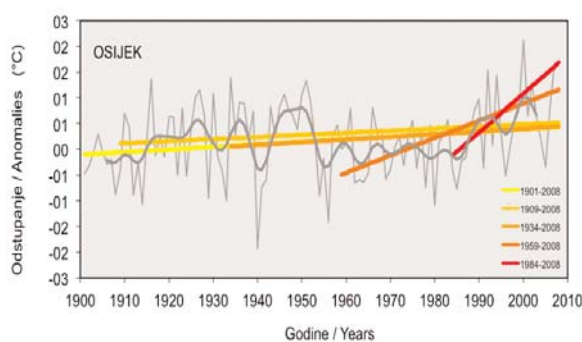
aries and climate monitoring. To simplify handling of the data, annual summaries are made for individual elements, for example precipitation. Almanacs are published for some stations and then internationally exchanged. Special reports on meteorological data have been published since 1990 in the Statistical Yearbook of the Republic of Croatia, printed by the Croatian Bureau of Statistics.

Centennial (secular) climate series

As mentioned before, long term observation data for a great number of weather stations in Croatia stretches to the second half of the 19th century. The data is valuable not only for understanding secular climate conditions in different parts of Croatia (Figure 3.1), but also for comparing climate variations in a broader region in a period longer than 100 years. Cooperation in research and exchange of secular data series was for that reason developed with national meteorological services of Central European countries. Great efforts have been put into transferring the data onto magnetic media in order to make the exchange easier and usage more efficient. Partial success has been achieved as there are secular data available in the DHMZ electronic archives for weather stations: Zagreb-Grič, Osijek, Požega, Gospić, Crikvenica and Hvar. Special publications with summaries of more important elements, such as air temperature and precipitation amount, have been produced for some of the mentioned stations.

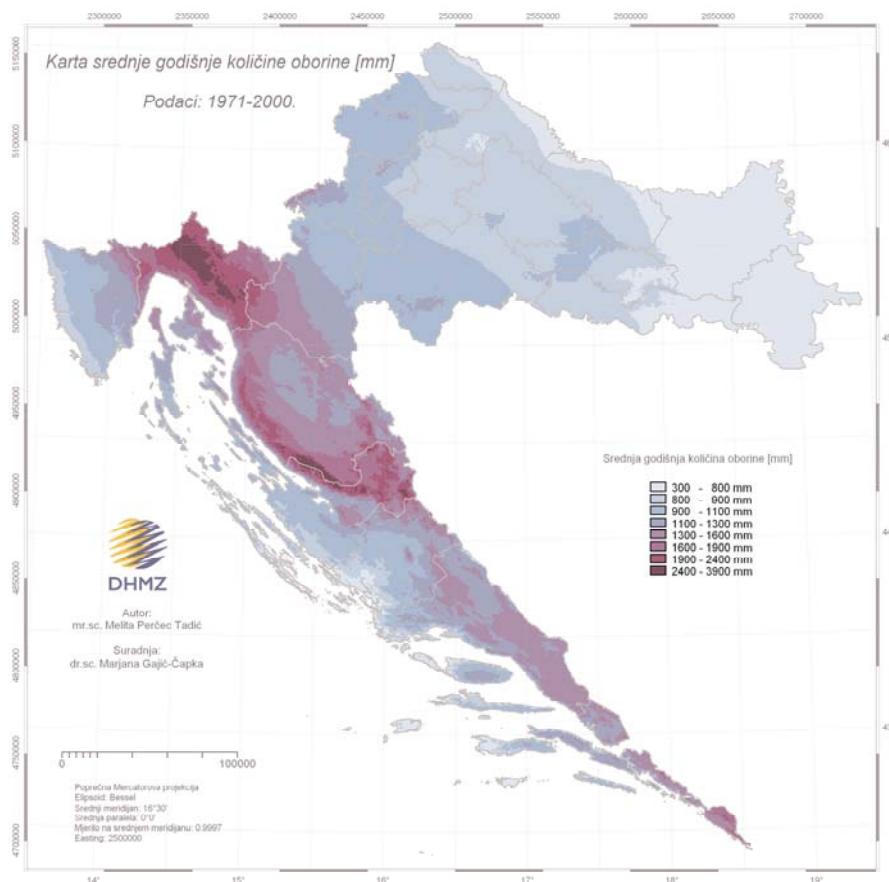
Climate atlases and monographs

Thirty-year data series are used in assessing climate in standard periods. Reference climate periods are 1931-1960 and 1961-1990, recommended by the World Meteorological Organization (WMO), and they are used in producing climate atlases. Collecting of climatological data, for the purpose of producing a climate atlas of the SFR Yugoslavia for the period 1931-1960, started in 1963. The contribution of the Hydrological and Meteorological Service of Croatia to that project was significant. The available data was used in producing the Climate Atlas of Croatia. The Atlas shows the mean annual cycles and spatial distribution of mean annual values of main climatic elements, such as air temperature, precipitation amount, cloudiness, solar radiation duration, wind etc. To satisfy the needs of users, the frequency of analysing climate data for recent 30-year periods, 1971-2000 and 1981-2010, has increased (Figure 3.2).



Slika 3.1. Vremenski nizovi srednjih godišnjih temperatura zraka i količine oborine, pripadni 11-godišnji klizni srednjaci i linearni trendovi u razdoblju 1901.-2008. Izvor: Fifth National Communication of the Republic of Croatia under UNFCCC. http://unfccc.int/resource/docs/natc/hrv_nc5.pdf

Figure 3.1 Time series for the mean annual air temperature and precipitation amounts, related 11-year binomial moving averages, and linear trends for 1901-2008 period. Unit is anomalies (°C and mm, respectively) with respect to 1961-1990 average. Source: Fifth National Communication of the Republic of Croatia under the United Nations Framework Convention on the Climate Change. http://unfccc.int/resource/docs/natc/hrv_nc5.pdf



Slika 3.2. Prostorna raspodjela srednje godišnje količine oborine prema razdoblju 1971.-2000.

Figure 3.2 Mean annual precipitation map according to the 1971-2000 period

itd. U posljednje vrijeme sve se češće analiziraju klimatski podaci za potrebe korisnika iz recentnih 30-godišnjih razdoblja 1971.-2000. i 1981.-2010. (slika 3.2.).

Slijedeći upute Svjetske meteorološke organizacije, koja preporuča periodično izdavanje klimatskih atlasa za 30-godišnja klimatska razdoblja, tiskan je *Klimatski atlas Hrvatske 1961.-1990, 1971.-2000.* (Zaninović i dr., 2008.) na hrvatskom i engleskom jeziku u čijoj je izradi sudjelovalo 18 autora (slika 3.3.). Klimatski atlas sadrži karte prostornih razdioba klimatskih elemenata koristeći GIS (Geografski informacijski sustav), grafikone godišnjih hodova različitih parametara klimatskih elemenata na deset odabranih meteoroloških postaja te tekstualni dio podijeljen u 18 poglavlja, u kojem su opisane klimatske značajke i njihovi uzroci. Na kraju se nalaze tablice s prosječnim 30-godišnjim mjesečnim, sezonskim i godišnjim vrijednostima klimatoloških elemenata na 20 postaja koje reprezentiraju klimatsku razno-

According to the guidelines of the World Meteorological Organization, which recommends periodically issue of climate atlas for a 30-year climate periods, Climatic atlas of Croatia 1961-1990, 1971-2000 is prepared. It is printed in Croatian and English, and in its preparation contributed 18 authors (Figure 3.3). Climate atlas contains maps of spatial distribution of climatic elements using GIS, graphs of the annual cycle of climatic elements at ten selected meteorological stations and the textual part that is divided in 18 chapters describing the climatic conditions and their causes. At the end there are tables with the average 30-year monthly, seasonal and annual values of climatological elements at 20 stations that represent the diversity of climate in Croatia. Given the temporal variability of climatic parameters and the observed warming in the last decade of the twentieth century tabular representations have been expanded with the climatic period 1971-2000. Climate atlas is a fundamental contribution to the knowledge of the natural characteri-



Slika 3.3. Klimatski atlas Hrvatske 1961.-1990., 1971.-2000.

Figure 3.3 Climate atlas of Croatia 1961-1990, 1971-2000

likost Hrvatske. S obzirom na vremensku varijabilnost klimatskih parametara i uočeno zatopljenje u posljednjoj dekadi dvadesetog stoljeća tablični prikazi prošireni su i na klimatsko razdoblje 1971.-2000. Klimatski atlas fundamentalni je doprinos za upoznavanje prirodnih karakteristika Hrvatske i njena klimatskog potencijala čije će poznavanje koristiti stručnjacima iz različitih područja društva i gospodarstva, kao što su, između ostalih, prostorno planiranje, građevinarstvo, vodno gospodarstvo, energetika, poljodjelstvo, turizam, zdravstvo, sport, zaštita okoliša.

Klimatske prilike pojedine lokacije ili područja Hrvatske opisane su u nekoliko knjiga koje je izdao DHMZ ili su njihovi autori/koautori djelatnici DHMZ-a. *Klimatska monografija Zadra* publicirana je 1995., a drugo dvojezično izdanje (hrvatsko-englesko) 2005. (Kraljev i dr., 1995., 2005.). *Monografija Zavižan između snijega, vjetrova i Sunca* izdana je u povodu 50. obljetnice rada meteorološke postaje Zavižan (2003.). O vremenu i klimi hrvatskih gorskih krajeva pisao je Milan Sijerković (2003.). Veoma detaljan opis istraživanja klime na području Jadrana do 2000. godine prikazan je u knjizi B. Penzar i sur. (2001.).

Praćenje klime u realnom vremenu

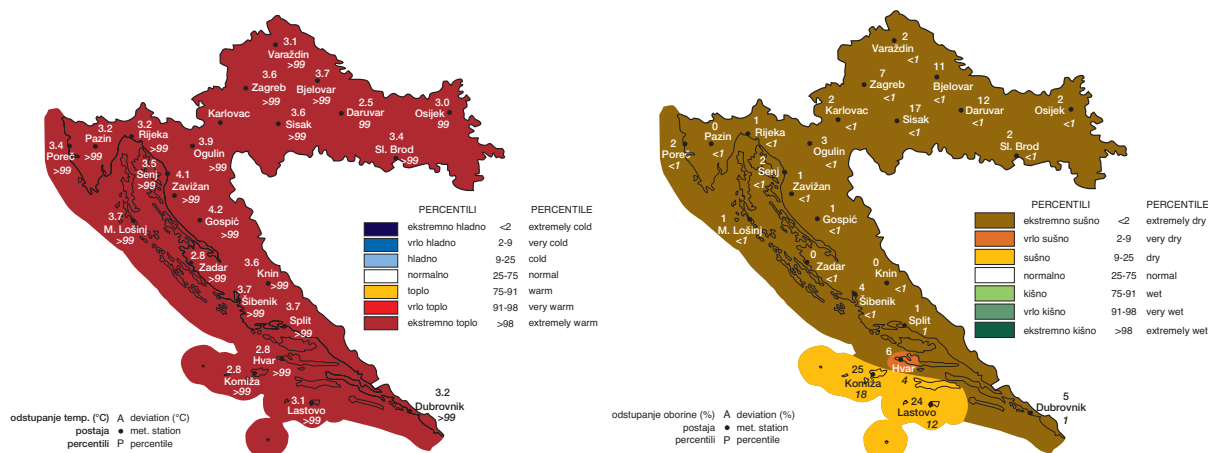
Prvo kontinuirano praćenje vremena i klime unutar DHMZ-a bilo je u razdoblju 1953.-1959., kada je izdavana publikacija *Mjesečni pregled*

stics of Croatia and its climate potential, which will be useful for experts from different areas of society and economy, such as spatial planning, water management, energy, agriculture, tourism, health, sport and protection of the environment.

Climate conditions at a certain location or on the territory of Croatia have been described in several books either published by DHMZ or their authors/co-authors were DHMZ employees. The Climatic Monograph of Zadar was published in 1995, and its second edition came out in 2005 in both Croatian and English (Kraljev et al., 1995, 2005). The monograph "Zavižan among snow, wind and Sun" was published for the 50th anniversary of Zavižan weather station (2003). Milan Sijerković wrote on the weather and climate of Croatian mountainous regions (2003). A very detailed description of climate research in the Adriatic region up to the year 2000 was given in a book written by B. Penzar et al. (2001).

Real time climate monitoring

The first continuous weather and climate monitoring in DHMZ was conducted in the period 1953-1959, when a publication Monthly weather review was published in Croatia. Air temperature and precipitation amount anomalies were analysed on a monthly scale in the period 1969-1983. The analyses were never published, but were otherwise used



Slika 3.4. Anomalije srednje mjesečne temperature zraka (lijevo) i mjesečne količine oborine (desno) na području Hrvatske za lipanj 2012.

Figure 3.4 Anomalies of mean monthly air temperature and monthly precipitation amounts in Croatia in June 2012

vremena u Hrvatskoj. U razdoblju 1969.-1983. analizirane su anomalije temperature zraka i količina oborine na mjesečnoj ljestvici. Te analize nisu objavljivane, ali su korištene za različite svrhe (mediji, Vlada, gospodarstvo).

Od 1984. godine redovito se prate anomalije srednje mjesečne temperature zraka i mjesečne količine oborine za sve glavne meteorološke postaje u Hrvatskoj (slika 3.4.). One se redovito objavljuju u mjesečniku *Bilten iz područja meteorologije, hidrologije i zaštite čovjekova okoliša* te u godišnjoj publikaciji *Izvanredne meteorološke i hidrološke prilike u Hrvatskoj*, koja je izlazila do 1997. godine.

Godine 1991. poboljšao se način praćenja klime u DHMZ-u. Naime, kako je praćenje zasnovano na trotermanskim podacima (7, 14 i 21 h), organiziran je prijam tih podataka s glavnih postaja u približno realnom vremenu (uz jedan dan zakašnjenja). Za tu svrhu priređuju se posebni izvještaji pod nazivom HRKLIMA (Hrvatska KLIMA). Nakon prijma, podaci se kontroliraju i stavljaju na raspolaganje za potrebe praćenja klime i ostalih korisnika.

Osim mjesečnih, priređuju se tromjesečni (sezonski) i godišnji prikazi klimatskih anomalija temperature zraka i količine oborine. Na taj se način razmjerno objektivno može utvrditi jesu li tako duga razdoblja bila ekstremna ili u granicama normale promatranih klimatskih veličina.

for different purposes (media, government, economy).

Since 1984, anomalies in mean monthly air temperature and monthly precipitation amount are regularly monitored for all main weather stations in Croatia (Figure 3.4). They are also regularly published in the monthly Bulletin for meteorology, hydrology and environmental protection, as well as in the publication Extraordinary meteorological and hydrological events in Croatia, which was published until 1997.

In 1991, climate monitoring in DHMZ improved. Namely, as the monitoring is based on three standard times of observation (7, 14, and 21 hours), receiving of the data from main weather stations is organized in approximately real time (with one day delay). For this purpose, special reports, called HRKLIMA (Hrvatska KLIMA - Croatian climate) are prepared. Once data is received, it is checked and made available to users and climate monitoring.

Besides monthly, there are quarterly (seasonal) and annual summaries of air temperature and precipitation amount climate anomalies. In that way, it is possible to relatively objectively determine whether the long periods are extreme or within standard limits of the observed climate values. The mentioned anomalies show deviations from the average state in the observed periods, where extremes may be hidden on a smaller temporal scale and can be studied separately. Croatia is

Navedene anomalije su pokazatelji odstupanja od prosječnog stanja u promatranim razdobljima koje katkad može skrivati ekstreme na manjoj vremenskoj skali, a oni se mogu posebno razmatrati. Hrvatska je klimatskim priložima DHMZ-a uključena u *Europski klimatski bilten*. Rezultati praćenja klime Hrvatske objavljuju se redovito na internetskoj stranici DHMZ-a (<http://meteo.hr>).

Od 2009. godine na internetskoj stranici DHMZ-a započelo je i redovito praćenje suše pomoću standardiziranog oborinskog indeksa (SPI, eng. Standardized Precipitation Index) koji su razvili McKee i dr. (1993.). Taj indeks pogodan je za ocjenu intenziteta i trajanja meteorološke suše, a Svjetska meteorološka organizacija preporučila je njegovu upotrebu svim nacionalnim hidrometeorološkim službama (WMO, 2009.). Kako se SPI može izračunati za različite vremenske skale (od jednog do više uzastopnih mjeseci), on omogućuje indirektno praćenje procjena kratkoročne i dugoročne zalihe vode što ga čini dobrim indikatorom i za agronomsku, i za hidrološku sušu. Pored SPI indeksa za praćenje suše koriste se i drugi pokazatelji, kao što su razlika i omjer izmjerene i prosječne količine oborine te pripadni percentil i povratno razdoblje izmjerene količine oborine. Svi pokazatelji prikazuju se grafički za 23 postaje u Hrvatskoj i to za mjesečnu i višemjesečnu skalu (3, 6, 9, 12, 24 i 48 mjeseci). Osim toga, svakim se danom ažurira kumulativna količina oborine čija se krivulja nalazi u okviru teorijskih percentila (primjer na slici 3.5.). Teorijske krivulje omogućuju ocjenu oborinskih prilika od početka tekućeg mjeseca do trenutnog datuma (Juras i Cindrić, 2009.). Treba napomenuti da svi pokazatelji također upućuju i na potencijalni višak oborine i na taj način upotpunjuju sliku o oborinskim prilikama u Hrvatskoj.

Sudjelovanje u klimatskim programima

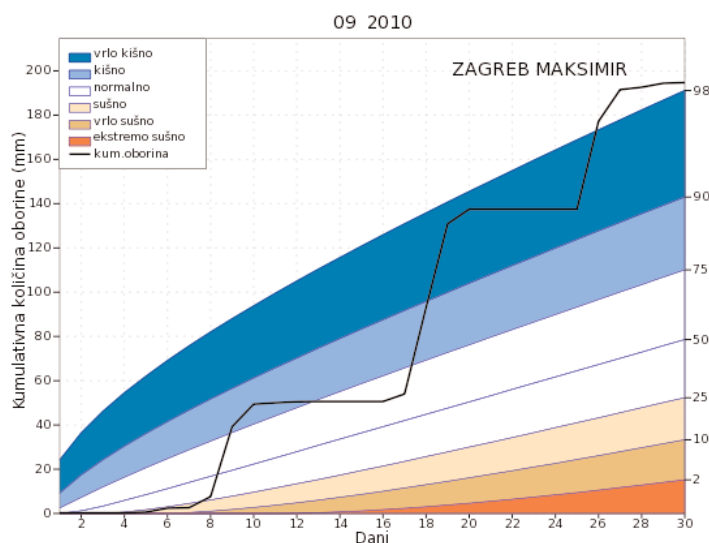
Republika Hrvatska već je dulje vrijeme uključena u različite nacionalne i međunarodne klimatske programe. Među tim programima najistaknutije mjesto zauzima prethodno spomenuti Svjetski program istraživanja klime (WCRP - World Climate Research Program), u kojem sudjeluje od njegova osnutka 1979. godine. Na temelju WCRP-a koncipiran je Hrvatski istraživački klimatski program (CCRP - Croatian Climate Research Programme) 1990. godine uz engleski prijevod 1993. Hrvatska također sudjeluje u radu različitih međunarodnih komisija koje se bave klimom, kao što je Međuvladin panel o kli-

involved in the European Climate Bulletin through climate summaries that DHMZ publishes. The results of Croatian climate monitoring are regularly published on the DHMZ web page (<http://meteo.hr>).

Regular drought monitoring, using the Standardized Precipitation Index (SPI) developed by McKee et al. (1993), started in 2009 on the DHMZ web page. The index is suitable for assessing intensity and duration of meteorological drought, and the World Meteorological Organization recommended its use to all national meteorological and hydrological services (WMO, 2012). As it is possible to calculate the SPI for different temporal scales (from one to several consecutive months), the index enables indirect monitoring of short-term and long-term water supply assessments, which make it a good indicator of agricultural and hydrological drought. Besides the SPI, other indicators, such as the difference and ratio between the measured and average precipitation amount and the respective percentile and return period of the measured precipitation amount, are used in drought monitoring. All indicators are presented graphically for 23 weather stations in Croatia on a monthly or multi-monthly time scales (3-, 6-, 9-, 12-, 24- and 48 months). Furthermore, cumulative precipitation amount, whose curve lies within theoretical percentiles (example in Figure 3.5), is updated daily. Theoretical curves make assessments of precipitation conditions from the beginning of the current month until the current date possible (Juras and Cindrić, 2009). It needs to be noted that all indicators also signal potential precipitation surplus and in that way complete the picture of precipitation conditions in Croatia.

Participation in climate programmes

The Republic of Croatia has been involved in various national and international climate programmes for a long time. The most prominent of the programmes is definitely the already mentioned World Climate Research Programme (WCRP), in which Croatia has been involved since its beginning in 1979. In 1990, the Croatian Climate Research Programme (CCRP) was modelled on the WCRP (English translation in 1993). Croatia also participates in the work of various international climate commissions, such as the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), and the Commission for



Slika 3.5. Kumulativna količina oborine u rujnu 2010. godine i krivulje teorijskih percentila iz razdoblja 1961.-2010. na postaji Zagreb-Maksimir

Figure 3.5 Cumulative precipitation amount in September 2010 and curves of theoretical percentiles from the period 1961-2010 at Zagreb-Maksimir weather station

matskim promjenama (IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change) i Komisija za klimatologiju (CCI - Commission for Climatology) Svjetske meteorološke organizacije).

Hrvatska je također sudjelovala u posebnim programima WMO-a, kao što su: Svjetski informacijski servis za klimatske podatke (INFOCLIMA - World Climate Data Information Referral Service), Klimatske obrade (CLICOM - Climate Computing) i Spašavanje podataka (DARE - Data Rescue).

Klimatski projekti i klimatske promjene

Realizirano je i nekoliko znanstvenih projekata, koji su se bavili prostorno-vremenskom varijabilnošću klime, a koje je sufinanciralo Ministarstvo znanosti i tehnologije Republike Hrvatske odnosno Ministarstvo znanosti, obrazovanja i športa Republike Hrvatske (vidi poglavlje 3.1.6. Razvoj i istraživanje): Istraživanje vremena i klime na području Hrvatske i Prostorno-vremenske varijacije klime Hrvatske (1976.-1980.), Fizičke osnove vremena i klime (1986.-1990.), Meteorološke i hidrološke elementarne nepogode (1986.-1995.), Praćenje klime Hrvatske unutar globalnih klimatskih promjena (1991.-1995.), Dugoročna prognoza vremena i klime na profilu Jadran - Panonija (1996.-2002.), Klimatska vari-

climatology (CCI) of the World Meteorological Organization.

Croatia has also participated in special WMO programmes, such as: World Climate Data Information Referral Service (INFOCLIMA), Climate Computing (CLICOM) and Data Rescue (DARE).

Climate projects and climate change

Several scientific projects on spatial and temporal climate variability have been realized. They were co-financed by the Ministry of Science and Technology of the Republic of Croatia, i.e. by the Ministry of Science, Education and Sports of the Republic of Croatia (see Chapter xx Research and Development): Weather and climate on the territory of Croatia and Spatial and temporal climate variations in Croatia (1976-1980), Physical basis of the weather and climate (1986-1990), Natural disasters of meteorological and hydrological origin (1986-1995), Climate monitoring in Croatia within global climate change (1991-1995), Long range weather - climate forecast on the Adriatic-Pannonian profile (1996-2002), Climate variability and change and their impact (2003-2006), and Climate variations and change and response in affected systems (2007-2013).

jabilnost i promjene i njihove posljedice (2003.-2006.) i Klimatske varijacije i promjene i odjek u područjima utjecaja (2007.-2013.).

Uočeno globalno zatopljenje tijekom druge polovice prošlog stoljeća, posebno krajem zadnjeg desetljeća, upozorilo je na promjene u klimatskom sustavu. Budući da je klima jedna komponenta Zemljina sustava, takve promjene dovode do globalnih promjena u okolišu. One su različitog intenziteta, pa i smjera, u pojedinim regijama, pa su istraživanja klimatskih promjena zadaci klimatoloških istraživanja i na nacionalnim i regionalnim razinama.

Cilj dvaju znanstvenih projekata u razdoblju 2003.-2013. bio je proučavanje klime i klimatskih ekstrema na području Hrvatske, detekcija opazanih klimatskih promjena i modeliranje klimatskih promjena iz simulacija sadašnje i buduće klime uz različite scenarije emisije stakleničkih plinova koristeći regionalne i globalne klimatske modele.

Istraživanje klimatskih promjena iz podataka motrenja

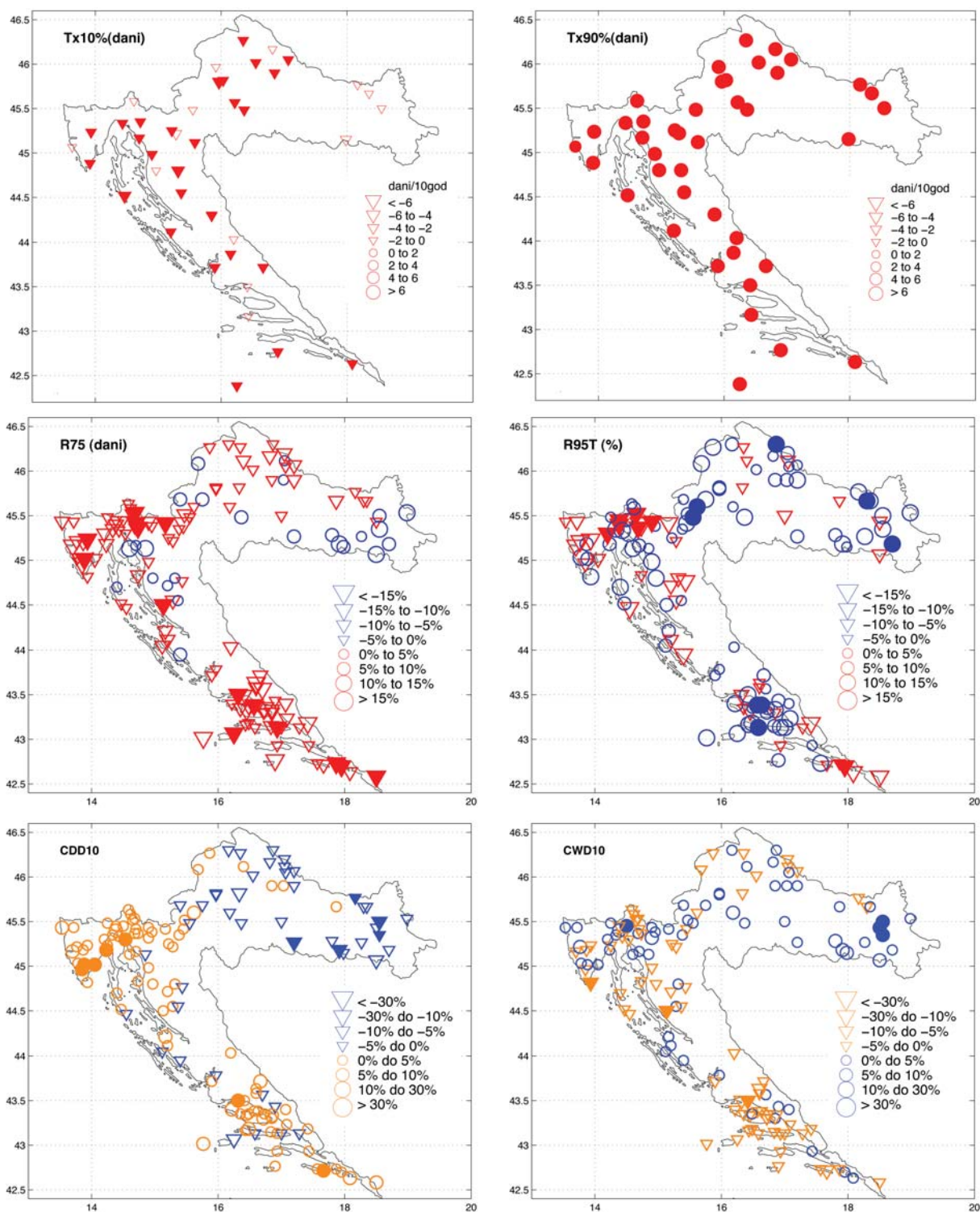
Analiza trenda i varijabilnosti godišnjih i sezonskih nizova temperature zraka i oborine u klimatski različitim područjima Hrvatske (kontinentalna, gorska i maritimna) provedeno je za razdoblje od početka 20. stoljeća do kraja prve dekade 21. stoljeća (MZOIP, 2010.; Gajić-Čapka i Cindrić, 2010.). Za gustu mrežu postaja tendencija promjena analizirana je za razdoblje od sredine 20. stoljeća. Ispitani su temperaturni i oborinski indeksi, s naglaskom na ekstreme, koji upućuje na intenzitet, učestalost i trajanje ekstremnih pojava; npr. toplinskih valova, jakih kratkotrajnih oborina, sušnih i kišnih razdoblja (Cindrić i dr., 2010.; Gajić-Čapka et al, 2014.; MZOIP, 2014.) (slika 3.6.). U analizu su uvedene i iz nje su izvedene veličine: fiziološka ekvivalentna temperatura za ocjenu toplinskog stresa i klimatski indeks za turizam za ocjenu pogodnosti klimatskih prilika za različite turističke aktivnosti (Zaninović i Matzarakis, 2007.; Zaninović i Gajić-Čapka, 2008.; Srnec i Zaninović, 2008.; Zaninović i dr., 2010., 2011.; Brossy i dr., 2013.) (slika 3.7.); stupanjdan grijanja i hlađenja te broj dana grijanja i hlađenja, koji upućuju na količinu potrebne energije za grijanje i hlađenje i među ulaznim su klimatskim parametrima u energetici (Cvitan i Sokol Jurković, 2011.) razvojne faze voćaka i šumskog raslinja zbog prilagodbe na klimatske promjene u poljoprivredi i šumarstvu (Krulić i Vučetić, 2011., Jelić i Vučetić, 2011.; MZOIP, 2014.),

The observed global warming in the second half of the 20th century, especially in its last decade, signalled change in the climate system. As climate is one of the components in the Earth's system, such change leads to global changes in the environment. The intensity and direction of those changes varies from region to region, so climatological research focuses on climate change research at both national and regional level.

In the period 2003-2013, there were two scientific projects whose goal was studying climate and climate extremes on the territory of Croatia, detecting the observed climate change and climate change modelling based on simulations of the present and future climate with different greenhouse gas emission scenarios using regional and global climate models.

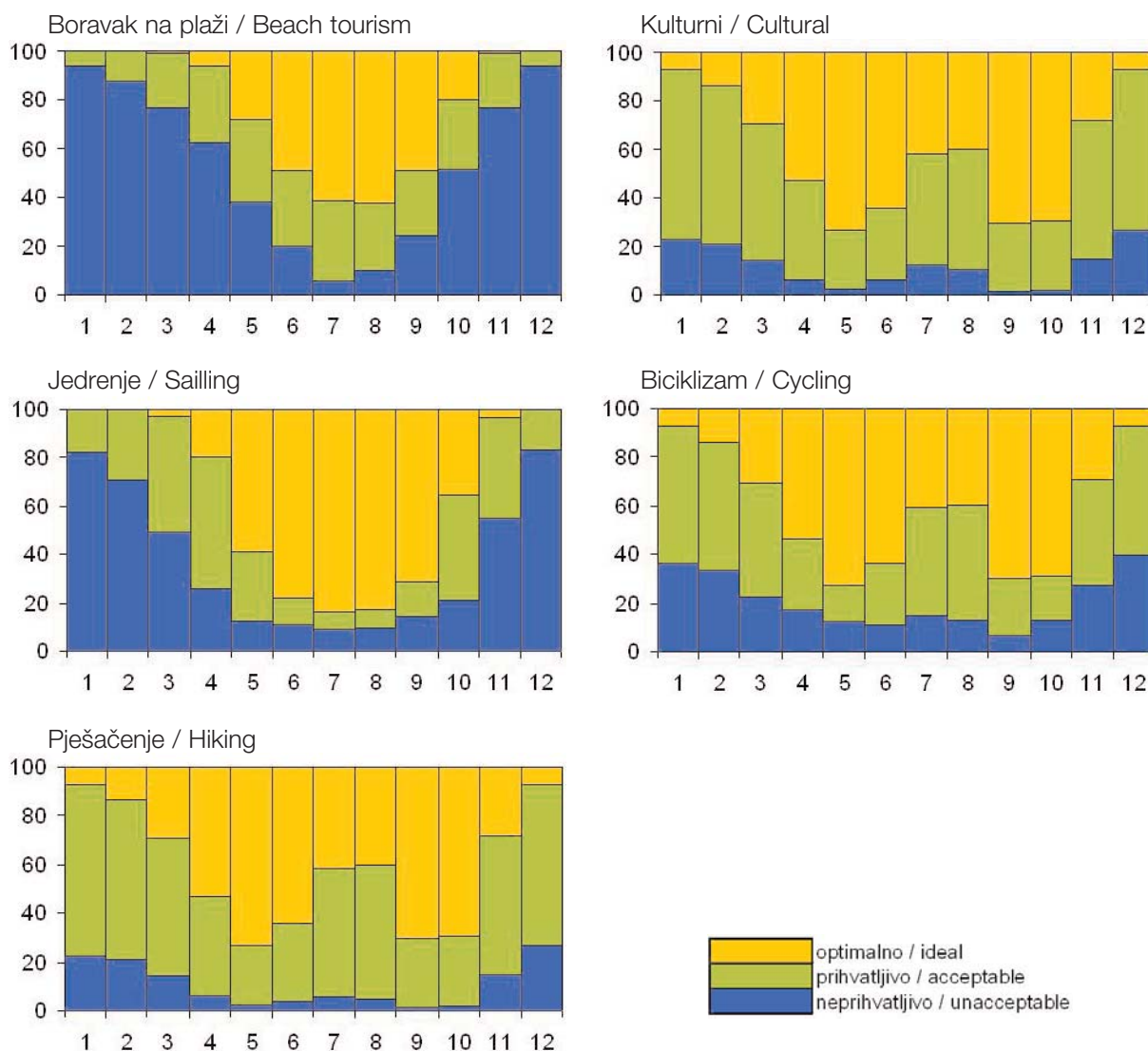
Climate change research from observations

Trend and variability analysis of annual and seasonal air temperature and precipitation series in climatically different regions of Croatia (continental, mountainous and maritime) was conducted for the period from the beginning of the 20th century until the end of the first decade of the 21st century (MZOIP, 2010; Gajić-Čapka&Cindrić, 2010). Change tendency for the period since the middle of the 20th century was analysed for a dense network of stations. Temperature and precipitation indices were examined, with emphasis on the extremes, which showed intensity, frequency and duration of extreme events; e.g. heat waves, heavy short-term precipitation, dry and rainy periods (Cindrić et al., 2010; Gajić-Čapka et al, 2014; MZOIP, 2014) (Figure 3.6). Derived parameters were also introduced into the analyses: physiological equivalent temperature for assessing heat stress, and tourism climate index for assessing climate condition suitability for different tourism related activities (Zaninović&Matzarakis, 2007; Zaninović&Gajić-Čapka, 2008; Srnec&Zaninović, 2008; Zaninović et al., 2010, 2011; Brossy et al., 2013) (Figure 3.7); heating and cooling degree-day which indicate the amount of energy needed for heating or cooling (Cvitan&Sokol Jurković, 2011); development stages of fruit trees and forest vegetation regarding climate change adaptation in agriculture and forestry (Krulić&Vučetić, 2011; Jelić&Vučetić, 2011; MZOIP, 2014), climate change impact on maize yield (Vučetić, 2010), changes in soil temperature and



Slika 3.6. Prostorna raspodjela dekadnih trendova indeksa temperaturnih ekstrema za 41 postaju (Tx90% - broj toplih dana i Tx10% - broj hladnih dana) i indeksa oborinskih ekstrema za 137 postaja (R75 - broj vlažnih dana, R95T - udio oborine u vrlo vlažne dane u ukupnoj godišnjoj količini, CDD10 - maksimalna godišnja trajanja sušnih razdoblja, CWD10 - maksimalna godišnja trajanja kišnih razdoblja za kategoriju 10 mm. Razdoblje: 1961.-2010.

Figure 3.6 Spatial distribution of decadal trends in annual extreme temperature indices for 41 stations (Tx90% - number of warm days; Tx10% - number of cold days) and in annual extreme precipitation indices for 137 stations (R75 - number of moderate wet days; R95T - precipitation fraction of annual total precipitation due to very wet days; CDD10 - annual maximum number of consecutive dry days with daily precipitation < 10 mm; CWD10 - maximum annual consecutive number of wet days with daily precipitation $\geq$ 10 mm) during the 1961-2010 period

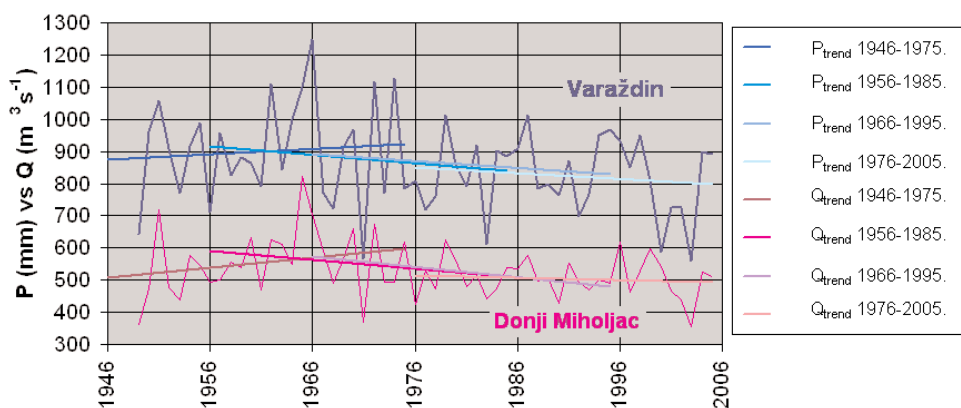


Slika 3.7. Ocjena uvjeta za različite vrste turističkih aktivnosti na Hvaru

Figure 3.7 Estimation of conditions for different types of tourism at Hvar

utjecaj klimatskih promjena na prinose kukuruza (Vučetić, 2010.), promjene temperature tla i ostalih agroklimatskih indeksa uslijed klimatskih promjena (Derežić i Vučetić, 2011.; Trnka i dr, 2011.), indeks opasnosti od požara raslinja (žestina požara) zbog ocjene promjena područja ugroženosti od požara; parametri snježnog pokrivača za planiranja aktivnosti u zimskom turizmu (Gajić-Čapka, 2011.), komponente vodne ravnoteže i hidrološke veličine za potrebe vodnog gospodarstva (Zaninović i Gajić-Čapka, 2000.; Gajić-Čapka i Cesarec, 2010.) (slika 3.8.). Rezultati navedenog istraživanja dopunjuju znanje o vremenskoj promjeni klimatskih indeksa na području Hrvatske gdje se između atmosfere i složenih

other agroclimatic indices due to climate change (Derežić&Vučetić, 2011; Trnka et al, 2011), wildfire risk index (fierceness of fire) for assessing changes in fire risk areas; snow cover parameters for planning winter tourism related activities (Gajić-Čapka, 2011), components of water balance and hydrological parameters for the needs of water management (Zaninović&Gajić-Čapka, 2000; Gajić-Čapka&Cesarec, 2010) (Figure 3.8). Results of this research complement the knowledge on temporal change in climate indices on the territory of Croatia where the interaction between the atmosphere and complex local geophysical characteristics may cause great changes in their spatial and temporal distributions.



Slika 3.8. Višedekadni trendovi godišnje količine oborine u Varaždinu i protoka Drave kod Donjeg Miholjca
Izvor: Gajić-Čapka i Cesarec, 2010.

Figure 3.8 Multi-decadal trends in annual precipitation amounts in Varaždin and discharge of Drava River at Donji Miholjac. Source: Gajić-Čapka and Cesarec, 2010

lokalnih geofizičkih značajki može uzrokovati velike razlike u njihovim prostornim i vremenskim raspodjelama. Rezultati pokazuju znatnu prostornu i sezonsku promjenjivost trendova. Zbog toga podatke globalne mreže na takvim područjima treba analizirati s oprezom jer su prisutne znatne regionalne razlike. Rezultati bi također trebali biti važni za validaciju modelom simuliranih promjena, u procjeni učinaka klimatskih promjena u okolišu i društvu, a također i u pripremi strategija ublažavanja i prilagodbe.

Klimatsko modeliranje u DHMZ-u

Zbog nelinearnosti procesa koji se odvijaju u klimatskom sustavu za buduće projekcije klime nije moguće ekstrapolirati uočene trendove promjena klimatskih parametara. Zbog toga se za prikaz komponenata klimatskog sustava i njihovih međudjelovanja koriste globalni klimatski modeli koji se sastoje od modela atmosfere, oceana, tla, vegetacije i leda te uključuju cikluse ugljika i drugih stakleničkih plinova. Procjene budućih klimatskih promjena u odnosu na sadašnju klimu dobivaju se na način da se model prvo integrira kroz protekla razdoblja u kojima koncentracije plinova staklenika odgovaraju izmjenjenim vrijednostima, a zatim u budućoj klimi kada su koncentracije izvedene iz scenarija emisije stakleničkih plinova.

U svrhu analize budućih klimatskih promjena DHMZ prijavio je projekt *Analiza klimatskih promjena na zapadnom Balkanu* u sklopu Programa za dijagnozu i usporedbu klimatskih mo-

The results point at the significant spatial and seasonal trend variability and, because of that, global network data in such areas need to be carefully analysed as there are significant regional differences. The results should also be important for validation of simulated changes by climate models, assessment of climate change impact on the environment and society, as well as in preparing mitigation and adaptation strategies.

Climate modelling in DHMZ

Due to the nonlinearity of the processes in the climate system, the observed trends of changes in climate parameters cannot be extrapolated to assess their changes in future climate. Because of that, global climate models, consisting of models of the atmosphere, ocean, soil, vegetation and ice, which include carbon cycles and other greenhouse gases, are used to simulate climate system components and their interactions. Assessments of future climate change relative to the present climate are obtained from model integrations through past periods, when concentrations of greenhouse gases match the observed values, and then in a future climate, when the concentrations are derived from scenarios of greenhouse gas emissions.

For the purpose of analysing future climate change, DHMZ registered a project "Climate change analysis in the Western Balkans" as part of the Program for Climate Model Diagnosis and Intercomparison (PCMDI) with the Lawrence

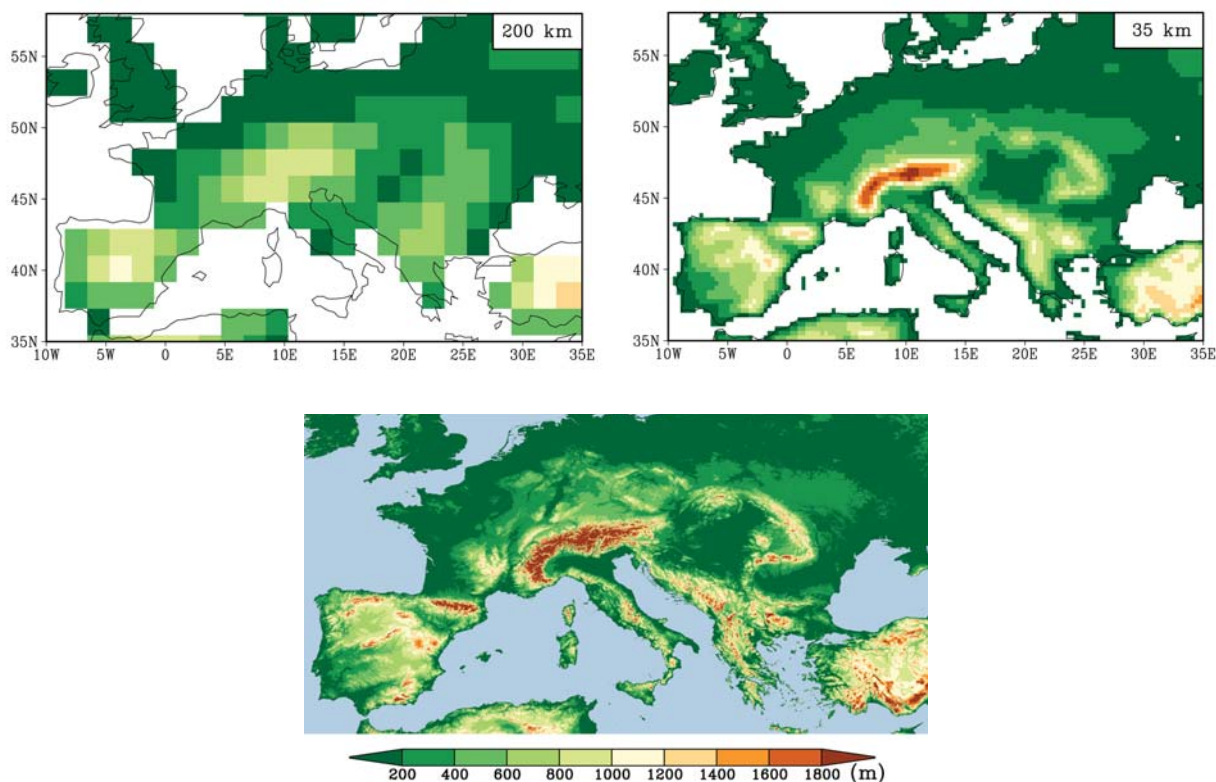
dela (engl. Program for Climate Model Diagnosis and Intercomparison - PCMDI) pri Lawrence Livermore National Laboratory - LLNL, Kalifornija, SAD. Iz baze podataka tog Programa analizirani su rezultati tročlanog ansambla simulacija globalnog združenog atmosfersko-oceanskog modela ECHAM5-MPIOM (Roeckner i sur. 2003.; Marsland i sur. 2003.) na relativno gruboj prostornoj rezoluciji od približno 200 km za dva 30-godišnja razdoblja: 1961.-1990. (sadašnja klima) i 2041.-2070. (klima sredinom 21. stoljeća). U budućoj klimi simulacije slijede A2 scenarij emisije stakleničkih plinova (Nakićenović i sur. 2000.) koji je definirao Međuvladin panel za klimatske promjene (IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change). Navedeni scenarij predstavlja moguću gornju granicu antropogenog utjecaja, odnosno najnepovoljnije uvjete koji bi se mogli očekivati. Prva istraživanja bila su usmjerena na zimske i ljetne promjene klimatskih parametara na globalnoj razini te na području južne Europe i Sredozemlja (Branković i sur. 2010.) pri čemu su identificirane sustavne pogreške modela koje mogu utjecati na interpretaciju klimatskih promjena.

Zbog grubog horizontalnog razlučivanja (uglavnom od 100-200 km), prikaz reljefa u globalnom modelu ne odgovara stvarnom reljefu na Zemlji, osobito u strmim planinskim područjima (slika 3.9.). To najviše utječe na rezultate simulacija prizemnih klimatskih parametara, kao što su temperatura zraka i oborina, koji su pod velikim utjecajem reljefa. Kako je upravo promjena tih parametara u budućoj klimi najvažnija za planiranje prilagodbe na klimatske promjene na regionalnoj i lokalnoj razini, potrebno je raspolagati njihovim vrijednostima na boljoj horizontalnoj rezoluciji. Osim toga, modeli za procjenu rizika od klimatskih promjena (primjerice hidrološki modeli) zahtijevaju informacije o klimatskim parametrima na znatno gušćoj mreži točaka od one koju daju globalni modeli. Jedan od načina da se poveća rezolucija rezultata globalnog klimatskog modela metoda je dinamičke prilagodbe (engl. dynamical downscaling) regionalnim klimatskim modelom koji se koristi nad nekim manjim područjem, ali s višom prostornom rezolucijom, uglavnom od 10 do 50 km. U postupku dinamičke prilagodbe regionalni model za početne i rubne uvjete uzima vrijednosti klimatskih parametara iz simulacija globalnog klimatskog modela (slika 3.10.). Budući da je horizontalno razlučivanje u regionalnom modelu veće nego u globalnom, obilježja reljefa u regionalnom modelu bolje odgovaraju stvarnom reljefu (slika 3.9.).

Livermore National Laboratory (LLNL; California, USA). From the Program's database, the results of a three-member ensemble of the coupled global atmosphere-ocean model ECHAM5-MPIOM (Roeckner et al., 2003; Marsland et al., 2003) simulations were analysed on a relatively coarse spatial resolution of about 200 km for two 30-year periods: 1961-1990 (present climate), and 2041-2070 (mid 21th century climate). In the future climate, simulations follow A2 scenario of greenhouse gas emissions (Nakićenović et al., 2000), defined by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). This scenario represents a possible upper limit of anthropogenic impact, i.e. the most unfavourable conditions that can be expected. Initial research was directed towards winter and summer changes of climate parameters on a global level, and over the areas of southern Europe and the Mediterranean (Branković et al., 2010), whereby systematic errors of the model, which can have a bearing on the interpretation of climate change, were identified.

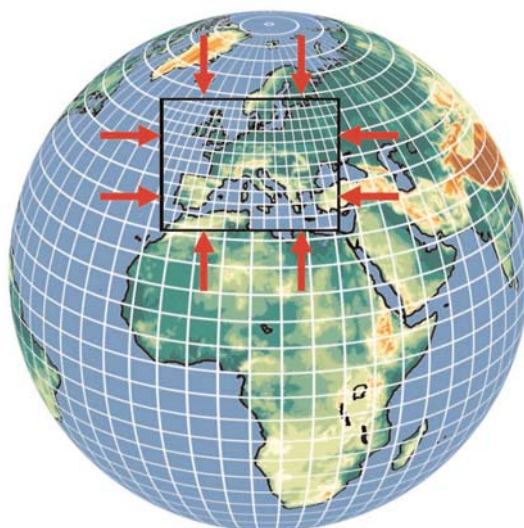
Because of coarse horizontal resolution (mainly 100-200 km), the relief representation in a global climate model does not correspond to the real relief on the Earth, especially in steep mountainous regions (Figure 3.9). That mostly affects results of simulated surface climate parameters, such as air temperature and precipitation, which are strongly affected by the relief. Since changes in these climate parameters are essential for future climate change adaptation plans at regional and local levels, it is necessary to obtain their values at a better horizontal resolution. Furthermore, climate change risk assessment models (for example hydrological models) require information on climate parameters on a significantly denser grid than that provided by global models. One way to increase resolution of a global climate model results is the dynamical downscaling method with a regional climate model used over a smaller area, but with a higher resolution, usually 10-50 km. In the process of dynamical downscaling, the regional climate model uses results from global climate model simulations as initial and boundary conditions (Figure 3.10). As the horizontal resolution in regional models is higher than in global, relief characteristics in regional models correspond more accurately to the actual relief (Figure 3.9).

Within the project Climate variations and changes and response in affected systems (2007-2013),



Slika 3.9. Reljef srednje i južne Europe u globalnom modelu rezolucije 200 km (gore lijevo), u regionalnom modelu rezolucije 35 km (gore desno) i u digitalnom modelu terena rezolucije 30'' (dolje)

Figure 3.9 Relief in central and southern Europe in a global climate model at 200 km resolution (upper left panel), in a regional climate model at 35 km resolution (upper right panel) and in a digital elevation model at 30-arc second (bottom panel)

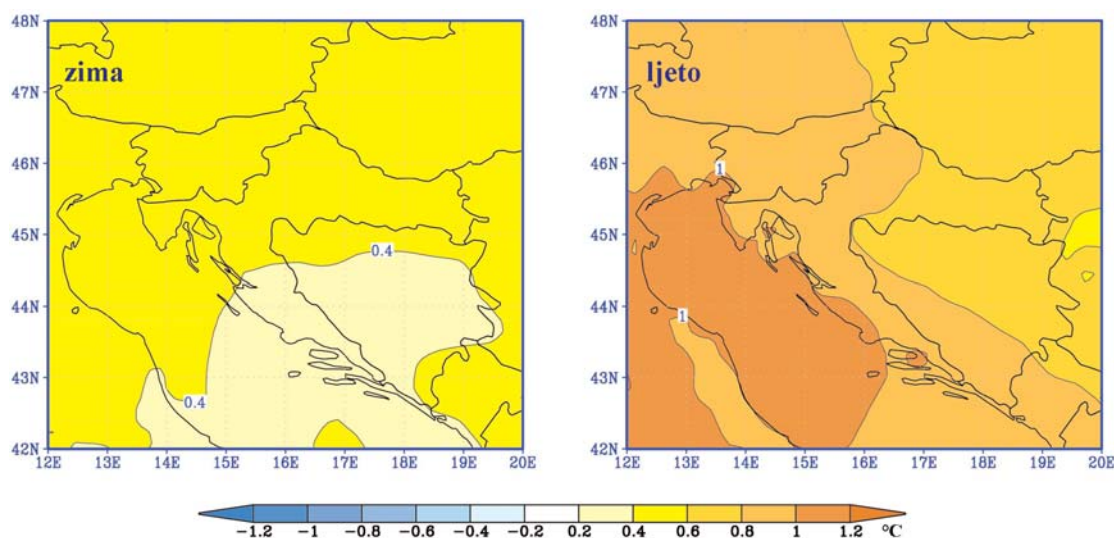


Slika 3.10. Shematski prikaz mreže globalnog modela i mreže regionalnog klimatskog modela koji za rubne uvjete uzima rezultate globalnog modela

Figure 3.10 Schematic depiction of the dynamical downscaling of a global model with a regional climate model

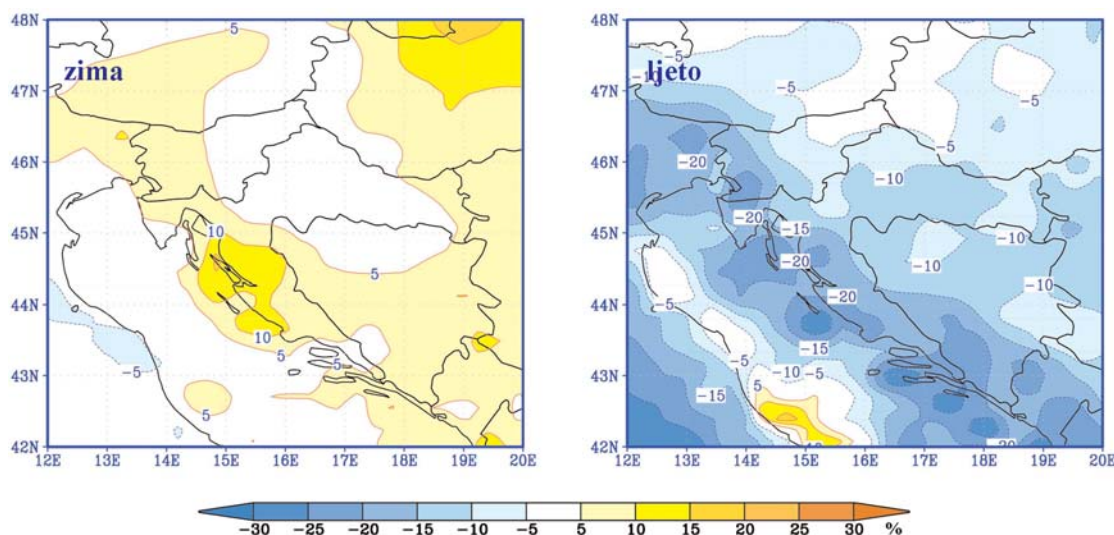
Stoga se u sklopu projekta Klimatske varijacije i promjene i odjek u područjima utjecaja (2007.-2013.) nakon analize globalnog modela ECHAM5-MPIOM započelo s dinamičkom prilagodbom tročlanog ansambla simulacija tog modela pomoću regionalnog klimatskog modela RegCM3 (Pal i sur. 2007.) nad većim dijelom Europe i Sredozemlja za razdoblja 1961.-1990., 2011.-2040. (bliža budućnost) i 2041.-2070. Rezultati simulacija regionalnim klimatskim modelom više prostorne rezolucije (35 km) s projekcijama klimatskih promjena u bližoj budućnosti prikladniji su za potencijalne korisnike klimatskih informacija od projekcija koje se odnose na zadnjih 30 godina 21. stoljeća. Najprije su analize bile usmjerene na promjene srednjih i ekstremnih temperatura zraka i oborine (Branković i sur. 2012.; slike 3.11. i 3.12.), a zatim su rezultati cijelog ansambla korišteni za detaljniju analizu promjena indeksa oborinskih ekstrema na Jadranu (Patarčić i sur., 2014.) te u cijeloj Hrvatskoj (MZOIP 2014.) za razdoblje 2011.-2040. Primjer upotrebe rezultata RegCM3 modela u biometeorologiji prikazan je u radu Brosy i sur. (2013.) u kojem je dvočlani ansambl korišten za analizu bioklimatskih prilika većeg broja postaja na području Hrvatske u sadašnjoj i dva navedena razdoblja buduće klime. Kako bi se uzele u obzir neizvjesnosti budućih promjena klime koje su povezane s izborom scenarija emisije stakleničkih

after analysing ECHAM5-MPIOM global model, dynamical downscaling of the three-member simulation ensemble was performed using RegCM3 (Pal et al., 2007) regional climate model over the larger part of Europe and the Mediterranean region for the periods 1961-1990, 2011-2040 (near future) and 2041-2070. Results of regional climate model simulations at a higher spatial resolution (35 km) with climate change projections in the near future are more appropriate for potential users of climate information than projections for the last 30 years of the 21st century. Initially, the analyses were focused on mean and extreme air temperature and precipitation changes (Branković et al., 2012; Figures 3.11 and 3.12), and then a more detailed analyses of the indices of precipitation extremes in the Adriatic (Patarčić et al., 2014) and Croatia (MZOIP 2014) were done for the period 2011-2040. An example of the use of RegCM3 model results in biometeorology is presented in a paper by Brosy et al. (2013), where a two-member ensemble was used for analysing bioclimate conditions at a large number of weather stations in Croatia in the present and two already mentioned future periods. In order to take into account the uncertainties of future climate changes regarding the choice of greenhouse gas emission scenarios and global and



Slika 3.11. Promjena prizemne temperature zraka (u °C) u Hrvatskoj u razdoblju 2011.-2040. u odnosu na razdoblje 1961.-1990. prema rezultatima srednjaka ansambla regionalnog klimatskog modela RegCM za A2 scenarij emisije plinova staklenika za zimu (lijevo) i ljeto (desno)

Figure 3.11 RegCM ensemble-mean surface air temperature change in Croatia (2011-2040 minus 1961-1990) following the A2 emission scenario for winter (left panel) and summer (right panel) seasons



Slika 3.12. Promjena oborine u Hrvatskoj u razdoblju 2041.-2070. u odnosu na razdoblje 1961.-1990. prema rezultatima srednjaka ansambla regionalnog klimatskog modela RegCM za A2 scenarij emisije plinova staklenika za zimu (lijevo) i ljeto (desno). Razlike su izražene u postotcima oborine iz referentnog razdoblja 1961.-1990.

Figure 3.12 RegCM ensemble-mean precipitation change in Croatia between future (2041-2070) and reference climate (1961-1990) following the A2 emission scenario for winter (left panel) and summer (right panel) seasons. Differences are expressed in percentages of the reference climate precipitation

plinova te izborom globalnih i regionalnih klimatskih modela, u sklopu projekta CLIM-RUN (engl. Climate Local Information in the Mediterranean region Responding to User Needs) obavljena je analiza podskupa simulacija regionalnih klimatskih modela iz projekta ENSEMBLES (van der Linden i Mitchell 2009.) za područje Jadrana koja upućuje na mogući povećani temperaturni i oborinski stres tijekom 21. stoljeća uz klimatski scenarij A1B (Branković i sur., 2013.).

RegCM3 također je korišten za dinamičku prilagodbu ansambala sezonskih prognoza združenog atmosfersko-oceanskog globalnog modela Europskog centra za srednjoročne prognoze vremena (engl. European Centre for Medium-Range Weather Forecasts - ECMWF) (Doblas-Reyes i sur., 2009.) za zimu i ljeto u razdoblju 1991.-2001. Tim eksperimentima ispitan je potencijal dinamičke prilagodbe klimatskih prognoza na kraćim (sezonskim) vremenskim skalama te osjetljivost modela RegCM3 na inicijalizaciju vlažnosti tla (Patarčić i Branković, 2012.) koja predstavlja važan izvor atmosferske sezone prediktabilnosti.

DHMZ uključio se u međunarodni projekt CORDEX (engl. Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment) izvođenjem simulacija novom verzijom modela RegCM4 nad područjem

regional climate models, within the CLIM-RUN project (Climate Local Information in the Mediterranean region Responding to User Needs), an analysis of a subset of regional climate model simulations from the ENSEMBLES project (van der Linden and Mitchell, 2009) was conducted for several locations in the Adriatic. The results indicated a possible increase in temperature and precipitation stress during the 21st century under the A1B climate scenario (Branković et al., 2013).

RegCM3 was also used for dynamical downscaling of seasonal forecast ensembles of the ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts) coupled atmosphere-ocean global model for winter and summer seasons in the period 1991-2001. Those experiments tested the potential of dynamically downscaled climate forecasts on shorter (seasonal) time scales and RegCM3 sensitivity to soil moisture initialization (Patarčić and Branković, 2012), which is an important source of seasonal atmospheric predictability.

DHMZ is involved in the international CORDEX project (Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment) by conducting simulations with a new version of the RegCM4 model over Europe (EURO-CODEX). The goals of the project are: 1) assessing the performance of regional climate models in cli-

Europe (EURO-CORDEX). Ciljevi su projekta: 1) ocijeniti uspješnost regionalnih klimatskih modela u simulacijama klime kada se za početne i rubne uvjete koriste podaci reanalize, tzv. „savršeni“ rubni uvjeti i 2) proizvesti skup projekcija klimatskih promjena u odnosu na unaprijed zadane koncentracije stakleničkih plinova u 21. stoljeću (engl. *Representative Concentration Pathways - RCPs*; van Vuuren i sur., 2011.) korištenjem više globalnih klimatskih modela za početne i rubne uvjete za regionalne modele (Giorgi i sur., 2009.). Osim za znanstvena istraživanja (npr. Vautard i sur., 2013.) navedeni rezultati predstavljaju podlogu za studije utjecaja i prilagodbe na klimatske promjene, a sam dizajn eksperimenata (skup regionalnih (globalnih) klimatskih modela i scenarija) omogućava procjene neizvjesnosti projekcija klimatskih promjena, odnosno daje osnovu za izračun vjerojatnosti promjena klimatskih parametara u budućnosti.

U DHMZ-u izvođenju simulacija modelom RegCM4 u sklopu EURO-CORDEX projekta prethodili su testovi osjetljivosti modela na početne uvjete, reinicijalizaciju, sheme konvekcije i horizontalnu rezoluciju kako bi se odredila najbolja konfiguracija modela za dinamičku prilagodbu ERA-Interim reanalize ECMWF-a (Dee i sur., 2011.) koja je zatim provedena za razdoblje 1989.-2008. na horizontalnoj rezoluciji od 50 km i 12,5 km. Za procjene budućih klimatskih promjena napravljena je dinamička prilagodba globalnog klimatskog modela HadGEM2-ES (Collins i sur., 2011.; Jones i sur., 2011.) na 50 km rezoluciji u razdoblju 1970-2005. te u budućem razdoblju 2006.-2050. slijedeći scenarij RCP4.5 (Thomson i sur., 2011.). Analiza simulacija na 50 km s HadGEM2-ES i ERA-Interim rubnim uvjetima upućuje na sustavne pogreške povezane s nedostacima u simuliranju ukupne količine naoblake (Güttler i sur., 2013a). Daljnjom analizom pokazalo se da je sustavne pogreške moguće dijelom ublažiti korištenjem nove sheme za turbulentno miješanje u atmosferskom graničnom sloju (Güttler i sur., 2013b) i izravnom dinamičkom prilagodbom na rezoluciju 12,5 km.

Rezultati istraživanja opaženih i projiciranih klimatskih promjena u Hrvatskoj, koja se provode u DHMZ-u, sastavni su dio nacionalnih izvješća Republike Hrvatske prema Okvirnoj konvenciji Ujedinjenih naroda o promjeni klime (UNFCCC) (MZOPU 2001.; MZOPUG 2006.; 2010.; MZOIP 2014.) i jedna od podloga za poglavlje Utjecaj i prilagodba klimatskim promjenama po područjima utjecaja.

mate simulations when reanalysis data (so called “perfect” boundary conditions) are used as initial and boundary conditions, and 2) producing a set of climate change projections based on prescribed greenhouse gas concentrations in the 21st century (so called Representative Concentration Pathways - RCPs) (van Vuuren et al., 2011) by using multiple global climate models to force regional models (Giorgi et al., 2009). Except for scientific research (e.g. Vautard et al., 2013), those results represent a background for climate change impact and adaptation studies, whereas the design of the experiments (set of regional (global) climate models and scenarios) enables to estimate the uncertainty of climate change projections, i.e. it provides a basis for the production of probabilistic climate change assessment for climatic variables of interest.

Prior to conducting simulations within the EURO-CORDEX project, RegCM4 sensitivity to boundary conditions, reinitialization, convection schemes and horizontal resolution was tested in order to determine best model configuration for dynamical downscaling of ECMWF ERA-Interim reanalysis (Dee et al., 2011), which was then conducted for the period 1989-2008 at 50-km and 12.5-km horizontal resolutions. For the purposes of assessing future climate change, dynamical downscaling of the HadGEM2-ES global climate model (Collins et al., 2011, Jones et al., 2011) was performed at a 50-km resolution in the period 1970-2005, and in the future period 2006-2050 following the RCP4.5 scenario (Thomson et al., 2011). The analysis of simulations at 50 km with the HadGEM2-ES and ERA-Interim boundary conditions revealed systematic errors related to deficiencies in simulating total cloud amount (Güttler et al., 2013a). A further analysis showed that it is possible to reduce the systematic errors by using a new scheme for turbulent mixing in the atmospheric boundary layer (Güttler et al., 2013b) and by direct dynamical downscaling to a 12.5 km resolution.

The results of research on the observed and projected climate changes in Croatia, conducted in DHMZ, are a part of National Communication of the Republic of Croatia under the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) (MZOPU 2001; MZOPUG 2006; 2010; MZOIP 2014) and are one of the inputs to the chapter Impact and Adaptation to Climate Changes by Areas.

3.1.2. Vremenska prognoza

Vremenske prognoze i upozorenja na opasne vremenske pojave danas su svakako najpoznatiji, najvažniji i najvidljiviji rezultat primjene meteorologije u svakodnevnom životu.

Iza nekoliko rečenica ili grafičkog prikaza vremenskih prognoza koje možemo pročitati, čuti ili vidjeti u medijima krije se rad tisuća motritelja i meteorologa diljem svijeta koji je isto tako nemoguć bez odgovarajuće globalne informatičke i telekomunikacijske infrastrukture.

Suvremena tehnologija danas je nužna za izradu vremenske prognoze kakvu društvo treba i očekuje od meteorološke struke - počevši od motrenja atmosfere, tla i voda, koja su danas brojnija, raznolikija i tehnološki naprednija od svih do sada, najmodernijih računala koja izračunavaju buduće stanje atmosfere točnije nego ikada do sada te računalnih programa koji omogućavaju četverodimenzionalnu vizualizaciju atmosfere i atmosferskih pojava.

Usprkos napretku civilizacije, naše je društvo itekako ovisno o vremenskim uvjetima. Stoga je vremenska prognoza postala neizostavni dio naših života te su stručni meteorološki pojmovi, primjerice ciklone i anticiklone, tople i hladne fronte umjerenih zemljopisnih širina, tropski cikloni, tajfuni, tornada, pijavice i slično, postali dio uobičajenog rječnika svakog prosječnog čovjeka. Aktualne informacije o posljedicama vremenskih oluja razorne snage, o ogromnim štetama i ljudskim žrtvama uzrokovanim olujnim i orkanskim vjetrovima, poplavama ili sušom, velikim količinama snijega i kiše koja se smrzava na tlu ili pak žestokom olujnom nevremenu s intenzivnim grmljavinama i tučom, dostupne su nam putem medija ubrzo nakon što se dogode na bilo kojem dijelu zemaljske kugle.

Mogu li se takve vremenske nepogode pouzdano i pravodobno predvidjeti kako bi se izbjegle ili ublažile njihove nerijetko katastrofalne posljedice? Zahvaljujući današnjim vrlo sofisticiranim tehnologijama, suvremena meteorologija može primijeniti velik dio svojih znanstvenih dostignuća i tako dovoljno rano najaviti opasne meteorološke pojave koje mogu ugroziti ljudske živote i uzrokovati znatne materijalne štete.

Pouzdanе vremenske prognoze omogućuju i optimalno planiranje ljudskih aktivnosti kako u gospodarstvu, tako i u drugim javnim i društvenim djelatnostima. U znatnoj mjeri one pridonose

3.1.2 Weather forecasting

Weather forecasts and dangerous weather phenomena warnings are nowadays best known, most important and most visible result of applied meteorology in our daily lives.

The work of thousands of observers and meteorologists lies behind a few sentences or a graph showing the weather forecast, which we can read, hear or see in the media, and is available to us only through appropriate global IT and telecommunications infrastructure.

Advanced technology is nowadays necessary for producing weather forecasts the public needs and expects from meteorology - starting with atmospheric, soil and water observations, which are more numerous, more diversified and technologically more advanced than before; sophisticated computers, which can compute a future state of the atmosphere more accurately than ever before, and computer software, which enables a 4-dimensional visualization of the atmosphere and atmospheric phenomena.

Despite the progress of human civilization, our society strongly depends on weather conditions. Weather forecasts have, therefore, become an unavoidable part of our lives, and meteorological terminology, such as cyclones and anticyclones, warm and cold fronts of temperate latitudes, tropical cyclones, typhoons, tornados, sprouts and similar, have embedded themselves in the vocabulary used by ordinary people. Up-to-date information on the aftermath of destructive weather storms, damages and casualties caused by gales or storms, floods or droughts, heavy snow or freezing rain, or severe stormy weather with intensive thunder and hail, is available to us shortly after the event, regardless of where in the world the event takes place.

Is it possible to accurately and timely predict such bad weather in order to avoid or mitigate its often catastrophic effects? Thanks to very sophisticated technologies we possess today, contemporary meteorology can put a large number of its scientific achievements to use and send early warnings of dangerous weather phenomena threatening human lives and potentially causing significant material damage.

Reliable weather forecasts enable optimal planning of human activities in economic as well as other public and social activities. They significantly

sigurnosti cestovnog, pomorskog i zračnog prometa, planiranju i zaštiti poljoprivredne proizvodnje, distribuciji energije, gašenju velikih požara na otvorenom prostoru, transportu proizvoda osjetljivih na ekstremno nisku ili visoku temperaturu zraka, a sve je šira i njihova primjena u medicini. Uostalom, ekonomski i socijalni razvoj društva očituje se i po sve složenijim zahtjevima i sve većim potrebama za prognozom vremena.

Prognozirano vrijeme jedan je od najvažnijih parametara za praćenje i predviđanje stanja drugih čimbenika prirodnog okoliša, primjerice razine površinskih i podzemnih voda, stanja mora, vlažnosti tla te industrijskog i drugih oblika onečišćenja okoliša. To vrlo rječito svjedoči o ulozi i osobitom značenju pouzdane i pravodobne vremenske prognoze, čime ona u svjetskim razmjerima postaje vrlo važna karika multidisciplinarnog lanca u svakodnevnom ostvarivanju opće društvene koristi.

Istraživanja Svjetske meteorološke organizacije pokazuju da su uštede koje se ostvaruju korištenjem raznovrsnih sofisticiranih meteoroloških informacija, prognoza i upozorenja višestruko veće od uložених sredstava - u rasponu od 1:3 do 1:20. Pritom valja imati na umu da razvijene zemlje ulažu znatna financijska sredstva u razvoj svojih nacionalnih meteoroloških službi i u međunarodne međuvladine specijalizirane meteorološke agencije, te je značenje, ali i korist od vremenskih prognoza za cjelokupno gospodarstvo izravno proporcionalno financijskim ulaganjima.

Razvoj prognostičke službe u Hrvatskoj

Premda prve pokušaje izdavanja vremenske prognoze u Hrvatskoj možemo pronaći znatno ranije (vidi poglavlje 1.), njihova sustavna izrada i izdavanje počinje 1947. godine uspostavom nacionalne hidrometeorološke službe. Tadašnje vremenske prognoze temeljile su se na praćenju vremenske situacije na ručno crtanim prizemnim sinoptičkim kartama i pojednostavljenim prognostičkim kartama prizemnog polja tlaka s ucrtanim položajima glavnih frontalnih sustava. Podaci za crtanje prognostičkih karata primali su se od većih europskih prognostičkih centara posredstvom radiotelegrafije. Njihova interpretacija zasnivala se uglavnom na subjektivnoj procjeni i iskustvu prognostičara, a izrađivale su se samo 24-satne prognoze, odnosno prognoze za sljedeći dan. Na slici 3.13. prikazana je prizemna sinoptička karta (koja opisuje analizu prizemnog polja tlaka uz naznačena središta anticiklona, ciklona i pripad-

contribute to the safety of road, sea and air traffic, planning and protection of agricultural production, energy distribution, putting out wildfires, transporting products sensitive to extremely low or high air temperatures, and their use in medicine is growing as well. Economic and social development of societies can also be measured by increasingly more complex requests and a greater need for weather forecasts.

Weather forecast is one of the most important parameters in monitoring and predicting the state of other natural environmental factors, for example the level of surface and ground waters, state of sea, soil moisture, as well as industrial and other forms of environmental pollution. This very clearly testifies to the role and the particular significance of reliable and timely weather forecasts, which have become an indispensable link in a multidisciplinary chain of achieving socio-economic benefits on a daily basis.

The World Meteorological Organization research shows that savings coming from the use of various sophisticated meteorological information, forecasts and warnings, greatly outweigh investments - ranging from 1:3 to 1:20. It is important to keep in mind that developed countries invest significant financial resources into developing their national meteorological services and into specialized intergovernmental meteorological agencies. The importance as well as benefits that weather forecasts bring to the entire economy is directly proportional to financial investments.

Development of weather forecast service in Croatia

Although first attempts at publishing weather forecasts in Croatia date much earlier (see Chapter 1), systematic production and publishing of forecasts started in 1947, when the national meteorological and hydrological service was established. At that time, weather forecasts were based on monitoring weather situations on hand drawn surface synoptic charts and simplified surface pressure field prognostic charts with charted locations of main frontal systems. The data needed for creating prognostic charts was received from bigger European prognostic centers by means of radiotelegraphy. Their interpretation was based on subjective evaluation and experience of the forecaster. Only 24-hour forecasts were made, or, in other words, forecasts for the next day. Figure 3.13 shows a surface

nih frontalnih poremećaja na temelju sinoptičkih podataka koji su u međunarodnoj razmjeni putem globalnog telekomunikacijskog sustava - GTS) i danas osnovno pomagalo u svakodnevnoj prognostičkoj praksi.

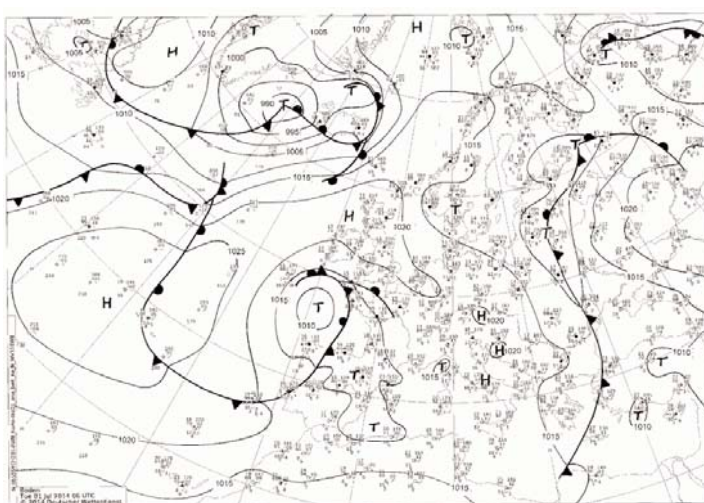
Pouzdanost, kvaliteta i raznovrsnost vremenskih prognoza u sljedećim su se desetljećima postupno povećavale, ponajprije svakodnevним crtanjem i analiziranjem visinskih sinoptičkih karata (AT 850, 700 i 500 hPa, RT 500/1000). Daljnji napredak u operativnoj prognozi vremena slijedi 1955. godine - uvođenjem radiosondažnih mjerenja u Zagrebu, a tijekom idućih godina i širenjem mreže meteoroloških postaja s klasičnim instrumentima te pojavom meteoroloških radara. Tome valja dodati uvođenje meteoroloških satelita početkom 60-ih godina prošlog stoljeća te uspostavu programa Svjetskog meteorološkog bdijenja 1963. (World Weather Watch), čime je - putem faksimilskih emisija - omogućeno primanje kvalitetnih analitičkih i prognostičkih podloga utemeljenih na objektivnim metodama.

Daljnji razvoj prognostičke službe, osobito u posljednjih tridesetak godina, u najvećoj je mjeri uvjetovan brzim razvojem novih tehnologija, posebice u području telekomunikacija i informatike. Uspostava brzih računalnih i satelitskih telekomunikacijskih veza omogućila je brzu međunarodnu razmjenu podataka i analitičko-prognostičkih podloga, a pojavom sve moćnijih računala numerički prognostički modeli atmosfere sve potpunije uračunavaju procese i gibanja različitih razmjera. Zamjetno se poboljšava njihovo vertikalno i hori-

synoptic map (which represents a surface pressure field analysis with charted centers of anticyclones, cyclones and relevant frontal disturbances, produced on the grounds of synoptic data received in international data exchange via global telecommunications system - GTS), which is nowadays a basic tool in daily prognostic practice.

Reliability, quality and diversity of weather forecasts increased gradually over the next decades, primarily by producing charts on a daily basis and analysing upper-air synoptic charts (AT 850, 700 and 500 hPa, RT 500/1000). A further advancement in operational weather forecasts occurred in 1955 - when radiosonde observation was introduced in Zagreb, and in subsequent years, when the network of weather stations with customary instruments spread and meteorological radars were introduced. Meteorological satellites appeared in the early 1960's and the World Weather Watch programme was introduced in 1963 which - via facsimile emissions - enabled receiving quality analytical and prognostic data based on objective methods.

Further development of the weather forecast service, especially in the last 30 years, has mostly been affected by the development of new technologies, especially in the field of telecommunications and information technology. Establishing fast computer and satellite telecommunication lines enabled fast exchange of international data and



Slika 3.13. Prizemna sinoptička karta za 2.7.2014. u 06 UTC

Figure 3.13 Surface synoptic map, 02 July 2014 at 06 UTC

zontalno razlaganje, a prognostičko razdoblje postaje sve dulje.

Velik doprinos i poticaj daljnjem razvoju dobila je prognostička operativa sredinom 70-ih godina prošlog stoljeća. Tad je osnovan Europski centar za srednjoročne vremenske prognoze (ECMWF), kao specijalizirana međuvladina europska stručna agencija, smještena u Readingu, u Velikoj Britaniji. Njegov primarni cilj bio je izrada globalnog atmosferskog modela za srednjoročne prognoze vremena, stvaranje i održavanje globalne baze podataka te pomoć u naprednom školovanju kadrova. Hrvatska, tada republika bivše Jugoslavije, bila je posredno jedan od njegovih suosnivača, a nakon svog osamostaljenja, potpisom *Ugovora o suradnji* potkraj 1995. godine, postaje njegova pridružena članica.

Današnji ECMWF-ov prognostički sustav čini nekoliko komponenti: globalni model atmosferske cirkulacije, oceanski model valova, model površinskog sloja tla, globalni model cirkulacije u oceanu te perturbirani modeli asimilacije podataka i ansambla prognoza. Dobiveni rezultati su u rasponu od dana i tjedana do nekoliko mjeseci unaprijed.

Na slici 3.14a prikazan je tzv. ENS (*Ensemble forecast*) meteogram za Zadar u razdoblju 3. do 13.11.2013. u 12 UTC na kojem je vjerojatnosna srednjoročna prognoza (*probabilistic forecast*) tijekom najvažnijih vremenskih parametara za deset dana unaprijed.

Slika 3.14b prikazuje ENS perjanicu (*plum*), koja opisuje vremenske promjene danih parametara za Zadar u istom prognostičkom razdoblju. Sadrži pedeset i dvije krivulje mogućeg ishoda, pri čemu je plava puna linija rezultat integracije determinističkog modela T1279, crvena crtkana linija rezultat integracije modela T639 bez perturbacija (neznatno izmijenjenih) početnih meteoroloških polja, a ostale su rezultat integracije modela T639 na temelju perturbacija početnih meteoroloških polja. Stabilnost rješenja i vjerojatnost ostvarenja prognoze u izravnoj su vezi sa zgušnjem krivulja u prvih pet do sedam dana i njihovim sve većim rasapom prema kraju prognostičkog razdoblja.

Slika 3.14c prikazuje prognozu prostorne razdiobe vjerojatnosti određene vremenske pojave u 144. satu razdoblja prognoze na području Europe: vjerojatnost za pojavu ukupne oborine veće od 1, 5, 10 i 20 mm, brzine vjetra na 10 metara visine veće od 10 i 15 m/s te na temperaturne anomalije na 850 hPa. Primjena vjerojatnosnih prognoza

analytic-prognostic materials. With the appearance of powerful computers, numerical forecasting models of the atmosphere are now able to calculate processes and motions of different proportions more thoroughly. Their vertical and horizontal discretisation is improving, and the forecast period is becoming longer.

In the mid 1970's, when the European Center for Medium Range Weather Forecasting (ECMWF) was established as a specialized intergovernmental agency, based in Reading, Great Britain, operational forecasting received an additional incentive for further development. The main goal of the ECMWF was to produce a global atmospheric model for medium range weather forecasts, create and maintain a global database, and help with advanced education of staff. Croatia, at that time an ex-Yugoslav republic, was indirectly one of its founders. After gaining independence, Croatia became an associate member of the ECMWF by signing a Cooperation Agreement at the end of 1995.

The current ECMWF forecast system consists of several components: global atmospheric circulation model, ocean wave model, surface-layer soil model, global ocean circulation model, perturbed data assimilation and ensemble forecast models. The obtained results range from one day, weeks to several months in advance.

Figure 3.14a shows a so called ENS (Ensemble forecast) meteogram for Zadar in the period from Nov 3 to Nov 13, 2013 at 12 UTC where a probabilistic medium range forecast of the flow of main weather parameters is for ten days in advance.

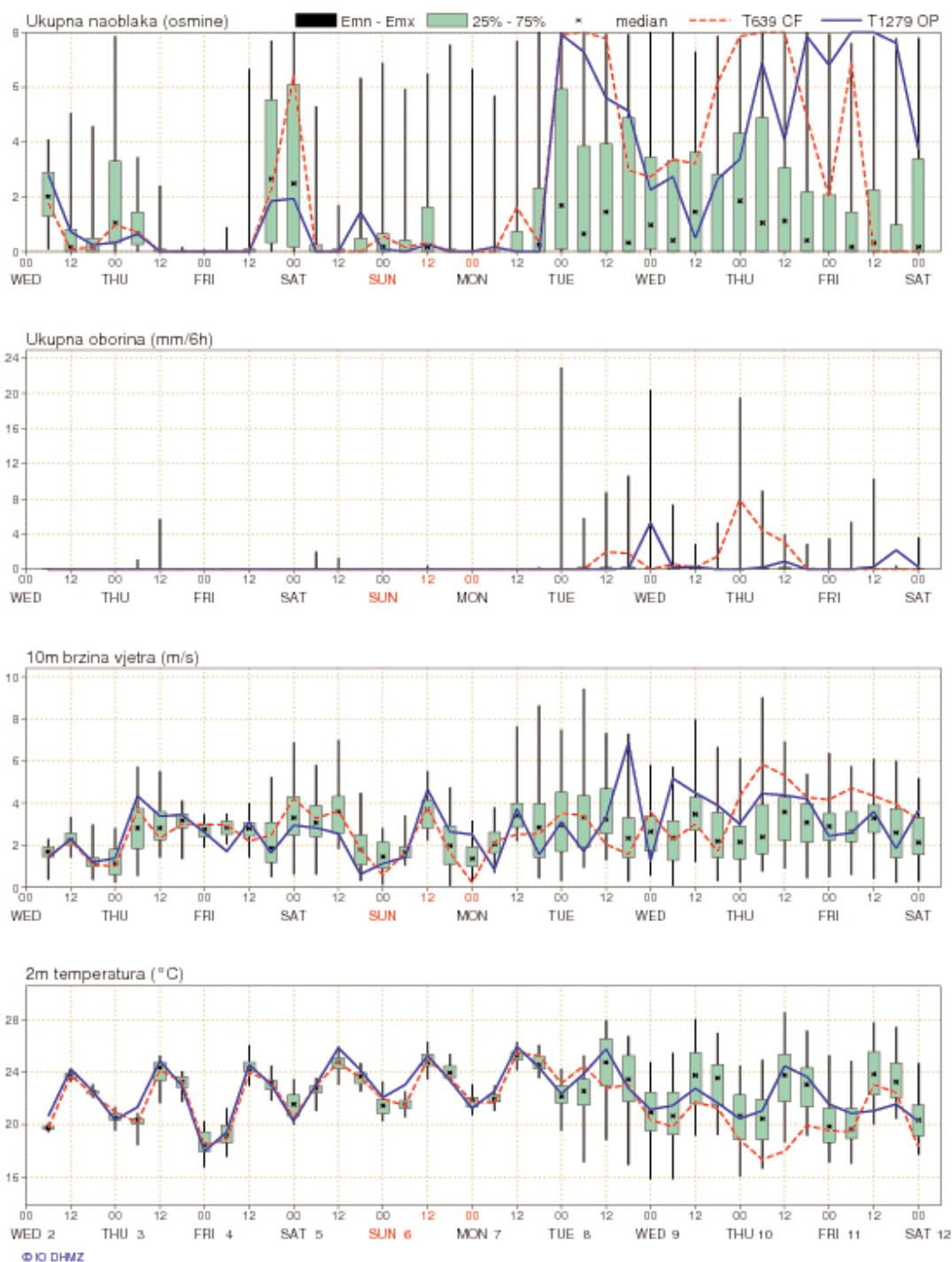
Figure 3.14b shows an ENS plume, which describes weather changes of the given parameters for Zadar in the same forecast period. There are fifty two curves of possible outcome, where the full blue line is the result of the integration of the deterministic T1279 model, and the red dotted line is the result of the integration of T639 model based on the perturbation of the starting meteorological fields. The Stability of results and forecast realization probability are in direct relation to the condensation of the curves within first five to seven days and their increasing dispersion toward the end of the forecast period.

Figure 3.14c shows a forecast of spatial probability distribution of a certain weather phenomenon in the 144th hour of the forecast period on the ter-

ENS Meteogram - Zadar 44°08' N 15°13' E 5m

model 44.125°N 15.25°E 128m

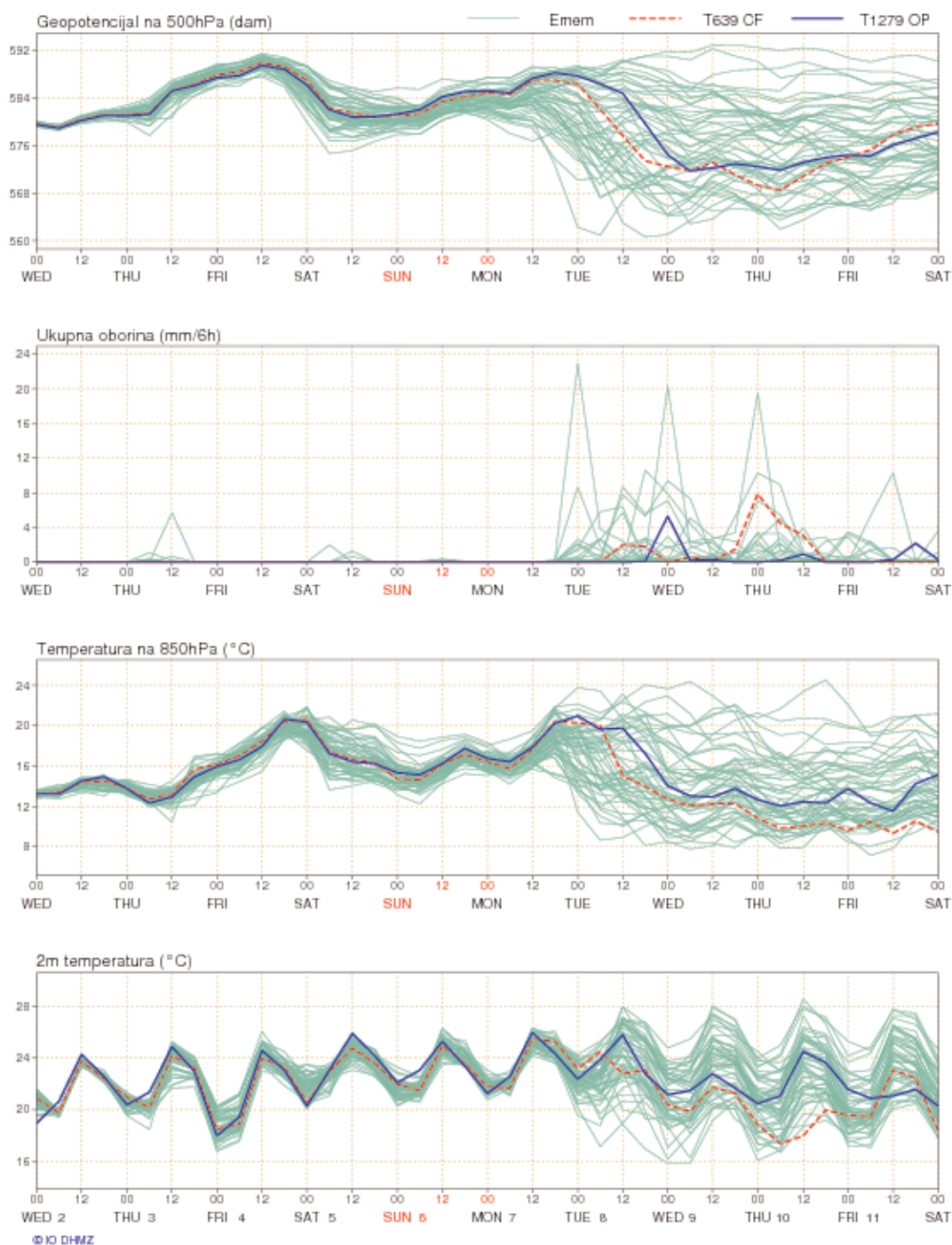
start modela 02.07.2014. 00UTC



Slika 3.14a. ENS (Ensemble forecast) meteogram za Zadar u razdoblju od 2. do 12.7.2014. u 00 UTC

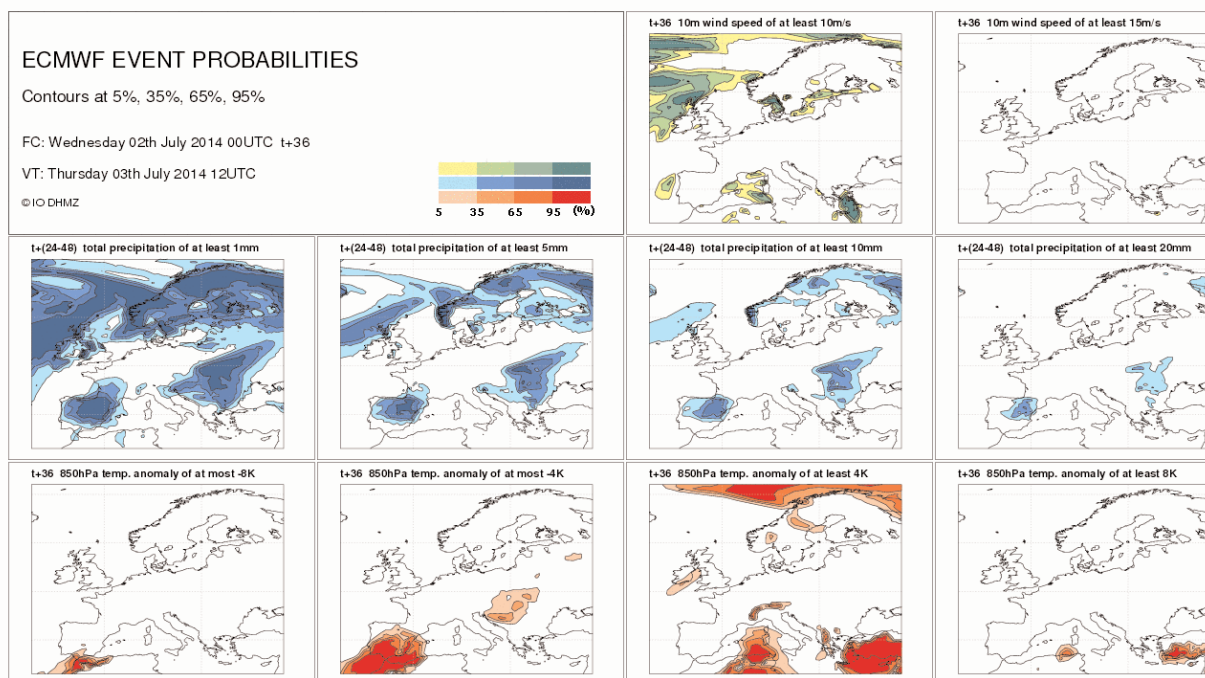
Figure 3.14a ENS (Ensemble forecast) meteogram for Zadar in the period from July 2 to July 12, 2014 at 00 UTC

ENS Plumes - Zadar 44°08' N 15°13' E 5m
 model 44.125°N 15.25°E 128m
 start modela 02.07.2014. 00UTC



Slika 3.14b. ENS perjanica (plum), koja opisuje vremenske promjene danih parametara za Zadar od 2. do 12.7.2014. u 00 UTC

Figure 3.14b ENS plume, which describes time changes of given parameters for Zadar from July 2 to July 12, 2014 at 00 UTC



Slika 3.14c. Prognoza prostorne razdiobe vjerojatnosti određene vremenske pojave u 36. satu razdoblja prognoze na području Europe (prognoza za 3.7.2014. u 12 UTC): vjerojatnost za pojavu ukupne oborine veće od 1, 5, 10 i 20 mm, brzine vjetra na 10 metara visine veće od 10 i 15 m/s te temperaturne anomalije na 850 hPa

Figure 3.14c Forecast of spatial probability distribution of a certain weather phenomena in hour 36 of the forecast period for the area of Europe (forecast for July 3, 2014, at 12 UTC): probability of total precipitation exceeding 1, 5, 10 and 20 mm, wind speed at 10 meters exceeding 10 and 15 m/s, and temperature anomalies at 850 hPa

predstavlja značajnu dopunu determinističkim prognozama jer uključuje vjerojatnost njihova ostvarenja.

Od veljače 2009. godine u DHMZ-u redovito se koriste rezultati prognoza istog ENS modela za 32 dana unaprijed te izrađuju prognostički materijali koji se osvježavaju na tjednoj bazi. Slika 3.15a prikazuje prognozu prostornog odstupanja prognoza ansambla tjednog srednjaka temperature od klime modela (gore) te vjerojatnost da odstupanje bude pozitivno (dolje). Slika 3.15b prikazuje vjerojatnost da dnevna oborina premaši granice od 1, 5, 10 i 20 mm (gore) te dnevni raspon vrijednosti maksimalnih i minimalnih temperatura (dolje) u odabranoj točki modela.

Posljednjih godina došlo je i do znatnog poboljšanja sezonskih prognoza, dostupne su jednom mjesečno, a u DHMZ-u prognostički se materijal operativno izrađuje od srpnja 2009. godine. Slika 3.16a daje prostorni prikaz ECMWF prognoze odstupanja srednje tromjesečne temperature (gore) te vjerojatnost pozitivnog odstupanja za isto razdoblje. Slika 3.16b prikazuje mjesečno od-

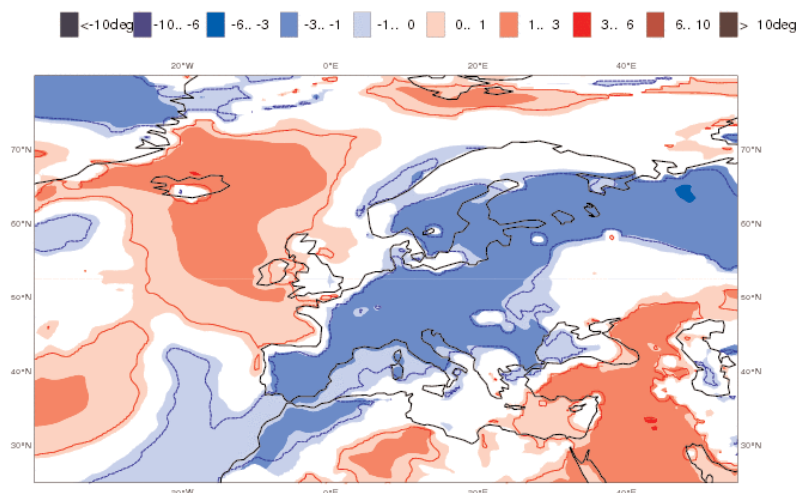
stajanje Europe: probability of total precipitation exceeding 1, 5, 10 and 20 mm above the ground exceeding 10 and 15 m/s, and temperature anomalies at 850 hPa. The use of probabilistic forecasts greatly supplements deterministic forecasts as they include probability of their realization.

From February 2009, DHMZ regularly uses forecast results of the same ENS model for 32 days in advance, and creates prognostic material which is updated weekly. Figure 3.15a shows a forecast of spatial distribution of weekly mean temperature anomalies calculated relative to model climatology (up), and probability of a positive weekly mean anomalies (down). Figure 3.15b shows the probability of daily precipitation exceeding the limits of 1, 5, 10 and 20 mm (up), and a daily range of maximum and minimum temperature values (down) at a selected point of the model.

In recent years there have been significant improvement in seasonal forecast. They are available once a month, and DHMZ has been producing prognostic material ever since July 2009. Figure 3.16a shows a spatial representation of an ECMWF

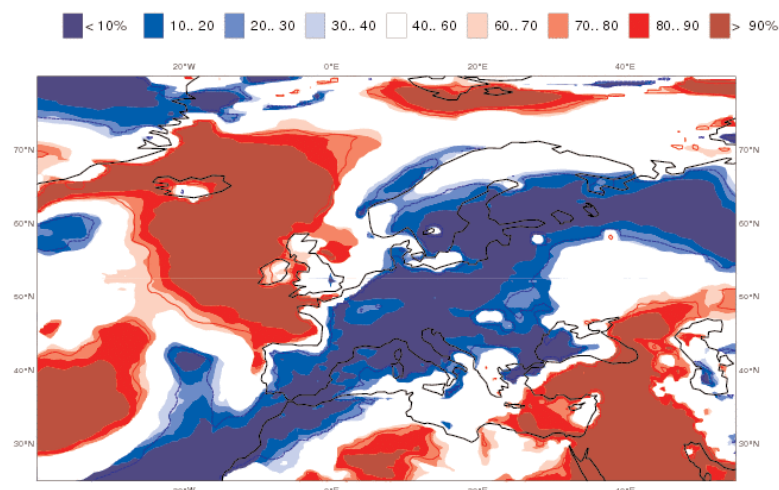
ECMWF EPS-Monthly Forecasting System
2-meter Temperature anomaly
Forecast start reference is 26-06-2014
ensemble size = 51 climate size = 100

Day 5-11
30-06-2014/TO/06-07-2014
Shaded areas significant at 10% level
Contours at 1% level



ECMWF EPS-Monthly Forecasting System
Prob(2-meter Temp. anom gt 0)
Forecast start reference is 26-06-2014
ensemble size = 51 climate size = 100

Day 5-11
30-06-2014/TO/06-07-2014
Shaded areas significant at 10% level
Contours at 1% level



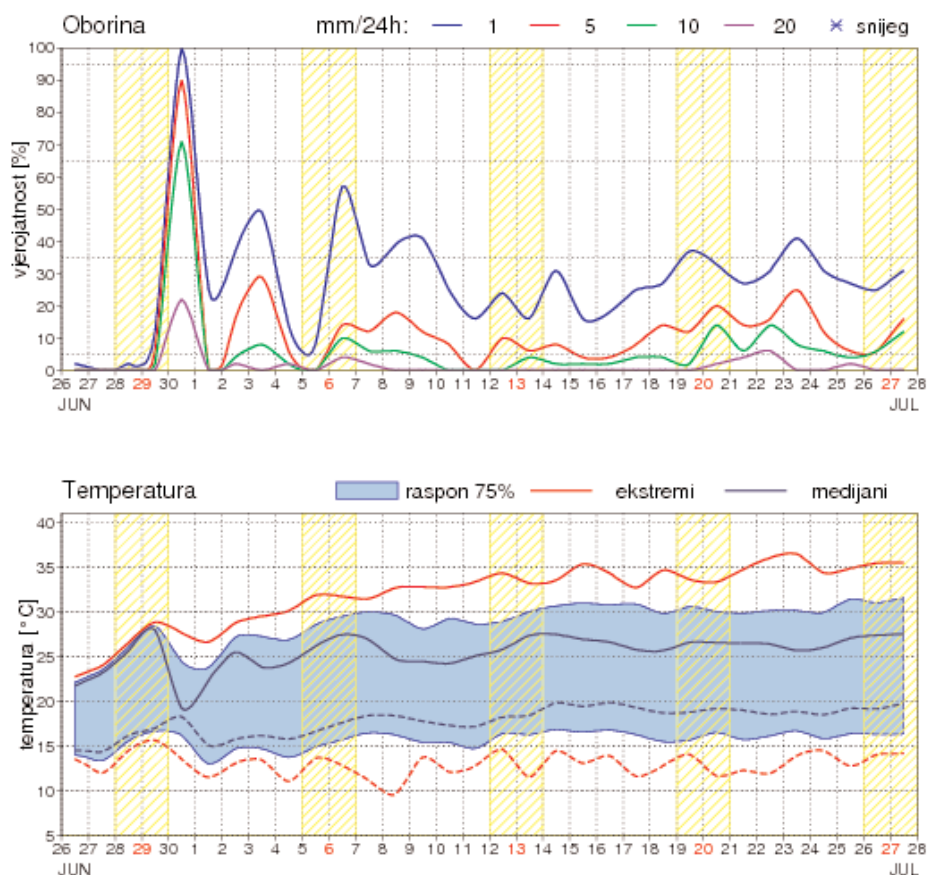
Slika 3.15a. ECMWF prognoza prostornog odstupanja prognoza ansambla EPS tjednog srednjaka temperature (za tjedan 30.6. do 6.7.2014) od klime modela (gore) te vjerojatnost da odstupanje bude pozitivno (dolje)

Figure 3.15a ECMWF forecast of spatial distribution of ENS weekly mean temperature anomalies (for the week June 30 to July 6, 2014) from the climate model (up), and the probability of a positive deviation (down)

stupanje meteorološkog parametra (srednja mjesečna temperatura) od srednjaka/medijana klime modela, ali i odnos prema stvarnim klimatskim normalama u odabranoj točki modela.

Budući da je rad na izradi novih i poboljšanju postojećih prognostičkih modela atmosfere postao vrlo skup i zahtjevan, u novije se vrijeme

forecast of mean quarterly temperature deviations (up) and the probability of a positive deviation for the same period. Figure 3.16b shows a monthly deviation of a meteorological parameter (monthly mean temperature) from the mean/median climate model, and a relation to real standard climate normals at a selected point of the model.



Slika 3.15b. Vjerojatnost da dnevna oborina premaši granice od 1, 5, 10 i 20mm (gore) te dnevni raspon vrijednosti maksimalnih i minimalnih temperatura (dolje) u odabranoj točki modela u mjesečnoj prognozi

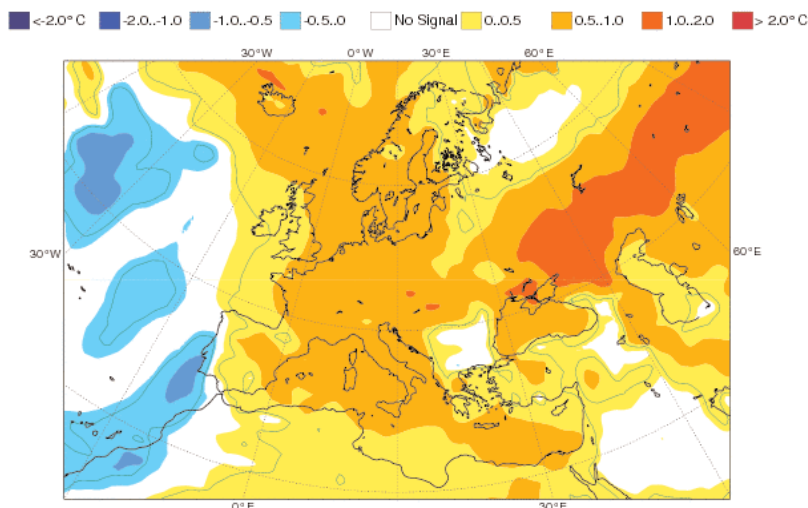
Figure 3.15b Probability of daily precipitation exceeding the limits of 1, 5, 10, and 20 mm (up), and a daily range of maximum and minimum temperature values (down) at a selected point of the model in a monthly forecast

udružuju znanstveni potencijali i financijska sredstva mnogih zemalja u multilateralnim razvojno-istraživačkim i operativnim projektima. Tako je Hrvatska, na temelju konvencije koju je 1994. godine potpisalo šest država srednje Europe - Austrija, Češka, Hrvatska, Mađarska, Slovačka i Slovenija, postala jedna od osnivačica i punopravnih članica srednjoeuropskog regionalnog prognostičkog centra RC-LACE. Njegov je cilj bio razvoj i operativna primjena srednjoeuropske verzije mezoskalnog prognostičkog modela ALADIN za područje srednje Europe, a sjedište mu je bilo u Pragu. Hrvatska se istodobno pridružuje međunarodnom razvojno-istraživačkom projektu ALADIN-u, a 1996. godine u Parizu potpisuje sporazum, *Memorandum of Understanding*, kojim se precizno definiraju ciljevi i uređuju odnosi te međusobne obveze zemalja članica projekta. Njegov je idejni začetnik bila francuska meteorološka služba *Météo-France*, a trajno mu pridonosi

As work on producing new and improving the existing prognostic atmospheric models has become very expensive and demanding, many countries have lately combined their scientific potential and financial resources in multilateral research and development as well as operational projects. In that way, Croatia has become, pursuant to the Convention signed by 6 Central European countries - Austria, the Czech Republic, Croatia, Hungary, Slovakia and Slovenia, one of the founding members and a full member of the Central European prognostic centre RC-LACE. Its goal is development and operational application of a Central European version of the ALADIN mesoscale prognostic model for the area of Central Europe, with headquarters located in Prague. At the same time, Croatia joined the ALADIN international research and development project, and signed a Memorandum of Understanding in Paris in 1996,

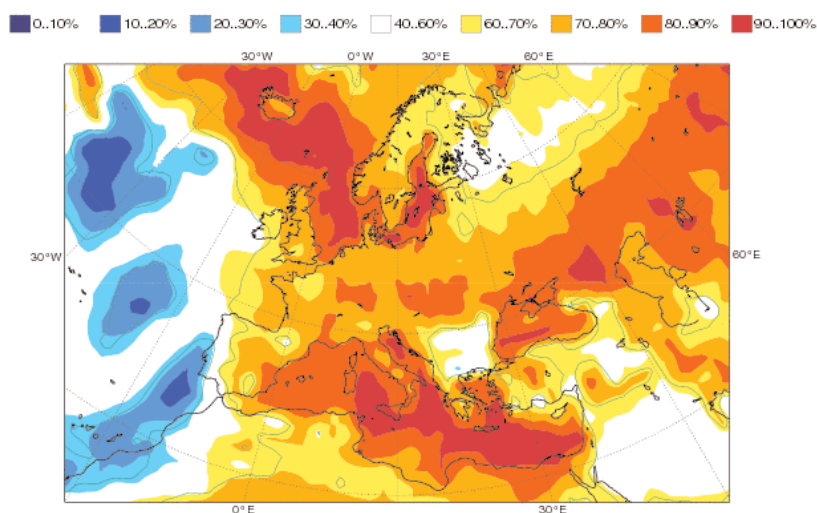
ECMWF Seasonal Forecast
Mean 2m temperature anomaly
Forecast start reference is 01/06/14
Ensemble size = 51, climate size = 450

System 4
JAS 2014
Shaded areas significant at 10% level
Solid contour at 1% level



ECMWF Seasonal Forecast
Prob(2m temperature > median)
Forecast start reference is 01/06/14
Ensemble size = 51, climate size = 450

System 4
JAS 2014
Solid contour at 1% significance level



Slika 3.16a. Prostorni prikaz ECMWF prognoze odstupanja srednje tromjesečne temperature (gore) te vjerojatnost pozitivnog odstupanja (dolje) za isto razdoblje

Figure 3.16a Spatial representation of an ECMWF forecast of mean quarterly temperature deviations (up) and probability of a positive deviation (down) for the same period

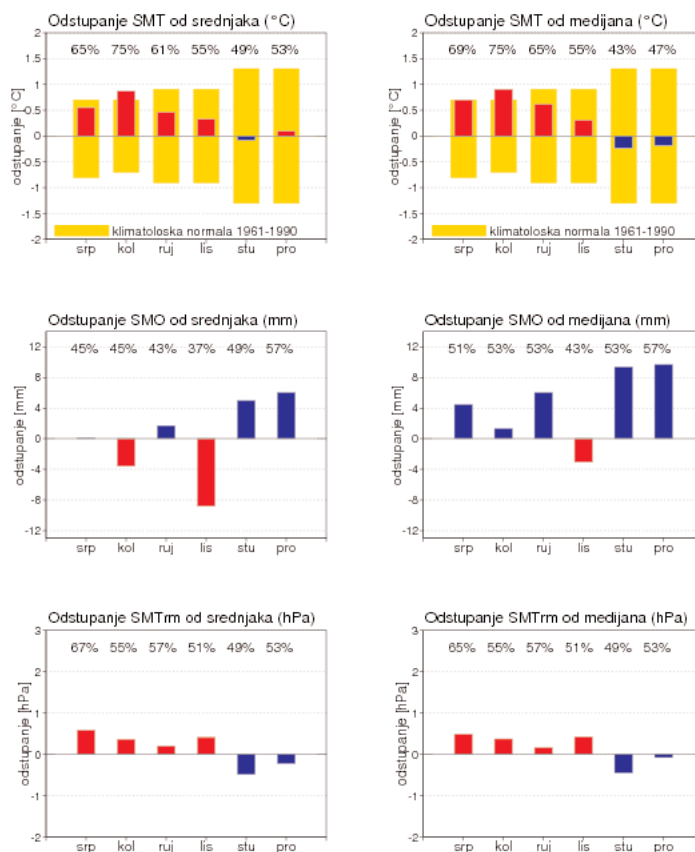
trinaest europskih i dvije afričke zemlje. U posljednjih desetak godina, s razvojem računalnih kapaciteta, ogroman napredak doživljavaju i regionalni modeli. Do kraja 2013. godine na DHMZ-u operativno se 2 puta dnevno provodio izračun ALADIN/ALARO modela rezolucije 8 km (hidrostatička verzija) i 2 km (nehidrostatička verzija) za sve meteorološke elemente te dinamič-

whereby the goals are clearly defined and mutual relations and obligations of the project member countries regulated. The idea stemmed from the French national meteorological service Météo-France, and there are thirteen European and two African countries that continually contribute to its operations. In the last ten years, due to the growth

ECMWF sezonska prognoza za Sredisnju Hrvatsku

Odstupanja prognoza od klimatologije modela po mjesecima

Izracun modela: 08.06.2014.



Slika 3.16b. Mjesečno odstupanje meteorološkog parametra (srednja mjesečna temperatura - gore; srednja količina oborina - sredina; srednji tlak zraka - dolje) od srednjaka/medijana klime modela, ali i odnos prema stvarnim klimatskim normalama u odabranoj točki modela

Figure 3.16b Monthly deviation of a meteorological parameter (mean monthly temperature - up; mean precipitation amount - middle; mean air pressure - down) from the mean/median of a climate model, as well as a relation to real standard climate normals at a selected point of the model

ka adaptacija smjera i brzine vjetra na razlučivost 2 km, što daje realnije rezultate u onim dijelovima Hrvatske gdje na strujanje zraka značajno utječe lokalni reljef. Početkom 2014. godine izračun prognoze radi se 4 puta dnevno korištenjem inicijalnog polja dobivenog iz asimilacijskog ciklusa te trosatnih rubnih uvjeta dobivenih iz modela ECMWF-a s pomakom od 6 sati. Rezultat je povećanje točnosti kratkoročne prognoze vremena za područje Hrvatske za 72 sata unaprijed što je iznimno važno za učinkovitost sustava za rano upozorenje na opasne vremenske pojave. Još informacija o aktivnostima vezanim uz regionalno numeričko modeliranje i prognozu može se naći u poglavlju 3.1.6. Razvoj i istraživanje.

in computer capacity, regional models have grown significantly as well. Until the end of 2013, DHMZ operationally produced calculations of the ALADIN/ALARO model at 8 km resolution (hydrostatic version) and 2 km resolution (nonhydrostatic version) for all meteorological elements twice a day, and dynamic adaptation of wind direction and speed at 2 km resolution, which produced more realistic results in parts of Croatia where the air flow is greatly influenced by the local relief.

At the beginning of 2014, forecast calculations were done 4 times a day using the initial field resulting from the assimilation cycle, and 3-hour boundary conditions resulting from the ECMWF model

Modernizacijom meteorološke službe nakon 2000. godine omogućen je i prijam proizvoda nje-maćkih prognostičkih modela posredstvom *fax-e* prijarnika, a satelitskim prijenosom informacija na raspolaganju je i dio proizvoda drugih većih prognostičkih centara.

Od 1980-ih godina posebna se pozornost po-svećuje znanstveno-istraživačkom potencijalu hrvatskih prognostičara i njihov stalnom usavrša-vanju. Aktivno sudjelovanje prognostičara u do-maćim i međunarodnim znanstvenim projektima značajno je pridonijelo razvoju vlastitih metoda i dijagnostičkih alata koji se primjenjuju u svakod-nevnom operativnom radu.

Primjerice, 1996. godine u operativnu pri-mjenu ulazi hrvatski dijagnostički model HRID (High Resolution Isentropic Diagnosis) namije-njen postprocesnoj obradi pseudotempova sred-njoeuropske verzije mezoskalnog prognostičkog modela ALADIN/LACE i izradi objektivne lo-kalne prognoze. Nakon što je iste godine bio im-plementiran i u francuskoj službi Météo-France, HRID se operativno koristio i u više zemalja su-dionica projekta ALADIN. Na slici 3.17. prikazan je jedan od proizvoda modela HRID, koji se te-melji na objektivnoj analizi vertikalnih vremen-skih presjeka atmosfere i proračunu lokalnih vre-menskih promjena niza elementarnih i izvedenih termodinamičkih parametara te parametara stabil-nosti pomoću kojih se prikazala prognoza olujne ciklonalne bure na području Zadra.

Vrste proizvoda i usluga

Izvješća o vremenu, prognoze i upozorenja namijenjeni su stalnim i povremenim korisnicima različitog profila kako iz raznih gospodarskih grana tako i iz drugih djelatnosti javnog i dru-štvenog života Hrvatske. Na temelju spomenutih analitičkih i prognostičkih podloga u hrvatskoj prognostičkoj službi izrađuju se vremenska izvje-šća, opće i posebne prognoze za područja različite veličine (mjesne, regionalne, Hrvatska, Europa) i za različita prognostička razdoblja.

Usluživanje korisnika tijekom proteklih se de-setljeća također mijenjalo sukladno tehnološkom napretku i općem razvoju struke. Samom uspo-stavom nacionalne meteorološke službe 1947. go-dine, započela je i suradnja s korisnicima, prije svega s tadašnjim republičkim institucijama te novinama i radijem. Prognoze su se tada dostav-ljale korisnicima isključivo telefonom, teleprinte-rom ili običnom poštom. Uz postupni razvoj te-

with a 6-hour offset. The result is enhanced accu-racy of short range weather forecasts for Croatia for 72 hours in advance, which is extremely important for the efficiency of the early severe weather phe-nomena warning system. Additional information on activities relating to regional numerical modelling and forecasts can be found in Chapter 3.1.6 Rese-arch and Development.

After 2000, the Service was modernized, which made receiving of German prognostic models pos-sible via eFax, whereas satellite information trans-mission made part of other bigger prognostic cen-ters' products available as well.

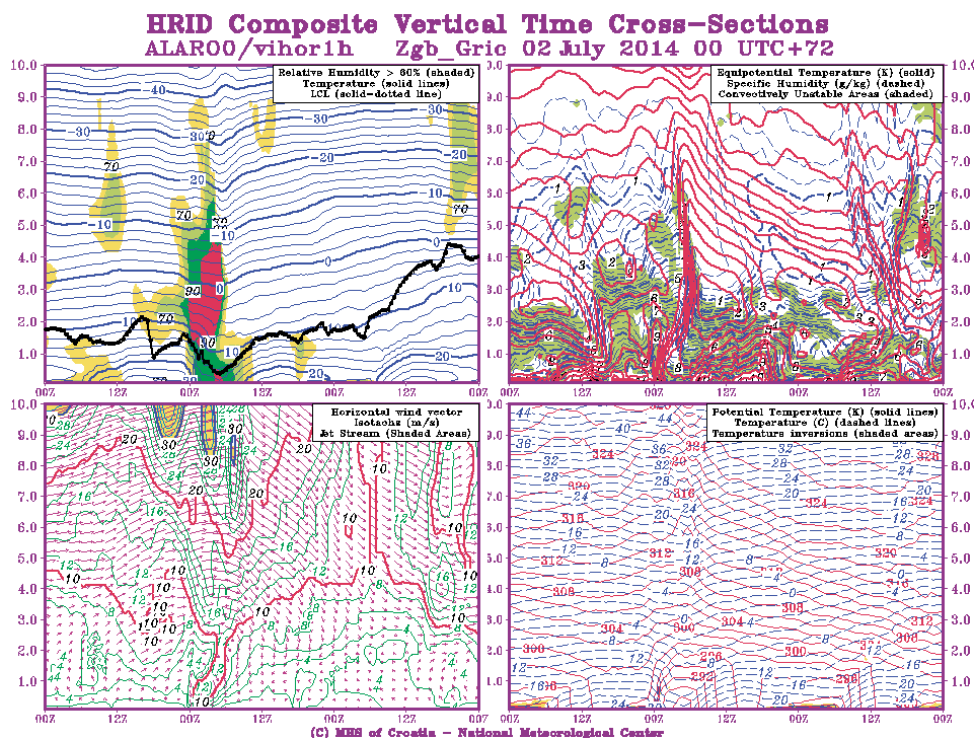
Since the 1980's, special attention has been paid to scientific and research potential of Croatian forecasters and their continuous development. Their participation in Croatian and international sci-entific projects significantly contributed to the development of own methods and diagnostic tools, now used in their daily operational work.

For example, a Croatian diagnostic model HRID (High Resolution Isentropic Diagnosis) came into use in 1996. It was intended for postprocess analy-sis of pseudo-TEMPs of Central European version of the ALADIN/LACE mesoscale prognostic model and production of objective local weather forecasts. After it was implemented by the French service Météo-France the same year, HRID was also used by several members of the ALADIN project. Figure 3.17 shows one of the HRID model products, which is based on an objective analysis of vertical time cross sections of the atmosphere and a calcu-lation of local weather changes of a series of stan-dard and derived thermodynamic parameters, as well as stability parameters, which were used to show the forecast for a storm force cyclonic bora in Zadar area.

Types of products and service

Weather reports, forecasts and warnings are intended for permanent and occasional users of dif-ferent profiles, from various economic to public and social activities in Croatia. Weather reports, general and specific forecasts for different areas (local, regional, Croatia, Europe) and for different forecast periods are produced from the mentioned analytic and prognostic materials by the Croatian forecast service.

In the past several decades, due to the develo-pments in technology and the overall development



Slika 3.17. HRID vertikalni vremenski presjek za računsku točku Zagreb-Grič, koji se temelji na objektivnoj analizi vertikalnih vremenskih presjeka atmosfere i proračunu lokalnih vremenskih promjena niza elementarnih i izvedenih termodinamičkih parametara za razdoblje 2. do 3.7.2014. u 00 UTC

Figure 3.17 HRID vertical time cross section for Zagreb-Grič calculation point, based on an objective analysis of vertical time cross sections of the atmosphere and calculations of weather changes of a number of standard and derived thermodynamic parameters for the period of July 2 to July 3, 2014, at 00 UTC

lekomunikacija i uključenost korisnika u nove infrastrukture, u Zagrebu je 1983. godine započeo prijenos prognoza prema korisnicima i telefaksom (u Pomorskom meteorološkom centru u Splitu od 1988. godine). Prognozička služba, prateći opći razvoj računalne tehnologije, od 1988. godine započela je i operativno upisivanje prognoza računalom (operativno sučelje na računalu VAX) te njihovo automatsko slanje korisnicima telefaksom, a kasnije i elektroničkom poštom.

DHMZ se vrlo rano uključio i u globalno mrežno povezivanje i razmjenu informacija računalom pa su se već 1994. prema CARNET-u počeli slati podaci o trenutnom stanju vremena svaka 3 sata za Hrvatsku i Europu i na hrvatskom, i na engleskom jeziku. Tada je u uporabi bio Gopher servis koji je omogućavao pretraživanje internetskih resursa korištenjem lista i izbornika, i to navigacijom kroz hijerarhijske razine izbornika. Za razliku od mreže (*World Wide Web*) nije imao mogućnost zajedničkog prikazivanja teksta i slike. Godine 1997. uključujemo se na svjetsku

of the profession, the services offered to users have changed. Cooperation with users started when the national meteorological service was established in 1947, primarily with the institutions of the Republic at that time as well as the press and radio. Forecasts were delivered only by phone, teleprinter or regular mail. With gradual development of telecommunications and new infrastructure that users acquired, delivering of forecasts via telefax began in 1983 in Zagreb (the Maritime Meteorological Service in Split in 1988). In 1988, the forecast service, following the general course of computer technology development, initiated operational registering of weather forecasts via computers (operating interface in VAX computers) and immediate delivery to users by telefax, and later by e-mail.

DHMZ entered global network integration and data exchange via computers very early and, as early as 1994, data on the current state of the weather in Croatia and Europe, both in Croatian and English, was received by the CARNET every 3 hours (at that time, a Gopher service was used,

internetsku mrežu na domeni *meteo.hr*. Od 1999. godine, početkom razvoja internog prognostičkog sučelja na DHMZ-u, na internetskoj stranici DHMZ-a započinje svakodnevno objavljivanje i grafičkih i tekstualnih prognoza koje izrađuju prognostičari DHMZ-a te automatskih prognoza temeljem izravnih izračuna atmosferskih modela za više od 100 gradova u Hrvatskoj i svijetu.

Nabavom novog računala 2002. godine te daljnjim razvojem sofisticiranih računalnih rješenja, kao što su radne stanice, započinje novi tehnološki skok u operativnom radu prognostičke službe. Na DHMZ-u se tada razvija novo operativno sučelje kojim prognostičari po prvi put mogu pregledavati sav dostupan raspoloživi analitički i prognostički materijal i u tekstualnom, i u grafičkom obliku, što znatno olakšava svakodnevni operativni rad.

Novim sučeljem također se za automatsku diseminaciju oblikuju i pripremaju tekstualni produkti, a od 2003., uvođenjem sustava TRIVIS, i grafički produkti namijenjeni raznim korisnicima te internetskoj stranici DHMZ-a (slika 3.18.).

Vremenska prognoza izdaje se za različita razdoblja na vremenskoj skali, od vrlo kratkoročne (tzv. *nowcasting*), preko kratkoročne, srednjoročne do dugoročne. Računalni atmosferski modeli koje koriste prognostičari DHMZ-a su model Europskog centra za srednjoročnu prognozu vremena (*European Centre for Medium Range Weather Forecast - ECMWF; Reading, Ujedinjeno Kraljevstvo*), zatim globalni i regionalni model njemačke nacionalne meteorološke službe (*Deutsche Wetterdienst - DWD; Offenbach, Njemačka*) te regionalni model visoke rezolucije *ALADIN Hrvatska* koji je, u suradnji s ostalim nacionalnim meteorološkim službama članicama *ALADIN* konzorcija, proizvod DHMZ-a. Po potrebi, prognostičari se služe i drugim izračunima modela javno dostupnim na internetu. Na osnovi izračuna računalnih atmosferskih modela te stručnosti i iskustva dežurni prognostičari DHMZ-a sastavljaju vremenske prognoze - tekstualne, tablične ili grafičke za potrebe javnosti ili posebnih korisnika.

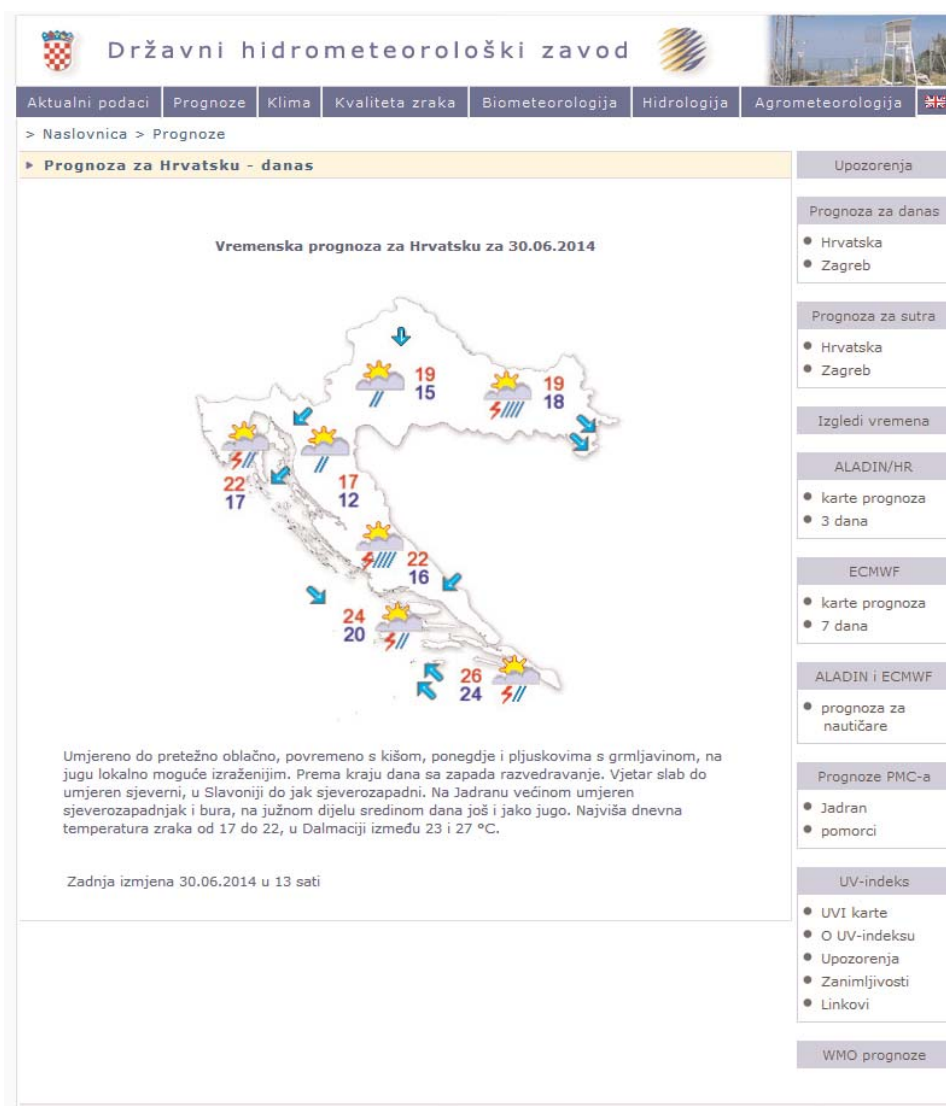
Vrlo kratkoročna prognoza vremena ona je koja se izdaje za razdoblje do nekoliko sati unaprijed. Alati kojima se prognostičar služi za izdavanje takve prognoze izračuni su računalnih atmosferskih modela, posebno onih visoke prostorne i vremenske rezolucije (ponajprije model *ALADIN*) te radarske i satelitske snimke. Zamjetan napredak i doprinos kvaliteti vrlo kratkoročnih

which made browsing of Internet resources possible by using lists and menus as well as navigating through hierarchical menu levels. Unlike the web, there was no option for simultaneous showing of text and image). In 1997, DHMZ joined the World Wide Web with a web site in the *meteo.hr* domain. Since 1999, when an internal DHMZ forecast interface was set up, DHMZ daily publishes graphical and textual forecasts, made by their forecasters, on their web site, and automatic forecasts for over 100 cities both in Croatia and around the world, based on direct calculations of atmospheric models.

By purchasing a new computer in 2002, and further development of sophisticated IT solutions in the form of work stations, the forecast service achieved a technological leap in their operations. A new operational interface was developed in DHMZ at that time whereby forecasters were able, for the first time, to browse all available analytic and forecasting material both in textual and graphical form, which greatly facilitated their daily work. With the help of the new interface, textual products were created and prepared for automatic dissemination, and in 2003, when the TRIVIS system was introduced, graphic products became available to various DHMZ users and were placed on the DHMZ web site (Figure 3.18).

Weather forecasts are published for different time periods, ranging from very short range (so called 'nowcasting'), through short range, medium range, to long range forecasts. Atmospheric computer models used by DHMZ forecasters consist of the ECMWF model (European Centre for Medium Range Weather, Reading, United Kingdom), a global and regional model of German Weather Service (*Deutsche Wetterdienst - DWD; Offenbach, Germany*), and the regional *ALADIN* Croatia high resolution model, which was created by the DHMZ in collaboration with other national weather services of the *ALADIN* consortium member states. When needed, the forecasters use other model calculations which are publicly available on the Internet. Based on the atmospheric model calculations and the expertise and experience of forecasters on call, weather forecasts are produced - as textual, tabular or graphical weather forecasts, for the needs of the public or specific users.

A very short range weather forecast is the one published for a period of up to several hours. The tools that a forecaster uses to create such a forecast are primarily atmospheric model calculations,



Slika 3.18. Vremenska prognoza za Hrvatsku na internetskoj stranici DHMZ-a, www.meteo.hr

Figure 3.18 Weather forecast for Croatia on the DHMZ website, www.meteo.hr

vremenskih prognoza hrvatska prognostička služba doživjela je nakon 1986. godine kad je počelo sustavno korištenje satelitskih podataka i produkata u svakodnevnom operativnom radu. Sredinom 2001. godine Vlada Republike Hrvatske potpisala je ugovor o suradnji s europskom međuvladinom stručnom agencijom EUMETSAT, specijaliziranom za eksploataciju meteoroloških satelita, čime je Hrvatska početkom 2002. postala njezina pridružena, a 2007. i punopravna članica, kako je već rečeno u poglavlju 2.

Vrlo kratkoročne prognoze uglavnom se izdaju u tekstualnom obliku i sadrže opis očekivanog razvoja vremena na određenom području na ma-

especially the ones of high spatial and temporal resolution (ALADIN model), and radar and satellite images. A significant move forward and rise in the quality of very short range weather forecasts published by the DHMZ happened after 1986, when the DHMZ started systematically exploiting satellite data and products in their daily operations. In the mid 2001, the Government of the Republic of Croatia signed a Cooperation Agreement with the EUMETSAT intergovernmental expert agency, specialized in exploitation of meteorological satellites. Croatia became an associate member of the EUMETSAT in 2002, and a full member in 2007, as it was already mentioned in Chapter 2.

njoj prostornoj skali zajedno s brojčanim iznosima predviđene temperature, količine (u mm), vrste (oblika) i intenziteta oborine te drugih potrebnih parametara, npr. vjetra. Na tim se prognozama zasniva izdavanje upozorenja o opasnim i štetnim pojavama uvjetovanih atmosferskim procesima jakog intenziteta, kao što su jako grmljavinsko nevrijeme s olujnim vjetrom i tučom, velika količina kiše ili snijega, jaka poledica, kasno-proljetni i ranojesenski mraz, olujna i orkanska bura i jugo, gusta magla itd.

Prema Zakonu o obavljanju poslova hidrometeorološke službe (NN 14/1978.), upozorenja na opasne vremenske pojave koja izdaje DHMZ jedina su službeno važeća informacija u izvanrednim okolnostima.

Pod pojmom opasne vremenske pojave podrazumijevaju se sve pojave koje mogu ugroziti ljudsko zdravlje i živote te materijalna dobra. Upozorenja postoje za iznimno jak vjetar, veliku količinu kiše, veliku količinu snijega, poledicu, mogućnost grmljavinskog nevremena, iznimno visoku i iznimno nisku temperaturu zraka, maglu i poplave. U tu kategoriju posebno ulaze i upozorenja na povećanu opasnost od šumskih požara, odnosno požara otvorenih prostora.

Spomenuta upozorenja DHMZ izdaje za opću javnost putem interneta, televizije i radija te novina. Budući da DHMZ ima dugogodišnju suradnju s Hrvatskom radiotelevizijom (HRT), u informativnom programu Hrvatskog radija, odnosno Hrvatske televizije, svakodnevno postoji mogućnost upozoravanja slušateljstva i gledateljstva na moguće opasne vremenske pojave.

Posebno mjesto zauzimaju upozorenja u sustavu projekta MeteoAlarm u koji je DHMZ uključen kao nacionalna služba zadužena za upozorenja na opasne vremenske pojave. Velika pozornost posvećuje se razvoju metoda i kriterija za izdavanje upozorenja na opasne vremenske pojave. To je rezultiralo time da se 17. srpnja 2009. DHMZ službeno pridružio jedinstvenom servisu upozorenja na opasne vremenske pojave u Europi, MeteoAlarm, i objavljivanjem vremenskih upozorenja za područje Hrvatske. Upozorenja koja se izrađuju unutar spomenutog projekta dostupna su na internetskim stranicama www.meteoalarm.eu i www.meteo.hr (slika 3.19. a i b) i služe prije svega putnicima i turistima u Europi i svijetu koji tamo mogu dobiti informacije o vjerojatnosti i intenzitetu pojave opasnih vremenskih pojava u različitim regijama zemalja članica projekta. Informacija o intenzitetu i vjerojatnosti pojavljivanja

Very short range weather forecasts are published mostly in textual form and contain a description of the expected weather development in a certain area at a smaller spatial scale, together with numerical amounts of the expected temperature, precipitation amount (in mm), type (form) and intensity, and other parameters of importance, e.g. wind. Issuing warnings for dangerous and hazardous weather phenomena caused by high intensity atmospheric processes, such as severe thunderstorms with gale and hail, high amount of rain or snow, strong glaze, late spring or early autumn hoar frost, gale force or force 12 bora or jugo, thick fog, etc., is based on those forecasts.

According to the Law on the Performance of the Hydro-meteorological Service (Official Gazette 14/1978), dangerous weather phenomena warnings issued by the DHMZ are the only official information accepted in the event of exceptional circumstances.

The term dangerous weather phenomena describes all phenomena that can endanger human health and lives as well as cause material damage. There are warnings for exceptionally strong winds, high amount of rain, high amount of snow, glaze, possibility of thunderstorms, exceptionally high and exceptionally low air temperature, fog and floods. Increased threat of forest and wildfire warnings belong to this category as well.

The DHMZ warnings mentioned before are available to the general public via the Internet, television and the radio as well as daily newspapers. As the DHMZ has a longstanding cooperation with Croatian Radio Television (HRT), there is always a possibility of warning the audience and viewers of possible severe weather phenomena in the daily informative programme of Croatian Radio, i.e. Croatian Television.

Warnings by the MeteoAlarm project system, into which the DHMZ is included as a national service in charge of severe weather phenomena warnings, have a special place. Great attention is paid to the development of methods and criteria for issuing severe weather phenomena warnings. On July 17, 2009, the DHMZ officially joined MeteoAlarm, a unique severe weather phenomena warning system in Europe, by issuing weather warnings for the territory of Croatia. Warnings created within the mentioned project are available on the Internet at www.meteoalarm.eu and www.meteo.hr (Figure 3.19 a and b), and are first and foremost intended for travelers and tourists in Europe and the world

opasne vremenske pojave sadrži 4 stupnja: zeleni (nema potrebe za upozorenjem), žuti (potencijalno opasno vrijeme), narančasti (opasno vrijeme) i crveni (iznimno opasno vrijeme). Unutar tog projekta DHMZ izdaje upozorenja na vjetar, kišu, snijeg, poledicu, grmljavinsko nevrijeme, iznimno visoku i iznimno nisku temperaturu zraka te maglu. Pod količinom kiše podrazumijeva se i mogućnost bujičnih poplava.

Upozorenja se izrađuju i za posebne korisnike, ponajprije za Državnu upravu za zaštitu i spašavanje (DUZS), zatim za Vatrogasno operativno zapovjedništvo Hrvatske vojske, Hrvatske vode itd.

U slučaju poplava, DHMZ je dužan, prema Glavnom provedbenom planu obrane od poplava Republike Hrvatske, izdavati upozorenja i Glavnom centru obrane od poplava. Ona sadrže upozorenja o položaju i vjerojatnom smjeru premještanja atmosferskih sustava koji mogu uzrokovati nevrijeme s obilnom oborinom, a koja može uzrokovati poplave (ponajprije bujične).

Švakodnevena operativna suradnja DHMZ - DUZS definirana je dokumentom „Standardni operativni postupak za korištenje vremenskih prognoza DHMZ-a” (SOP) iz svibnja 2006. kojim se uređuje sadržaj prognoza, vrijeme dostavljanja, način slanja te dobivanje i upozorenja dodatnih podataka.

U skladu sa SOP-om, Sektor za vremenske analize i prognoze Državnog hidrometeorološkog zavoda dostavlja upozorenja, redovne i posebne vremenske prognoze Državnoj upravi za zaštitu i spašavanje, Službi za sustav 112 - u Državni centar 112 (u daljnjem tekstu „DC112”) i Državnom vatrogasnom operativnom središtu (u daljnjem tekstu VOS) prema dogovorenom rasporedu. DUZS - DC112 prosljeđuje prognoze centrima 112 i ostalim službama Državne uprave za zaštitu i spašavanje (u daljnjem tekstu DUZS), sukladno unaprijed dogovorenoj dinamici i rasporedu.

Za vrijeme trajanja protupožarne sezone, izrađuju se također i redovite prognoze za priobalno područje namijenjene protupožarnoj aktivnosti, a za potrebe VOS-a. Vjerojatnost pojave požara može se izraziti pomoću tzv. indeksa opasnosti od požara. DHMZ u ljetnom razdoblju svakodnevno izrađuje takav indeks koji je poglavito ovisan o vremenskim prilikama tj. temperaturi i vlažnosti zraka, vjetru ali i oborinama, odnosno količini vlage u listincu. Kada požar nastupi, na njegovo

who can obtain information on the probability and intensity of severe weather phenomena in different regions of the project member countries.

Information on the intensity and probability of severe weather phenomena is divided into 4 levels: green (no need for issuing warnings), yellow (a possibility of severe weather), orange (severe weather), and red (extremely severe weather). Within the project, the DHMZ issues warnings for wind, rain, snow, glaze, thunderstorm, exceptionally high and exceptionally low air temperature, and fog. The amount of rain also refers to a possibility of flash floods.

Warnings are also made for specific users, primarily for the National Protection and Rescue Directorate (DUZS), the Firefighting Operative Headquarters of the Croatian Army, Hrvatske vode Plc (legal entity for water management), etc.

In case of floods, and in line with the National Flood Defence Plan, the DHMZ must send warnings to the National Flood Defence Centre as well. The warnings contain the location and a probable direction of movement of atmospheric circulation systems, which can cause severe weather with large amounts of precipitation, which in turn can cause flooding (especially flash floods).

Daily operational cooperation between the DHMZ and the DUZS is defined in the “Standard operating procedure for the utilization of the DHMZ weather forecasts” (SOP), May 2006, whereby the content of weather forecasts, time of forecast delivery, manner of delivery and obtaining of warnings and other information were regulated.

In line with the SOP, the DHMZ Weather Analysis and Forecast Division delivers warnings, regular and special weather forecasts to the National Protection and Rescue Directorate, 112 Service - to the National Center 112 (hereinafter: DC112) and to the National Firefighting Operative Headquarters (hereinafter: VOS), in accordance with the previously agreed schedule. The DUSZ-DC112 forward the forecasts to 112 Centers and other National Protection and Rescue Directorate Services (hereinafter: DUSZ) in accordance with the previously agreed dynamics and schedule.

During the firefighting season, regular forecasts for the coastal region are published. They are intended to help organise firefighting activities and fulfil the needs of the VOS. The probability of a fire starting can be shown by the so called fire risk index. In summer months, the DHMZ produces a

širenje presudno utječu smjer i brzina vjetra. Spomenuti indeks obično se prognozira za jedan dan unaprijed. Na taj se način olakšava protupožarnim službama odabir stupnja pripravnosti.

Osim navedenih redovitih aktivnosti, prognostičari DHMZ-a dužni su u slučaju veće nesreće, požara ili katastrofe, a na zahtjev županijskih centara 112, VOS-a ili na zahtjev DC 112, davati i posebne prognoze i dodatna tumačenja, a DUZS određuje subjekte i nositelje zaštite, kojima će se na lokalnoj razini dostavljati posebna upozorenja.

Upozorenja na opasne vremenske pojave izdaju se i sredstvima javnog priopćavanja. Propisani posao obavljaju meteorolozi-prognostičari u Sektoru za vremenske analize i prognoze, podrazumijevajući dodatnu službenu odgovornost zbog obavljanja poslova koji zahtijevaju psihofizičke napore zbog obaveze donošenja odluka u kratkom vremenskom razdoblju, a koje su vezane uz čuvanje ljudskih života i zaštitu materijalnih dobara.

Uspostavom institucije Stožera zaštite i spašavanja Republike Hrvatske, Vlada Republike Hrvatske na sjednici od 19. travnja 2012. godine predstavnike Državnog hidrometeorološkog zavoda imenovala je stalnim članovima Stožera te su od tada specijalna izvješća i prognoze o stanju atmosfere i voda redovni prilog na svim sastancima te važan čimbenik u donošenju odluka.

Kratkoročna prognoza vremena odnosi se na prognoze za sljedeća 3 dana. Alati koje prognostičari koriste za njihovu izradu uglavnom su samo izračuni računalnih atmosferskih modela (ALADIN, ECMWF, DWD itd.) Izdaju se za područja različite veličine, a prema Glavnom provedbenom planu obrane od poplava, područja od interesa su 5 regija: istočna Hrvatska, središnja Hrvatska, gorska Hrvatska (Gorski kotar i Lika), sjeverni Jadran, Dalmacija. Te prognoze predočavaju se tablično i tekstualno te sadrže informaciju o oborini i temperaturi zraka. S obzirom na oborinu prognozira se količina i oblik (vrsta) te po mogućnosti i intenzitet. Količina oborine prognozira se brojčano (u mm), u okviru graničnih iznosa koji se odnose na područje u cijelosti za 12-satna vremenska razdoblja. Oblik (vrsta) oborine odnosi se na razlikovanje kiše i snijega. Temperatura zraka prognozira se za svaki pojedini dan posebno.

Takve se prognoze izrađuju svakodnevno najčešće za potrebe javnih medija (interneta, radija, televizije, tiska).

fire risk index on a daily basis. The index depends on the weather conditions, i.e. air temperature and humidity, wind, and precipitation, i.e. the amount of moisture. Once a fire has started, the direction and speed of wind have a direct impact on spreading of the fire. The index mentioned before is usually forecasted one day in advance. That way the firefighting services can more easily choose the level of firefighting readiness.

Additional to these regular activities, DHMZ forecasters must, in case of a calamity, fire or catastrophe, and at a request of the County 112 centers, VOS or DC112, deliver special forecasts and additional interpretations of the same, and the DUSZ then decides on people needing and in charge of protection who will, at a local level, receive special warnings.

Severe weather phenomena warnings are published in mass media as well. The prescribed tasks are performed by meteorologists-forecasters in the Weather Analysis and Forecast Division, which implies additional professional responsibility as the work demands investing great psychological and physical efforts when making instant decisions that are intended to save human lives and protect material assets.

By establishing the Protection and Rescue Headquarters of the Republic of Croatia, at a meeting held on April 19, 2012, the Government of the Republic of Croatia appointed representatives of the National Meteorological and Hydrological Service as full members of the headquarters. Special reports and forecasts on the state of the atmosphere and waters became a regular feature at all meetings and an important factor in the decision making process of the Headquarters.

Short range weather forecasts are forecasts for the following 3 days. The tools used by forecasters are usually only calculations of atmospheric computer models (ALADIN, ECMWF, DWD, etc.). Forecasts are produced for different size areas and, according to the National Flood Defence Plan, there are 5 areas of interest: Eastern Croatia, Central Croatia, Mountainous Croatia (Gorski Kotar and Lika), Northern Adriatic, and Dalmatia. These forecasts are both textual and tabular, and contain information on precipitation and air temperature. Precipitation amount and type (form) as well as intensity are forecasted when possible. Precipitation amount is forecasted numerically (mm), within the limits related to the entire region for 12-hour time periods. Precipitation type (form)

U radijskim i televizijskim emisijama prognostičari već dugi niz godina izravno sudjeluju u prezentiranju izvješća. Suradnja s Hrvatskom radiotelevizijom (HRT) započela je već 1956. godine (tada TV Zagreb) kada je prognostičar svakodnevno, oko 14 sati javljao prognozu vremena za idući dan. Od jeseni 1958. godine suradnja se proširuje i redovitim gostovanjem prognostičara u nedjeljnoj emisiji za poljoprivrednike.

Uključivanje vremenske prognoze u Dnevnik započelo je 1964. godine, kada je TV Zagreb emitirao Dnevnik nedjeljom, no, od 1967. godine pa sve do danas prognostičari DHMZ-a svakodnevno, na kraju glavnog večernjeg Dnevnika daju vremensku prognozu. Danas je Vremenska prognoza jedan od najgledanijih sadržaja HRT-a te je nezaobilazan prilog na kraju svih informativnih emisija HRT-a. Od početka suradnje do 2005. godine grafički dio prognoze na HRT-u izrađivao je grafički odjel HRT-a, no, od 1.10.2005. godine u operativni rad na HRT-u uveden je grafički sustav TRIVIS. Istovremeno se uspostavlja i cjelodnevna smjena jednog prognostičara za sve medijske potrebe HRT-a čime je DHMZ, kao institucija od javnog interesa, stekao još veću vidljivost i mogućnost za pravodobno i točno informiranje javnosti.

Razvoj novih medija (internet) omogućio je DHMZ-u i izravnu komunikaciju s javnošću putem mrežne stranice www.meteo.hr na kojoj se za javnost redovito objavljuju vremenske prognoze i upozorenja na opasne vremenske pojave.

Srednjoročna prognoza vremena odnosi se na razdoblje od četvrtog do sedmog (ili desetog) dana nakon dana izdavanja prognoze. Alati koji se koriste pri izradi tih prognoza ponovno su izračuni računalnih atmosferskih modela, ali onih koji u sebi sadrže prognozu za potrebno vremensko razdoblje (model ECMWF i DWD, ALADIN ne). Čestina izrade tih prognoza je po potrebi, a prema Glavnom provedbenom planu obrane od poplava Republike Hrvatske izrađuju se dva puta tjedno. Prognozira se oborina (količina u mm te vrsta) i temperatura zraka za područja ista kao i kod kratkoročnih prognoza. Količina oborine za četvrti i peti dan daje se u 24-satnim razdobljima, a za šesti i sedmi dan kao 48-satna količina. Temperatura zraka prognozira se kvalitativno, u usporedbi s danom prije početka prognostičkog razdoblja (toplije od, hladnije od, snižavanje temperature, porast temperature i slično). Prognoza se predočava tablično i tekstualno.

refers to the differentiation between rain and snow. Air temperature is forecasted for each day separately.

These forecasts are created on a daily basis, mostly for mass media (Internet, radio, television, press).

For many years now, forecasters have been directly involved in presenting weather forecasts on radio and television shows. The cooperation with the Croatian Radio and Television (HRT) started in 1956 (TV Zagreb at that time), when a forecaster presented the weather forecast for the following day at about 2 pm every day. In autumn 1958, the cooperation expanded and included regular appearance of a forecaster in a Sunday show on agriculture.

In 1964, weather forecasts became part of the News, when TV Zagreb broadcast the News on Sundays, but ever since 1967, DHMZ forecasters daily present weather forecast at the end of the evening News. The weather forecast is one of the most viewed HRT programmes and is an unavoidable part of all informative HRT shows. From the beginning of the cooperation until 2005, the graphic part of the weather forecast was made by the HRT Graphic Design Department, but as of October 1, 2005, the TRAVIS graphic system was incorporated in the HRT operational activities. At the same time, to cater for all HRT media needs for forecasts, a 24-hour shift was introduced for one forecaster, which gave the DHMZ, as an institution of public interest, greater visibility and a possibility to deliver timely and accurate weather information.

Development of new media (Internet) enabled the DHMZ to communicate directly with the public via www.meteo.hr website, where weather forecasts and severe weather phenomena warnings are published.

Medium range weather forecasts refer to a period from day 4 to day 7 (or day 10) after the forecast is published. The tools used to produce this type of forecasts again include calculations of atmospheric computer models, but only those that contain forecasts for the mentioned period (ECMWF and DWD models, but not ALADIN). How often such forecasts are produced depends on the need for them, but, according to the National Flood Defence Plan, they are made twice a week. Precipitation (amount in mm and form) and air temperature are forecasted for the same areas as in short range weather forecasts. Precipitation amounts for day 4 and day 5 are given in 24-hour periods, whereas for day 6

Dugoročna prognoza vremena odnosi se na razdoblje dulje od 7, odnosno dulje od 10 dana. U tom smislu postoji polumjesečna (dvotjedna) prognoza te mjesečna i sezonska prognoza vremena. Prognošičari DHMZ-a izrađuju takve prognoze na osnovi izračuna računalnog atmosferskog modela ECMWF-a i to za polumjesečnu i mjesečnu prognozu interpretacijom četverotjedne prognoze temperature i oborine po tjednima te tromjesečne (sezonske) prognoze temperature, oborine i tlaka zraka po mjesecima. Za razliku od prognoza na manjoj vremenskoj skali, dugoročne prognoze daju informaciju o odstupanju temperature zraka i količine oborine (za sezonske prognoze i tlaka zraka) u tjednu, mjesecu ili sezoni u godini u odnosu na prosječne vrijednosti (srednjake meteoroloških parametara za razdoblje od 30 godina, trenutačno za razdoblje od 1981. do 2010. godine) u tom istom tjednu, mjesecu ili sezoni u godini.

Krajnjim su korisnicima posebno zanimljive mjesečne vremenske prognoze za pojedine regije Hrvatske, koje se izrađuju dvaput mjesečno, i to za 7 područja: istočna Hrvatska, središnja Hrvatska, gorska Hrvatska (Gorski kotar i Lika), sjeverni Jadran, srednji Jadran, južni Jadran i unutrašnjost Dalmacije.

S redovnom izradom mjesečnih prognoza započelo se 1972. godine primjenom statističke metode analogije uz pretpostavku da je u arhivskim kartama nađen razvoj vremena sličan tekućem razvoju vremena, očekivanje jest da će i u stvarnoj budućnosti biti sličan razvoj vremena kako slijedi u arhivskim kartama. Nadgradnja mjesečne prognoze slijedila je 1998. godine kada se metoda statističke analogije upotpunila s determinističkim rješenjem ECMWF-a za prvu dekadu prognoziranog razdoblja. Od 1.1.2010. godine napušta se u potpunosti metoda analogija te se mjesečna prognoza izrađuje u potpunosti na osnovi specijalnih podloga ECMWF-a (slika 3.20.).

Prognošička služba DHMZ-a danas je i jedna od rijetkih u svijetu koja redovito izrađuje i sezonske prognoze (od 2005.) za svoje područje odgovornosti (slika 3.21.). Sezonska prognoza za iduća tri mjeseca izrađuje se na osnovi specijalnih prognošičkih podloga ECMWF-a. DHMZ od 2010. godine također redovito sudjeluje i u regionalnom forumu za klimatske prognoze za jugoistočnu Europu (SEECOF).

and day 7 as 48-hour amounts. Air temperature is forecasted quantitatively and compared to the day preceding the start of the prognostic period (warmer than, colder than, falling of temperature, rising of temperature, and similar). These forecasts come in textual and tabular forms.

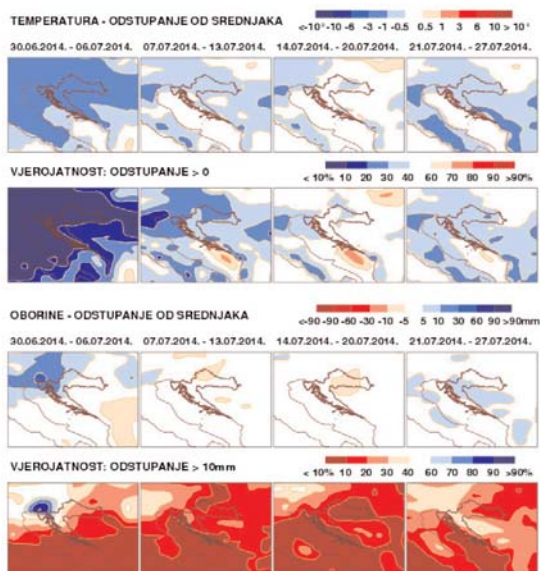
Long range weather forecasts refer to a period longer than 7, i.e. 10 days. There are 14-day, monthly and seasonal weather forecasts. Such forecasts, made by DHMZ forecasters, are based on ECMWF calculations of the atmospheric computer model for 14-day and monthly forecasts, an interpretation of a 4-week forecast for temperature and precipitation by weeks, and a 3-month (seasonal) forecast for temperatures, precipitation and air pressure by months. Unlike forecasts for shorter time ranges, long range weather forecasts show information on deflections of air temperature and precipitation amount (for seasonal forecasts and air pressure) in a week, month or season of the year from the average value (mean values of meteorological parameters for periods of 30 years, currently for the period from 1981 to 2010) in the same week, month or season of the year.

End users are especially interested in monthly weather forecasts for different regions in Croatia. They are created twice a month for 7 regions: Eastern Croatia, Central Croatia, Mountainous Croatia (Gorski Kotar and Lika), Northern Adriatic, Middle Adriatic, Southern Adriatic and Inland Dalmatia.

Starting from 1972, monthly weather forecasts were created regularly using a statistical analogy method (presuming a weather development similar to the current weather development is found in the archived charts, a similar weather development is expected to happen in the real future). Monthly forecast was upgraded in 1998 when a deterministic ECMWF solution for the first decade of the forecasted period was added to the statistical analogy method. The analogy method was completely abandoned on January 1, 2010, and since then monthly forecasts are based on special ECMWF prognostic materials. (Figure 3.20)

Even today, the DHMZ Forecast Service is one of the rare services in the world that regularly produces seasonal forecasts (since 2005) for their area of responsibility (Figure 3.21). Seasonal weather forecasts are based on special ECMWF prognostic materials. Since 2010, the DHMZ has regularly participated in the South-East Europe Climate Outlook Forum (SEECOF).

VREMENSKA PROGNOZA ZA HRVATSKU ZA RAZDOBLJE OD 30. 6. DO 27. 7. 2014.



Interpretacija prognoze za Hrvatsku
Temperatura: U prvom tjednu prognostičkog razdoblja srednja će temperatura biti uglavnom niža od uobičajene, i to osobito u unutrašnjosti i na sjevernom Jadranu uz veliku vjerojatnost ostvarenja prognoze. Na srednjem i osobito južnom Jadranu očekuje se manje negativno odstupanje, pa je moguće i prosječno toplo. Do kraja prognostičkog razdoblja izgledna je temperatura oko višegodišnjeg srednjaka, u kopnenim krajevima i malo niža. Pritom je vjerojatnost za manje pozitivno odstupanje temperature u odnosu na klimatološki srednjak povećana na srednjem i južnom Jadranu.

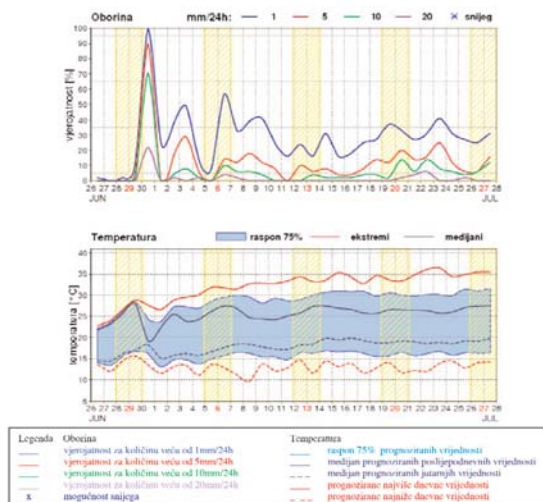
Oborine: Količina kiše će u srpnju vjerojatno u većini predjela biti oko prosjeka uz uglavnom pljuskovite oborine. Pritom se mjestimice više kiše od uobičajenog očekuje u prvom tjednu prognostičkog razdoblja, kada su na sjevernom Jadranu te u zapadnim i sjeverozapadnim krajevima moguće i obilnije oborine, ponegdje i znatno veće od tjednog srednjaka. U nastavku srpnja izgledan je manjak oborine, ponajprije u kopnenim krajevima, a moguć je i u Dalmaciji.

e-mail: prognoza@dmz.hr

t: +385 1 45 65 672, f: +385 1 45 65 757

http://meteo.hr

VREMENSKA PROGNOZA ZA SREDIŠNJU HRVATSKU ZA RAZDOBLJE OD 27. 6. DO 27. 7. 2014.



Klimatološki srednjaci 1981.-2010.

ZAGREB	1. tjedan	2. tjedan	3. tjedan	4. tjedan
Tsre(°C)	21,2	20,9	21,7	21,9
Tmin(°C)	15,2	14,9	15,6	15,7
Tmax(°C)	27,1	26,6	27,7	27,9
oborina(mm)	17	17	16	16

Interpretacija prognoze za središnju Hrvatsku

Temperatura: Nakon iznadprosječno toplog vikenda (28. i 29.6.), u prvom tjednu srpnja predviđa se hladnije od uobičajenog, osobito u prvoj polovici, dok bi prema kraju tjedna ponovno moglo biti toplije od višegodišnjeg prosjeka. U nastavku srpnja očekuje se većinom prosječno tople, pri čemu su moguća i kraća razdoblja iznadprosječno toplog vremena, osobito sredinom mjeseca.

Oborina: Nakon uglavnom suhog vikenda (28. i 29.6.), početkom sljedećeg tjedna očekuje se kišoviti od uobičajenog pri čemu uz izraženije pljuskovite može pasti i dva do tri puta više kiše od tjednog srednjaka. Zatim su mjestimice moguće pljuskovite oborine, uz nešto veću vjerojatnost pojavljivanja u dane sljedećeg vikenda (oko 6.7.). U nastavku mjeseca predviđa se da će oborina biti oko ili manje od prosjeka uz lokalne pljuskovne pa će količina kiše najvjerojatnije biti neravnomjerno raspoređena.

e-mail: prognoza@dmz.hr

t: +385 1 45 65 672, f: +385 1 45 65 757

http://meteo.hr

Slika 3.20. DHMZ mjesečna prognoza za korisnike - primjer za središnju Hrvatsku za razdoblje od 27.6. do 27.7.2014.

Figure 3.20 DHMZ monthly forecast for users - an example for Central Croatia for the period June 26 - July 27, 2014

Daljnji razvoj prognostičke službe

Zahtjevi prema prognostičkoj službi i u budućnosti će biti slični kao i do sada: da prognoza bude što točnija te da se što više poveća vremenski razmak od trenutka izdavanja upozorenja na opasnu vremensku pojavu do samog trenutka ostvarenja te pojave (*engl. lead time*).

Nužan uvjet za ostvarivanje tog cilja jest daljnji razvoj prognostičkih modela atmosfere različitih razmjera - kako globalnih tako i modela za ograničeno područje. To uključuje ne samo bolje računanje fizikalnih procesa i njihova horizontalnog i vertikalnog razlaganja nego i produženje prognostičkog razdoblja te uključivanje rješenja s različitim početnim uvjetima i različitim vjerojatnošću ishoda. Pritom daljnje poboljšanje uspješnosti numeričkih prognostičkih modela

Future development of the forecast service

Demands that the forecast service will face in the future will be similar to the demands it faces now: forecasts must be as accurate as possible and lead time for issuing severe weather phenomena warnings must be as long as possible.

In order to accomplish this goal, different scale atmospheric forecast models must be developed - from global models to limited area models. This includes not only better calculations of physical processes and their horizontal and vertical discretisation, but also longer forecast periods and adding in solutions with different starting conditions and different outcome probability. Further improvements in the efficacy of numerical forecast models greatly depend on the inclusion of observation data not only on local, but on planetary level as well. Faster future development of satellite, radar and

TROMJESEČNA PROGNOZA ZA HRVATSKU ZA RAZDOBLJE SRPANJ – RUJAN 2014.

Srednja sezonska temperatura će uz veliku vjerojatnost ostvarenja prognoze biti **viša od klimatološkog srednjaka**. Toplije nego što je uobičajeno očekuje se u svim područjima u sva tri mjeseca, pri čemu je osobito u kolovozu moguće veće pozitivno odstupanje srednje mjesečne temperature od prosjeka.

Ukupna tromjesečna količina oborine očekuje se uglavnom **oko uobičajene**. Manje kiše od prosjeka izgledno je posebno u kolovozu i to većinom u unutrašnjosti i na sjevernom Jadranu. Višak oborine u odnosu na klimatološke srednje vrijednosti moguć je u rujnu i to ponajprije na Jadranu.

Srednji sezonski tlak zraka predviđa se većinom **malo višim od prosječnog** uz umjerenu do veliku vjerojatnost ostvarenja prognoze. Pozitivno odstupanje srednjeg tlaka zraka izgledno je u srpnju i kolovozu u gotovo svim područjima. U rujnu je povećana vjerojatnost za srednji mjesečni tlak zraka oko uobičajenog.

Napomena: Iako se u sljedećem tromjesečju srednja temperatura zraka očekuje višom od prosjeka, moguća su i kraća hladnija razdoblja. Nadalje, iako se ukupna sezonska količina oborine predviđa uobičajenom, moguće su kraće epizode s lokalno izraženijim viškom oborine, ali i duža sušna razdoblja.

Višegodišnje srednje vrijednosti (razdoblje 1981.-2010.)

srpanj-rujan	Srednja temperatura zraka (°C)	Ukupna količina oborine (mm)
Zagreb Maksimir	19,5	262
Osijek	20,0	187
Gospić	17,3	281
Rijeka	22,2	330
Split	24,6	131

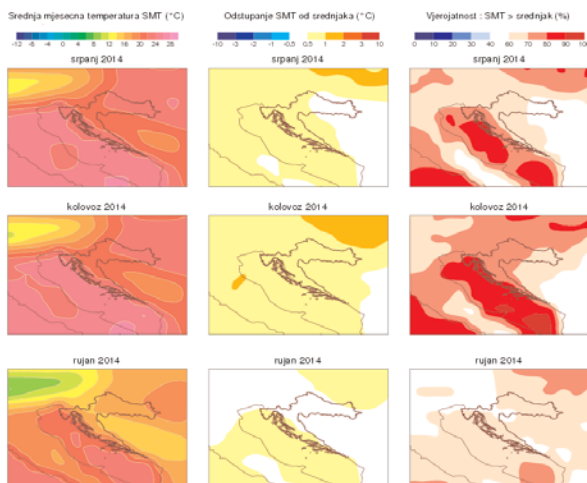
KOMENTAR:

Sezonska prognoza temelji se na izlazima iz svih dinamičkih modela za dugoročne prognoze, a metodologija izrade prognoze uključuje i statističke modele te poznate uzročno-posljedične veze s globalnim klimatskim uzorcima.

Definicija	vjerojatnost (%)
Mala	0 do 40
Umjerena	40 do 70
Velika	70 do 100

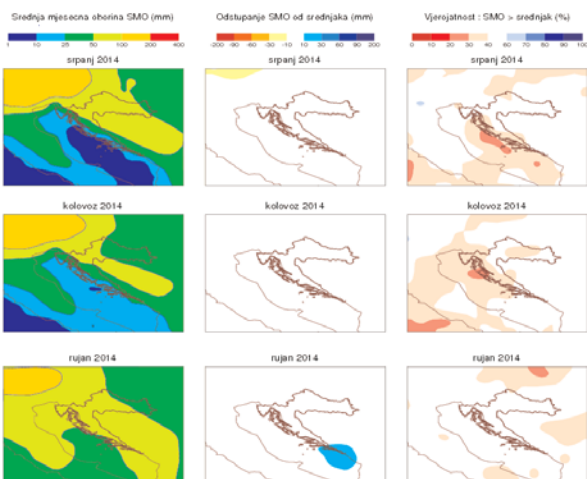
ECMWF SEZONSKA PROGNOZA PO MJESECIMA

Izračun modela: 08.06.2014.



ECMWF SEZONSKA PROGNOZA PO MJESECIMA

Izračun modela: 08.06.2014.



Slika 3.21. DHMZ sezonska prognoza za korisnike (primjer za srpanj-rujan 2014.)

Figure 3.21 DHMZ seasonal forecast for users (an example for July-September 2014)

jako ovisi o uključivanju podataka motrenja ne samo u lokalnim već i u planetarnim razmjerima. Tome će uvelike pridonijeti daljnji i sve brži razvoj satelitske, radarske i računalne tehnologije, sve brže telekomunikacijske veze te sve kvalitetnija mreža motrenja na razini Svjetskog meteorološkog bdijenja (World Weather Watch; http://www.wmo.int/pages/prog/www/index_en.html).

U budućnosti će se više pozornosti poklanjati i prilagođavanju meteorološke informacije svakom pojedinom korisniku, pri čemu progostičar mora posjedovati i posebna interdisciplinarna znanja kako bi u realnom vremenu korisnik tu informaciju mogao uključiti u svoj sustav odlučivanja (npr. u Hrvatskoj je vremenska prognoza već uključena

information technology, fast telecommunication lines, observational networks of a higher quality at the World Weather Watch level (http://www.wmo.int/pages/prog/www/index_en.html), will significantly contribute to achieving this goal.

In future, more attention will be paid to adapting meteorological information to each and every user, which means that every forecaster will need to have special interdisciplinary skills to be able to include the necessary information in their decision making process in real time (e.g. weather forecasts are already included in the integrated maritime traffic control system in Croatia).

Beside advances in technology and science, the future of Croatian forecast service is, therefore,

u integrirani sustav kontrole pomorskog prometa).

Stoga, osim tehnološkog i znanstvenog napretka, budućnost hrvatske prognostičke službe vezana je i uz stalnu edukaciju prognostičara s obzirom na to da se u svijetu već naziru jasni trendovi u poimanju nove uloge prognostičara kao važnog čimbenika u integriranim multidisciplinarnim informacijskim sustavima.

3.1.3. Pomorska meteorologija

Sigurnost plovidbe i druge potrebe u pomorstvu znatno su doprinijele razvoju meteorologije, posebno pomorske meteorologije, koja se intenzivno razvijala od sredine 19. stoljeća kada je američki kapetan Maury objavio rad „*Vjetar i karte morskih struja na sjevernom Atlantiku*”. Pomorska meteorologija ima sasvim određene zadatke vezane uz osiguranje ljudskih života i dobara na moru, jer su na moru ljudski životi znatno izloženiji nemilosti vremena od onih na kopnu.

Na shvaćanje važnosti poznavanja meteorologije u pomorstvu uvelike je utjecala havarija francuskih i engleskih brodova u Crnom moru za vrijeme Krimskog rata 1854. godine, nakon koje je francuski znanstvenik Leverrier dokazao da se nezgoda mogla spriječiti jer se vrijeme oluje moglo predvidjeti praćenjem kretanja ciklone. Nakon toga meteorološka znanost počela se intenzivnije razvijati, uključujući i pomorsku meteorologiju.

U okviru Svjetske meteorološke organizacije organizirano je obavještavanje brodova o vremenu na svim morima i oceanima zbog sigurnosti na moru. Morska područja podijeljena su na zone u kojima su pojedine zemlje članice odgovorne za obavještavanje brodova. Brodovi se obavještavaju radiopredajom, radioteleksom, satelitima i faksimilima. Tim sredstvima šalju se prognostičke karte i prognoze koje, uz ostalo, daju smjer i brzinu vjetera, smjer, kretanje i visinu valova, morskih struja, leda, magle i sl.

Velike pomorske zemlje, osim standardnih meteoroloških obavijesti, daju meteorološke usluge za vođenje brodova preko oceana uz naplatu.

Nacionalne meteorološke službe izrađuju i za brodove emitiraju obavijesti o vremenu, koje sadrže vremenske izvještaje i sinoptičke situacije, upozorenja o nailasku opasnih pojava, prognoze i stanja vremena u pojedinim pozicijama. Izvještaji se šalju radijem, telefaksom i drugim telekomunikacijskim sredstvima.

linked to permanent education of forecasters as there are new trends emerging in the world which see the role of forecasters as an important factor in integrated multidisciplinary information systems.

3.1.3 Marine meteorology

Safety of navigation and other maritime needs have greatly contributed to the development of meteorology, especially marine meteorology, which started developing in the mid 19th century when the American captain Maury published the “Wind and Current Charts of the North Atlantic”. Marine meteorology performs very specific tasks related to the safety of human lives and assets at sea, as human lives at sea are more exposed to weather related risks than on land.

Understanding the importance of marine meteorology was greatly influenced by the wreckage of French and English ships in the Black Sea during the Crimean War in 1854. A french scientist, Leverrier, later proved that the accident could have been prevented as the time of the storm could have been foreseen by tracking the cyclone movement. Following the accident, the development of meteorological science was taken more seriously, including the development of marine meteorology.

The World Meteorological Organization organized sending of weather information to ships at all seas and oceans in order to improve safety at sea. The seas are divided into sea areas and individual member countries are responsible for sending out notifications to ships.

Notifications containing prognostic charts and weather forecasts, which include wind direction and speed, wave direction, movement and height, sea currents, ice, fog etc., are sent to ships by radio, radio-telex, satellites and facsimiles.

Big countries with maritime boundaries provide, beside weather notifications, meteorological services for guiding ships over the oceans for a fee.

National meteorological services create and broadcast weather notifications for ships, containing weather reports and synoptic situations, warnings of approaching severe weather phenomena, forecasts and state of the weather at certain positions. The notifications are sent by radio, fax printers and other telecommunication means.

In 2001, the WMO Marine Meteorology Commission and the Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC) were combined to form the Joint WMO/IOC Technical Commission on Oceano-

Komisija za pomorsku meteorologiju WMO-a i Međunarodna komisija za oceanografiju (IOC) udružene su od 2001. godine u Zajedničku WMO/IOC tehničku komisiju za oceanografiju i pomorsku meteorologiju - JCOMM (Joint WMO/IOC-*Technical Commission for Oceanography and Marine Meteorology*). Ta komisija zadužena je za sve brži razvitak tehnologija i postupaka za pomorsko-meteorološki sustav motrenja, obavješćivanja i telekomunikacije radi veće sigurnosti plovidbe na morima i oceanima.

Korisnici pomorsko-meteoroloških usluga imaju sve veće zahtjeve, što uzrokuje povećanje brzine razvoja pomorske meteorologije. Zbog toga su izrađeni programi za razvoj pomorsko-meteoroloških usluga koje je razmatrala JCOMM, a u nju su uključene radne grupe, regionalne asocijacije i predstavnici pomorskog prometa.

Meteorološke usluge koje pružaju nacionalni pomorsko-meteorološki centri i svjetske pomorsko-meteorološke asocijacije višestruko osiguravaju djelatnosti na moru, pod morem i u priobalju putem pomorsko-meteorološkog izvješćivanja o vremenu i budućem stanju vremena.

Snaga WMO-a počiva i na nacionalnim meteorološkim službama zemalja članica, u kojima brodska motrenja dragovoljno obavljaju pomoraci uz svoje redovite dužnosti. Pomorska meteorološka motrenja dolaze s oko 7000 brodova koji pripadaju shemi dragovoljnog motrenja na brodovima, zatim s usidrenih meteoroloških brodova i plutača.

U godinama koje dolaze, u okviru WMO-a i posebno JCOMM-a, očekuje se značajan rast novih dostignuća u području telekomunikacija i motrenja na morima za potrebe pomorske meteorologije i oceanografije te sigurnosti na morima i oceanima.

U skladu s preporukama WMO-a, pomorske meteorološke službe daju usluge za potrebe pomorskog prometa, odgovarajuće meteorološko-oceanografske usluge za ribarsku privredu, rekreativno-nautički turizam, potrebne studije za različite obalne i otočne projekte, za istraživanje i bušenje pod morem, za konstruiranje brodova itd.

Na hrvatskom Jadranu pomorsku meteorološku službu obavlja Pomorski meteorološki centar (PMC) u Splitu koji je u sastavu DHMZ-a. Time doprinosi sigurnosti plovidbe u skladu s međunarodnom SOLAS konvencijom te daje potporu niza drugih usluga djelatnosti na obali, otocima i na otvorenom moru, koje su ovisne o vremenskim prilikama.

graphy and Marine Meteorology - JCOMM. The Commission is responsible for faster development of technologies and procedures needed for the marine weather observing system, notification system and telecommunications with the aim of improving safety of sea and ocean navigation.

Users of marine meteorological services are increasingly becoming more demanding, which in turn requires faster development of marine meteorology. Programmes for the development of marine meteorological services, considered by the JCOMM, have been developed by workgroups, regional associations and maritime transport representatives.

Meteorological services provided by national marine weather observing centres and global marine meteorological associations ensure safety of activities at sea, under the sea and in coastal regions by sending out marine weather notifications and reports on future weather state.

The strength of the WMO lies in national meteorological services of member states as they provide, beside their regular activities, observations collected by observing ships. Marine weather observations are collected from about 7000 ships, which are included in the voluntary ship observation scheme, as well as from anchored meteorological ships and buoys.

In the years to come, from the WMO and the JCOMM in particular, a significant increase is expected in achievements in the fields of telecommunications and marine observations for the needs of marine meteorology and oceanography and safety at seas and oceans as well.

In line with the WMO recommendations, marine meteorological services provide services to maritime transport, relevant meteorological and oceanographic services to the fishing industry and recreational and nautical tourism, relevant studies for different coastal and island projects, research and offshore drilling, shipbuilding etc.

Meteorological services on the Croatian Adriatic are performed by the Marine Meteorological Centre (Pomorski meteorološki centar - PMC) in Split, which is part of the DHMZ. The Centre contributes navigational safety (maritime transport) in line with the international SOLAS convention, and performs support to numerous other weather dependant activities on the coast, islands and the open sea.

The Marine Meteorological Service on the Adriatic has a tradition spanning over several centuries (see Hodžić, 1998). The first meteorological

Pomorsko-meteorološka služba na Jadranu ima višestoljetnu tradiciju (Hodžić, 1998.). Prve meteorološke podatke s Jadrana prikupili su Francuzi od 1806. do 1809. godine u sklopu hidrografskih istraživanja i kartografskih radova. Austrijanci su počeli prikupljati podatke od 1822. do 1824., dok je sustavna klimatološka motrenja započela 1841. u Trstu, a 1887. godine započela su meteorološka motrenja u lučkim kapetanijama i uredima.

Prva instrumentalna neredovita mjerenja (temperatura, vlaga i vjetar) zabilježena su na sjevernom Jadranu krajem 16. stoljeća (S. Santorini) te početkom 19. stoljeća: na Mljetu (1822. i 1824.), Zadru (1932.), Rijeci (1842.) i Splitu (1845.).

Ovdje ćemo navesti da su pomorsko-meteorološka opažanja zabilježena u meteorološkim dnevnicima za grad Trogir od 1826. do 1859. godine s upisanim srednjim mjesečnim temperaturama zraka. U istim godišnjim dnevnicima, uz temperaturu zraka nalaze se rubrike za jačinu vjetra, visinu valova, naoblaku i meteorološke pojave.

Najstarija regularna meteorološka postaja započela je s radom u Dubrovniku 1851. a na Hvaru 1857. godine.

Sama meteorološka služba za Jadran utemeljena je 1860. godine u okviru Hidrografskog zavoda u Trstu i trajala je do 1918. godine. Od 1874. godine svakodnevno su se izrađivali meteorološki izvještaji. Osnutkom radiotelegrafske službe, 1878. godine, primaju se podaci iz Europe, crtaju se sinoptičke karte i izdaju prognoze najprije u dvama, a od 1896. u trima termina (7, 14 i 21 sat).

Nakon I. svjetskog rata, pomorsko-meteorološka služba obnovljena je 1925. u sastavu mornaričkog zrakoplovstva u Kumboru, a 1930. njezino sjedište premješta se u Split u Hidrografski institut do 1941. godine. Obnova meteorološkog odsjeka započela je 1944. na Visu, 1945. prelazi u Split u Hidrografski institut, te postaje Pomorski meteorološki centar u kojem ostaje do 1947. kada prelazi u sastav SHMZ-a, a od 1952. u sastavu je hrvatske meteorološke službe. Od 2001. godine preustrojem DHMZ-a, PMC nalazi se u Službi za primijenjenu meteorologiju kao zaseban odjel (preustrojem od 2012. godine kao Služba Pomorski meteorološki centar u sastavu Sektora za vremenske analize i prognoze).

PMC prati i obrađuje opasne meteorološke pojave, izrađuje preglede vremena, upozorenja o opasnim vremenskim pojavama i pomorsko-meteorološke prognoze. Produkti njegova rada su:

data on the Adriatic was collected by the French in the period from 1806 to 1809 as part of hydrographic research and cartographic studies. Austrians collected data from 1822 to 1824, whereas systematic climate observations were set up in 1841 in Trieste, and in 1887 harbourmasters' offices and harbour branch offices began recording meteorological observations.

First sporadic instrumental measurements (temperature, humidity and wind) were recorded in the North Adriatic at the end of the 16th century (S. Santorini), and then again at the beginning of the 19th century: on the island of Mljet (1822 and 1824), in Zadar (1932), Rijeka (1842) and Split (1845).

It needs to be noted that, from 1826 to 1859, marine weather observations, which included mean monthly air temperatures, were recorded in meteorological logbooks for the city of Trogir. The same yearly logbooks contained not only data on air temperature, but also columns for wind force, wave height, cloudiness, and meteorological phenomena.

The oldest official weather stations were set up in Dubrovnik in 1851, and on the island of Hvar in 1857.

The meteorological service for the Adriatic was established in 1860 as part of the Hydrographic Office in Trieste, and remained open until 1918, producing daily weather reports from 1874 onwards. When the radio-telegraph service was founded in 1878, data was received from Europe, synoptic charts were created and weather forecasts were published first twice a day, and from 1896 three times a day (at 7 am, 2 pm and 9 pm).

After the First World War, the marine meteorological service was restored as part of the Naval Air Forces in Kumbor. In 1930, the seat was relocated to Split, and until 1941 was part of the Hydrographic Institute. Restoration of the Department of Meteorology started in 1944 in Vis, and was relocated to the Hydrographic Institute in Split in 1945, where it was set up as the Marine Meteorological Centre. In 1947, it became part of the SHMZ (Federal Hydrometeorological Institute in former Yugoslavia), and since 1952 it has been part of the Croatian meteorological service. With the reorganisation of the DHMZ in 2001, PMC was set up as a separate department within the Department for Applied Meteorology (following the reorganisation in 2012, it became the Marine Meteorology Center within the Weather Analysis and Forecast Division).

pomorsko-meteorološki bilteni i upozorenja za brodove, bilteni i upozorenja za sidrišta i luke; meteorološke obavijesti za potragu i spašavanje, meteorološke obavijesti za nautički turizam i sportske aktivnosti, kao i turizam općenito (na engleskom, njemačkom i talijanskom jeziku), posebne meteorološke obavijesti za marine, brodogradilišta, pomorske konstrukcije, za tegljenje i prijevoz opasnih tereta, za druge pomorske radove, istraživanja i iskorištavanje mora, morskog dna i podmorja, za ceste, solane, elektroprivredu, ribarstvo i drugo; prognoze za +12, +24, +48, +74, +96 i +120 sati. PMC izrađuje prognoze za cijeli Jadran ili za sjeverni, srednji i južni Jadran (slika 3.22.), a po potrebi i za manja područja.

Odjel za pomorska meteorološka motrenja i klimatologiju (2001. godine preustrojem DHMZ-a u Službi za primijenjenu meteorologiju kao zaseban odsjek, a od preustroja DHMZ-a 2009. godine u Službi za motrenje vremena i klime) prikuplja, obrađuje i čuva pomorske klimatološke podatke; dostavlja podatke brodskih meteoroloških mjerenja i opažanja nadležnim središtima za međunarodnu razmjenu (Hamburg i London); izrađuje pomorsko-klimatološke analize, studije, ekspertize, prikaze, potvrde o vremenu; organizira i nadzire meteorološka mjerenja i opažanja na brodovima te prati ispravnost rada tih postaja, predlaže nacрте i propise, izrađuje meteorološke naputke, priručnike i druga pomagala za rad na pomorskim meteorološkim postajama, organizira, prati i kontrolira mrežu postaja za klasična mjerenja temperature mora na Jadranu. PMC dio je DHMZ-a koji unapređuje i podržava meteorološku službu na brodovima te na taj način doprinosi svjetskom pomorsko-meteorološkom sustavu motrenja i izvještavanja (Hodžić, 1997.).

Brodsko meteorološka motrenja na brodovima hrvatske trgovačke mornarice započela su 1953. godine. Pomorska meteorološka motrenja s brodova dosegla su svoj vrh 1984./85. godine kada je oko 7700 brodova u svijetu obavljalo pomorska meteorološka mjerenja na svim morima i oceanima. Poslije toga dolazi do nepravilnog, ali stalnog opadanja, a u lipnju 1994. taj broj pao na oko 7200 brodova. Nažalost, taj se trend u Hrvatskoj kontinuirano nastavlja već od 1987. godine tako da je u Hrvatskoj ukupan broj VOS brodova trenutno samo 3 (slika 3.23.), od toga 2 katamarana (slika 3.24.) na priobalnoj plovidbi (kao pomoćni brodovi) i jedan brod u međunarodnoj plovidbi (kao dopunski S-AWS Baros, donacija e-SURF-MAR).

The PMC tracks and processes severe meteorological phenomena, creates weather surveys, severe weather phenomena warnings and marine weather forecasts. The products of their work are: marine meteorological bulletins and warnings for ships, bulletins and warnings for ports and anchoring sites; weather notifications for the Search and Rescue, weather notifications for nautical tourism, sports activities, and tourism in general (in English, German and Italian), special meteorological notifications for marinas, shipyards, marine constructions, for towing and dangerous goods shipping, other maritime works, research and exploitation of the sea, seabed and the undersea, for roads, salt pans, electric power industry, fishing, etc.; forecasts are made for +12, +24, +48, +74, +96 and +120 hours. The PMC creates weather forecasts for the whole Adriatic, separately for the North, Central or South Adriatic (Figure 3.22), and forecasts for smaller areas if needed.

Department of marine weather observations and climatology (during the restructuring of the DHMZ in 2001, it was set up as a separate entity within the Department for Applied Meteorology, and following the DHMZ restructuring in 2009, it became a department within the Weather Observation and Climate Service) collects, processes and archives marine climate data; submits ship meteorological measurements and observations to competent international exchange centres (Hamburg and London); creates marine climatological analysis, studies, expertise, overviews, weather verifications; organizes and oversees meteorological measurements and observations, tracks accuracy of the work of weather stations belonging to the marine weather station network, suggests drafts and regulations, creates meteorological manuals, handbooks and other aids for working in marine weather stations; organizes, follows and controls the station network off classic sea temperature measurements in the Adriatic. The PMC is part of the DHMZ that is improving and supporting meteorological service on ships and in that way contributes to the world marine weather observation and reporting system (Hodžić, 1997).

Meteorological observations from ships in Croatia were first made by the Croatian merchant navy ships in 1953. Marine weather observations from ships peaked in 1984/85 when about 7700 ships performed marine meteorological measurements at all seas and oceans. This followed by an irregular, but constant decline and in June 1994 there were about 7200 observing ships.



Slika 3.22. Podjela Jadrana na sjeverni srednji i južni za potrebe izdavanja pomorske vremenske prognoze

Figure 3.22 Division of the Adriatic into the North, Central and South Adriatic for the purpose of issuing weather forecasts

Svojim radom DHMZ - PMC i dalje želi osigurati i potpomoći sve one djelatnosti koje su usmjerene na održavanje i jačanje ekološke svijesti o zaštiti mora i života u Jadranskom moru.

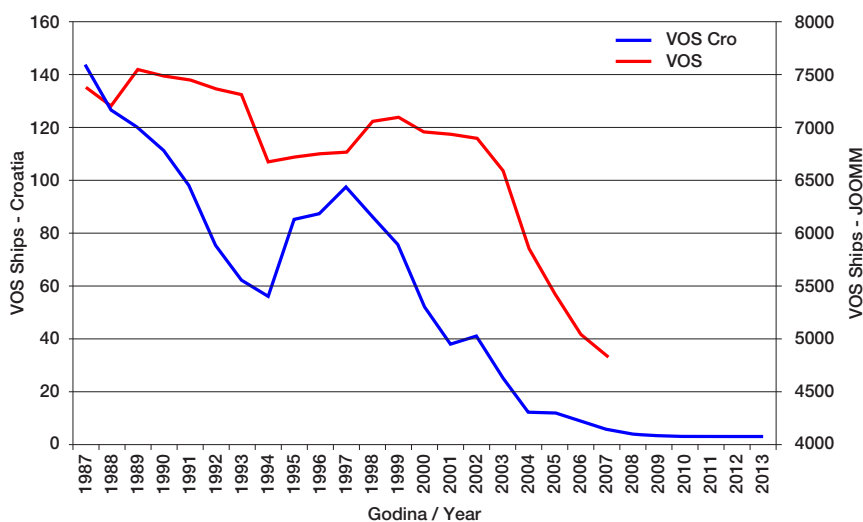
Tako svake godine tiska časopis za pomorsku meteorologiju i ekologiju Jadrana „*Jadranska meteorologija*“, kojim promiče značaj i dostignuća meteorološke znanosti u pomorstvu, i uopće njenu važnost u svim djelatnostima vezanim uz more.

Vodeći računa o tome da je Hrvatska pomorska zemlja, Državni hidrometeorološki zavod pokrenuo je nove aktivnosti radi proširenja svoje djelatnosti na području pomorske meteorologije. Početkom svibnja 2006. godine na 6. neformalnoj konferenciji direktora meteoroloških i hidroloških službi jugoistočne Europe - „Informal Conference of South-Eastern Europe Directors“ (ICEED) koju je organizirao u Dubrovniku, DHMZ prvi je puta službeno objavio svoju namjeru za kandidaturu za Regionalni pomorski meteorološki centar što je od strane sudionika jednoglasno podržano. Iste je godine, 11. listopada 2006. u Podstrani održan i sastanak na nacionalnoj razini na kojem je DHMZ okupio predstavnike hrvatskih relevantnih institucija i autoriteta iz područja pomorstva, predstavio im viziju i misiju budućeg RPMC-a te zajedno s njima definirao ciljeve te

Unfortunately, this trend in Croatia started in 1987 and today there are only 3 ships in the VOS programme (Figure 3.23), two of which are catamarans (Figure 3.24) in coastal navigation and one ship is in international navigation.

The aim of the DHMZ - PMC is to help and support all activities that maintain and improve awareness of marine conservation in the Adriatic Sea. For that reason, a magazine on marine meteorology and ecology of the Adriatic, „*Adriatic Meteorology*“, is published annually, promoting the importance and achievements of meteorology in maritime affairs, and its importance in all activities associated with the sea in general.

Taking into account that Croatia is a maritime nation, the Hydrological and Meteorological Service of Croatia has initiated new activities in order to widen its activities in the field of marine meteorology. At the beginning of May 2006, at the 6th Informal Conference of South-Eastern Europe Directors of meteorological and hydrological services (ICEED), organized by the DHMZ and held in Dubrovnik, the DHMZ declared for the first time its intention to run for the Regional marine meteorological centre, which was unanimously endorsed. The same year, on October 11, 2006, a meeting at the national level was held in Podstrana where the



Slika 3.23. Broj hrvatskih VOS brodova (plavo, broj na lijevoj vertikalnoj osi) u usporedbi s ukupnim brojem VOS brodova (crveno, broj na desnoj vertikalnoj osi) - prema JCOMM, u razdoblju 1987.-2013. godine

Figure 3.23 Number of VOS ships (blue, figure on left vertical axis) compared to the total number of VOS ships (red, figure on the right vertical axis) - according to the JCOMM, in the period 1987-2013

zadatke suglasno zajedničkim interesima i potrebama.

U skladu sa zaključcima sastanka u Podstrani 2006. godine, Državni hidrometeorološki zavod nastavio je aktivnosti u vezi uspostave Regionalnog pomorskog meteorološkog centra u sklopu Svjetske meteorološke organizacije. U prosincu 2008. godine izvršena je službena prijava da DHMZ postane regionalno središte za razmjenu podataka i produkata za područje Jadrana u sklopu novog svjetskog informacijskog sustava Svjetske meteorološke organizacije (engleska kratica: WMO WIS-DCPC). Navedenu prijavu najprije je prihvatila Tehnička komisija WMO CBS XIV tehničke konferencije koja se od 25.3. do 2.4.2009. održavala u Dubrovniku.

Ista je prijava podržana i na sastanku WMO RAVI u Bruxellesu (16.-24.9.2009.) gdje je uspostava Regionalnog pomorskog meteorološkog centra u Hrvatskoj ušla u strateški plan za RAVI (Regiju VI Svjetske meteorološke organizacije), što je također podržano i na sastanku JCOMM III (Maroko, studeni 2009.). Tijekom 2010. i 2011. godine, zbog kadrovskih i financijskih restrikcija, kako na razini Hrvatske tako i na razini WMO-a, nije bilo značajnijih aktivnosti u vezi uspostave Regionalnog pomorskog meteorološkog centra.

Nastavak aktivnosti uslijedio je 2012. godine kada se 17. i 18. svibnja 2012. godine u Zagrebu održala radionica vezana uz osnivanje Regio-

DHMZ assembled representatives of relevant Croatian institutions and authorities in the field of maritime affairs and presented the vision and mission of the future RMMC as well as defined goals and tasks in line with the common interests and needs.

In accordance with the conclusions arrived at in Podstrana in 2006, the Hydrological and Meteorological Service of Croatia continued with setting up of a regional marine meteorological centre as part of the World Meteorological Organization. In December 2008, the DHMZ applied for the position of a regional centre for data collection and production for the Adriatic area within the new WMO global information system (WMO WIS-DCPC). The application was first accepted by the Technical Committee at the WMO CBS XIV technical conference held in Dubrovnik from March 25 to April 2, 2009.

The same application was endorsed at the WMO RAVI meeting in Bruxelles (September 16-24, 2009), when the establishing of a regional marine meteorological centre in Croatia became part of the strategic plan for RAVI (Regional Association VI of the World Meteorological Organization), which in turn was also endorsed at the JCOMM III meeting (Morocco, November 2009). During 2010 and 2011, due to staff and financial restrictions, at Croatian as well as WMO level, there were no significant activi-



Slika 3.24. Katamaran "Dubravka" IMO 9034200 Callsign 9A7583, trenutno na liniji Jelsa (Hvar) - Bol (Brač) - Split

Figure 3.24 Catamaran "Dubravka" IMO 9034200 Callsign 9A7583, currently running on Jelsa (Hvar) - Bol (Brač) - Split line

nalnog pomorskog meteorološkog centra za područje Jadrana (Adriatic Marine Meteorological Centre, AMMC) u suorganizaciji Državnog hidrometeorološkog zavoda i Svjetske meteorološke organizacije. Ta radionica ima posebnu važnost svjetskih razmjera, jer se njome izrađuje predložak posve novog tipa međunarodnog centra za prikupljanje, proizvodnju i razmjenu meteoroloških, oceanografskih i hidroloških informacija (podataka, produkata), kao i informacija o tim informacijama (metapodaci) za područje zatvorenih mora kao što je Jadransko more. U tom je smislu DHMZ-ov projekt uspostave Regionalnog pomorskog centra za Jadran (AMMC) postao pilot-projekt Svjetske meteorološke organizacije za mala zatvorena mora. Operativnost centra osiguravat će unaprijeđeni Svjetski informacijski sustav (WIS - WMO Information System) visokih tehnoloških mogućnosti koji će na zajedničkom internetskom sučelju povezivati nacionalne meteorološke i oceanografske službe te njihove korisnike svih zemalja Jadranskog područja, što je do sada organizacijski i tehnološki bilo nezamislivo. Centar će biti u kategoriji regionalnog informacijskog centra (DCPC - Data Collection and Product Collection). Povezivanjem nacionalnih meteoroloških i oceanografskih službi ostvaruje se predložak optimalne iskoristivosti i dostupnosti svih raspoloživih tehničkih i stručnih resursa na jednom mjestu svim zainteresiranim korisnicima. Pri tome će svaka institucija uključena u sustav WIS-DCPC Regionalnog pomorskog meteorološkog centra dobiti neuporedivo veću vidljivost i dostupnost prema svojim korisnicima od javnosti i znanstvenih institucija do službi nadležnih za

ties regarding the establishment of a regional marine meteorological centre.

Activities resumed in 2012, when a workshop on the establishment of the Regional Marine Meteorological Centre for the Adriatic area (Adriatic Marine Meteorological Centre, AMMC) was held on May 17-18, 2012. The organization of the meeting was helped by the Hydrological and Meteorological Service of Croatia (DHMZ) and the World Meteorological Organization (WMO). The workshop was globally important as a completely new design of an international centre for collection, production and exchange of meteorological, oceanographic and hydrological data (metadata) was created for areas of semi-enclosed seas such as the Adriatic Sea. The DHMZ project of establishing the Adriatic Marine Meteorological Centre (AMMC) became a WMO pilot project for small, semi-enclosed seas. Operability of the Centre is ensured by the WMO Information System (WIS) of high technical capabilities which can link national meteorological and oceanographic services and their users from the Adriatic area by a common interface. Until now, this was organizationally and technically unattainable. The Centre will be categorized as a regional information centre (DCPC - Data Collection and Production Centre). By connecting national meteorological and oceanographic services, a platform is made for optimal utilisation and accessibility of available technical and expert resources in one place to all interested users. Every institution involved in the Regional Marine Meteorological Centre's WIS - DCPC system will gain unparalleled visibility and accessibility regarding their users,

sigurnost na području Jadrana. Proizvodnju, kontrolu i usluživanje s informacijama i meta-informacijama tog složenog sustava osiguravat će posebni standardi u okviru novog Svjetskog integriranog motriteljskog sustava (WIGOS - WMO Integrated Global Observing System). Na taj način na jednom mjestu korisnik će moći saznati koje se sve informacije (podaci, produkti) nalaze u sustavu i pod kojim uvjetima ih može dobiti. Dohvat informacije ostvarit će se internetskim sučeljem WIS DCPC Centra o kojem će skrbiti Državni hidrometeorološki zavod. Naravno, proizvodnja informacija u Hrvatskoj i drugim zemljama odvijat će se unutar svih uključenih partnerskih institucija. Takav sustav znatno će unaprijediti i ujednačiti razinu usluge i povećati iskoristivost postojećih informacija. Veliku ulogu u tom procesu svakako će imati i Pomorski meteorološki centar DHMZ-a u skladu sa svojim nadležnostima. Osnivanje tog Regionalnog centra u Hrvatskoj veliko je priznanje našoj zemlji kao i DHMZ-u kao nacionalnom predstavniku prema WMO-u.

Krajem svibnja 2012. predstavnici DHMZ-a (mr. sc. Ivan Čačić, dr. sc. Vlasta Tutiš i dr. sc. Krešo Pandžić) prisustvovali su sastanku JCOMM IV (Zajednička komisija za oceanografiju i pomorsku meteorologiju WMO-a i Međunarodne komisije za Ocenografiju UNESCO-a koja se od 23. do 31. svibnja 2012. godine održala u Južnoj Koreji), na kojem je službeno prihvaćen status Hrvatske kao regionalnog WMO WIS DCPC centra. Kao posljedica toga, u listopadu 2012. održan je sastanak u Splitu sa zainteresiranim korisnicima i partnerima te predstavnicima WMO-a i nacionalnih službi zemalja uz Jadransko more.

10. rujna 2014. na Izvanrednoj sjednici Komisije za osnovne sustave Svjetske meteorološke organizacije (WMO - World Meteorological Organization) u Asuncionu, Paragvaj, Hrvatska je potvrdila Regionalni pomorski meteorološki centar DHMZ-a kao dio Svjetskog informatičkog sustava WMO-a (WIS-WMO Information System).

Regionalni pomorski meteorološki centar za područje Jadrana (Adriatic Marine Meteorological Centre, AMMC) svoje aktivnosti bazira na komplementarnosti i integraciji s već postojećim sustavima u zemljama partnerima, pri čemu nacionalne meteorološke službe predstavljaju kontakte na nacionalnoj razini prema ostalim sudionicima u izgradnji integriranog meteorološkog, hidrološkog i oceanografskog sustava motrenja. U pripremi aktivnosti, veliku pozornost zahtijeva integracija meteoroloških i ocenografskih sustava motrenja, imajući u vidu da su ocenografska mo-

ranging from the public, scientific institutions, to services providing safety in the Adriatic area. Production, control and dissemination of data and metadata of this complex system will be ensured by special standards of the new WMO Integrated Global Observing System (WIGOS). In this way, users will be able to find out which information (data, products) the system provides and the terms under which the information is available. Accessing information will be made available via the internet WIS DCPC interface, handled by the DHMZ. All partner institutions both in Croatia and abroad will contribute to data production. In such a way, the level of service will be improved and unified, and utilization of the existing data will be raised. The DHMZ Marine Meteorological Centre, in line with their competences, will play an important role in that process. The establishment of the Regional Centre in Croatia is a great recognition of our country and the DHMZ as a national representative in the WMO.

At the end of May 2012, DHMZ representatives (Ivan Čačić, MSc, Vlasta Tutiš, PhD, and Krešo Pandžić, PhD) attended a JCOMM IV meeting (WMO Joint Technical Commission for Oceanography and Marine Meteorology and UNESCO Intergovernmental Oceanographic Commission), held in south Korea from May 23 to May 31, 2012, where Croatia was officially accepted as a regional WMO WIS DCPC centre. As a result, in October 2012, a meeting was held in Split with interested users and partners as well as WMO representatives and representatives of national services of countries in the Adriatic region.

The activities of the Adriatic Marine Meteorological Centre (AMMC) are based on complementarity and ability to integrate with the existing systems in partner countries, where national meteorological services serve as contacts at a national level to other participants in organizing an integrated meteorological hydrological and oceanographic observing system. When preparing activities, great attention is paid to the integration of meteorological and oceanographic observing systems, keeping in mind that oceanographic observations are not as frequently available as "real-time" meteorological observations, and that full integration of meteorological and oceanographic observations is possible only for seasonal or annual studies on climate change in the Adriatic. Integration of hydrological data for the Adriatic Sea catchment area presents another challenge as advanced numerical simulations of sea-atmosphere interactions require inte-

trenja veoma rijetko raspoloživa u smislu „real-time” motrenja u meteorologiji, te se potpuna integracija meteoroloških i oceanografskih motrenja može ostvariti tek za sezonske ili godišnje studije praćenja klime na Jadranu. Drugi izazov čini integracija hidroloških podataka za sliv Jadrana, imajući u vidu da napredne numeričke simulacije interakcije mora i atmosfere iziskuju integracije cijelog hidrološkog ciklusa, s ciljem postizanja složenih analitičkih i prognostičkih podloga. U tom su cilju DHMZ-ove aktivnosti vezane i na integraciju nacionalnih izvora mjerenja u okviru Nacionalnog WIGOS plana, kao dijela WIGOS mediteransko-europskih aktivnosti pod koordinacijom WMO.

DHMZ u proteklih desetak godina sve više pozornosti poklanja prilagođavanju meteorološke informacije svakom pojedinom korisniku, što je osobito prepoznato kroz usluge Pomorskog meteorološkog centra u povećanju sigurnosti pomorske plovidbe. Stoga je 2006. godine Ministarstvo mora, turizma, prometa i razvitka dodijelilo DHMZ - PMC-u priznanje za unapređenje sigurnosti plovidbe i zaštitu pomorskog okoliša povodom godišnje proslave *Dana pomoraca* (6. prosinca).

3.1.4. Zrakoplovna meteorologija

Uloga meteorologije u zrakoplovstvu

Zrakoplovna meteorologija grana je primijenjene meteorologije usmjerena na proučavanje meteoroloških procesa i pojava koje utječu na zrakoplovstvo. U svjetskim se razmjerima zrakoplovna meteorologija počela razvijati paralelno s razvojem zrakoplovstva, najprije u okviru vojnih institucija, a zatim u okviru civilnih institucija i organizacija.

Od tih početaka pa sve do danas, meteorologija i zrakoplovstvo dvije su nerazdvojne grane, stalno međusobno blisko povezane. I prvi let braće Wright, 1903. godine, umalo je završio nesretno zbog udara vjetrova koji ih je zadesio.

Razvoj zrakoplovstva početkom dvadesetog stoljeća, zbog nesavršenosti letjelica i nepredviđenih opasnih meteoroloških uvjeta, bio je obilježen velikim gubicima letjelica, ali i ljudskih života, što je čovječanstvo upozorilo na činjenicu da ta nova grana svjetske industrije uvelike ovisi o meteorologiji.

Činjenica je da nije samo zrakoplovstvo ovisno o meteorologiji već je i meteorologija ovisna

o cijelom hidrološkom ciklusu s ciljem stvaranja kompleksne analitičke i prognostičke podloge. S tim u misli, aktivnosti DHMZ-a imaju za cilj integraciju nacionalnih izvora mjerenja unutar Nacionalnog WIGOS plana, kao dijela WIGOS mediteransko-europskih aktivnosti pod koordinacijom WMO.

U posljednjih deset godina, DHMZ je sve više pozornosti poklanja prilagođavanju meteorološke informacije svakom pojedinom korisniku, što je osobito prepoznato kroz usluge Pomorskog meteorološkog centra u povećanju sigurnosti pomorske plovidbe. Stoga je 2006. godine Ministarstvo mora, turizma, prometa i razvitka dodijelilo DHMZ - PMC-u priznanje za unapređenje sigurnosti plovidbe i zaštitu pomorskog okoliša povodom godišnje proslave *Dana pomoraca* (6. prosinca).

3.1.4 Aeronautical meteorology

The importance of meteorology in aviation

Aeronautical meteorology is an applied atmospheric science, aimed to study the meteorological processes and phenomena that have an effect upon aviation. In world proportions, aeronautical meteorology started to develop parallel with the development of aviation, first under military institutions, and later on under civil institutions and organizations.

From the beginning up to these days, meteorology and aviation have been two inseparable branches that have constantly been closely related. In addition, the first flight of Wright brothers in 1903 almost had a bad ending because of the wind gust that they encountered.

At the beginning of the 20th century, the development of aviation was marked by the great loss of lives and aircrafts because of the imperfection of aircrafts and unpredicted dangerous meteorological conditions, which warned the humankind that this new branch of world industry considerably depends on meteorology.

The fact is that not only aviation depends on meteorology, but also meteorology depends on aviation and has benefited from it. Many meteorological phenomena have been discovered thanks to aviation and the international civil aviation with more than 3000 airplanes is participating nowadays in collecting meteorological data under Global Observational System (GOS) of the World

zrakoplovstvu i uvelike je od njega profitirala. Mnoge su meteorološke pojave otkrivenе zahvaljujući zrakoplovstvu, a međunarodno civilno zrakoplovstvo s preko 3000 zrakoplova sudjeluje u skupljanju meteoroloških podataka u okviru Globalnog sustava motrenja (GOS) Svjetske meteorološke organizacije (WMO). Isto tako treba istaknuti da informaciju o određenim meteorološkim pojavama mogu dati jedino piloti koji te pojave opažaju za vrijeme leta i koji svoja izvješća šalju u kodiranom obliku AIREP (Air Report), u centre kontrole leta.

U povijesti zrakoplovstva mnoge su se nesreće dogodile zbog meteoroloških čimbenika. U zrakoplovnim nesrećama one zbog meteoroloških čimbenika zauzimaju visokih 20-25 %. Postotak nesreća uzrokovanih nevremenom se nažalost ne smanjuje usprkos sve savršenijim zrakoplovima i sve boljim i bržim komunikacijama te sigurnijim procedurama letenja. Razlog tom s jedne je strane stalno povećanje gustoće zračnog prometa, a s druge strane problem primjenjivosti razvoja atmosfenske znanosti u mezoskalnom i mikroskalnom području i prediktabilnosti meteoroloških pojava opasnih za zrakoplovstvo.

U izvješćima Nacionalnog odbora za sigurnost zračnog prometa SAD-a (NTSB - National Transportation Safety Board) kao uzroci zrakoplovnih nesreća spominju se sljedeće meteorološke pojave: *vertikalno smicanje vjetera, turbulencija (konvektivna i u vedrom zraku), mikroudar, udarna fronta, jak bočni vjetar, slaba vidljivost, niska podnica oblaka, zaleđivanje zrakoplova, grmljavinski oblaci, olujne pruge, planinski valovi, tuča i smrjavajuće oborine*. Iz rezultata tih izvješća uočava se da su meteorološki procesi kod pojava opasnih za zrakoplovstvo mezorazmjera. Stoga znanstvenici atmosfenske znanosti usmjeravaju svoja istraživanja na pojave mezoskale, a rezultati tih istraživanja uvelike koriste operativnoj zrakoplovnoj meteorologiji.

Zrakoplovni meteorolozi u cijelom svijetu svjesni su da su glavna područja zrakoplovne meteorologije istovremeno i glavna tema svjetskih znanstvenih istraživanja. Najveći problem još je uvijek u domeni primjene tih znanja u operativnoj dijagnozi i vrlo kratkoročnoj prognozi (nowcastingu) koja se svakodnevno izrađuje za zrakoplovstvo, čije gospodarske i sigurnosne učinke svakodnevno ocjenjuju korisnici zrakoplovnih meteoroloških informacija. Zbog svega toga se u svijetu ulažu veliki naponi u smjeru istraživanja i poboljšanja metoda dijagnosticiranja i prognoziranja meteoroloških pojava opasnih za zrakoplovstvo.

Meteorological Organization (WMO). It is also necessary to point out that only pilots can give the information about the existence of certain meteorological phenomena, because they notice these phenomena during the flight and send their reports in encoded form (AIREP) to the air traffic control centers.

In the history of aviation, many air crashes happened because of meteorological factors. Meteorology participates at high percentage (even 20-25%) in the air crashes. The percentage of air crashes caused by meteorology is unfortunately not on the decline, in spite of better airplanes, better and faster communication, and safer flight procedures. The reason for that is the increase of the density of air traffic, and on the other hand, the problem of applicability of the development of atmospheric science in mesoscale and microscale and of the predictability of meteorological phenomena dangerous for aviation.

Meteorological phenomena such as vertical wind shear, convective turbulence, clear-air turbulence, microburst, gust front, strong cross wind, poor visibility, low cloud base, icing, thunderstorms, squall lines, mountain waves, hail and freezing precipitation are stated as causes of air crashes in the reports of National Transportation Safety Board (NTSB) in the USA. From the results of these reports, it can be seen that all dangerous meteorological phenomena for aviation are mesoscale. Hence, scientists of atmospheric sciences are focusing their research on the mesoscale phenomena and the results are of great use to operational aeronautical meteorology.

Aeronautical meteorologists around the world are aware that the main areas of aeronautical meteorology are at the same time the top themes of the world scientific research. The biggest problem still lies in the domain of using this knowledge in operational diagnosis and nowcasting which are made every day for aviation and whose safety and economic effects are every day reviewed by users of aeronautical meteorological information. Because of all that, great efforts are made in the world to investigate and improve methods for diagnosing and predicting the meteorological phenomena dangerous for aviation.

Federal Aviation Administration (FAA) of the USA has initiated and financed Aviation Weather Research Program (AWRP), whose purpose is to increase the degree of scientific understanding of atmospheric processes causing the development

Savezna zrakoplovna administracija SAD-a (FAA - Federal Aviation Administration) inicirala je i financira program istraživanja u zrakoplovnoj meteorologiji AWRP (Aviation Weather Research Program) kojemu je svrha povećati stupanj znanstvenog razumijevanja atmosferskih procesa koji uzrokuju razvoj opasnih meteoroloških pojava kako bi se u konačnici došlo do poboljšanih prognostičkih produkata za zrakoplovstvo i kontrolu leta.

Od zrakoplovnog meteorološkog osoblja očekuje se sposobnost brze primjene dostignutih znanja iz svih područja meteorologije, a osobito iz područja mezoskalne i mikroskalne meteorologije jer se većina meteoroloških pojava rađa i umire na mezoskali i mikroskali. Korisnici zrakoplovnih meteoroloških informacija (dijagnoza i prognoza) očekuju visoku točnost prognoza kako bi cjelokupni sustav u zrakoplovstvu bio što manje osjetljiv na nepovoljne meteorološke uvjete.

U cijelom svijetu zrakoplovna meteorološka služba funkcionira po definiranim standardima koji se publiciraju u Aneksu 3 Konvencije o međunarodnom civilnom zrakoplovstvu koji Međunarodna organizacija za civilno zrakoplovstvo (ICAO) donosi u suglasju s Svjetskom meteorološkom organizacijom (WMO).

Zrakoplovna meteorologija u Republici Hrvatskoj

Civilna zrakoplovna meteorološka služba (ZMS) u Republici Hrvatskoj počela se razvijati nakon Drugog svjetskog rata, najprije od 1959. do 1973. u okviru republičkog Hidrometeorološkog zavoda, od 1973. do 1987. u okviru Savezne hidrometeorološke službe (SHMZ) te od 1987. do 1991. u okviru Savezne uprave za kontrolu leta (SUKL). Od 9. prosinca 1991. do danas zrakoplovna meteorološka služba djeluje u okviru Uprave kontrole leta (UKL), koja je najprije bila organizirana u sklopu Ministarstva pomorstva prometa i veza, a od 1. siječnja 2000. ZMS je ustrojena u okviru Hrvatske kontrole zračne plovidbe d.o.o. (HKZP).

Meteorološka motrenja za potrebe vojnog zrakoplovstva počela su tijekom drugog svjetskog rata na lokacijama Zagreb-Lučko, Bjelovar, Daruvar, Šibenik i Lastovo, a povremeno su vršena i pilot-balonska mjerenja. Nakon sloma Italije, za potrebe ratnog zrakoplovstva Nezavisne Države Hrvatske (NDH) u Zadru je 1. studenog 1943. uspostavljena meteorološka postaja, koja je nakon

of dangerous meteorological phenomena which in the end would result with better forecasting products for aviation and air traffic management.

Aeronautical meteorological staff are expected to possess the capability of the fast use of the achieved knowledge from all areas of meteorology, especially from mesoscale and microscale meteorology because the majority of meteorological phenomena is born and dies on mesoscale and microscale. The users of aviation meteorological information (diagnoses and forecasts) expect high accuracy of this information in order to make the complete aviation system as robust as possible because of the adverse meteorological conditions.

In the whole world, aviation meteorological service is founded according to the defined standards published in Annex 3 of Convention on International Civil Aviation which is made under cooperation between International Civil Aviation Organization (ICAO) and World Meteorological Organization (WMO).

Aeronautical meteorology in the Republic of Croatia

The Aviation Meteorological Service (AMS) in the Republic of Croatia started to develop after the Second World War, first in a period from 1959 till 1973 under the State Hydrometeorological Service, then from 1973 till 1987 under the Federal Hydrometeorological Service and from 1987 till 1991 under the Federal Air Traffic Control Administration. Since 9th December 1991, the AMS has been operating under the Croatian Air Traffic Control Administration which was the part of the Ministry of Maritime Affairs, Traffic and Communications. Since the 1st January 2000, AMS has been a part of Croatian Control Ltd (CCL).

Meteorological observations for the needs of military aviation began during the Second World War on the locations Zagreb-Lučko, Daruvar, Šibenik and Lastovo. Sometimes there were also pilot balloon measurements. After the break down of Italy and for the need of military aviation of the Independent State of Croatia, on 1st November 1943 the meteorological station in Zadar was established and it was later transferred to Zemunik. At the end of the Second World War, Zagreb Airport with the military meteorological station was situated in Lučko. Later on it was moved to Pleso, where since 1959 the Prognostic Aviation Service

savezničkog bombardiranja Zadra premještena u Zemunik. Po svršetku rata zagrebačka zračna luka s vojnom meteorološkom postajom najprije je bila u Lučkom, a kasnije se preselila na Pleso, gdje od 1959. godine pored motriteljske djeluje i prognoistička služba za zrakoplovstvo.

Danas je ZMS jedan od sektora HKZP-a d.o.o, koji je stručno odgovoran za meteorološka motrenja i prognoze za zrakoplovstvo te za poštivanje međunarodnih standarda u radu službe. Sve zemlje članice ICAO-a i WMO-a dužne su poštivati objavljene standarde jer su se na to obvezale potpisom konvencija s tih dviju specijalnih agencija Ujedinjenih naroda.

ZMS funkcionira kao motriteljska služba na devet međunarodnih aerodroma u Hrvatskoj: Zagreb, Pula, Rijeka, Zadar, Split, Dubrovnik, Osijek, Brač i Lošinj. Objedinjena prognostička služba pokriva svih devet aerodroma i poslove Ureda meteorološkog bdijenja (Meteorological Watch Office) te radi 24 sata dnevno.

Kako bi međunarodni standardi i preporuke bili poštivani u svim aspektima, ZMS treba pored definirane meteorološke tehnološke i komunikacijske infrastrukture definirati i provoditi standarde za osoblje koje obavlja meteorološko osiguranje zračne plovidbe.

Zbog velikog udjela meteorologije u sigurnosti zračnog prometa te zahtjeva da osoblje koje obavlja poslove motrenja i prognoziranja za zrakoplovstvo ima adekvatno znanje, vještine i sposobnosti, postoji sustav dozvola za rad u sklopu kojeg se stalno prati stručnosti.

Brzi razvoj atmosferske znanosti u području mezoskalne meteorologije i vrlo kratkoročnog prognoziranja uvjetuje stvaranje ciljano obučenog osoblja koje je sposobno pratiti ta dostignuća i primjenjivati ih u operativnoj zrakoplovnoj meteorologiji. Ti su razlozi uvelike diktirali ustroj ZMS-a u Hrvatskoj, koja pored operativne komponente ima i razvojnu komponentu sačinjenu od stručnjaka i instruktora za pojedina područja zrakoplovne meteorologije.

Za sve kategorije zrakoplovnog meteorološkog osoblja načinjen je program znanja i vještina nužnih za obavljanje specijalističkih i operativnih poslova. Znanja i vještine stječu se i osvježavaju na raznim tečajevima i seminarima koji se organiziraju u HKZP-u. S obzirom na stalne promjene u razvoju znanosti i tehnologije potrebno programe neprestano prilagođavati novim spoznajama.

Kako bi učinci na ključne pokazatelje performansi u zrakoplovstvu (sigurnost, kapacitet, oko-

has been operating alongside the Observational Service.

Today, the AMS is one of the divisions of Croatian Control Ltd, which is professionally responsible for meteorological observations and forecasts for aviation and for meeting the international standards in daily operational work. All the countries members of ICAO and WMO must satisfy the proclaimed standards, because they made themselves liable to that by signing the conventions of these two special agencies of the United Nations.

The observational part of the AMS operates at nine international airports in Croatia: Zagreb, Pula, Rijeka, Zadar, Split, Dubrovnik, Osijek, Lošinj and Brač. Conjoint prognostic part serves all of nine international airports and work of Meteorological Watch Office (MWO) 24 hours per day.

Beside the meteorological technological and communication infrastructure, it is also necessary to satisfy the standards for the staff providing meteorological service for international civil aviation. Because of the important participation of meteorology in safety of international civil aviation, it is necessary for the staff working on observations and forecasts for aviation to have adequate knowledge, skills and capabilities which are licensed and continuously checked under the competency scheme.

Rapid development of the atmospheric science, especially in the area of mesoscale meteorology and nowcasting, necessitates to have educated staff to keep up with these developments and apply them in operational aeronautical meteorology. These are the reasons that have dictated the organization of the AMS in Croatia, which beside the operational component also has the research and development component consisting of the specialists and instructors for particular areas of aeronautical meteorology.

The program containing the knowledge and skills necessary for performing operational and specialized jobs has been created for all the categories of the aeronautical meteorological staff. Knowledge and skills are being refreshed through various courses and seminars organized in CCL. With respect to constant changes in the development of science and technology, the program is subject to continuous adaptation.

In order to create positive effects on key performance indicators in aviation (safety, capacity, environmental and economic efficiency), in addition to the unquestionable expertise and training of

liš i ekonomska učinkovitost) bili pozitivni, pored neupitne stručnosti i treninga meteorološkog osoblja potrebna je i primjerena obučenost drugog zrakoplovnog osoblja, kao što su piloti, kontrolori leta, aerodromske službe, dispečeri leta itd. Odgovornost za kreiranje programa i provođenje obuke iz područja zrakoplovne meteorologije svih kategorija zrakoplovnog osoblja imaju stručnjaci ZMS-a i ta aktivnost u Republici Hrvatskoj sustavno se provodi od 1991. godine.

Zaključak

Meteorološke pojave koje utječu na zrakoplovne operacije svakodnevno su u cijelom svijetu od početka zrakoplovstva morali detektirati i prognozirati zrakoplovni meteorolozi. Njihov rad i rezultati bili su ograničeni u prvom redu zbog nedostatka znanja osnovnih mehanizama koji su odgovorni za stvaranje opasnih meteoroloških pojava, stoga je i razumljivo da su korisnici u zrakoplovstvu često bili nezadovoljni.

Zrakoplovstvo od meteorologije očekuje vrlo precizne i točne prognoze koje omogućavaju odvijanje zračnog prometa prema planiranim rutama uz minimalna kašnjenja i poremećaj prometa zbog nepredviđenih meteoroloških uvjeta. Zbog toga je nužno da sva nova saznanja o atmosferskim pojavama, pogotovo male vremenske i prostorne skale, budu što prije prenesena iz domene znanosti u domenu operativne prakse u zrakoplovnoj meteorologiji jer samo takav pristup može donijeti rezultate u zadovoljavanju potreba zrakoplovne zajednice.

3.1.5. Primijenjena meteorologija

Vrijeme i klima sveprisutni su u našem svakidašnjem životu. Gotovo je nemoguće izdvojiti područje ljudske djelatnosti koje nije izloženo atmosferskom utjecaju. Upravo stoga je izrada studija, elaborata i ekspertiza za potrebe neke gospodarske i društvene aktivnosti jedna od mnogobrojnih djelatnosti Državnog hidrometeorološkog zavoda.

Zahtjevi korisnika različitih struka i gospodarskih područja su u velikoj mjeri poticali razvoj i unapređenje primijenjene meteorologije. Njihovom zaslugom su se otvarala nova područja primjene meteoroloških podataka i pokrenuta su brojna stručna i znanstvena istraživanja.

Analiza i primjena meteoroloških informacija za potrebe planiranja, projektiranja, izgradnje, održavanja i nadzora gospodarskih i infrastruk-

meteorological personnel, there is requirement for appropriate training of other aviation personnel, such as pilots, air traffic controllers, airport services, flight dispatchers etc. The responsibility for creating and implementing training programs for all categories of aviation personnel in the field of aeronautical meteorology is in domain of the AMS experts and such activity in the Republic of Croatia has been ongoing since the 1991

Conclusion

Since the beginning of aviation, meteorologists have had to detect and predict meteorological phenomena that affect aeronautical operations on a daily basis and throughout the world. Their work and the results of their work have been limited primarily due to lack of knowledge of the basic mechanisms that are responsible for the formation of dangerous meteorological phenomena and it is therefore understandable that the aviation community was often dissatisfied.

Aviation community expects very precise and accurate forecasts from meteorology to ensure air traffic in accordance to the planned routes with minimal delays and disruption due to unforeseen weather conditions. It is therefore necessary that all of new knowledge on atmospheric phenomena, especially phenomena limited by small temporal and spatial scales, is moved from the domain of science to the field of operational practice in the aeronautical meteorology as soon as possible. Only such approach can bring results in satisfying the needs of the aviation community.

3.1.5 Applied meteorology

Weather and climate are ever-present in our daily lives. It is almost impossible to find an area of social activity that is not exposed to the influence of the atmosphere. For that reason, producing studies, reports and expertise to satisfy the needs of a specific economic or human activity is just one of the numerous activities the Meteorological and Hydrological Service performs.

Development and improvement of applied meteorology have been greatly affected by demands made by users from different sectors. Thanks to them, new areas where meteorological data can be applied have been developed and numerous expert and scientific studies have been initiated.

Analysis and application of meteorological data for the purpose of planning, designing, building,

turnih sustava te i svih drugih djelatnosti koje su ovisne ili uvjetovane meteorološkim, klimatskim i hidrološkim uvjetima je vrlo složen zadatak. Jedan od osnovnih preduvjeta za kvalitetno rješavanje tog zadatka je kvalitetan meteorološki podatak proizišao iz dobro dimenzionirane i opremljene mreže meteoroloških postaja (uključujući njeno redovito održavanje i unapređivanje) i specijalnih mjerenja.

U proteklih polja stoljeća izrađeno je 850 studija i elaborata koji su rezultat vlastitih istraživanja, suradnje i pomoći investitora, primjene stručnih i tehničkih priručnika te preporuka koje se razmjenjuju kroz sustav Svjetske meteorološke organizacije. Dinamika njihove izrade je u najvećoj mjeri u korelaciji s gospodarskim razvitkom (slika 3.25.). U razdoblju od 2002. do danas broj zahtjeva korisnika za izradom studija i elaborata ustalio se na prosječnim 40 godišnje. Pri tom su najzastupljenije gospodarske djelatnosti: graditeljstvo, energetika, zaštita okoliša i promet (slika 3.26.).

Prostorno planiranje, urbanizam i graditeljstvo

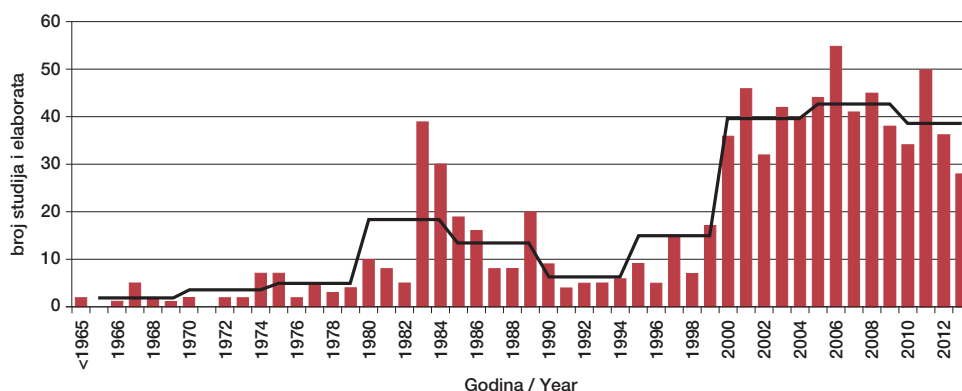
Uzimanje u obzir meteoroloških parametara pri donošenju odluka o planiranju razvoja grada ili novih naselja doprinosi kvalitetnijoj i ekonomski opravdanoj gradnji. Za potrebe prostornih planera izrađuju se klimatske klasifikacije prostora na temelju specifičnih meteoroloških parametara koji daju odgovor na pitanje odgovara li neki prostor s obzirom na meteorološke uvjete nekoj specifičnoj namjeni (urbana naselja, ener-

maintaining and supervising of economic and infrastructure systems; and all other activities dependant on or affected by meteorological, climate and hydrological conditions, is a very complex task. In order to successfully tackle this task, it is necessary to have quality meteorological data, obtained from a well-designed and well-equipped weather station network (including its regular maintenance and improvement) and special measurements.

As a result of own research, cooperation and help of investors, application of expert and technical handbooks as well as recommendations exchanged through the World Meteorological Organization system, there have been over 850 studies and reports produced in the past half century. The speed at which they are produced correlates mainly with the economic development (Figure 3.25). In the period from 2002 to nowadays, the number of requests for studies and reports revolves around 40 per year. Most studies and reports have been produced for economic activities such as civil engineering, energy industry, environmental protection and transport (Figure 3.26).

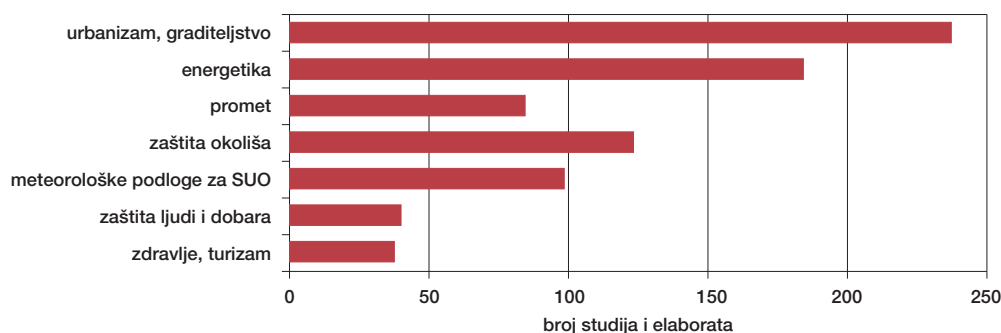
Physical planning, urbanism and civil engineering

Taking meteorological parameters into consideration when making decisions on the urban or new settlements development contributes to economically justified constructions of a higher quality. Climate classification of an area, based on specific meteorological parameters, which gives answers to whether an area, considering its meteorological



Slika 3.25. Prikaz broja studija i elaborata izrađenih u razdoblju 1958.-2013. godina. Punom linijom prikazani su petogodišnji srednjaci

Figure 3.25 Number of studies and reports made in the period 1958-2013. Five-year averages are shown by the full line



Slika 3.26. Pregled broja studija i elaborata po područjima primjene

Figure 3.26 Number of studies and reports by fields of application

getski objekti, turizam itd.). Za te potrebe meteorološke podloge sadrže analizu strujnog režima, termičkih razlika, temperaturnih ekstrema, maksimalnih brzina vjetra, trajanja oborine, vjerojatnost pojave oborine, intenziteta i trajanja pojave magle, opterećenja od snijega i vjetra, relativne vlažnosti zraka i sl. Njihov cilj je stvaranje podloga za zaštitu prirodnih karakteristika nekog prostora te planiranje gospodarskih aktivnosti.

Prva cjelovita meteorološka podloga za potrebe prostornog planiranja izrađena je 1968. godine za regiju južnog Jadrana. Tek 12 godina poslije sličan zahtjev postavljen je i realiziran za područje Osijeka, a zatim je uslijedilo nekoliko zahtjeva: za šire područje Bjelovara (1983.), park prirode Velebit (1987.), općinu Rijeka, Pleso, Veliku Goricu, Senj (1993.), Lastovsko otočje (1994.), Varaždinsku županiju (1995.), grad Rijeku (2002.), grad Bjelovar (2002.), Poreč (2003.), park prirode Medvednica (2003.), sportski centar Platak (2008.).

Na području Nacionalnog parka Plitvice proizvodila su se osamdesetih godina (1980.-1989.) klasična i automatska meteorološka mjerenja te praćenje kvalitete zraka i voda (tablica 3.1.). U okviru meteoroloških studija, u razdoblju od 5 godina izrađivane su analize klimatskih prilika s ciljem stvaranja podloge za planiranje gospodarskih aktivnosti i zaštitu prirodnih karakteristika prostora.

Grad Zagreb je shvativši važnost klimatskih promjena 2013. godine bio prvi grad koji je zatražio izradu meteorološke podloge za Plan prilagodbe klimatskim promjenama.

U okviru vodnogospodarske osnove grada Zagreba izrađena je meteorološka podloga 1980. godine, a 10 godina poslije nadopunjena je novijim

conditions, is suitable for a specific purpose (urban area, power station, tourism, etc.), is made for the use of spatial planners. For that purpose, meteorological study contain analysis of wind regime, thermal differences, temperature extremes, maximum wind speeds, precipitation duration, probability of precipitation, intensity and duration of fog, snow and wind load, relative humidity, etc. These studies aim at creating basis for protecting natural characteristics of an area and planning of economic activities.

The first complete meteorological study for the purpose of physical planning was made in 1968 for the South Adriatic region. A similar request was made and realized for Osijek region 12 years later, after which other requests followed: for broader Bjelovar area (1983), Velebit Nature Park (1987), Rijeka municipality, Pleso, Velika Gorica, Senj (1993), Lastovo islands (1994), Varaždin County (1995), City of Rijeka (2002), City of Bjelovar (2002), Poreč (2003), Medvednica Nature Park (2003), Platak sport centre (2008).

In the 1980's (1980-1989), automatic meteorological measurements as well as air and water quality monitoring were conducted on the territory of the Plitvice Lakes National Park (Table 3.1). As part of meteorological studies, analysis of climate conditions for the purpose of creating a basis for planning of economic activities and protecting natural characteristics of the area was made over a period of 5 years.

Realizing the importance of climate change, in 2013 the City of Zagreb requested a meteorological study for the purpose of creating a Plan of adaptation to climate change.

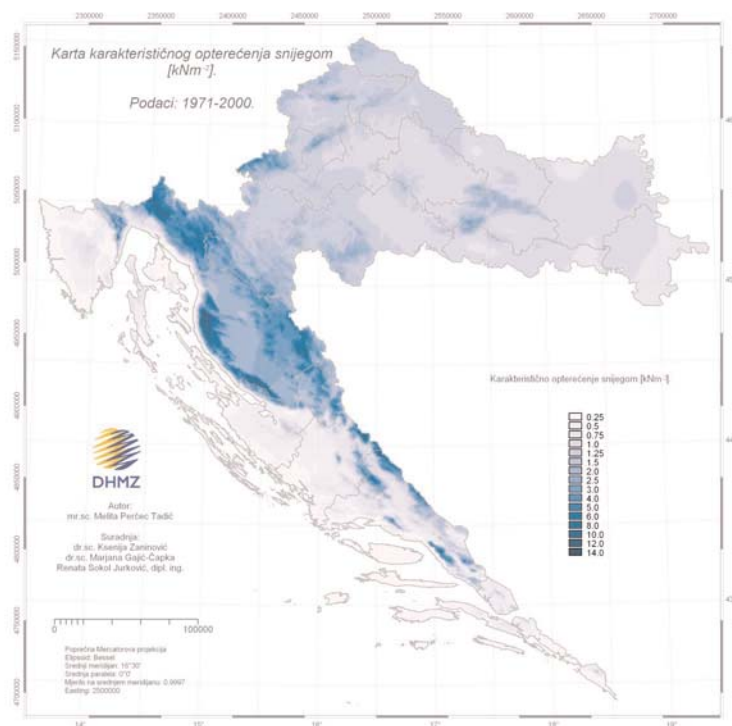
In 1980, a meteorological study was produced as part of the Water Management Strategy of the

podacima. Meteorološka podloga za vodnogospodarsku osnovu čitave Hrvatske izrađena je 2002. godine.

Za one lokacije gradnje i građevinske objekte gdje vrijeme može imati znatan utjecaj na sigurnost samog objekta i njegovog korištenja izrađuju se klimatološke podloge koje ukazuju na prevladavajuće vremenske uvjete i identificiraju svaki postojeći rizik za pojavu ekstremnih vremenskih prilika koje mogu dovesti u opasnost proces izgradnje i korištenja građevinskog objekta. Opasni meteorološki parametri za sigurnost gradnje su jak vjetar, visok snijeg, zaleđivanje i tuča, pa je vjerojatnost njihova pojavljivanja vrlo važna pri projektiranju. U primijenjenoj klimatologiji, naročito za potrebe projektiranja objekata s dužim vijekom trajanja, od interesa su događaji koji se rijetko pojavljuju. Minimalne i maksimalne temperature zraka za povratno razdoblje 50 godina, maksimalne brzine vjetra za povratno razdoblje 50 godina i karakteristično opterećenje snijegom važni su dijelovi tehničke regulative koja se odnosi na djelovanje meteoroloških uvjeta na građevine. Procjene ekstremnih vrijednosti osnova su

City of Zagreb, and it was updated 10 years later. A meteorological study for the Water Management Strategy of Croatia was realised in 2002.

Climatological studies, indicating prevailing weather conditions and identifying all possible risks of extreme weather conditions which may endanger both the process of building and the usage of buildings, are produced for construction sites and structures where the weather may have a significant impact on the safety of the building and its use. Meteorological parameters considered dangerous in the process of building are high wind speed, deep snow, icing and hail, so the probability of such conditions should be taken very seriously when designing buildings. In applied meteorology, especially in designing buildings with longer lifetime, weather phenomena happening rarely are of special interest. Minimum and maximum air temperatures for a 50-year return period, maximum wind speeds for a 50-year return period and a characteristic snow load are all important parts of technical regulations pertaining to the influence of weather conditions on buildings. Mapping of the



Slika 3.27. Maksimalno godišnje opterećenje snijegom za povratno razdoblje 50 godina (tzv. karakteristično opterećenje) za područje Republike Hrvatske

Figure 3.27 Maximum annual snow load for a 50-year return period (so called characteristic snow load) for the territory of the Republic of Croatia

za kartiranje tih parametara, a prikazane karte (slike 3.27. i 3.28.) dio su ili osnova za izradu nacionalnih dodataka u normama koje izdaje Hrvatski zavod za norme (Djelovanja vjetra: HRN EN 1991-1-4:2012 /NA:2012; Opterećenja snijegom: HRN EN 1991-1-3:2012/NA:2012; Toplinska djelovanja: HRN EN 1991-1-5:2012/NA:2012).

Za potrebe zaštite od djelovanja munje na građevinama izrađena je izokeraunička karta srednjeg godišnjeg broja dana s grmljavinom i/ili grmljenjem u razdoblju 1971.-2000.

Izrađene su mnogobrojne studije i elaborati koji sadrže prikaze relevantnih klimatskih parametara za potrebe planiranja, projektiranja, izgradnje i/ili održavanja različitih građevinskih objekata, te služe kao meteorološka podloga za izradu studije utjecaja tih objekata na okoliš:

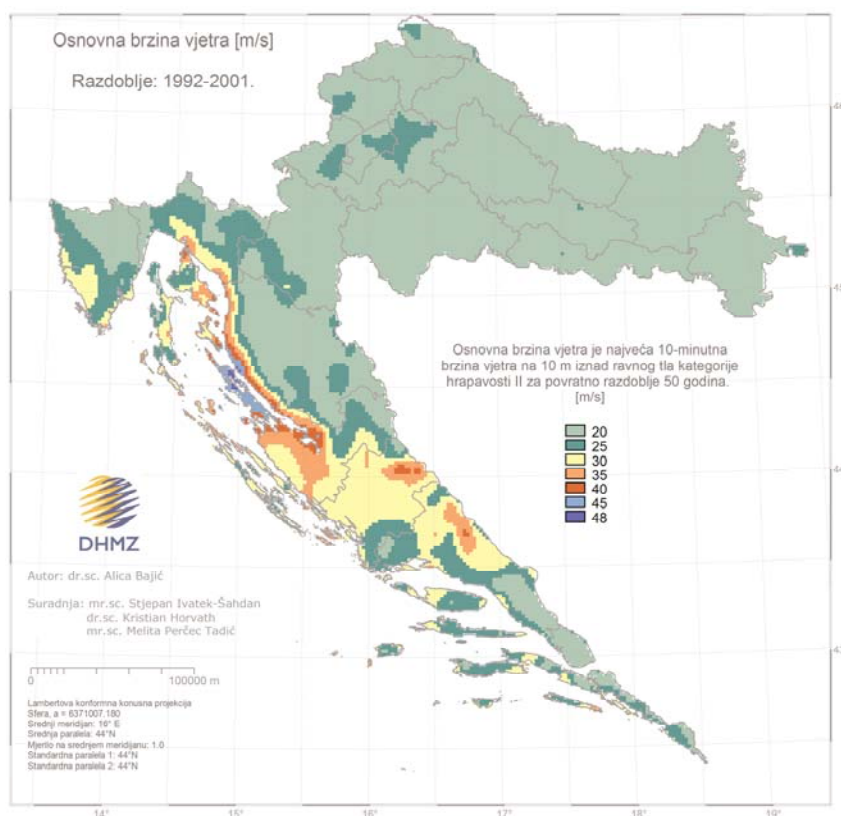
- sustava odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda gdje najveću važnost ima analiza intenziteta kratkotrajnih oborina (85 elaborata), (slika 3.29.)
- luka i marina s detaljnom analizom klime vjetra (60 elaborata),

parameters is based on assessments of extreme values, and the maps (Figures 3.27 and 3.28) are essential for creating national annexes for the Standards issued by the Croatian Standards Institute (Wind load: HRN EN 1991-1-4:2012/NA:2012; Snow loads: HRN EN 1991-1-3:2012/NA:2012; Thermal action: HRN EN 1991-1-5:2012/NA:2012).

For the purpose of protecting buildings from lightning, an isokeraunic map with average annual number of days with lightning and/or thunder was made for the period 1971-2000.

Numerous studies and reports containing charts of relevant climate parameters have been produced for the purpose of planning, designing, building and/or maintaining different building structures, and they serve as a meteorological basis for studies on the buildings' environmental impact:

- drainage system and purification of wastewater, where analysis of short term precipitation is extremely important (85 reports), (Figure 3.29)
- harbours and marinas with a detailed wind climate analysis (60 reports),



Slika 3.28. Osnovna brzina vjetra na području Republike Hrvatske

Figure 3.28 Basic wind speed on the territory of the Republic of Croatia

- vjetroelektrana (24 elaborata),
- odlagališta otpada (17 elaborata),
- dalekovoda (15 elaborata),
- retencija, crpilišta vode i akumulacija (7 elaborata).

Izgradnja novih i proširenje postojećih zračnih luka bili su povod za izradu analiza klimatskih prilika na lokacijama zračnih luka Zagreb-Pleso, Rijeka na otoku Krku, Osijek, Vis, Imotski, Rab, Dubrovnik, Korčula, Lošinj, Lastovo, Hvar, Šestanovac, Pokrovnik i Stankovci.

Analiza posebno uspostavljenih automatskih meteoroloških mjerenja na lokaciji Remetinec (1979.-1984.) činila je osnovu meteoroloških podloga izrađenih za potrebe izgradnje nove kliničke bolnice Novi Zagreb.

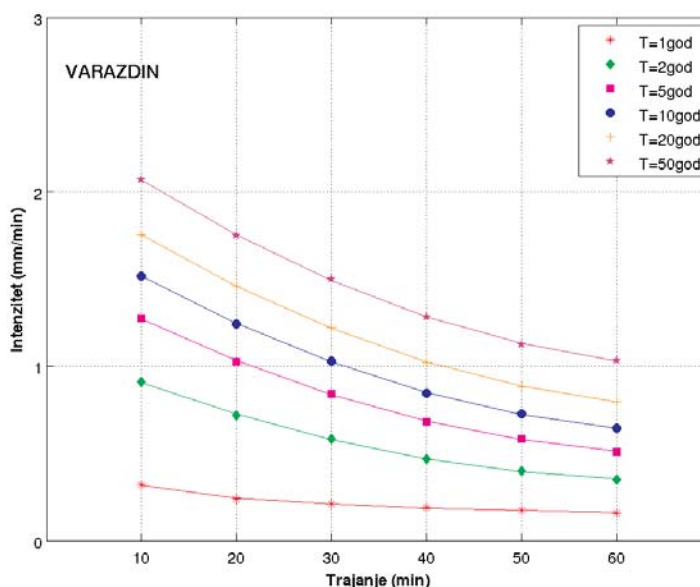
Izrađen je niz elaborata i studija koje sadrže prikaze značajnih klimatskih parametara (najčešće razdiobe smjera i brzine vjetra, očekivanih ekstremnih brzina vjetra, visine snježnog pokrivača, zaleđivanja) za potrebe planiranja i projektiranja prometnica i objekata na njima: tunel Učka (1972.), željeznička pruga Zagreb-Karlovac-Rijeka (1980.), željezničko čvorište Rijeka (1983.), riječka zaobilaznica (1984.), dubrovački most (1988.), jadranska magistrala Starigrad kod Senja (1989.), jadranska cesta Novi Vinodolski-Maslenica (1989.), most Rječina (1990.), dionica poluautoceste od Vrbovskog do Bosiljeva i od Krapine do Macelja (1997.), tunel Sveti Rok (1997.),

- wind power plants (24 reports),
- waste landfills (17 reports),
- power lines (15 reports),
- water retention, water wells and water accumulation (7 reports).

Construction of new airports and extensions of the existing ones initiated a number of analyses of climate conditions on the locations of the following airports: Zagreb-Pleso, Rijeka (on the island of Krk), Osijek, Vis, Imotski, Rab, Dubrovnik, Korčula, Lošinj, Lastovo, Hvar, Šestanovac, Pokrovnik and Stankovci.

An analysis of the specifically set up automatic meteorological measurements at the location of Remetinec (1979-1984) was used as the input for meteorological study for the needs of construction of the new clinical hospital Novi Zagreb.

Numerous reports and studies, containing analysis of important climatic parameters (wind speed and direction frequency distributions, expected wind speed extremes, snow cover thickness, icing) were made for the purpose of planning and designing roads and road infrastructures: the Učka tunnel (1972), railroad Zagreb-Karlovac-Rijeka (1980), Rijeka railway junction (1983), Rijeka bypass (1984), Dubrovnik bridge (1988), Adriatic highway from Starigrad to Senj (1989), Adriatic road Novi Vinodolski-Maslenica (1989), the Rječina bridge (1990), sections of the semi-highways from



Slika 3.29. ITP (intenzitet-trajanje-povratno razdoblje) krivulje

Figure 3.29 ITP (intensity-duration-return period) curves

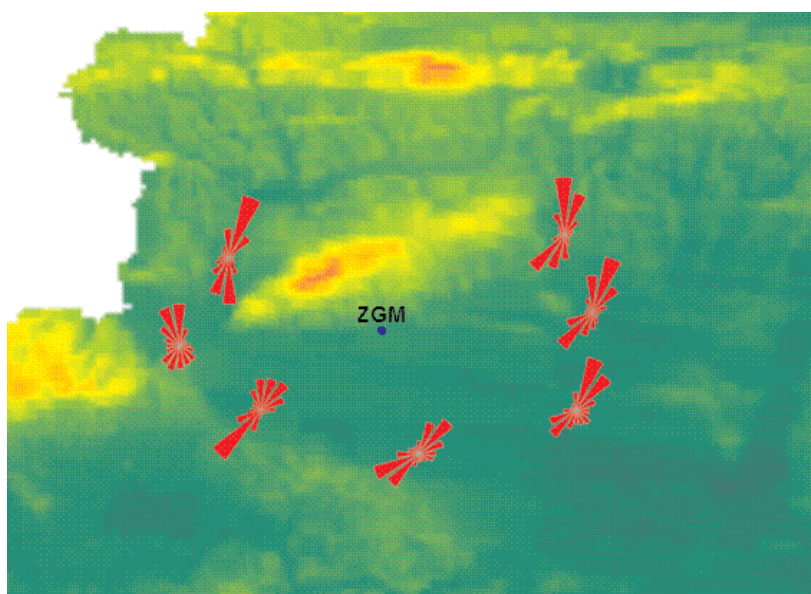
zaštita od buke na autocesti Zagreb-Goričan (1998.) i Zagreb-Lipovac (1999.), dionica prometnice Bosiljevo-Josipdol (1999.), cesta Dubovica-Sv. Nedjelja na otoku Hvaru (2002.), most kopno-otok Čiovo (2002.), dionice autoceste A1 tunel Sv. Rok- Posedarje (2002.), Pirovac-Vrpolje (2004.), Vrpolje-Dugopolje (2004.), Split-Zagvozd-Ploče (2004.), čvor Metković-čvor Pelješac (2009.), dionica željezničke pruge Perušić-Gospić-Gračac (2004.), most kopno - poluotok Pelješac (2004. i 2007.), tunel kroz Medvednicu (2005.), zaštita od buke na riječkoj zaobilaznici (2005.), centri za održavanje i kontrolu prometa Osijek i Đakovo (2006.), Krk (2005.), most preko Cetine kod Omiša (2006.), dionica ceste Zagvozd-Baška Voda (2008.), zagrebačka zaobilaznica Ivanić Grad-Zelina i Pojatno-Horvati (2011.), (slika 3.30.).

Analizirane su ekstremne i prosječne vremenske prilike za potrebe projektiranja niza elektroenergetskih objekata, kao što su termoelektrane Plomin (1978.), Sisak (1970.), Slavonski Brod (1977.), Lukovo Šugarje (1997.), Obrovac (1997.), Jertovec (1997., 2000.), Zagreb (1999.), Vukovar (2008.), Bravar (2013.), Osijek (2013.) i nuklearne elektrane Prevlaka (1982.-1985.), Vir (1980.) i Slavonija (1981) za potrebe kojih su uspostavljena automatska meteorološka mjerenja u Oborovu, Viru i Dalju (tablica 3.1.)

U procesu planiranja i provedbe gradnje i održavanja građevinskih objekata od velikog je zna-

Vrbovsko to Bosiljevo and from Krapina to Macelj (1997), Sveti Rok Tunnel (1997), noise barriers on Zagreb-Goričan (1998) and Zagreb-Lipovac highways (1999), section of the Bosiljevo-Josipdol road (1999), Dubovica-Sv.Nedjelja road on the island of Hvar (2002), mainland-Čiovo island bridge (2002), sections of A1 highway: Sv.Rok tunnel-Posedarje (2002), Pirovac-Vrpolje (2004), Vrpolje-Dugopolje (2004), Split-Zagvozd-Ploče (2004), junction Metković-junction Pelješac (2009), sections of Perušić-Gospić-Gračac railroad (2004), mainland-Pelješac peninsula bridge (2004 and 2007), tunnel through Medvednica mountain (2005), noise barriers on Rijeka bypass (2005), traffic maintenance and control centres Osijek and -akovo (2006) and Krk (2005), bridge over the Cetina near Omiš (2006), section of Zagvozd-Baška Voda road (2008), Zagreb bypass Ivanić Grad - Zelina and Pojatno-Horvati (2011), (Figure 3.30).

Extreme and average weather conditions were analysed for the purpose of designing a number of electric power system structures, such as thermal power plants Plomin (1978), Sisak (1970), Slavonski Brod (1977), Lukovo Šugarje (1997), Obrovac (1997), Jertovec (1997, 2000), Zagreb (1999), Vukovar (2008), Bravar (2013), Osijek (2013) and the nuclear power plants Prevlaka (1982-1985), Vir (1980) and Slavonija (1981). In order to collect relevant data, automatic meteorological measurements were set up in Oborovo, Vir and Dalj (Table 3.1).



Slika 3.30. Ruže vjetra na trasi planirane južne obilaznice oko Zagreba

Figure 3.30 Wind roses along the planned route of the southern part of Zagreb bypass

čaja i prognoza vremenskih prilika. Naime, zastoju u izgradnji uzrokovan nepovoljnim vremenskim uvjetima može dovesti do znatnog kašnjenja u provedbi projekta gradnje i procesa održavanja, a time i do ekonomskih šteta.

Pri projektiranju građevinskih objekata izuzetno je važno je da se meteorološki podaci ne podcjenjuju jer to može kasnije dovesti do velikih šteta, pa i gubitaka ljudskih života. Nekorištenje ili neodgovarajuće korištenje meteoroloških podataka pri projektiranju i gradnji određenih objekata dovodi ponekad do pogrešnih rješenja. Najštetniji primjeri neuvažavanja rezultata meteoroloških studija izgradnja su zrakoplovne piste na otoku Krku, koja je izložena bočnim udarima vjetra kao i položaj Masleničkog mosta koji je također izložen jakim udarima vjetra.

Energetika

Meteorološki podaci vrlo su važni (u primjeni meteorologije) za potrebe energetskog sektora, osobito u novije vrijeme kada je Planom energetskog razvika Republike Hrvatske predviđen znatan porast udjela proizvodnje energije od obnovljivih izvora u ukupnoj proizvodnji. Izdajamo osnovna područja primjene meteoroloških podataka u razvoju i upravljanju elektroenergetskim sustavom.

Planiranje energetskog razvoja Hrvatske (energetska strategija)

S obzirom na sve manju naklonost javnosti prema izvorima energije klasičnog tipa i nuklearnim elektranama već su 80-ih godina prošlog stoljeća započela istraživanja mogućnosti korištenja obnovljivih izvora energije kao što su Sunce, vjetar i voda. U suradnji s tadašnjom Elektrodalmacijom iz Splita u razdoblju 1981.-1986. godine analizirani su meteorološki parametri potrebni za iskorištavanje energije Sunca. Prva analiza energetskog potencijala vjetra na području Hrvatske datira iz 1982. i 1989. godine, a na temelju novijih podataka mjerenja izrađena je 1997. godine Meteorološka podloga za moguću proizvodnju električne energije iz energije vjetra na odabranim makrolokacijama (slika 3.31. i 3.32.).

Meteorološke podloge za nacionalne energetske programe MAHE (male hidroelektrane), SUNEN (energija Sunca), ENWIND (energija vjetra) i KUEN zgrada izrađene su 1998. godine.

Novija analiza meteoroloških podataka za studiju *Sunčevo zračenje na području RH* izrađena je

Weather forecasts are very important in the process of planning, constructing and maintaining structures. A delay in construction, caused by unfavourable weather conditions, may cause significant delays in completion of the construction project and maintenance process, as well as cause financial losses.

It is of utmost importance not to underestimate meteorological data in designing structures as it may lead to serious financial damages as well as loss of human lives. Failing to use meteorological data or inappropriate use of the same in building design and construction of certain structures leads to inadequate solutions. The best example for that is the runway on the island of Krk, which is exposed to side winds (pointed out in the meteorological study), and the new location of the Maslenica bridge.

Energy sector

Meteorological data are very important in energy sector, especially nowadays when, according to the Energy Sector Development Strategy of the Republic of Croatia, the share of energy from renewable energy sources in the overall energy production in Croatia is about to increase significantly. There are several basic areas where meteorological data is applied in the development and management of the electrical energy system:

Planning of Croatian energy sector development (energy sector strategy)

Considering the public's increasingly diminishing support to traditional energy sources and nuclear power plants, research into the use of renewable energy sources, such as the solar energy, wind and water, started as early as the 1980's. In cooperation with former Elektrodalmacija from Split, meteorological parameters needed for exploitation of solar energy were analysed in the period from 1981 to 1986. The first analyses of wind energy potential on the territory of Croatia were made in 1982 and 1989, whereas in 1997, based on more recent measurement data, a meteorological study was produced for electric power production from wind energy in selected macrolocations (Figure 3.31 and 3.32).

In 1998, meteorological studies were produced for national energy programmes MAHE (small water power plants), SUNEN (solar energy), ENWIND (wind energy) and KUEN house.

2003. godine, a najobuhvatnija meteorološka podloga za procjenu energetskog potencijala vjetra u Hrvatskoj izrađena je 2009. godine.

Pri ocjeni energetskog potencijala obnovljivih izvora energije kao što su voda, vjetar i Sunce značajni udio ima poznavanje prostorne razdiobe meteoroloških elemenata kao što su količina oborine, globalno zračenje, broj sati sijanja Sunca, brzina vjetra. Kartografski prikazi ovih veličina sastavni su dio *Klimatskog atlasa Hrvatske* (Zaninović i sur., 2008.) i *Atlasa vjetra* (<http://mars.dhz.hr/web/index.htm>).

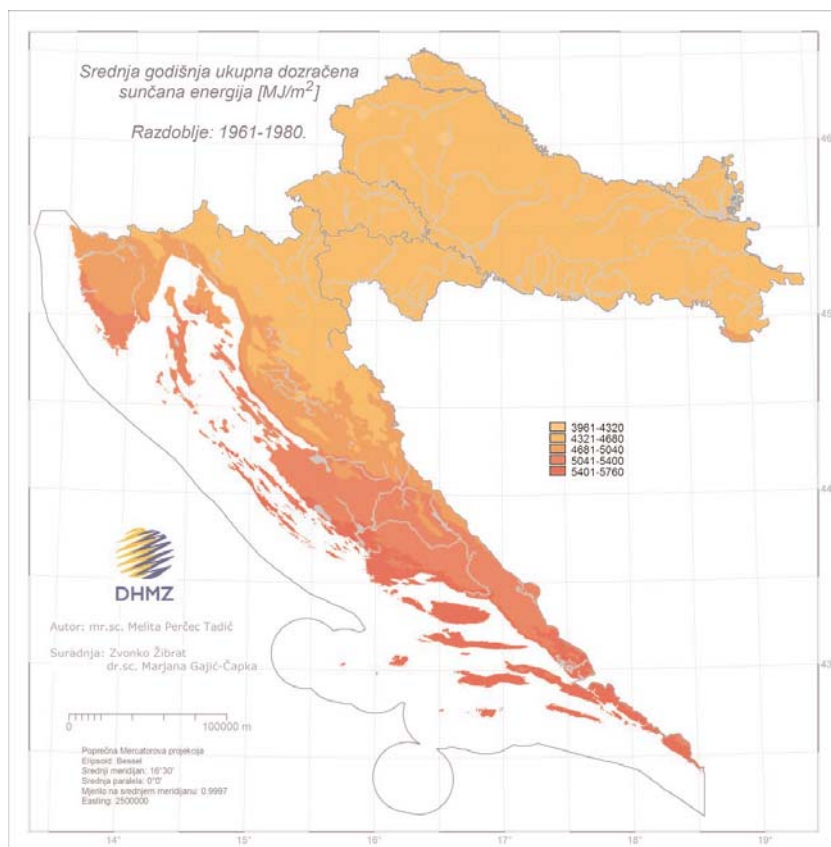
Potvrđene i očekivane klimatske promjene također utječu na potrošnju i proizvodnju energije i potrebno ih je uvažiti pri planiranju dugoročnog razvoja elektro-energetskog sustava. Tako je 2009.-2010. godine izrađena studija *Klimatske varijacije i promjene značajne za poslovanje Hrvatske elektroprivrede*.

Potrošnja energije na grijanje i hlađenje stambenih prostora ovisi o realnim potrebama koje su

A more recent analysis of meteorological data for the “Solar radiation on the territory of Croatia” study was made in 2003, and the most comprehensive meteorological basis for wind energy potential assessment in Croatia was produced in 2009.

When assessing energy potential of renewable energy sources such as water, wind and the Sun, understanding of spatial distribution of meteorological elements, such as precipitation amount, global radiation, number of hours of sunlight and wind speed, plays an important role. Cartographic presentations of the elements are a constituent part of both the Climate Atlas of Croatia (Zaninović et al., 2008; http://klima.hr/razno_e.php?id=news¶m=atlas_e) and the Wind Atlas (<http://mars.dhz.hr/web/index.htm>).

Confirmed and expected climate change has an impact on energy consumption as well as on production, and it is important to take that into account when planning long-term development of electric power systems. For that reason, the study “Impact



Slika 3.31. Srednja godišnja ukupna dozračena sunčana energija za razdoblje 1961.-1990. za područje Republike Hrvatske

Figure 3.31 Mean annual global solar irradiation for the territory of the Republic of Croatia

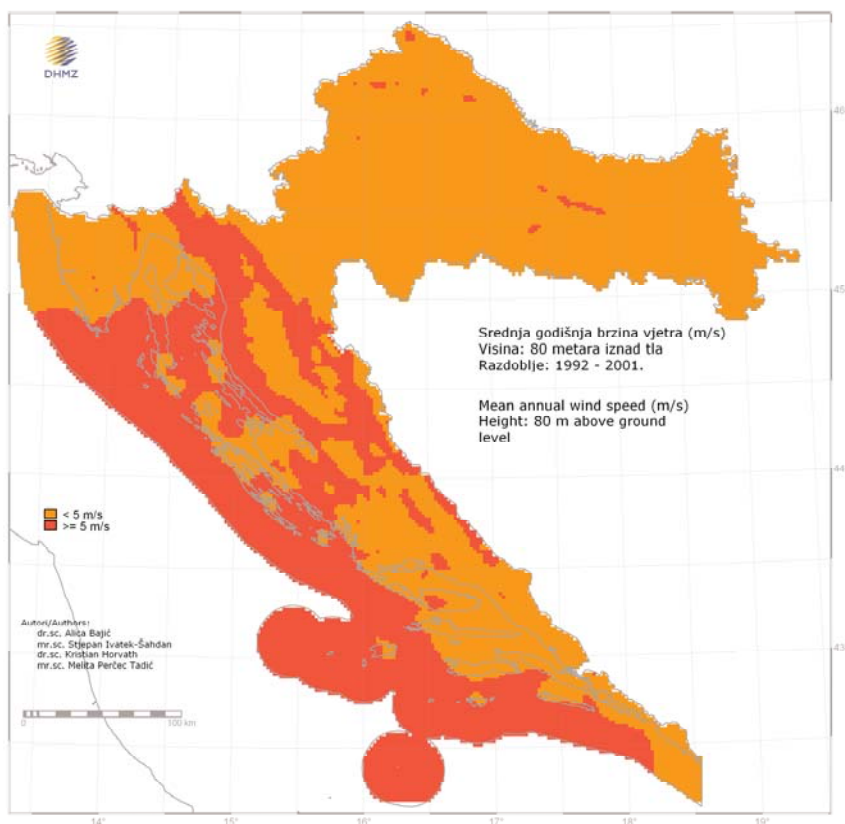
velikim dijelom povezane s meteorološkim uvjetima. Oduvijek je zaštita od hladnoće bila prioritet u odnosu na zaštitu od vrućine, pa je najprije za praktičnu primjenu započela izrada meteoroloških analiza i studija stupanj-dana grijanja i broja dana grijanja. Njihova je potražnja sve učestalija. Zadnjih godina, u vrijeme potvrđenog globalnog zagrijavanja, započela je izrada analiza i studija stupanj-dana hlađenja i broja dana hlađenja, čija potražnja također raste. U procesu procjene energetske efikasnosti u zgradarstvu koriste se i podaci o sunčevu zračenju, na primjer, kao što su satne vrijednosti svih potrebnih meteoroloških parametara definirane za tzv. reprezentativnu godinu (slika 3.33.).

Sve racionalniji pristup u gospodarenju energijom u zgradarstvu u Hrvatskoj podupire i ponuda novijih meteoroloških parametara izvedenih upravo za takve potrebe. Tako je 2004. godine izrađena meteorološka podloga za *Pravilnik o uštedi energije i toplinskoj zaštiti zgrade*, a 2013. godine je za potrebe Ministarstva graditeljstva i pros-

of Climate Variability and Change on Operations of Hrvatska elektroprivreda" was published in 2009-2010.

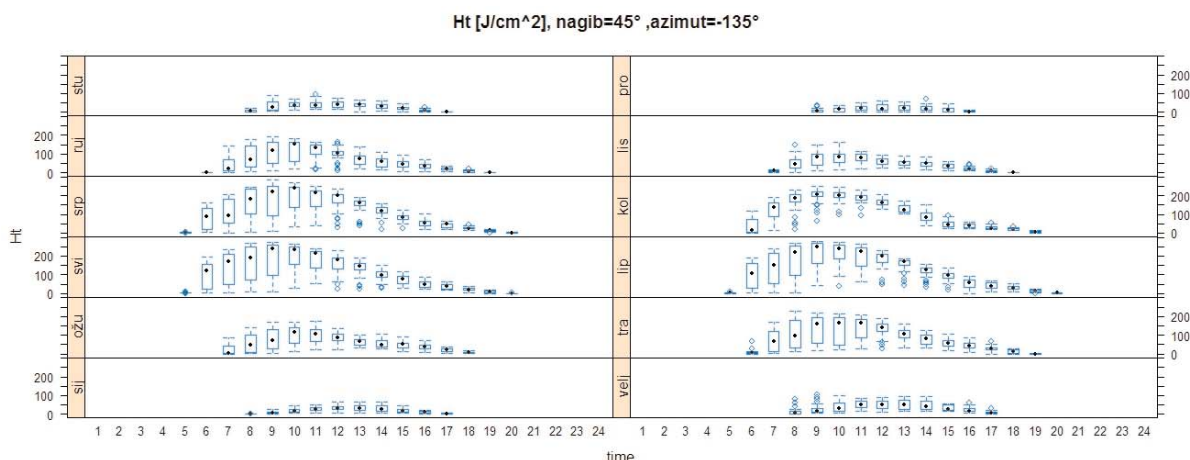
Energy consumption for heating and cooling of living spaces depends on realistic needs which mainly depend on meteorological conditions. Protection against cold has always been a priority in relation to protection against heat, so meteorological analysis and studies on heating degree-days and the number of heating days were first done for practical purposes. Demand for such analysis is growing. Recently, as global warming has been confirmed, analyses and studies on cooling degree-days and the number of cooling days were produced and there is a growing demand for them as well. In the process of assessing energy efficiency in buildings, data on solar radiation, such as hourly values of all necessary meteorological parameters defined for the so-called representative year, are used (Figure 3.33).

New meteorological parameters, created for such needs, support a more rational approach to



Slika 3.32. Područja sa srednjom godišnjom brzinom vjetra većom od 5 m/s na visini 80 m iznad tla

Figure 3.32 Areas with mean annual wind speed exceeding 5 m/s at 80 m above ground level



Slika 3.33. Dijagram pravokutnika satnog globalnog Sunčeva zračenja za pojedini mjesec reprezentativne godine. Zagreb Maksimir. Ploha: nagib 45°, orijentacija -135°, SI (sjevero-istok)

Figure 3.33 Box-plot diagram of hourly global solar radiation for a particular month of the representative year. Zagreb Maksimir. Surface: elevation angle 45°, orientation -135°, NE (North-East)

tornog uređenja izrađena baza klimatskih podataka potrebnih za proračun energetske svojstva zgrada.

Planiranje, izgradnja i korištenje proizvodnih i prijenosnih energetske objekata (regionalni razvoj)

Za potrebe planiranja, izgradnje i korištenja energetske objekata izrađuju se klimatološke podloge koje ukazuju na prevladavajuće vremenske uvjete i vjerojatnost za pojavu ekstremnih vremenskih prilika koje mogu dovesti u opasnost proces izgradnje i korištenja objekta. Meteorološke podloge čine i značajan dio studija utjecaja na okoliš svakog, pa tako i energetske objekta (opisano u prethodnom poglavlju).

Spomenute analize se velikim dijelom temelje na podacima meteoroloških mjerenja uspostavljenih za potrebe Hrvatske elektroprivrede. Tako su se u razdoblju od 1985. godine do danas proizvodila automatska meteorološka mjerenja na 9 lokacija na područjima trafostanica te postojećih i planiranih hidroelektrana (tablica 2.3.).

Glavni ulazni klimatološki element u hidrološkim proračunima za vodnoenergetske potrebe je oborina - količina, učestalost, trajanje (slika 3.34.). Prve analize oborinskog režima na područjima hidroelektrana izrađene su 1957. i 1967. godine. Već 1984. godine su za potrebe projekta *Katastar malih vodnih snaga SRH* izrađene karte

energy management in buildings. In 2004, a meteorological basis was produced for the Technical regulations about thermal energy savings and thermal protection of buildings, and in 2013, a climate database, necessary for calculating energy characteristics of buildings, was produced for the Ministry of Construction and Physical Planning.

Planning, building and use of production and transmission energy structures

Climatological studies, pointing at the prevailing weather conditions and the probability of severe weather phenomena which may endanger both the process of building as well as later usage of the structures, are created for the purpose of planning, building and use of energy structures. Meteorological analyses form a significant part of the environmental impact study of every structure, including energy structures (described in the previous chapter).

The aforementioned analyses are mostly based on data from meteorological measurements established for the needs of Hrvatska elektroprivreda. In the period from 1985 until now, automatic meteorological measurements have been conducted at 9 locations in the areas with existing or planned energy facilities (Table 2.3).

The main input climatological element in hydrologic calculations for hydropower needs is precipitation - amount, frequency, duration (Figure 3.34). The first analyses of the precipitation regime in the

izohijeta za 10-godišnje razdoblje za četiri slivna područja i Hrvatsku u cjelini te za Gorski kotar i Primorje. U okviru Studije uređenja zemljišta i otvorenih vodotoka za gornji dio vodnog područja slivova Drave i Dunava provedene je analiza odabranih oborinskih veličina (1986.), prikazane su opće vremenske prilike u slivu Drave na području planiranih VS Osijek i VS Donji Miholjac (1986.), obavljena su specijalna meteorološka mjerenja i usporedba s prosječnim klimatskim prilikama na području HE Lešće i VS Lučica (1989.), izrađena je meteorološka podloga za vodoprivrednu osnovu rijeke Orljave (1989.). Ocijenjen je klimatski potencijal šireg područja Podsuseda zbog planiranja vodnih stepenica Save (1996.), a za iste potrebe su 2010. analizirane klimatske prilike područja uz rijeku Savu kod Zagreba. Meteorološke prilike na lokaciji HE Višegrad analizirane su 1990. godine. Analiza oborinskog režima za potrebe rada hidroelektrana na gornjem slivu Drave izrađena je 2006., a klimatska analiza šireg područja Drežnice 2003. godine. Već više od 20 godina za redom izrađuju se analize oborine i ostalih meteoroloških parametara i uspoređivanje s prosječnim klimatskim prilikama na područjima HE Vinodol, HE Senj i slivova Krke, Cetine i Zrmanje. Analiza meteoroloških prilika na lokaciji HE Lešće - Gorinci za razdoblje 1987.-1999. izrađena je 2001. godine, a studija *Oborovo od uspostavljanja do ukidanja meteoroloških mjerenja* izrađena je 2002. godine.

Sve veći broj vjetroelektrana na području Republike Hrvatske doveo je do značajnog razvoja primjene meteorologije na tom području. Tako se meteorološki podaci primjenjuju pri:

- procjeni područja najpogodnijih za izgradnju vjetroelektrane (Mjesto i uloga obnovljivih izvora energije u Županiji Splitsko-dalmatinskoj - meteorološka podloga, 1999., 2001.; Odabir najpogodnije lokacije mjerenja iz odabranog skupa makrolokacija za potrebe analize prirodnog energetskog potencijala vjetra, 2001.; Meteorološka podloga za korištenje energije vjetra na području Novalje, 2002.; Karta srednje godišnje brzine vjetra na području Slavonije, 2003.; Analiza raspoloživog energetskog potencijala vjetra na odabranim makrolokacijama, 2005.; Meteorološka podloga za studiju isplativosti korištenja obnovljivih izvora energije na otoku Hvaru, 2005.; Ocjena energetskog potencijala vjetra na lokacijama Sinj i Dugobabe, 2008.; Procjena energetskog potencijala vjetra na lokacijama planiranih vje-

areas of hydro power plants were made in 1957 and 1967. In 1984, isohyet charts of a 10-year period of four river basins and Croatian territory as a whole, as well as of the mountainous and littoral Croatia (Gorski kotar and Primorje), were made as part of the project "Cadastre of small water power resources in the Socialist Republic of Croatia". As part of the "Study on land and open watercourses maintenance in the upper part of the Drava and Dunav river basins in Croatia", an analysis of selected precipitation quantities (1986) was conducted, general weather conditions in the Drava river basin at the locations of the planned WS Osijek and WS Donji Miholjac (1986) were presented, special meteorological measurements were conducted and compared to the average climate conditions in the areas of Lešće HPP and WS Lučica (1989), and a meteorological basis was produced for the Orljava River water management plan (1989). Climate potential of wider Podsused region was assessed for the needs of the planned building of water steps on the Sava River (1996). For the same reason, climate conditions in the area along the Sava River near Zagreb were analysed in 2010. Weather conditions at the Višegrad HPP in Bosnia were analysed in 1990. Precipitation regime was analysed in 2006 for the needs of hydro power plants in the upper part of the Drava river basin, and in 2003 a climate analysis was produced of the wider Drežnica area. Analyses of the precipitation and other meteorological parameters and their comparison to the average climate conditions at the locations of Vinodol HPP, Senj HPP and over the Krka, the Cetina and the Zrmanja river basins have been produced each year for over 20 years now. The analysis of weather conditions at the location of Lešće - Gorinci HPP for the period of 1987-1999 was produced in 2001, whereas the study "Oborovo from setting up to terminating meteorological measurements" was made in 2002.

A growing number of wind power plants on the territory of the Republic of Croatia has led to a significant development of applied meteorology in that area. Meteorological data is now needed for:

- assessment of most suitable locations for building wind power plants (Place an Role of Renewable Energy Sources in Split-Dalmatia County - meteorological study, 1999, 2001; Selection of the most suitable measuring locations from the selected group of macrolocations for the purpose of analysing natural wind power potential, 2001; A meteorological basis for wind power usage in the area of Novalja, 2002; Average annual wind speed map for Slavonija region, 2003; Analysis of available wind energy potential at se-

troelektrana na području Zadarske i Ličko-se-njske županije, 2008.),

- ocjeni očekivanih značajki razdioba smjera i brzine vjetra na lokacijama budućih vjetroelektrana pri čemu se koriste i numerički modeli atmosfere velike razlučivosti od 50 do 500 m) (15 elaborata),
- analizi ekstremnih vremenskih prilika koje mogu utjecati na rad vjetroagregata, kao što su velike brzine vjetra, turbulencija (nagle kratkotrajne promjene brzine vjetra), zaleđivanje, električno pražnjenje u atmosferi (Mahovitost vjetra na području Obrovca, 2004.; Analiza maksimalnih brzina vjetra na području Novalje, 2008.; Maksimalne izmjerene i očekivane brzine vjetra na lokacijama vjetroelektrana ZD2 i ZD3, 2008., 2011.),
- procjeni očekivane proizvodnje energije planirane vjetroelektrane (12 elaborata).

Posebna uloga nacionalne meteorološke službe zasniva se na raspolaganju dugogodišnjim nizom podataka motrenja smjera i brzine vjetra. Naime, obveza investitora u izgradnju vjetroelektrane je da uspostavi meteoroloških mjerenja na planiranoj lokaciji u trajanju od najmanje godinu dana. Zbog velike vremenske promjenjivosti vjetra nužno je ocijeniti vjetrovitost kratkotrajnih razdoblja s mjerenjima u odnosu na prosječne višegodišnje vjetrovne prilike na danoj lokaciji (14 ocjena vjetrovitosti).

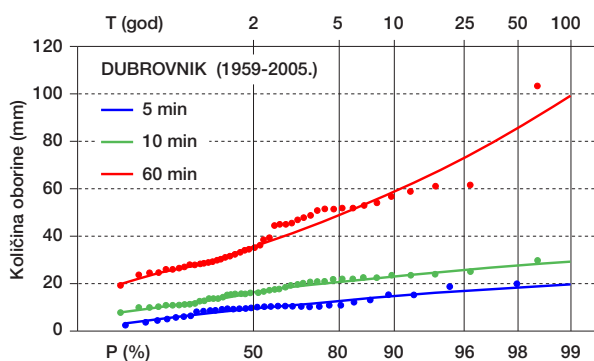
Dugogodišnje iskustvo pokazuje da projekti korištenja energije vjetra koji se provode bez učešća meteorologa podcjenjuju kompleksnost fizikalnih procesa u graničnom sloju atmosfere, osobito jačinu, turbulentnost i vertikalnu promjenjivost bure na području priobalja i njegovog planskog zaleđa.

lected macrolocations, 2005; A meteorological basis for the feasibility study of renewable energy sources on the island of Hvar, 2005; Assessment of wind energy potential at the locations of Sinj and Dugobabe, 2008; Assessment of wind energy potential at the locations of planned wind farms in Zadar and Lika-Senj Counties, 2008),

- assessment of expected characteristics of wind regime at the locations of future wind farms, where high resolution numerical models of the atmosphere (50-500 m) are used (15 reports),
- analysis of severe weather phenomena that can have an impact on functioning of wind turbines, such as high wind speeds, turbulence (abrupt short changes in wind speed), icing, electrical discharge in the atmosphere (Gustiness of wind in Obrovac region, 2004; Analysis of maximum wind speeds in Novalja region, 2008; Highest measured and expected wind speed at the locations of wind farms ZD2 and ZD3, 2008, 2011),
- assessment of expected wind farm energy production (12 reports).

The role of the national meteorological service lies in the fact that it has data on wind observations spanning over many years already available. Namely, wind farm investors are required to set up meteorological measurements at the planned locations in the period of at least one year. Due to big variability of wind over time, it is necessary to assess windiness of short periods with measurements and compare them to the average wind conditions over several years at a given location (14 windiness assessments).

Long-term experience shows that wind power projects, where services of meteorologists are not used, underestimate the complexity of physical



Slika 3.34. Primjer procjene maksimalnih očekivanih količina oborine različitog trajanja za razne povratne periode

Figure 3.34 Example of an assessment of maximum precipitation amounts of different durations (accumulation periods) and of different return periods

Planiranje proizvodnje i potrošnje energije (upravljanje elektroenergetskim sustavom i trgovina energijom)

Potrošnja i proizvodnja energije su velikim dijelom uvjetovane vremenskim prilikama. Stoga pravovremena prognoza vremena za razdoblja od nekoliko dana unaprijed pa sve do sezona i godina unaprijed, omogućuje pouzdaniju ocjenu razlike između potrebe za energijom i proizvodnje energije, a time doprinosi smanjenju troškova u upravljanju elektroenergetskim sustavom i trgovinu energijom.

U Državnom hidrometeorološkom zavodu prognoziraju se specifični meteorološki parametri usklađeni s potrebama proizvodnje, prijenosa i trgovine energijom (na primjer, globalno i difuzno zračenje, brzina vjetra na osi vjetroagregata i sl.) (slika 3.35.).

Prognoza Državnog hidrometeorološkog zavoda je:

- vjerodostojna - pouzdan i autentičan izvor prognoze, tj. poznati znanstveno priznati model korišten u svrhu za koju je dizajniran, verificirani rezultati,
- dostupna - uvijek dostupno i sigurno mjesto i vrijeme dostave prognoze (osiguran paralelni sustav prognoze i 24-satno praćenje rada),
- upotrebljiva - format i sadržaj definirani prema potrebama korisnika,
- dosljedna - nema pada kvalitete, nema prekida isporuke,
- održiva - prihvatljivi troškovi za dobivenu vrijednost (cost-benefit).

Promet

Državni hidrometeorološki zavod izdaje prema potrebama i u dogovoru s korisnicima klimatske analize za planiranje i projektiranje prometne infrastrukture (cesta, pruga, zračnih luka, pristaništa) i dugoročno planiranje održavanja tih objekata. Obavijesti i prognoze te upozorenja na ekstremne meteorološke prilike (njihov intenzitet i trajanje) neposredno doprinose odlukama o održavanju cesta, pruga, pista te sigurnom odvijanju kopnenog, zračnog, riječnog i pomorskog prometa.

Meteorologija u sustavu projektiranja i izgradnje prometnica te praćenju i uspostavi sigurnosti prometa ima značajnu ulogu. Različite vremenske prilike kao što su velike količine snijega, pojava leda, intenzivna oborina i jak vjetar mogu utjecati

processes in the atmospheric boundary layer, especially the force, turbulence and vertical variability of the bora in the coastal region and its mountainous hinterland.

Energy production and consumption planning (management of electric power system and energy trading)

Energy consumption and production strongly depend on weather conditions. Timely weather forecasts for periods of several days in advance to a season or year(s) in advance, therefore, enable making more reliable assessments of the difference between the need for energy and energy production, and contribute to lowering of electric power system management costs and energy trading.

The Meteorological and Hydrological Service of Croatia produces forecasts of specific meteorological parameters according to the needs of energy production, transport and trading (e.g. global and diffuse radiation, wind speed on wind turbine heights, etc.) (Figure 3.35)

Forecasts we produce are:

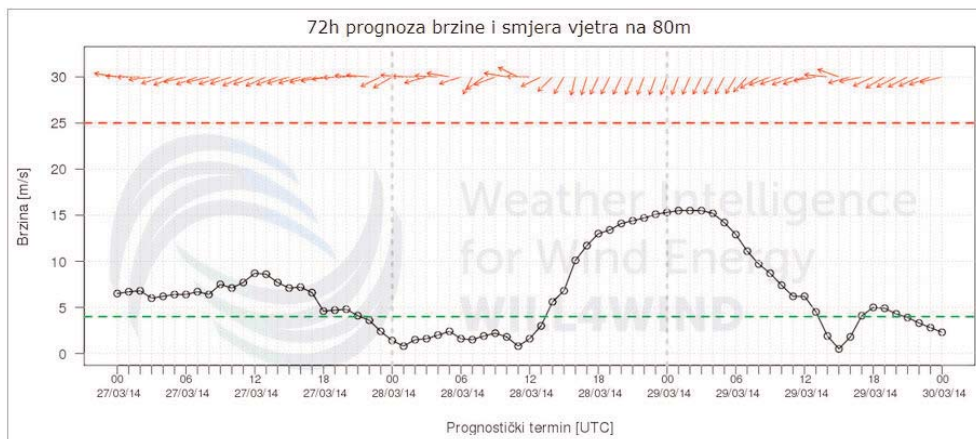
- Trustworthy - reliable and authentic source of forecasts, i.e. a well-known, scientifically acknowledged model used for the purpose it was designed for, verified results,
- Available - always available and secure place and time of forecast delivery (parallel forecast system and 24-hour monitoring ensured),
- Usable - format and contents defined according to the needs of users,
- Consistent - no decline in quality, no interruptions in delivery,
- Sustainable - acceptable costs for received value (cost-benefit).

Road traffic

Depending on the needs and agreements with the users, the Meteorological and Hydrological Service (DHMZ) publishes climate analyses for the needs of planning and designing of traffic infrastructure (roads, railroads, airports, harbours) and long-term maintenance planning of the structures. Notifications and weather forecasts as well as severe weather phenomena (their intensity and duration) have a direct impact on decisions concerning road, railroad, and runway maintenance as well as the flow of traffic, either land, air, river or sea traffic.

Meteorology plays an important role in the system of designing and building roads, monitoring and establishing traffic safety. Different weather

lokacija: VE Voštane | model inicijaliziran: 2014-03-27 00UTC



Slika 3.35. Primjer grafičkog sučelja prognoze smjera i brzine vjetra za potrebe rada vjetroelektrane

Figure 3.35 Example of a graphical interface of wind speed and direction forecast for wind power plant location

na prometovanje vlakova i cestovnih vozila (slika 3.36.). Da bi se osigurala maksimalna iskoristivost prometnice i smanjile moguće posljedice utjecaja vremenskih prilika na promet potrebno je:

- uvažiti prostornu i vremensku promjenjivost meteoroloških elemenata duž prometnica u fazi planiranja, projektiranja i izgradnje (uvažavanjem povijesnog i dijagnostičkog meteorološkog materijala koji se koristi pri odabiru lokacije aerodroma, trase ceste ili pruge i popratnih objekata), tj. pravovremeno analizirati mjesne klimatske karakteristike (opisano u poglavlju 3.1.3.),
- uspostaviti, održavati i pratiti na trasi prometnice standardizirani svjetski prihvaćen sustav meteoroloških mjerenja u realnom vremenu, kontrolu i obradu podataka (opisano u poglavlju 2.),
- uspostaviti sustav prognoze vremenskih prilika na gustoj mreži točaka duž prometnice koristeći prognostičke atmosferske modele fine razlučivosti.

U hladnom dijelu godine posebna pozornost posvećuje se minimalnim temperaturama zraka, pojavi mraza i poledice, oborini, posebno snijegu. Iz utvrđenih korelacija minimalnih temperatura zraka na 2 m visine i minimalnih temperatura zraka pri tlu u različitim vremenskim situacijama. procjenjuju se prilike kada se može očekivati smrzavanje pri tlu. U suradnji s korisnicima rađene su

conditions, such as large amounts of snow, icing events, intense precipitation and strong wind may affect road and railroad traffic (Figure 3.36). In order to ensure maximum road utilization and reduce possible impact of weather conditions on the traffic, the following is needed:

- to take into account spatial and temporal variability of meteorological elements along roads in the phases of road planning, designing and building (respecting historical and diagnostic weather data used when selecting locations for airports, road or railroad routes and accompanying structures), i.e. to analyse local climate characteristics on time (described in Chapter 3.1.3);
- to set up, maintain and monitor a standardized, globally accepted system of real time meteorological measurements along road routes, control and data processing, (described in Chapter 2);
- to set up a forecast system along road routes using high resolution prognostic atmospheric models.

During the cold part of the year, special attention is paid to minimum air temperatures, hoar frost and icing events, and precipitation, especially snow. From the established correlations of minimum air temperatures at 2 m above the ground and minimum air temperatures near the ground in different weather conditions, it is possible to assess conditions when freezing on the ground is expected. In



Slika 3.36. Otežani promet zbog snijega 11.2.2012.

Figure 3.36 Difficult road conditions due to snow, February 11, 2012

posebne analize koje olakšavaju ne samo planiranje učestalosti pojedinih intervencija zbog snijega na prometnicama, već omogućavaju i planiranje načina njihovog provođenja. Tako su izrađene: Vjetrovne i snježne prilike na području Stare Sušice (2001.), Klimatske prilike na području Hrvatske značajne za održavanje cesta (2002. i 2009.), Analiza meteoroloških uvjeta pogodnih za pojavu zaleđivanja na Masleničkom mostu (2004.), Analiza učestalosti dnevnih visina snježnog pokrivača na karakterističnim odabranim područjima (2013.).

Za potrebe avionskog prometa 2001. godine izrađene su opće klimatske karakteristike svih zračnih luka. Izrađeno je i 27 izvješća o vremenskim prilikama za vrijeme ozbiljnih nesreća paraglajdera, jedrilica, helikoptera i zrakoplova.

Specifičnost osiguranja sigurnosti cestovnog prometa u Hrvatskoj zaštita je od utjecaja jake i olujne bure, koja otežava prometovanje u priobalnom području, osobito tijekom hladnog dijela godine.

Tako su već 1981. godine uspostavljena specijalna meteorološka mjerenja smjera i brzine vjetra na mostu kopno - otok Krk. Na osnovi tih podataka izrađena je spektralna analiza brzine bure (1983.), analiza mahovitosti bure na toj lokaciji (1985.) te analiza korelacije brzine vjetra na mostu Krk i na zračnoj luci Rijeka u Omišlju (1985.).

cooperation with users, special analyses were made which facilitate not only planning of the frequency of certain interventions due to snow on roads, but also enable planning of the manner of their implementation. The following reports were made: Wind and snow conditions in Stara Sušica region (2001), Climate conditions on the territory of Croatia essential to road maintenance (2002 and 2009), Analysis of weather conditions likely to cause icing on the Maslenica Bridge (2004), Analysis of the frequency of daily snow cover depth in the selected characteristic areas (2013).

In 2001, general climate characteristics of all airports were produced for air traffic purposes. Furthermore, 27 reports were produced on weather conditions at the time of paraglider, glider, helicopter and plane accidents.

The specificity of ensuring road traffic safety in Croatia is protection against the strong and gale force bora, which impedes traffic in the coastal region, especially in the cold part of the year.

In 1981, special meteorological measurements of wind speed and direction were set up on the bridge connecting the mainland with the island of Krk. Based on the data received, a spectral analysis of the bora wind speed was made (1983), as well as an analysis of the bora gustiness at the location (1985) and an analysis of wind speed correlation on the Krk bridge and at Rijeka airport in Omišalj, the island of Krk (1985).

Negativni utjecaj bure na sigurnost prometa na autocesti Rijeka - Zagreb pratio se analizom podataka specijalno uspostavljenih mjerenja na lokacijama vijadukata Bukovo i Hreljin. Tako je 2006. godine izrađena analiza režima strujanja na dionici autoceste Kikovica - tunel Tuhobić.

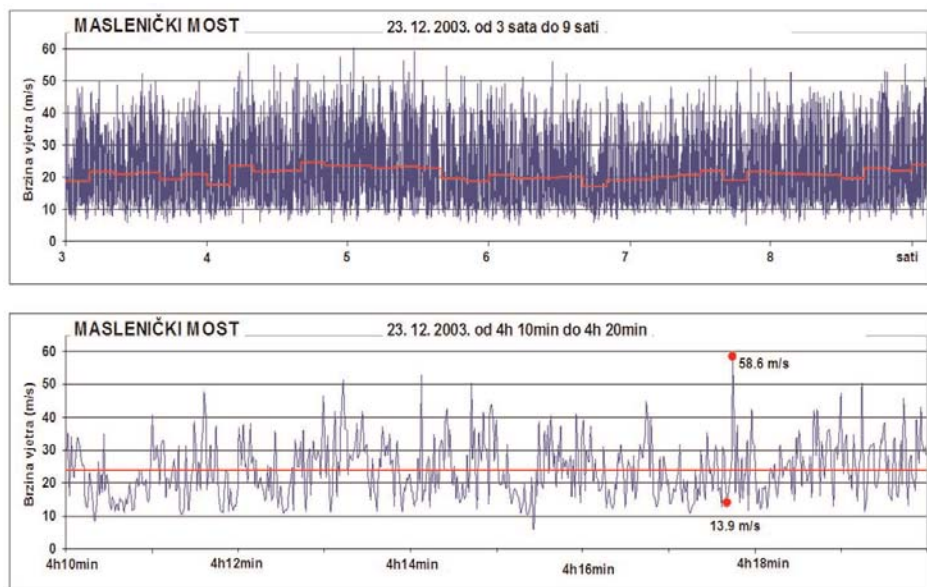
Posebna pozornost posvećivala se analizi maksimalnih brzina i promjenjivosti brzine vjetra na lokaciji Masleničkog mosta. Tako je 2002. godine izrađena analiza prostorne promjenjivosti smjera i brzine vjetra na Masleničkom mostu, a 2003. godine slična analiza za potrebe projektiranja burobrana (slika 3.37.).

Potrebe za stručnom meteorološkom analizom karakteristika bure na dionici autoceste A1 od tunela Sv. Rok do Maslenice uvjetovale su postavljanje specijalnih meteoroloških mjerenja na nekoliko lokacija duž trase autoceste. Od osobitog značaja za nove spoznaje o specifičnostima bure na tom području bila su visokofrekventna (60 Hz) mjerenja na probnom poligonu za testiranje burobrana u blizini Masleničkog mosta (tablica 2.3.). Na osnovi tih podataka i podataka visokofrekventnih mjerenja brzine vjetra na lokacijama Senja i Dubrovačkog mosta te raspoloživih podataka automatskih mjerenja za potrebe Hrvatskih cesta izrađena je *Meteorološka podloga za izradu pravilnika o određivanju graničnog*

Negative impact of the bora on the safety of traffic on Rijeka - Zagreb highway was monitored using data analysis of specially set up measurements on the locations of the Bukovo and Hreljin viaducts. In 2006, an analysis of the flow regime on the Kikovica - tunnel Tuhobić section of the highway was produced.

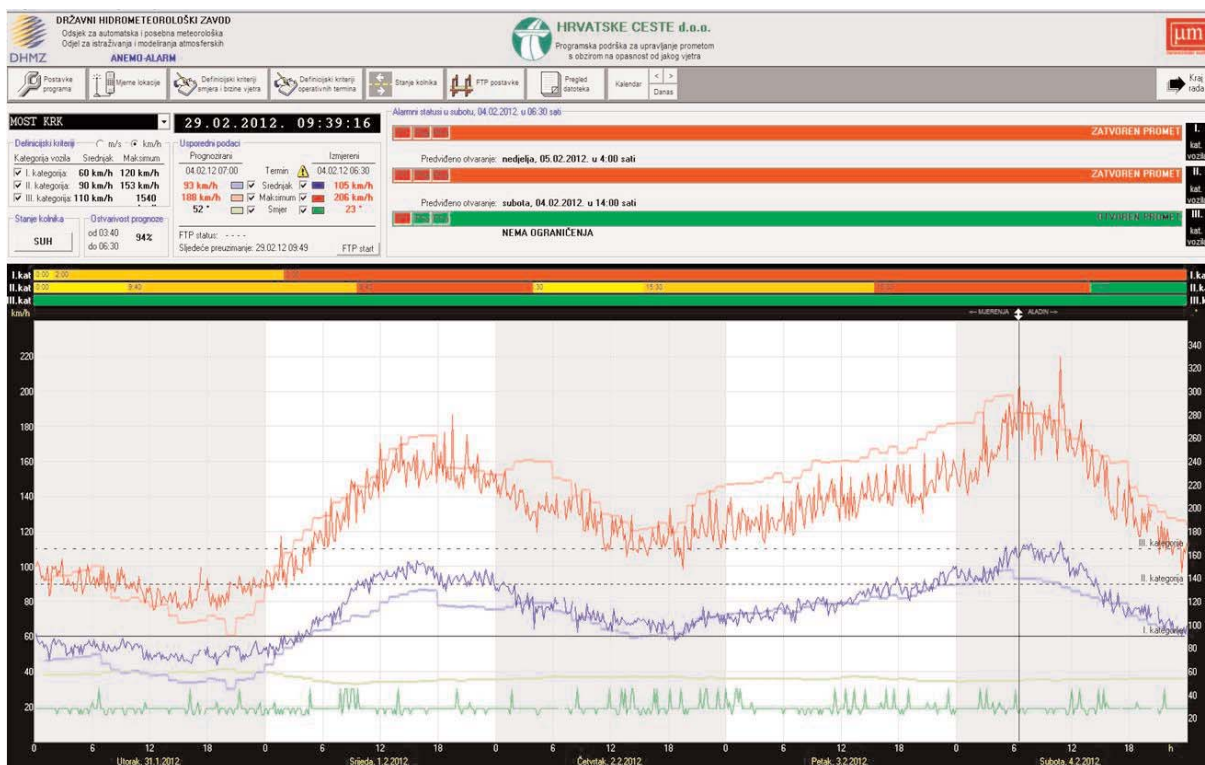
Special attention was paid to the analysis of maximum wind speed and wind speed variability on the location of the Maslenica bridge. In 2002, an analysis of spatial variability of wind speed and direction on the Maslenica bridge was produced, and in 2003 a similar analysis was made for noise barrier design purposes (Figure 3.37).

The need for expert meteorological analysis of the bora characteristics on the section of A1 highway from the tunnel Sveti Rok to Maslenica initiated setting up of special meteorological measurements at several locations along the highway. High frequency (60 Hz) measurements at the vicinity of the Maslenica bridge were of special importance to gaining new knowledge on specificities of the bora in that area (Table 2.3). Based on the acquired data and high frequency wind speed measurement data at the locations of Senj and Dubrovnik bridge, as well as available data from automatic measurements for Hrvatske ceste purposes, a meteorologi-



Slika 3.37. Hod sekundnih brzina vjetra na lokaciji poligona burobrana kod Masleničkog mosta 23.12.2003. u 10-minutnom intervalu od 04:10 do 04:20 h

Figure 3.37 Course of one-second wind speeds at the location of noise barriers near the Maslenica bridge on December 23, 2003, in a 10-minute interval from 04:10 to 04:20 h



Slika 3.38. Grafičko sučelje AnemoAlarma - meteorološke podrške za osiguranje sigurnosti prometa od opasnosti po vozila od jakog vjetro

Figure 3.38 AnemoAlarm graphical interface - weather support for ensuring road traffic safety from the effect of strong winds on vehicles

nivoa negativnog utjecaja brzine i smjera vjetro na sigurnost cestovnog prometa (2003.-2005.).

Na osnovi tih podloga razvila se uspješna međuinstitucionalna suradnja meteorologa, prometnih i informatičkih stručnjaka, koja je rezultirala izradom programske podrške nazvane *AnemoAlarm*. Danas je AnemoAlarm operaterima kontrole odvijanja prometa osnovni alat pomoću kojeg odlučuju o ograničenju i/ili zatvaranju prometa za pojedinu kategoriju vozila na dionicama prometnica na kojim puše bura (slika 3.38.). Temelj rada tog programskog paketa podaci su automatskih meteoroloških mjerenja na velikom broju lokacija na cestama te i prognoza smjera i brzine vjetro dobivena operativnim prognostičkim modelom ALADIN.

Kvaliteta zraka i zaštita okoliša

U području kvalitete zraka i zaštite okoliša Državni hidrometeorološki zavod izrađuje stručne, tehničke i studijske podloge za gotovo sve

cal basis for Regulations on determining the limit of negative wind speed and direction impact on road traffic safety (2003-2005) was produced.

Due to the work done on producing the studies, a successful inter-institutional cooperation was developed between meteorologists, traffic and IT experts, resulting in the development of the AnemoAlarm software. Nowadays, AnemoAlarm is an indispensable tool which traffic control operators use when making decisions on limiting and/or closing traffic on sections of the roads affected by the bura (Figure 3.38). The software uses automatic meteorological measurement data from a large number of locations on the roads and wind direction and speed forecasts received from the ALADIN operative prognostic model.

Air quality and environmental protection

The Meteorological and Hydrological Service produces expertise, technical and research studies in the field of air quality and environmental protec-

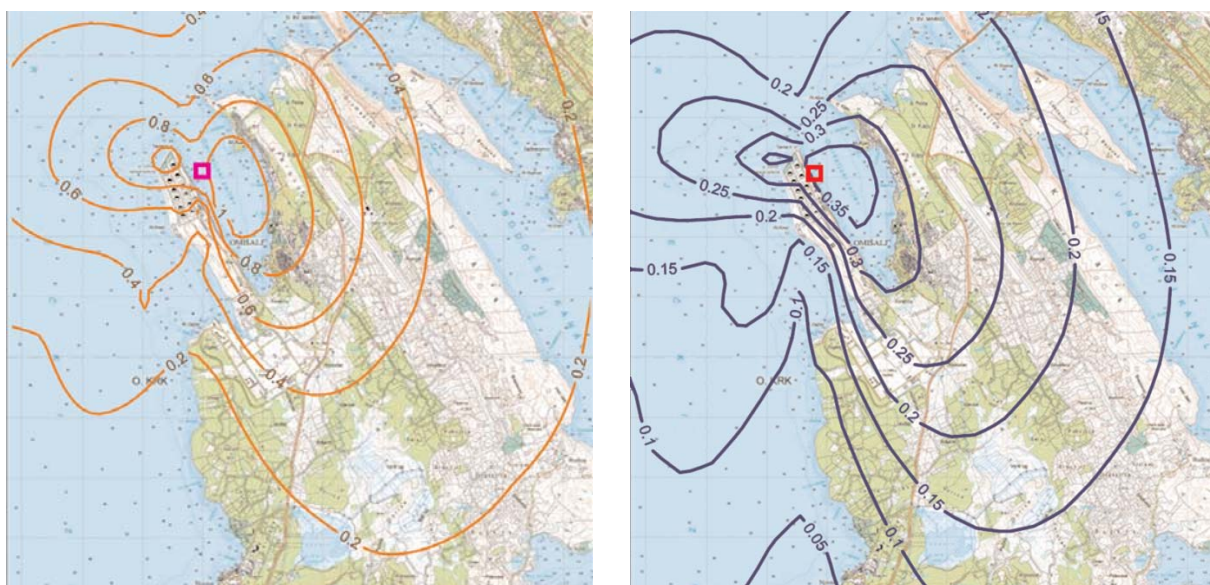
gospodarske djelatnosti koje tijekom provođenja svojih aktivnosti onečišćuju okoliš izbacivanjem različitih jednostavnih ili složenih kemijskih spojeva i aerosola u atmosferu, vode ili tlo. Najveći broj studija i elaborata izrađen je s težištem na aktivnosti (slike 3.39.-3.44.):

- modeliranja i praćenja fizikalnih procesa u atmosferi vezanih uz probleme taloženja onečišćenja i prijenosa onečišćenja na lokalnoj, regionalnoj i globalnoj skali,
 - modeliranja disperzije i prijenosa onečišćenja iz različitih izvora emisije s primjenom analize utjecaja u prometu, industriji, energetici, turizmu itd.,
 - analize meteoroloških aspekata i utjecaja na kvalitetu zraka u studijama utjecaja na okoliš za postrojenja koja mogu značajnije utjecati na kvalitetu zraka i okoliša (termoelektrane, nuklearna postrojenja i elektrane, industrijski pogoni, prometnice i drugi emisijski izvori),
 - planiranja, uspostave i provođenja monitoringa kvalitete zraka i oborine na području RH i za specifične potrebe,
 - izrade planova za donošenje mjera za smanjivanje utjecaja emisijskih izvora na području njihova utjecaja,
 - zoniranja područja RH s obzirom na mjerene i modelirane pokazatelje kvalitete zraka.
- modelling and monitoring of physical processes in the atmosphere addressing problems of air pollutant deposition and transport on a local, regional and global scale,
 - modelling of dispersion and transport of air pollutants from different emission sources and the analysis of the impact of traffic, industry, energetics, tourism, and other sectors.
 - analysis of meteorological aspects on air quality in environmental impact studies for facilities that can significantly affect air quality and the environment (thermal power plants, nuclear facilities and power plants, industrial facilities, roads and other sources of emissions),
 - planning, establishing and implementing air and precipitation quality precipitation monitoring on the territory of the Republic of Croatia, and for specific purposes,
 - making plans for creating measures for reducing adverse effects of pollutants emission in the affected areas
 - zoning of the Croatian territory based on the measured and modelled air quality indicators



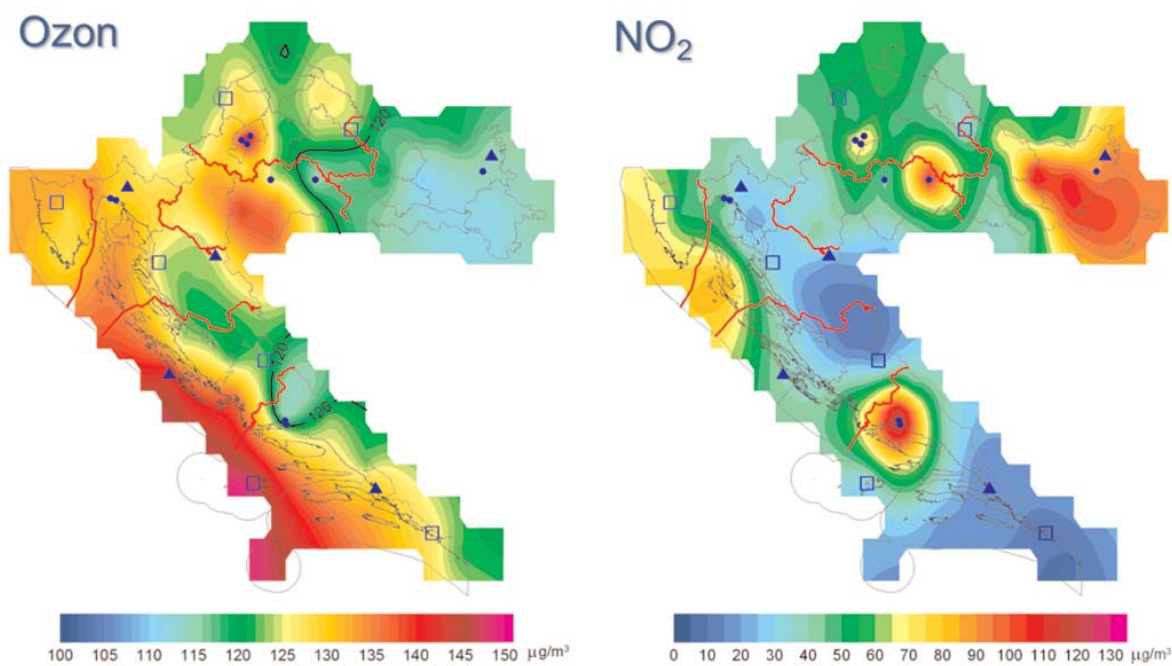
Slika 3.39. Emisija štetnih spojeva iz termoelektrane EL-TO Žitnjak u Zagrebu

Figure 3.39 Harmful emission from EL-TO Žitnjak thermal power plant in Zagreb



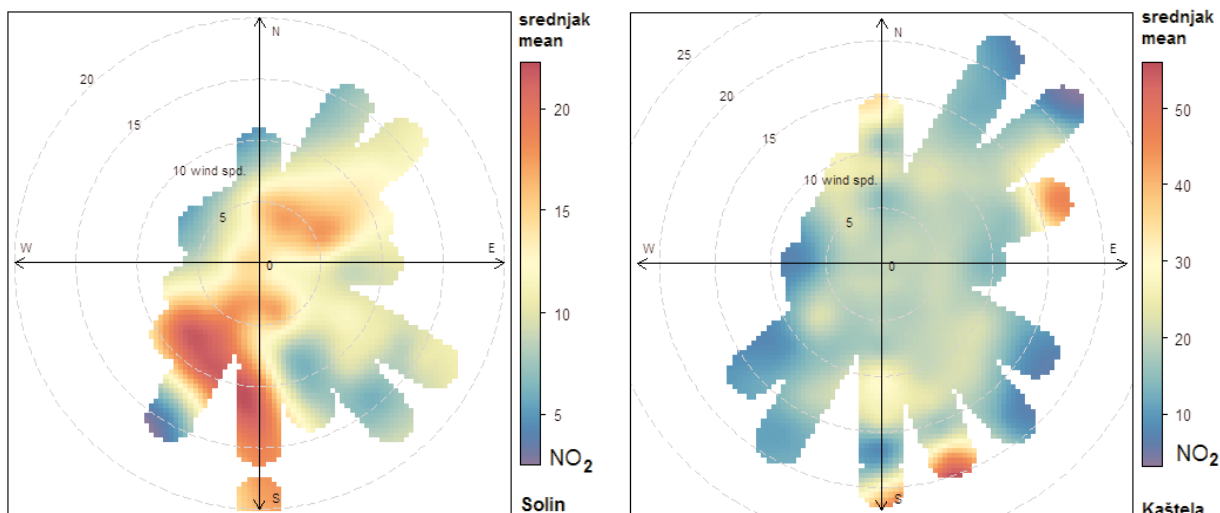
Slika 3.40. Na kartama u prilogu analiziran je utjecaj pretovara nafte na kvalitetu zraka na Krku. Prikazana je razdioba srednjih koncentracija sumporovodika (H_2S , lijevo) i benzena (desno), u $\mu g/m^3$, tijekom jedne operacije pretovara nafte u trajanju od 20 sati na terminalu Omišalj

Figure 3.40 The charts below show analyses of oil trans-shipment and offshore loading and storage impact on air quality on the island of Krk. They show the spatial distribution of mean hydrogen sulfide (H_2S , left) and benzene (right) concentrations ($\mu g/m^3$), during a 20-hour long operation of crude oil loading at Omišalj terminal



Slika 3.41. Modelirane maksimalne dnevne vrijednosti koncentracija ozona i dušikovog dioksida na području Hrvatske ukazuju na područja u kojima treba pojačati mjere za smanjivanje emisija štetnih spojeva (iz Plana djelovanja za smanjivanje koncentracija ozona na području Hrvatske)

Figure 3.41 Modelled maximum daily values of ozone and nitrogen dioxide concentrations on the territory of Croatia point at the areas where measures for reducing harmful emissions need to be increased (from the Action plan for reducing ozone concentrations on the territory of Croatia)



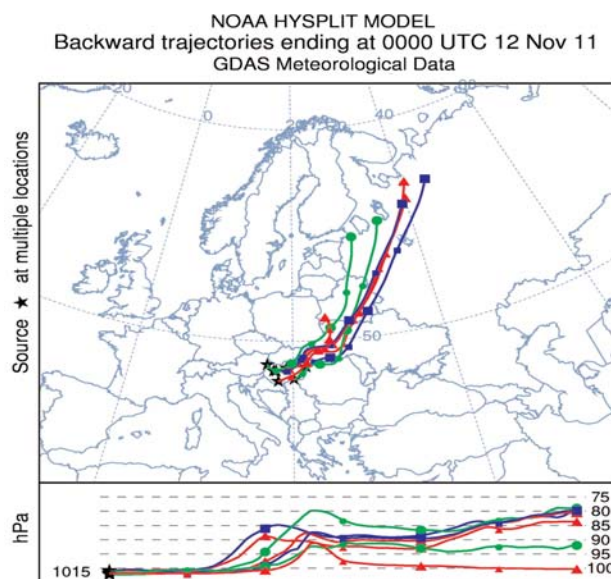
Slika 3.42. Prostorni dijagram razdiobe koncentracija dušikovog dioksida u ovisnosti o smjeru i brzini vjetra na dvije postaje (AMP1 i AMP2) za praćenje utjecaja cementara u Kaštelanskom zaljevu

Figure 3.42 A spatial diagram of nitrogen dioxide concentration distribution in relation to wind direction speed and at two stations (AMP1 and AMP2) for monitoring the effect of the cement industry in Kaštela Bay



Slika 3.43. Dimnjak visine 202 m izračunat je za dvije termoelektreane u Zagrebu na osnovi proračuna disperzijskim modelom koji je morao zadovoljiti uvjet da u zimskim mjesecima struja emitiranih plinova probija sloj temperature inverzije kako bi se spriječilo zadržavanje štetnih spojeva na području Zagreba i izloženost stanovnika visokim koncentracijama dušikovih spojeva i lebdećih čestica. Visina širenja perjanice plinova prikazana na slici za siječanj bila je kojih 800-900 m dok se sloj inverzije pratio do visine od kojih 250 m. ELTO Žitnjak (siječanj 1999.)

Figure 3.43 The design of a 202 m high chimney of two thermal power plants in Zagreb was based on dispersion model calculations. By the use of the model it was ensured that, in the winter months, the effluent of emitted gases penetrates the temperature inversion layer in order to prevent retention of pollutants in lower atmosphere and exposure of population to high concentrations of nitrogen compounds and particulate matter Zagreb area. The height of gas plume propagation in January shown in the picture amounts to 800-900 m above ground whereas the inversion layer was at 250 m. ELTO Žitnjak (January 1999)



Slika 3.44. Praćenje donosa onečišćujućih tvari na područje istočne Slavonije tijekom epizodne situacije vrlo visokih koncentracija lebdećih čestica. Analizom putanja (trajektorija) zračnih masa utvrđeni su uzroci pojave visokih koncentracija u studenom 2012. godine

Figure 3.44 Transport of pollutants to the East Slavonia region during an episode of extremely high concentration levels of particulate matter. What caused high concentration events in November 2012 was established by analysing paths of air mass trajectories coming from polluted industrial areas of Eastern Europe

Mreža postaja za praćenje kvalitete i kemijskog sastava oborine

Državni hidrometeorološki zavod je krajem 70-tih godina, prema preporukama Svjetske meteorološke organizacije (WMO), uspostavio sustav monitoringa kvalitete oborine i zraka na odabranim meteorološkim postajama reprezentativnim za praćenje i analizu prekograničnih i regionalnih utjecaja emisija onečišćujućih tvari.

U mnogim zemljama, meteorološke su službe postale nosioci ovih aktivnosti jer je razumijevanje atmosferskih, fizikalnih i kemijskih procesa usko povezano i nedjeljivo. S druge strane, meteorološke službe već su imale uspostavljenu relativno gustu mrežu postaja za praćenje fizikalnih parametara u atmosferi, sustav njihova nadzora i održavanja, kao i stalnu ljudsku posadu, tako da je najlogičnije bilo povezati te dvije funkcije monitoringa atmosfere u jedan sustav. U velikom broju europskih zemalja to je i danas slučaj.

Državni hidrometeorološki zavod je u razdoblju od 1981. do 2013. godine mjerenja kvalitete zraka i oborine obavljao na kojih 30-ak postaja (slika 3.45., tablica 3.1.), raspoređenih po cijelom teritoriju države, tako da budu zastupljene sve klimatske i geografske regije i područja koja nisu

Network of weather stations for monitoring precipitation quality and chemical composition

In the late 1970's, the Hydrological and Meteorological Service, in line with the WMO recommendations, established a precipitation and air quality monitoring system at selected representative weather stations for monitoring and analysis of cross-border and regional effects of pollutant emissions.

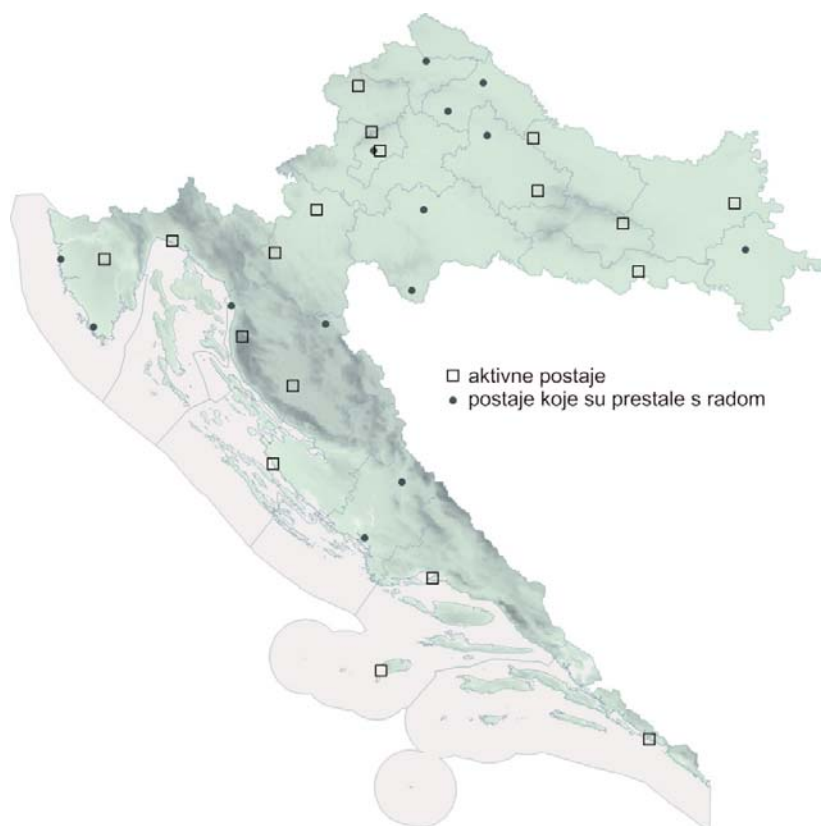
Meteorological services in many countries have undertaken such activities, hence understanding of atmospheric processes, both physical and chemical, is closely linked in addition, meteorological services had already established a relatively dense network of weather stations for monitoring physical parameters in the atmosphere, surveillance and maintenance system including permanent staff. Therefore, it was logical to combine the two monitoring activities into a single system. This is the case in a number of European countries today.

In the period 1981 to 2013, the Hydrological and Meteorological Service of Croatia conducted air and precipitation measurements at about 30 stations (Figure 3.45, Table 1.) spread out across the entire territory of Croatia so that all climate and geographical regions and areas which are not

Tablica 3.1. Popis meteoroloških postaja Državnog hidrometeorološkog zavoda na kojima su u razdoblju 1981.-2013. godine prikupljeni i analizirani uzorci kemijskog sastava oborine s podacima o razdobljima aktivnog uzorkovanja na postajama i prekidima u radu

Table 3.1 List of the Hydrological and Meteorological Service weather stations where samples of chemical composition of precipitation were collected and analysed in the period from 1981 to 2013, and information on the periods of active sampling at the stations and interruptions of work

Postaja	Geografska duljina, °	Geografska širina, °	Nadmorska visina, m	Razdoblje uzorkovanja	Aktivne postaje
BILOGORA	17.200	45.883	270	1997.-2013.	x
BJELOVAR	16.850	45.900	141	1990.-1996.	-
DARUVAR	17.233	45.600	161	1999.-2013.	x
DUBROVNIK	18.083	42.650	52	1982.-1990., 1998.-2013.	x
DVOR NA UNI	16.273	45.064	150	1988.-1990.	-
GOSPIĆ	15.367	44.550	564	1982.-2013.	x
GRIČ - ZAGREB	15.983	45.817	157	1982.-2002.	-
KARLOVAC	15.550	45.500	110	1981.-1996., 2003.-2013.	x
KNIN	16.200	44.033	255	1997.-2002.; 2011.-2012.	-
KOMIŽA	16.039	43.018	20	1998.-2013.	x
KOPRIVNICA	16.817	46.183	141	1982.-1995.	-
KRAPINA	15.867	46.167	202	1994.-2013.	x
KRIŽEVCI	16.55	46.03	155	1995.-1996., 1999.-2002.	-
KUTJEVO	17.883	45.426	236	2008.-2013.	x
MAKSIMIR - ZAGREB	16.033	45.817	121	1982.-1990.; 1992.-2002.; 2005.-2013.	x
OGULIN	15.233	45.267	328	1988.-2013.	x
OSIJEK	18.733	45.533	89	1982.-1984.; 1987.-1990.; 2003.-2013.	x
PAZIN	13.933	45.233	291	1994.-2013.	x
PLITVIČKA JEZERA	15.617	44.883	580	1981.-1982., 1984.-1990., 1996.-1997.	-
POREČ	13.600	45.233	15	1994.-1996.	-
PULA	13.850	44.867	30	1982.-1996.	-
PUNTIJARKA - HR02	15.967	45.917	988	1981.-2013.	x
RIJEKA	14.450	45.333	120	1981.-2013.	x
SENJ	14.900	44.983	26	1984.-1996., 1999.-2001., 2010.-2012.	-
ŠIBENIK	15.917	43.733	77	1982.-2001.	-
SISAK	16.367	45.500	98	1994.-1996.	-
SLAVONSKI BROD	18.000	45.167	88	1982.-1984., 2001.-2013.	x
SPLIT	16.433	43.517	122	1982.-2013.	x
VARAŽDIN	16.383	46.300	167	1982.-1996.	-
VINKOVCI	18.817	45.283	85	1982.-1989.	-
ZADAR	15.217	44.133	5	1982.-2013.	x
ZAVIŽAN - HR04	14.983	44.817	1594	1981.-2013.	x



Slika 3.45. Prostorna razdioba postaja DHMZ-a i duljina nizova podataka na postajama

Figure 3.45 Spatial distribution of DHMZ weather stations and lengths of data series (nizovi podataka) at stations

pod neposrednim utjecajem velikih izvora emisije onečišćujućih tvari.

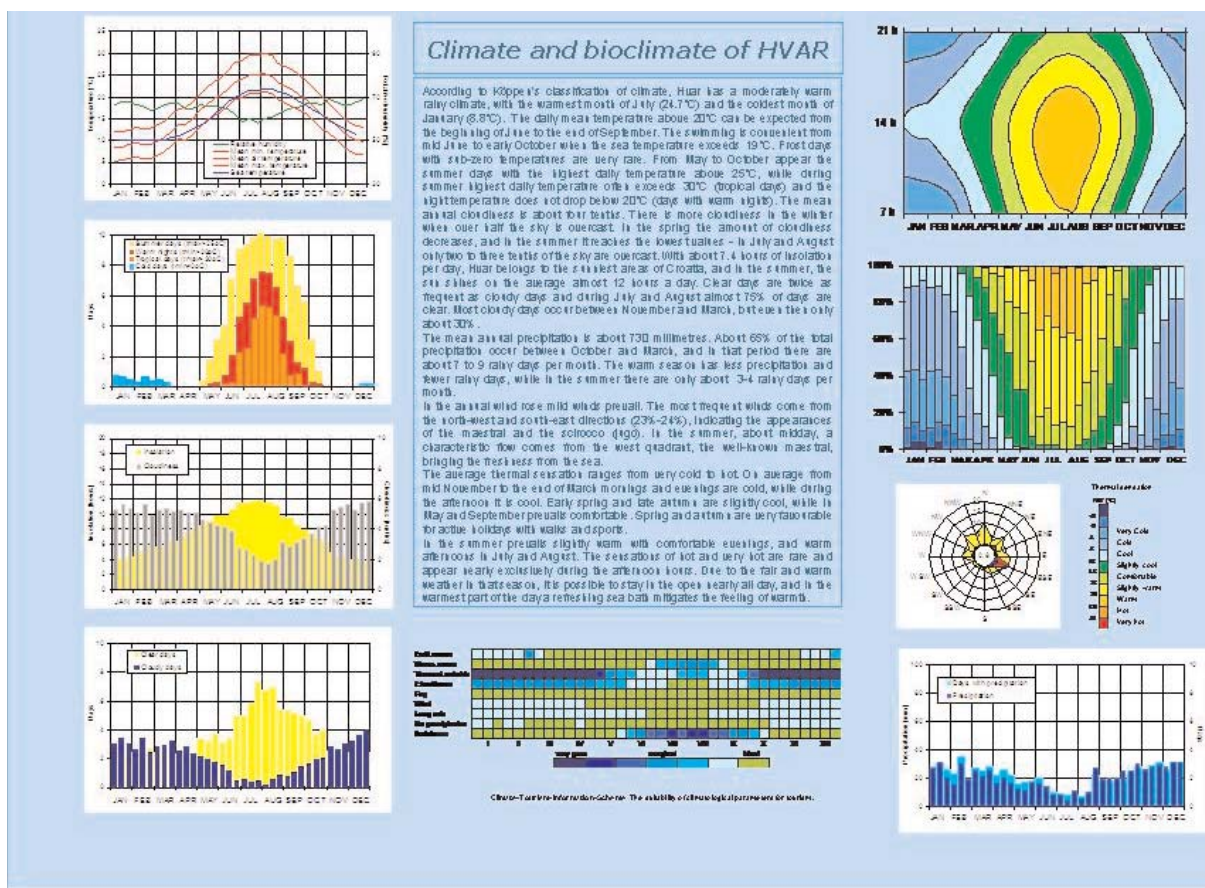
directly affected by large sources of pollutant emissions are represented

Zdravlje, rekreacija i turizam

“Atmosfera je ocean zraka na čijem dnu živi čovjek” rekao je jedan klimatolog i slikovito ukazao da atmosfera nužno na njega djeluje. Ljudski organizam sposoban je postepeno se prilagoditi širokom rasponu vremenskih prilika o čemu svjedoči činjenica da ljudi žive od polarnih do tropskih i pustinskih uvjeta. Međutim, ponekad se organizam teško prilagođava zbivanjima u atmosferi, pa vremenske prilike mogu uzrokovati i neugodne posljedice. Brojna istraživanja u nas i u svijetu pokazala su kako pojedine vremenske situacije djeluju na čovjeka, posebno na bolesnog čovjeka. Rezultati tih istraživanja danas su podloga za izdavanje biometeorološke prognoze, koja se u Zavodu izrađuje od 2003. godine i stavlja na raspolaganje javnosti putem medija i interneta. Od 2012. godine u ljetnom se razdoblju u suradnji s Ministarstvom zdravlja i Zavodima za javno zdravstvo izdaju upozorenja na toplinske valove

Health, recreation and tourism

“The atmosphere is an ocean of air at the bottom of which lives the man,” said a climatologist and with this vivid image pointed out just how strongly the atmosphere affects him. The human organism is capable of slowly adapting to a wide range of weather conditions. The proof of that is the fact that people live in areas with weather conditions ranging from tropical to desert. Our organism, however, sometimes has difficulties in adapting to events happening in the atmosphere, and the weather conditions may have unpleasant consequences. Numerous studies, both in Croatia and in the world, show that specific weather situations affect people, especially sick people. The results of these studies are nowadays used as a starting point in producing biometeorological forecasts. The Service has been producing such forecasts since 2003 and they have been publicly available in the media and on the Internet. As heat waves may be



Slika 3.46. Bioklimatski prospekt za turiste, Hvar, 1971.-2000.

Figure 3.46 Bioclimatological leaflet for tourists, Hvar, 1971-2000

koji mogu biti opasni za ljude, s preporukama kako se zaštititi.

Vrijeme i klima, zajedno s geografskim položajem, topografijom i okolišem te florom i faunom čine prirodnu osnovu svakog turizma, osobito rekreacijskog, koji je vrlo osjetljiv na vremenske uvjete. Pogodnost vremenskih prilika koje su nužni uvjet za zadovoljstvo turista pri obavljanju različitih aktivnosti na odmoru moguće je ocijeniti odabirom klimatskih podataka važnih za turizam te pomoću turističko-klimatskih indeksa (slika 3.46.), koji ocjenjuju prikladnost klime u ovisnosti o vrsti provođenja odmora. Za neke aktivnosti, kao što je to primjerice kulturni turizam, nije presudno ima li vjetera ili kiše, dok će na primjer to onemogućiti boravak na plaži. Starijim ljudima ili ljudima s kroničnim bolestima, koji teško podnose ljetne vrućine, primjerene su destinacije ili razdoblja s prevladavajućim osjetom ugođe prikladnim za odmor i šetnje. Sportašima, kojim odgovara aktivan odmor, ugodne ili svjež

dangerous to people, warnings and recommendations on protecting oneself from heat waves have been issued since 2012 in cooperation with the Ministry of Health and Institutes of Public Health.

The weather and climate, coupled with the geographical position, topography and the environment, as well as the flora and fauna of a location, represent a natural base of tourism, especially recreational tourism which is very sensitive to weather conditions. Suitable weather conditions have an important role in tourist satisfaction when engaging in different outdoor activities. It is possible to assess suitability of weather conditions by choosing climate information relevant to tourism and by tourism climatic indices (Figure 3.46), by which climate suitability is assessed depending of the type of holiday activities. For some holiday activities, e.g. cultural tourism, it is irrelevant whether there is rain or wind, whereas these conditions will prevent people from spending time on the beach. Destinations or time periods with predomi-

prilike bit će pogodnije od ljetnih vrućina, kad organizam troši energiju za obranu od vrućine. Priказani na prikladan način u turističkim brošurama ili na plakatima ti podaci mogu pomoći pri donošenju odluke o odabiru destinacije i najpogodnijeg razdoblja za odmor, ovisno o osobnom stanju i potrebama.

Agrometeorologija

Agrometeorologija u Hrvatskoj ima dugu tradiciju i njezini počeci zasnovani na znanstvenim temeljima datiraju od sredine 19. stoljeća. Koliko se danas zna, prvi puta na nekoj službenoj meteorološkoj postaji, (u gradu Hvaru, tada u sastavu Središnjeg zavoda za meteorologiju i zemaljski magnetizam u Beču), njezin osnivač Grgur Bučić, obavlja fenološka opažanja, te rezultate dostavlja u Beč. Postaja je osnovana 1858., a u godišnjaku *Uebersicht der phänologischen Beobachtungen im Jahre 1864*. Bučić je zabilježen kao fenološki motritelj. To pokazuje da su fenološka opažanja kod nas započela točno prije 150 godina.

Godine 1860. u Križevcima je započelo s radom Gospodarsko učilište i Ratarnica za čije je potrebe uspostavljena meteorološka postaja (1866. godine postaja je već radila). Zbog specifičnog karaktera ovog učilišta, gospodarskog odnosno poljoprivrednog i šumarskog, funkcija meteorološke postaje je tomu bila podređena pa možemo govoriti o prvoj agrometeorološkoj postaji. Daljnji razvoj postaje bio je također usmjeren prema specifičnim potrebama poljoprivrede, pa se 1898. nabavljaju i tri geotermometra.

Za razvoj agrometeorologije na tom učilištu značajan je prof. Ivan Potočnjak koji je 1878. godine izdao knjigu *Nauka o podneblju i zračnih pojava* (slika 3.47.), knjiga se smatra prvim udžbenikom o agrometeorologiji u Hrvatskoj, i izvorno je pisana na hrvatskom jeziku (Vučetić, 2011.). Nije slučajno da se znanstvena agrometeorologija „rodila” baš na gospodarskom i šumarskom učilištu. To samo pokazuje da se od samih početaka stvaranja moderne agrometeorologije promišljalo na njezin interdisciplinarni karakter.

Tijekom prve polovice 19. st. nastoje se meteorološka mjerenja povezati s vegetacijom određenog područja, osobito u funkciji razvoja turizma, odnosno lječilišnog turizma. U tomu prednjače već spomenuti Grgur Bučić u Hvaru i Ambroz Haračić u Malom Lošinj. Fenološka motrenja u kontinentalnoj Hrvatskoj organiziraju se po školama (Petrinja, Varaždin, Nova Gradiška

namjerno blagi vremenski uvjeti su više prikladni za starije ili osobe s kroničnim bolestima koje ne podnose visoke temperature i uživaju u odmoru uzimajući šetnje. Sportisti, koji uživaju u aktivnom odmoru, preferiraju hladnije uvjete ljetnom toplini kada im tijelo gubi energiju borbu protiv topline. Predstavljajući na pristupačan način u turističkim brošurama i posterima, ovaj tip informacije pomaže ljudima pri donošenju odluka o najprikladnijem ljetnom odmoru i vremenu, ovisno o osobnom zdravlju i potrebama.

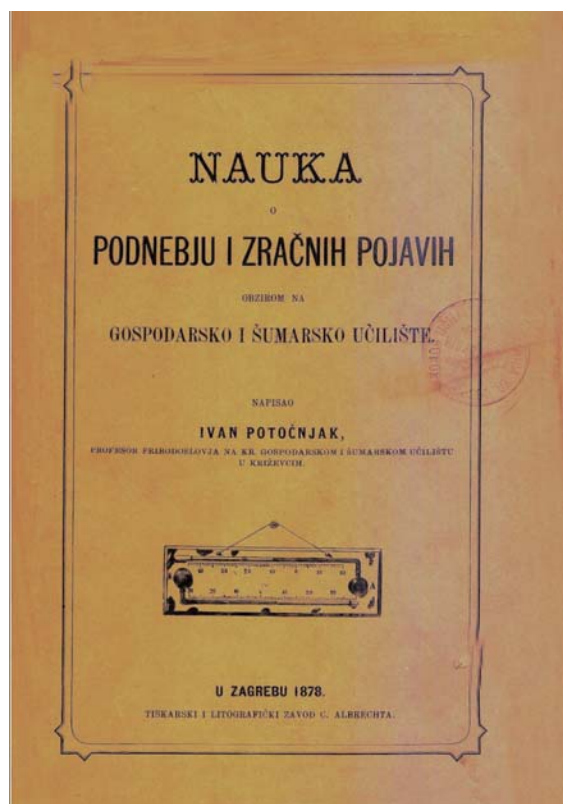
Agrometeorology

Agrometeorology in Croatia has a long tradition and its scientifically based beginnings reach to the middle of the 19th century. From the available data, it is known that first phenological observations in Croatia were conducted at the official weather station in Hvar. The weather station was founded in 1858 by Grgur Bučić and was part of the Central Institute for Meteorology and Earth Magnetism in Vienna, where the observation results were sent. Bučić was mentioned as a phenological observer in the almanac *Uebersicht der phänologischen Beobachtungen im Jahre 1864*, which proves that phenological observations in Croatia started exactly 150 years ago.

In 1960, the Agriculture and Forestry College (*Gospodarsko učilište i Ratarnica*) was established in Križevci and subsequently a weather station to cater for its needs. Since the operations of the weather station were closely connected to the specific agricultural and forestry needs of the College, it is safe to say that it was the first agrometeorological station in Croatia. Further development of the station was directed toward specific agricultural needs and in 1898 three geothermometers were purchased.

Professor Ivan Potočnjak greatly contributed to the development of agrometeorology at the College. In 1878, he published a book “Science of Climate and Air Phenomena” (Figure 3.47), which can be considered as the first school book on agrometeorology in Croatia, originally written in Croatian (Vučetić, 2011). It is not a coincidence that scientific agrometeorology was ‘born’ in an agriculture and forestry college. It only shows that interdisciplinary character of modern agrometeorology was taken into account from its very beginnings.

In the first half of the 19th century, there were attempts to connect meteorological measurements with the vegetation in a certain area, especially in relation to the development of tourism, i.e. health



Slika 3.47. Prva knjiga-udžbenik o agrometeorologiji u Hrvatskoj, izvorno pisana na hrvatskom jeziku

Figure 3.47 First book-tutorial of agrometeorology in Croatia

itd.). Pokušaj jačeg organiziranja fenoloških motrenja, 1937., u suradnji Hrvatskog prirodoslovnog društva i Geofizičkog zavoda (PMF), u čijoj su nadležnosti bile meteorološke postaje, na žalost nije urodio plodom. Ponovni uspješniji pokušaj dogodio se 1946. kada Poljoprivredni institut organizira prva sustavna fenološka motrenja.

Osnivanjem Državnog hidrometeorološkog zavoda (DHMZ) 1947. agrometeorologija doživljava puni procvat. Na meteorološkim postajama od 1951. uspostavljaju se mjerenja temperature tla te se osniva mreža fenoloških opažanja (Vučetić i dr., 2008.). Meteorološka postaja u Križevcima 1954. ulazi u sustav mreže postaja DHMZ-a i to kao agrometeorološka postaja. U krugu ove postaje 1958. osnovan je Međunarodni fenološki vrt, a zatim je proširen i s Domaćim fenološkim vrtom. Od početka ustroja DHMZ-a pa do 2001. godine jedna od osnovnih ustrojnih jedinica je agrometeorologija, čiji je djelokrug rada podijeljen na tri osnovne djelatnosti; poljoprivrednu meteorologiju, šumarsku meteorologiju i fenologiju bilja.

Most prominent in that respect were the already mentioned Grgur Bučić in Hvar, and Ambroz Haračić in Mali Lošinj. Phenological observations in continental Croatia were organized by schools (in Petrinja, Varaždin, Nova Gradiška, etc.). In 1937, the Croatian Natural Sciences Society and Geophysical Institute (Faculty of Science), which was in charge of weather stations, attempted to better organize phenological observations. Unfortunately, the first attempt failed, but in 1946 the Institute of Agriculture managed to successfully organize systematic phenological observations.

Establishing the Hydrological and Meteorological Service (DHMZ) in 1947 gave boost to agrometeorology. Starting in 1951, soil temperature measurements were set up at weather stations and a network of phenological observations was established (Vučetić et al., 2008). The weather station in Križevci became part of the DHMZ weather station network in 1954 as an agrometeorological station. The International Phenological Garden was founded in 1958 on the grounds of the station and was then extended to include a domestic phenological garden. Since its beginnings until 2001, agromete-

Poljoprivredna meteorologija

U okviru poljoprivredne meteorologije postojala je mreža investitorskih agrometeoroloških postaja postavljenih namjenski na odabranoj lokaciji sa svrhom mjerenja meteoroloških čimbenika kao pokazatelja vremena i klime mikro područja. Osim klasičnih meteoroloških mjerenja obavljala su se specijalna s određenom namjenom. Primjerice, mjeri se temperatura tla na raznim dubinama i temperatura zraka na raznim visinama (vertikalni temperaturni gradijent). Na agrometeorološkoj postaji u Križevcima obavljaju se i mjerenja pojedine komponente vodne bilance, isparitelj razreda A, transpiracija po Piche-u, izravno i stvarno isparavanje vode iz tla po Popovu i potencijalno ili maksimalno moguće isparavanje iz tla po Garnier-u. Također obavljaju se mjerenja zaliha vode u tlu na raznim dubinama izravnim uzimanjem uzoraka tla po gravimetrijskoj metodi. Za potrebe raznih istraživanja obavljaju se i specijalna mjerenja unutar neke biljne zajednice ili se istražuju uvjeti pod kojim uspijevaju pojedini endemi ili rijetke biljne i životinjske vrste.

Šumarska meteorologija

Šumarska meteorologija je započela 1981. godine s osnovnom namjenom zaštite šuma od požara. U operativnom radu primjenjuje se kanadska metoda prilagođena našim klimatskim uvjetima, poznata pod nazivom *Canadian Forest Fire Weather Index System*. Za potrebe prilagodbe našim uvjetima izgrađen je i djelomično opremljen meteorološko-šumarski laboratorij i poligon u Makarskoj.

Fenologija bilja

Na kojih 50-ak fenoloških postaja diljem Hrvatske prate se razvojne faze određenih biljaka. Biljke su grupirane u divlje zeljasto bilje, šumsko drveće i šibljice, livadske trave i leguminoze, ratarske kulture, voćke i vinovu lozu. Osim biljaka, prate se i biljne bolesti, poljski radovi te fenologija pčela. Za potrebe fenoloških istraživanja posebno su važni Međunarodni Domaći fenološki vrt u Križevcima.

Ustroj agrometeorologije unutar DHMZ-a se uvelike mijenja nakon 2001. godine. Agrometeorološka mjerenja temperature tla i fenološka opažanja objedinjuju se u okviru osnovne mreže meteoroloških postaja.

orology was one of DHMZ organizational units whose scope of work was divided into three core activities: agricultural meteorology, forest meteorology and plant phenology.

Agricultural meteorology

Within agricultural meteorology, there was a network of agrometeorological stations, set up by investors at selected locations, for measuring meteorological factors as indicators of micro area weather and climate. Beside regular meteorological measurements, there are also special measurements for a specific purpose. For example, soil temperature is measured at different depths and air temperature at different heights (vertical temperature gradient). The agrometeorological station in Križevci also conducts measurements of individual water balance components, class A vaporiser, transpiration according to Piche, direct and real evaporation of water from soil according to Popov, and potential and maximal possible evaporation from soil according to Garnier. Measurements of soil water reserve are performed at different depths using direct soil sampling according to the gravimetric method. Special measurements in a plant species or conditions needed for growing certain endemic plants or rare plant or animal species are conducted for the needs of various research studies.

Forest meteorology

Forest meteorology started in 1981 and its basic purpose is fire protection of forests. Operational activities are based on the Canadian method, known as Canadian Forest Fire Weather Index System, adapted to our climate conditions. For the adaptation needs, a partially equipped meteorological-forest laboratory was built in Makarska.

Plant phenology

Development stages of certain plants are being monitored at about 50 phenological station around Croatia. The plants are categorised as wild herbaceous plants, forest trees and shrubs, meadow grass and legumes, field crops, fruit trees and vines. Beside plants, plant diseases, field works and bee phenology are monitored as well. The International and domestic phenological gardens in Križevci are of great importance in phenological research.

The organization of argometeorology within the DHMZ greatly changed after 2001 when agrometeorological and phenological observations were con-

Služba za agrometeorologiju, koja je osnovana 2009. godine, sastoji se od Odjela za agrometeorološka istraživanja i Odjela za agrometeorološke informacije te je naglasak rada na znanstveno-istraživačkom segmentu i posebno na objavljuvanju informacija za potrebe poljodjelstva napose u vidu agrometeoroloških prognoza. Prognoza vremena za potrebe poljoprivrede u Hrvatskoj se za širu javnost pojavljuje od 1988. godine prvenstveno u periodičkim časopisima ili specijaliziranim dodacima pojedinih dnevnih novina. Agrometeorološka prognoza redovito se od 1990. emitira na Hrvatskom radiju te od 1999. povremeno, a od 2004. i redovito, na Hrvatskoj televiziji. Redovito emitiranje agrometeorološke prognoze na državnoj televiziji je rijetkost i u svijetu, te treba istaknuti posebni napor koji ulažu hrvatski agrometeorolozi da njezina gledanost bude što veća. Takva specijalizirana prognoza objavljuje se i u stručnim časopisima. Na internetskim stranicama Državnog hidrometeorološkog zavoda (<http://meteo.hr>) od 2004. izrađuje se *Agrometeorološki bilten* s agrometeorološkom prognozom za pet hrvatskih regija.

U znanstveno-istraživačkom dijelu ostvaruje se suradnja s visokoškolskim ustanovama (Geofizički odsjek PMF-a, Šumarski fakultet i Agromorski fakultet Sveučilišta u Zagrebu) u provođenju znanstvenih projekata (npr. Kovačević i dr., 2008.; Seletković i dr., 2011.; Stojić i dr., 2012.; Rosavec i dr., 2013.), u radu s diplomandima i postdiplomandima. Istraživanja su bila i u okviru projekata Ministarstva znanosti, obrazovanja i sporta (npr. Bice i dr., 2011.), a rezultati istraživanja se redovito izlažu na domaćim i međunarodnim konferencijama, te objavljuju u znanstvenim časopisima.

U zasjedanju Komisije za agrometeorologiju Svjetske meteorološke organizacije predstavnik Hrvatske prvi put je bio 2002. i od tada redovito sudjeluje u njezinom radu svake četvrte godine. U njezinoj ekspertnoj grupi *Vremenski i klimatski ekstremi, utjecaji i preventivne strategije u poljoprivredi, stočarstvu, šumarstvu i ribarstvu* hrvatski stručnjak je radio u prošlom četverogodišnjem mandatu. Međunarodna suradnja se ostvaruje i putem međunarodnih znanstveno-istraživačkih projekata kao, što su europski projekti COST 734. Utjecaj klimatskih promjena i varijacija na europsko poljodjelstvo (Vučetić, 2010.; Trnka i dr., 2011.), COST ES 1106: Procjena korištenja i razmjene vode za potrebe europske poljoprivrede pod utjecajem klimatskih promjena te COST 725:

solidated within the framework of basic weather station network.

Agrometeorological forecast and research

The Agrometeorological Service, founded in 2009 and consisting of the Agrometeorological Research Department and Agrometeorological Information Department, puts a lot of effort into scientific research, especially into publishing information for the needs of agriculture in Croatia in the form of agrometeorological forecasts. Agriculture related weather forecasts for wider public first appeared in 1988, primarily in periodicals and special supplements to daily newspapers. Since 1990, agrometeorological forecasts are regularly broadcast on the Croatian Radio, from 1999 occasionally, and since 2004 they are broadcast on the Croatian Television as well. Regular broadcast of agrometeorological forecasts on national television is rare in the world, and Croatian agrometeorologists need to be commended for the efforts they put into raising viewing. Such specialized forecasts are published in professional magazines as well. Since 2004, the Agrometeorological Bulletin, containing agrometeorological forecast for five Croatian regions, can be found on the Hydrological and Meteorological Service web page (<http://meteo.hr>)

Cooperation with higher education institutions (Department of Geophysics of the Faculty of Science, Faculty of Forestry and Faculty of Agronomy at the University of Zagreb) has been established in scientific research regarding scientific projects (e.g. Kovačević et al., 2008; Seletković et al., 2011; Stojić et al., 2012; Rosavec et al., 2013), work with graduate students and obtaining academic titles. Research has also been done within the projects of the Ministry of Science, Education and Sports (e.g. Bice et al., 2011), and the results have been regularly presented at local and international conferences, and published in scientific magazines.

In 2002, a Croatian representative attended a meeting of the World Meteorological Organization Commission for Agricultural Meteorology for the first time, and since then has regularly participated in its work every four years. A Croatian expert participated in the work of its expert group 'Weather and Climate Extremes, impacts and prevention strategies in agriculture, livestock farming, forestry and fishery' in its last 4-year mandate. International cooperation is also accomplished via scientific and research projects such as European projects COST 734: Impacts of Climate Change and Variability on European Agriculture (Vučetić, 2010; Trnka et al., 2011), COST ES 1106: Assessment of European

Europska fenološka baza (Vučetić i Vučetić, 2006.) koji je prerastao u EUMETNET-ov projekt pod istim nazivom.

Iako je agrometeorološki tim mala grupa stručnjaka, ostvaruje svoje zadatke i izvan svojih mogućnosti, te je poznat u domaćoj javnosti kao i u stručnim međunarodnim krugovima.

3.1.6. Razvoj i istraživanje

Meteorologija, kao jedna od mlađih grana primijenjene fizike, posljednjih desetljeća napreduje ogromnim koracima. U skladu sa svjetskim razvojem informatike i tehnologije, omogućen je detaljniji uvid u mnoge do sada neistražene atmosferske pojave i procese malih prostornih razmjera te razmjerno kratkog vremenskog trajanja, ali i prognozu nadolazećih vremenskih prilika u sljedećih nekoliko dana, sezona, pa i godina. Brzi napredak znanosti i tehnologije u uvjetima globalizacije čine stjecanje znanja i njegovu produktivnu primjenu temeljnim izazovom konkurentnog gospodarstva i društva. Vrijednost točne i pravodobne meteorološke i klimatološke informacije u prevenciji i prilagodbi društva pri tom igra ključnu ulogu, bilo da se radi o upozorenju na opasnu vremensku pojavu ili pak o informaciji o mogućim klimatskim promjenama na određenom području. Jedna od bitnih pretpostavki za izdavanje takvih informacija je kvalitetan i međunarodno konkurentan znanstveno-istraživački rad, uz prenošenje i uključivanje direktnih rezultata u primjenu u svim gospodarskim granama.

Razvoj i sadašnje stanje

Do osnutka Hidrometeorološke službe 1947. godine znanstveno-razvojni rad odvijao se u sklopu Geofizičkog zavoda (danas Geofizičkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, Sveučilišta u Zagrebu) s kojim je kasnije nastavljena suradnja, posebice na edukaciji kadrova i na zajedničkim projektima. U početku je taj rad imao karakter stručnog rada s ciljem poboljšanja metoda analize i prognoze vremena, obrade i analize klimatoloških, hidroloških i agrometeoroloških podataka. Početkom šezdesetih godina organizira se poslijediplomski studij na Geofizičkom zavodu, koji je do današnjih dana u Hrvatskoj glavni centar za stvaranje kvalitetnih znanstvenih kadrova u meteorologiji. Magistri i doktori znanosti uvelike su doprinjeli unapređenju službe, ali i omogućili stvaranje znanstvene jedinice. Internom odlukom tadašnjeg Republičkog hidrome-

Agriculture Water use and trade under climate change, and COST 725: European phenological data platform (Vučetić and Vučetić, 2006), which grew into a EUMETNET project of the same name.

Although the agrometeorological team consists of a small number of experts, their accomplishments are well beyond their means, and they are well known both in Croatia and in international circles.

3.1.6 Research and development

Meteorology, as one of the newest branches of applied physics, has made giant steps in the past several decades. A more detailed insight into the so far unresearched atmospheric phenomena and small scale processes of relatively short duration as well as forecasts of upcoming weather conditions over the next several days, season or even several years, were made possible by global development of information technology and technology in general. In times of globalization, fast scientific and technological progress presents acquiring knowledge and productive use of the same the greatest challenge to a competitive economy and society. Whether it is a severe weather phenomena warning or information on possible climate change in a certain area, the value of accurate and timely meteorological and climatological information plays a key role in prevention and adaptation of the society. One of the key assumptions for publishing such information is internationally competitive scientific research of high quality coupled with the transfer and application of its results in all industries.

Development and present state

Until 1947, when the Hydrological and Meteorological Service was established, the Geophysical Institute (today the Department of Geophysics at the Faculty of Science, University of Zagreb) had been in charge of scientific development. Cooperation with the Department of Geophysics continued, especially on joint projects and in the field of staff training. At the beginning, scientific development revolved around expert work with the aim of improving analysis and weather forecast methods, processing and analysing climatological, hydrological and agrometeorological data. In the early 1960's, post-graduate studies were organized at the Geophysical Institute, which has remained the leading centre for generating experts in meteorology ever since. Masters and Doctors of Science greatly contributed to the advancement of the

teorološkog zavoda (RHMZ) 12. srpnja 1968. godine osnovan je sektor za meteorološka istraživanja koji 1976. postaje Centar za meteorološka istraživanja, Znanstveno-istraživačka djelatnost prepoznata je i od 11. studenog 1976. Centar za meteorološka istraživanja RHMZ-a upisan je u registar znanstvenih organizacija. Prema rješenju od 20. rujna 1996. godine DHMZ se nalazi u Upisniku znanstveno-istraživačkih pravnih osoba Ministarstva znanosti i tehnologije Republike Hrvatske kao ustanova koja obavlja znanstveno-istraživačku djelatnost u znanstvenom području prirodnih znanosti. Ministarstvo znanosti, obrazovanja i sporta na temelju Pravilnika o upisniku znanstvenih organizacija izdaje DHMZ-u 27. studenog 2012. godine novo rješenje i dozvolu za obavljanje znanstvene djelatnosti iz područja prirodnih znanosti (slika 3.48.).

DHMZ kao znanstveno-istraživačka pravna osoba u znanstvenom području prirodnih znanosti nacionalno je središte izvrsnosti i znanja u području meteorologije i klimatologije. Premda svaki sektor/slужba unutar DHMZ-a brine o stručnom usavršavanju i uvođenju novih metoda u djelo-krug njihova rada, glavnina istraživačkog rada obavlja se u okviru Sektora za meteorološka istraživanja i razvoj, koji je nadležan za organizaciju, koordinaciju i izvršavanje poslova razvoja i istraživanja u okviru DHMZ-a. U kontekstu održivog razvoja u društvu nužan uvjet je neprekidno praćenje novih spoznaja i vlastito istraživanje na području meteorologije na dobrobit cijele društveno-gospodarske zajednice. Krajnji je cilj visoka kvaliteta usluga i proizvoda namijenjenih raznim korisnicima unutar DHMZ-a, kao i iz gospodarstva te javnog i društvenog života Republike Hrvatske. Sve djelatnosti istraživačkog i razvojnog rada usmjerene su na razvoj za potrebe ispunjavanja osnovne uloge DHMZ-a i primjenu rezultata i metoda za potrebe operativne prognoze vremena, upozorenja na opasne vremenske pojave i informiranje javnosti te za potrebe različitih društvenih i gospodarskih subjekata (energetika, poljoprivreda, turizam, promet, prostorno planiranje, industrija, zaštita okoliša, zdravstvo itd.).

Kako bi se mogle zadovoljiti potrebe gospodarstva i društvenog razvoja za kvalitetnom informacijom, nužan uvjet je dovoljan broj visoko kvalificiranih znanstvenika i stručnjaka, koji mogu pratiti i razvijati najnovije metode u području meteorologije i hidrologije, s ciljem njihove primjene u različitim granama gospodarstva i društva u cjelini. Neprekidno se ulažu veliki naponi u kadrovskoj promjeni. U 2012. godini na DHMZ-u

Service, and made establishing of a scientific research unit possible. By an internal decision of the Republic Hydrometeorological Service (RHMZ) at that time, on July 12, 1968, the Sector for Meteorological Research was established, which was renamed as the Centre for Meteorological Research in 1976. On November 11, 1976, the Centre for Meteorological Research of the RHMZ was registered as a scientific organization. According to the Resolution of September 20, 1996, the Meteorological and Hydrological Service of Croatia was entered in the Register of Scientific and Research Legal Entities with the Ministry of Science and Technology as an institution carrying out scientific research in the field of natural sciences. On November 27, 2012, based on the Ordinance on the Register of Scientific and Research Legal Entities, the Ministry of Science, Education and Sports provided DHMZ with a new resolution and a permission to conduct scientific activities in natural sciences (Figure 3.48).

DHMZ, as a scientific and research legal entity in the field of natural sciences, is a national centre of excellence and expertise in meteorology and climatology. Although professional development and implementation of new methods are within the scope of work of each sector/division within the DHMZ, majority of research is done by the Meteorological Research and Development Division, which is responsible for the organization, coordination and implementation of research and development activities within the DHMZ. In the context of sustainable development, a key condition is being up-to-date with the latest achievements and investing into own research in the field of meteorology for the benefit of the entire community. The goal of the DHMZ is to provide high quality services and products to different users within the DHMZ as well as users coming from different industries and public and social life of the Republic of Croatia. All research and development activities aim at fulfilling the primary role of the DHMZ, application of the results and methods in operative weather forecast, issuing of severe weather phenomena warnings and informing the public, as well as fulfilling the needs of different social and economic subjects (energetics, agriculture, tourism, traffic, spatial planning, industry, environmental protection, health care system, etc.).

In order to meet the needs of Croatian economy and social development for quality information, it is necessary to have an adequate number of scientists and experts employed who can follow and develop new methods in the fields of meteorology

SOCIJALISTIČKA REPUBLIKA HRVATSKA
REPUBLIČKI SAVJET ZA NAUČNI RAD
Broj: 06-867/76.
Zagreb, 11. siječnja 1977. godine

Na temelju člana 37, 40 i 66 Zakona o upravi, člana 14, 15 i 17 Zakona o organizaciji znanstvenog rada i Odluke Republičkog savjeta za naučni rad od 28. listopada 1976. godine, rukovodilac republičkog organa uprave nadležnog za poslove znanosti, pošto je utvrđeno dana 11. studenog 1976. godine da postoje svi podaci za ispunjenje registrarskog lista, donosi

RJEŠENJE

U registar znanstvenih organizacija udruženog rada i znanstvenih jedinica upisuje se znanstvena jedinica
REPUBLIČKI HIDROMETEOROLOŠKI ZAVOD - CENTAR ZA
METEOROLOŠKA ISTRAŽIVANJA, Zagreb, Grič 3
pod registraškim brojem 4 registraški list br. RI-4.

Obrazloženje

Republički savjet za naučni rad kao republički organ uprave nadležan za poslove znanosti vodi registar znanstvenih organizacija udruženog rada i znanstvenih jedinica.

Na temelju podnijete dokumentacije i provedenog postupka u smislu člana 16. Zakona o organizaciji znanstvenog rada, Republički savjet za naučni rad je na sjednici 28. listopada 1976. godine utvrdio da REPUBLIČKI HIDROMETEOROLOŠKI ZAVOD - CENTAR ZA METEOROLOŠKA ISTRAŽIVANJA, Zagreb ispunjava uvjete za dobivanje statusa znanstvene jedinice utvrđene u členu 14 i členu 16 stav 3 Zakona o organizaciji znanstvenog rada i donio odluku o upisu ove znanstvene jedinice u registar znanstvenih organizacija udruženog rada i znanstvenih jedinica.

Budući da je dana 11. studenog 1976. godine utvrđeno da postoje svi podaci za ispunjenje registraškog lista, to se donosi ovo rješenje.

OSTALI OBVIJESTI:

1. Republički hidrometeorološki zavod - Centar za meteorološka istraživanja, Zagreb
2. Republički hidrometeorološki zavod, Zagreb - kao samostalni zavod, Zagreb
3. Registar znanstvenih organizacija udruženog rada i znanstvenih jedinica
4. Samoupravna interesna zajednica znanstvenih rad 612-III, Zagreb

Predsjednik Republičkog
savjeta za naučni rad
Član izvršnog vijeća Sabera SRH
prof. dr. Ivan Jurković



REPUBLIKA HRVATSKA MINISTARSTVO ZNANOSTI I TEHNOLOGIJE

Klasa: 640-02/96-01/009

Ur. broj: 533-02-004/96-2

Zagreb, 20. kolovoza 1996.

Na temelju članka 19. i 27. stavka 1. Zakona o znanstvenoistraživačkoj djelatnosti, (N.N. br. 96/93 i br. 34/94. - ispravak) ministar znanosti i tehnologije, donosi

RJEŠENJE

U Upisnik znanstvenoistraživačkih pravnih osoba Ministarstva znanosti i tehnologije upisuje se druga pravna osoba koja obavlja i znanstvenoistraživačku djelatnost

DRŽAVNI HIDROMETEOROLOŠKI ZAVOD

Zagreb, Grič 3

pod rednim brojem 0004/1995. god. u znanstvenom području prirodnih znanosti.

Obrazloženje

Državni hidrometeorološki zavod, Zagreb, Grič 3., podnio je zahtjev i dokumentaciju propisanu člankom 27. i 29. stavkom 1. Zakona o znanstvenoistraživačkoj djelatnosti (N.N. br. 96/93 i br. 34/94. - ispravak), i Pravilnikom o Upisniku znanstvenoistraživačkih pravnih osoba Ministarstva znanosti i tehnologije (N.N. br. 44/95).

Na temelju mišljenja stručnog povjerenstva koje je ustanovilo da podnositelj zahtjeva ispunjava osnovne prostorne, osobne, tehničko-tehnološke, sigurnosne i druge standarde za vrstu izvedbu znanstvenoistraživačke djelatnosti donio sam rješenje kao u dispozitivu.

Potpredsjednik Vlade i
ministar znanosti i tehnologije



Dostaviti:

1. Državni hidrometeorološki zavod
Zagreb, Grič 3.
2. Zbirka isprava-ovdje
3. Arhiva

REPUBLIKA HRVATSKA MINISTARSTVO ZNANOSTI, OBRAZOVANJA I SPORTA

KLASA: 640-02/12-08/00025
URBROJ: 533-19-01-01-12-0002
Zagreb, 27. studenoga 2012. godine

Matični broj upisa

4

Na temelju članka 2. stavka 2. Pravilnika o Upisniku znanstvenih organizacija i Upisniku visokih učilišta (Narodne novine broj 72/04, 80/04) Ministarstvo znanosti, obrazovanja i sporta izdaje

Izvod iz Upisnika znanstvenih organizacija

1. Podaci o znanstvenoj organizaciji

1.1 Naziv Državni hidrometeorološki zavod
1.2 Adresa (pošta i broj) Grič 3, Zagreb
1.3 Poštanski broj i mjesto 10000 ZAGREB
1.4 Telefon (+385 1) 4851-901, (+385 1) 4565-666
1.5 Telex (+385 1) 4851-901
1.6 E-pošta dhmz@cinus.dhz.hr
1.7 URL
1.8 Vrsta znanstvene organizacije Znanstvena ustanova

2. Dopunski za početak obavljanja znanstvene djelatnosti

2.1 Broj dopunice
2.2 Datum dopune

3. Znanstvena područja i polja u kojima se obavlja znanstvena djelatnost

Sfera područja Naziv znanstvenog područja Sfera polja Naziv znanstvenog polja
1.00 PRIRODNE ZNANOSTI

POMOĆNIK MINISTRA
prof. dr. sc. Saša Zelenika

REPUBLIC OF CROATIA MINISTRY OF SCIENCE, EDUCATION AND SPORT

Klasa: 640-02/12-08/00025
No. 533-19-01-01-12-0002

Zagreb, 27 November 2012

Registration number
4

Pursuant to Article 2 paragraph 2 of the Rules on the Register of Scientific Organizations and the Register of Establishments of Higher Education (Official Gazette of the Republic of Croatia, 72/04, 80/04), the Ministry of Science, Education and Sport is issuing the following

Certificate of the Register of Scientific Organizations

1. Information about the scientific organization

1.1 Name Meteorological and Hydrological Service of Croatia
1.2 Address Grič 3, Zagreb
1.3 ZIP Code City 10000 ZAGREB
1.4 Telephone (+385 1) 4851-901, (+385 1) 4565-666
1.5 Fax (+385 1) 4851-901
1.6 E-mail dhmz@cinus.dhz.hr
1.8 Type of scientific organization Scientific institution

2. Permit to engage in scientific activity

2.1 Permit No.
2.2 Date of permit

3. Scientific areas and fields of scientific activity

Area Code Area Designation Field Code Field Designation
1.0 NATURAL SCIENCES

ASSISTANT MINISTER
Prof. Saša Zelenika, DSc
signature and seal affixed



Slika 3.48. Kopije rješenja o upisu DHMZ-a u registar znanstvenih ustanova

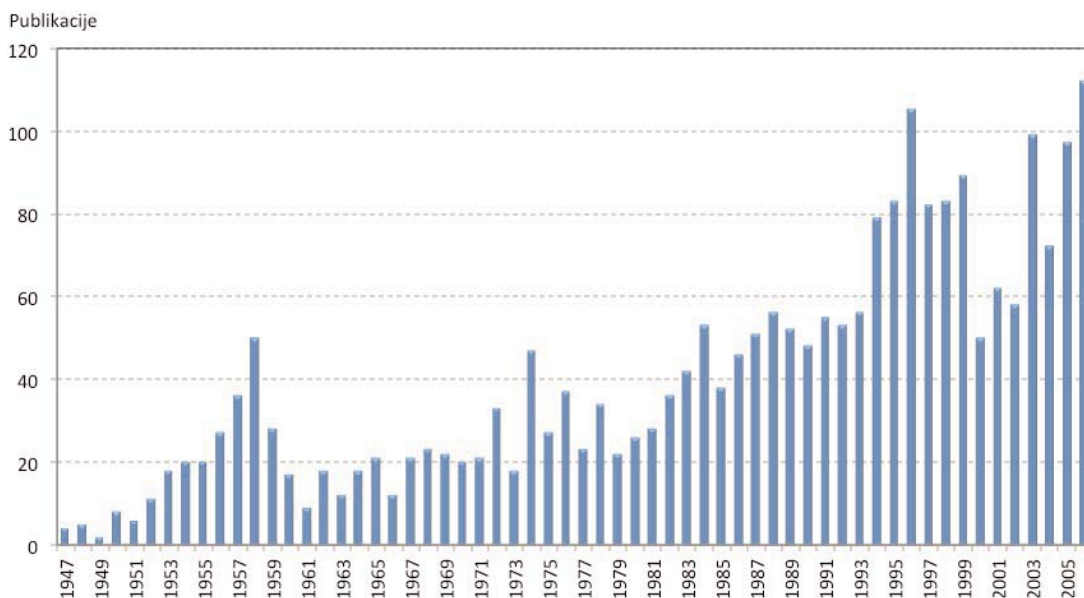
Figure 3.48 Copy of the Resolution on the entry of DHMZ in the Register of Scientific Institutions

je radilo 18 doktora znanosti i 17 magistara, što je veliki napredak u odnosu na 2003. godinu kad je bilo zaposleno 8 doktora znanosti i 16 magistara.

Razvojni i istraživački rad u DHMZ-u vezan je uz projekte financirane iz različitih izvora, ali i uz studije i elaborate koje se izrađuju na zahtjev pojedinih korisnika. Takve studije nerijetko su uvod u veće istraživačke projekte. Rezultati tog rada gotovo redovito se objavljuju u stručnim i znanstvenim časopisima (slika 3.49.). I dok su u početku gotovo svi radovi imali karakter stručnog rada, s ciljem poboljšanja operativnih aktivnosti, s vremenom su se pojavljivali i sve brojniji znanstveni radovi publicirani u priznatim znanstvenim časopisima. U razdoblju do 1976. godine izdane su dvije meteorološke bibliografije Jugoslavije: jedna koja je obuhvaćala građu u razdoblju 1947.-1967., te druga za razdoblje 1968.-1976. godine. Tim bibliografijama nije bila obuhvaćena građa iz područja hidrologije. U povodu obilježavanja šezdesete obljetnice osnutka meteorološke i hidrološke službe u Republici Hrvatskoj, kao i činjenice da u tom razdoblju nije postojao jedinstven popis svih znanstvenih i stručnih radova zaposlenika zavoda, u 2007. godini izdana je Bibliografija zaposlenika Državnog hidrometeorološkog zavoda u razdoblju 1947.-2006. Ovom Bibliografijom nije obuhvaćena građa kao što su stručni

and hydrology, which can then be applied in different industries and the society as a whole. Great efforts are invested into staffing. In 2013, there were 18 Doctors and 17 Masters of Science working in the DHMZ, which is a great step forward when compared to 2003 when only 8 Doctors and 16 Masters of Science were employed.

Research and development activities of the DHMZ are connected to the projects financed by different sources, but also to the studies and reports created at the request of individual users. Such studies often lead to bigger research projects. Results of the projects are regularly published in trade and scientific research journals (Figure 3.49). In the period up to 1976, two meteorological bibliographies of Yugoslavia were published: one comprising the materials for the period 1947-1967, and the other for the period 1968-1976. Neither bibliography comprised any material on hydrology. Until 2007 there was no list of all scientific and professional papers written by the DHMZ employees, so for the 60th anniversary of the Meteorological and Hydrological Service in Croatia a Bibliography of papers published by the DHMZ personnel in the period 1947-2006 was published. The Bibliography does not comprise expert reports and studies, handbooks and manuals, thesis, reviews of profe-



Slika 3.49. Dinamika publiciranja stručnih i znanstvenih radova zaposlenika DHMZ-a u razdoblju 1947.-2006.
(izvor: Bibliografija 1947.-2006.)

Figure 3.49 Rate of publishing professional and scientific papers by the DHMZ personnel in the period 1947-2006
(source: Bibliography 1947-2006)

elaborati i studije, stručni priručnici i naputci, diplomski radovi, recenzije stručne i znanstvene literature, intervjui te komentari i kratke popularne crtice u tisku, ili prijevodi inozemne literature na hrvatski jezik. Upravo ta pisana građa daje presjek aktivnosti na stručnom i znanstvenom planu kroz dugo razdoblje burnih tehnoloških i znanstvenih postignuća. Od 2007. do 2013. godine izvor podataka publiciranih radova je Hrvatska znanstvena bibliografija (CROSB), dostupna na internetskoj stranici http://bib.irb.hr/lista-radova?sif_ust=4&print=true#cccaso_pis, na kojoj se nalaze podaci upisanih znanstvenih i stručnih radova djelatnika DHMZ-a.

Znanstveno-istraživački rad na DHMZ-u možemo ukratko podijeliti na četiri glavna područja:

- istraživanja lokalnih i regionalnih atmosferskih procesa te njihovo modeliranje za potrebe operativne analize i prognoze vremena, razne grane gospodarstva i energetike te integrirano modeliranje meteoroloških, hidroloških i oceanografskih procesa,
- istraživanja usmjerena prema poznavanju klime i klimatskih promjena, posebno ekstrema na području Hrvatske u odnosu na europske i svjetske prilike praćenje prostorne i vremenske (sezonske) varijabilnosti intenziteta, učestalosti i trajanja klimatskih parametara i kombiniranih veličina i klimatskim modeliranjem sadašnje i buduće klime radi ocjene očekivanih promjena,
- istraživanja utjecaja vremenskih i klimatskih prilika te klimatskih promjena, uz primjenu agrometeoroloških metoda i modela, u cilju učinkovitije poljoprivredne proizvodnje, šumarstva, zaštite šuma od požara i ribarstva,
- istraživanja utjecaja vremena na ljude i prostorno-vremenske značajke bioklime uz izradu kriterija za izvanredne biometeorološke prilike.

Znanstveno-razvojni projekti

Glavni cilj znanstveno-istraživačkog i razvojnog rad u DHMZ-u poboljšanje je operativnih aktivnosti. Sudjelovanjem u radu domaćih i međunarodnih istraživačkih i stručnih projekata stručnjaci DHMZ-a dijele iskustva i znanje, usavršavaju se u teorijskim i praktičnim vještinama, upoznaju i uvode u službu nove vrste meteoroloških podataka i metoda kao i nove programske alate. Sve to primjenjuje se u svakodnevnom radu, čime se povećava kvaliteta meteoroloških i klimato-

ssional and scientific papers, interviews, commentaries and popular short sketches published in the press, nor translations of foreign literature into Croatian, although precisely those written materials provide an overview of activities in the professional and scientific field during that long period and exceptional technological and scientific achievements. Papers published in the period from 2007 to 2013 can be found in the Croatian Scientific Bibliography (CROSB), and the information on the scientific and professional papers published by the DHMZ personnel can be found on the web page http://bib.irb.hr/lista-radova?sif_ust=4&print=true#cccaso_pis.

Scientific research at the DHMZ can be divided into four main areas:

- research on local and regional atmospheric processes, modelling of the same for the needs of operational analysis and weather forecast, as well as for different industries and energy sectors, and integrated modelling of meteorological, hydrological and oceanographic processes,
- research aimed at understanding climate and climate change, especially the extremes, on the territory of the Republic of Croatia, compared to European and global conditions by monitoring spatial and temporal (seasonal) variability in the intensity, frequency and duration of climatic and combined parameters, and by climate modelling of the present and future climate in order to assess the expected change,
- research on the effects of weather and climate conditions and climate change using agrometeorological methods and models in order to increase the efficiency of agricultural production, forestry, forest fire protection and fishery,
- research on the effects of the weather on people and bioclimatic spatial and temporal characteristics and producing criteria for exceptional bioclimatic conditions.

Scientific and developmental projects

The goal of scientific research and developmental work is improving DHMZ operating activities. By participating in local and international research and scientific projects, DHMZ scientists share their experience and knowledge and improve their theoretical knowledge and practical skills, get to know and implement new types of meteorological data and methods as well as new software tools. All of the above is used in their daily work, enhancing the quality of meteorological and climatological data and analysis. Emphasis is put on research on

loških podataka i analiza. Težište je stavljeno na istraživanja specifičnosti lokalnih i regionalnih atmosferskih procesa u svrhu unapređenja metoda njihova modeliranja i točnije prognoze. Rezultati istraživanja i praćenja klime, dijagnosticiranja klimatskih promjena i varijabilnosti, kao i procjena stanja buduće klime, nalaze široku primjenu u raznim društvenim granama i planiranju. Dio istraživačkih kapaciteta usmjeren je na nove spoznaje i metode s ciljem podrške planiranju te razvoju strategije i politike zaštite okoliša od onečišćenja.

Početak osamdesetih godina započela je aktivna međunarodna suradnja u sklopu svjetskih programa *Program globalnog istraživanja atmosfere* (GARP), a zatim i njezina potprograma *Alpski eksperiment* (ALPEX), koji je istraživao atmosferske procese na području Alpi, s eksperimentalnom fazom 1982. godine (*Pedest godina rada Državnog hidrometeorološkog zavoda, 1998.*). Rezultat ovih programa bio je detaljniji uvid u mnoge do tad neistražene atmosferske pojave i procese malih prostornih razmjera te razmjerno kratkog vremenskog trajanja, u cilju boljeg predviđanja utjecaja planina na vrijeme i klimu. Međunarodni projekt pod imenom *Mezoskalni alpski program* (MAP-Mesoscale Alpine Programme) imao je u razdoblju od 7. rujna do 15. studenog 1999., za glavni cilj dobiti bazu meteoroloških podataka odgovarajuće prostorno-vremenske gustoće i kvalitete radi poboljšanja operativne prognoze vremena i numeričkih modela atmosfere, koji će te procese biti u stanju još bolje simulirati (Bougeault et al., 2001.). Projekt je pokrenula mnogobrojna međunarodna meteorološka zajednica, uz aktivno sudjelovanje meteoroloških službi svih zemalja alpskog područja (Austrija, Hrvatska, Italija, Francuska, Njemačka, Slovenija, Švicarska). Asimilacija podataka dobivenih ovim projektom, kao i razvoj numeričkih metoda i računalnih kapaciteta doprinijeli su uvođenjem u operativni rad numeričkih prognostičkih modela fine rezolucije manje od 10 km.

Hrvatska, kao pomorska i turistička zemlja, dio je Sredozemlja, jednog od klimatski najugodnijih područja na svijetu. Unatoč tomu, to je područje izloženo i naglim te vrlo intenzivnim vremenskim pojavama koje uvelike utječu na život i aktivnosti ljudi, a uzrokuju i velike materijalne gubitke. Pri tom se osobito ističu velike količine oborina, koje često dovode do poplava na nekim lokacijama, kao i olujni vjetar. Meteorološka mjerenja uglavnom su vezana uz kopno i prilično su

specificities of local and regional atmospheric processes in order to improve methods of their modelling and producing more accurate forecasts. Results of the research and climate monitoring, diagnosis of climate change and variability, as well as assessments of a future state of climate, are widely applied in different social branches and planning. Part of research capacities is devoted to new achievements and methods for supporting planning, and development of environmental protection pollution control strategy and policy.

In the early 1980's, active international cooperation started as part of the Global Atmospheric Research Programme (GARP), followed by the Alpine Experiment (ALPEX) subprogramme whereby atmospheric processes in the area of the Alps were researched in the experimental phase in 1982 (50th anniversary of the Meteorological and Hydrological Service, 1998). Results of those programmes provided a more detailed insight into the unexplored atmospheric phenomena and small scale processes of relatively short duration, and allowed making more accurate assumptions as to the effect of mountains on the weather and climate. In the period from September 7 to November 15, 1999, the goal of the international Mesoscale Alpine Programme (MAP) project was to obtain a meteorological database of appropriate spatial-temporal density and quality needed to improve operational weather forecasts and numeric atmospheric models, which would in turn more accurately simulate the processes (Bougeault et al., 2001). The project was initiated by the international meteorological community, and the meteorological services of Alpine countries (Austria, Croatia, Italy, France, Germany, Slovenia, and Switzerland) actively participated. Assimilation of the data, as well as the development of numerical methods and computer capacity contributed to making numerical prognostic models operational at a resolution lower than 10 km.

Croatia, as a maritime and tourism country, is part of the Mediterranean, one of the climatically most pleasant areas in the world. Nevertheless, the area is prone to sudden weather phenomena of high intensity, affecting people's lives and activities and causing extensive material damage. High amounts of precipitation, often causing flooding in some locations, and gales stand out among them. Meteorological measurements are mainly done for the mainland area and are not sufficient to cover the entire Mediterranean. For that reason, a project named "Cyclones that produce high impact wea-

nedostatna da bi se u cijelosti obuhvatilo područje Sredozemlja. Stoga je pokrenut projekt u koji su bile uključene sve zemlje Sredozemlja, uključujući i Hrvatsku, pod nazivom *Ciklone koje imaju znatan utjecaj na vrijeme na Sredozemlju-MEDEX* (MEDiterranean EXperiment on “Cyclones that produce high impact weather in the Mediterranean”). Projekt je u rujnu 2000. dobio status istraživačkog i razvojnog projekta (RDP - Research and Development Project) pod pokroviteljstvom Svjetske meteorološke organizacije. Taj projekt predstavljao je novu istraživačku inicijativu za rješavanje brojnih znanstvenih i praktičnih problema vezanih uz vrijeme i klimu Sredozemlja (Jansa et al., 2000.; Jansa et al., 2014.).

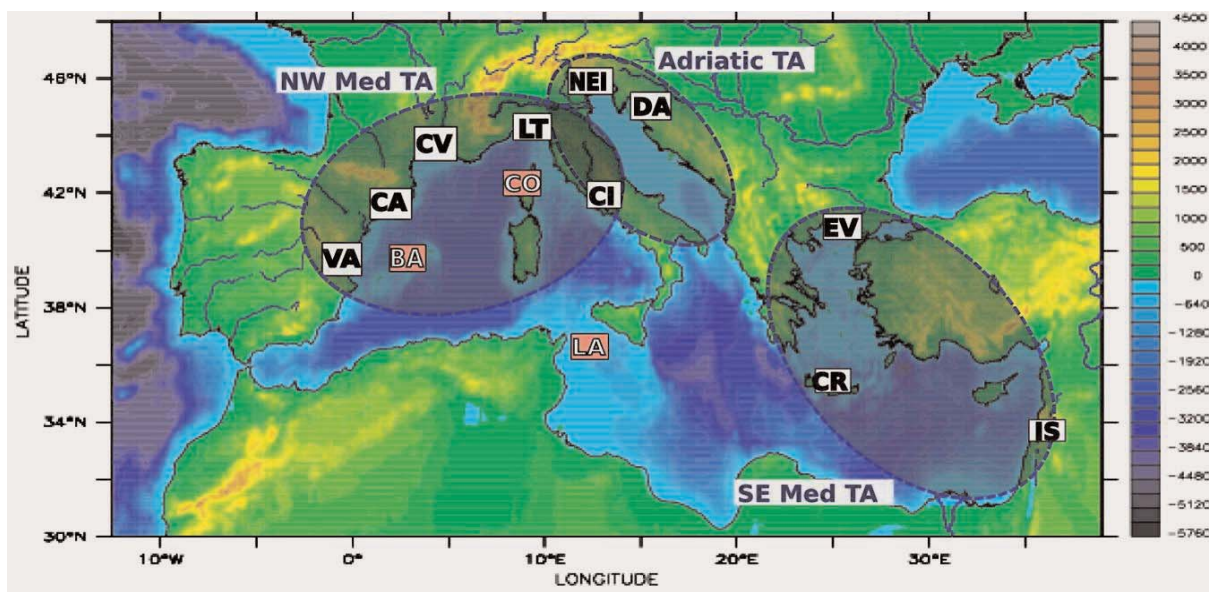
U cilju boljeg razumijevanja i prognoze kruženja vode u prirodi, s naglaskom na opasne pojave, njihovo praćenje i modeliranje u okviru združenog sustava atmosfera - more - kopno, njihovu varijabilnost i karakteristike pokrenut je veliki međunarodni projekt HyMeX, dostupno na <http://www.hymex.org/> (Hydrological cycle in Mediterranean Experiment). Motivacija za pokretanje ovog programa na Sredozemlju (Drobinski et al., 2013.) je što je to jedno od ključnih područja za proučavanje klimatskih promjena (moguć utjecaj na povećan broj prirodnih katastrofa, poduzimanje mjera za prevenciju i ublažavanje posljedica), nejednolike razdiobe i sve veća potreba za pitkom vodom te sve češće ekstremnih vremenskih pojava (obilne oborine, oluje, jaki lokalni vjetrovi, bujične poplave, velike vrućine, suše, požari). Područje Jadrana proglašeno je jednim od tri područja od posebnog interesa za proučavanje određenih pojava interakcije atmosfera/more u razdoblju 2010.-2020. godina (slika 3.50.). Utjecaj mora na atmosferu pri pojavi olujnih vjetrova, obilnih kiša i razvoju ciklona još je uvijek nedovoljno istražen, kao i utjecaj atmosfere na cirkulaciju u moru. Očekivanja ovog programa idu u smjeru značajnog smanjenja grešaka u meteorološkim i oceanografskim analizama i prognozama. U Hrvatskoj se očekuje i daljnja intenzivnija suradnja meteorologa i oceanografa, koja je nužna za razvoj združenog meteorološko-oceanografskog operativnog prognostičkog sustava.

S daljnjim poboljšanjem prognoze atmosferskih procesa strogo uvjetovanih lokalnim utjecajima na nekom manjem području, doći će i do efikasnijeg sustava upozoravanja. To bi trebalo uvelike doprinijeti smanjenju šteta od opasnih atmosferskih pojava, ali i ukupnom poznavanju vremenskih i klimatskih obilježja našeg područja.

ther in the Mediterranean” (MEDiterranean EXperiment on “Cyclones that produce high impact weather in the Mediterranean” - MEDEX) was initiated, involving all Mediterranean countries, including Croatia. In September 2000, the project received the status of a Research and Development Project (RDP) under the auspices of the World Meteorological Organization. The project represented a new initiative in solving numerous scientific and practical problems of the weather and climate in the Mediterranean (Jansa et al., 2000; Jansa et al., 2014).

In order to achieve better general understanding and natural water circulation forecasts with an emphasis on dangerous weather phenomena, monitoring and modelling of the same within an coupled atmosphere - sea - land system, as well as their variability and characteristics, a big international project HyMeX <http://www.hymex.org/> (Hydrological cycle in Mediterranean Experiment) was launched. Reasons for launching the project in the Mediterranean (Drobinski et al., 2013) lie in the fact that the Mediterranean is one of the key areas for studying climate change (possible impact on the increasing number of natural disasters, taking prevention and mitigation measures, uneven distribution and an increased demand for water supplies, as well as more frequent events of extreme weather phenomena, such as heavy precipitation, storms, severe local winds, flash floods, extreme air temperature, droughts, fires). The Adriatic region is one of the three areas of special interest for studying certain atmosphere/sea interaction events in the period from 2010 to 2020 (Figure 3.50). The influence of the sea on the atmosphere in the event of storms, heavy precipitation and cyclone development, and the influence of the atmosphere on the circulation in the sea are still not sufficiently researched. The programme is expected to significantly reduce the number of errors in meteorological and oceanographic analyses and forecasts. Croatia expects continued close cooperation between meteorologists and oceanographers, which is essential for the development of a coupled operational meteorological and oceanographic forecast system.

Improving forecasts of atmospheric processes over a certain smaller area, caused strictly by local influences, will lead to a more efficient warning system. That in turn should reduce damages caused by atmospheric phenomena as well as provide better overall understanding of weather and climate characteristics of Croatia.

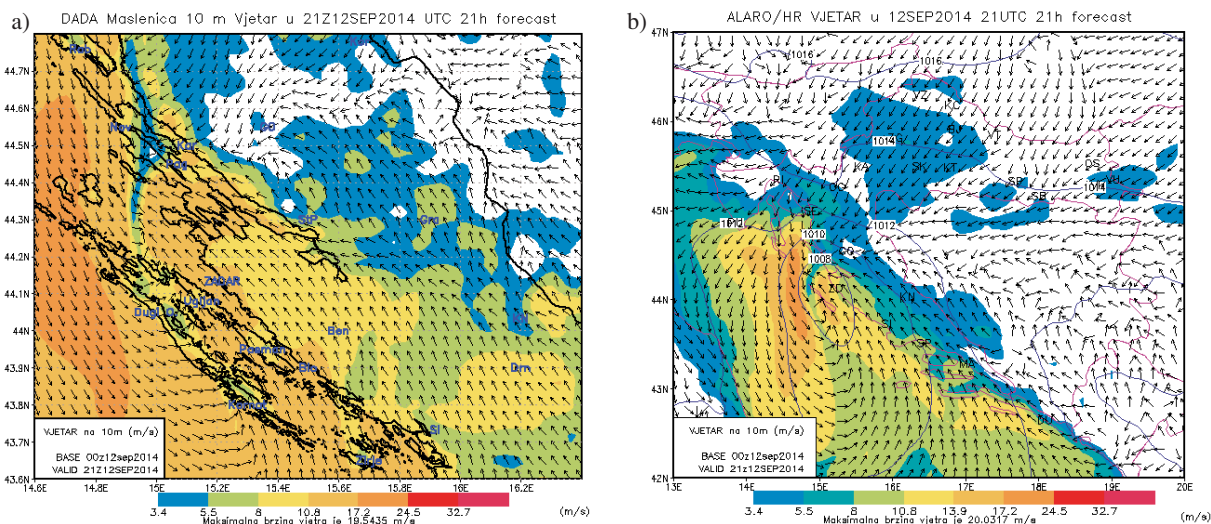


Slika 3.50. HyMeX područja od posebnog interesa

Figure 3.50 HyMeX of the special interest areas

Današnja numerička prognoza vremena zahtijeva međunarodnu suradnju među mnogim nacionalnim meteorološkim centrima. Hrvatska je još od 1996. godine uključena u projekt ALADIN, čiji je cilj razvoj i primjena numeričkog modela velike razlučivosti za potrebe pouzdane i pravovremene kratkoročne prognoze vremena. Od tada pa do danas razvoj modela i računalnih kapaciteta doživio je ogroman napredak (Tudor et al., 2013.). Do kraja 2013. godine operativno se 2 puta dnevno provodio izračun ALADIN/ALARO modela rezolucije 8 km (hidrostatička verzija) i 2 km (nehidrostatička verzija) za sve meteorološke elemente te dinamička adaptacija smjera i brzine vjetera na razlučivost 2 km, što daje realnije rezultate u onim dijelovima Hrvatske gdje na strujanje zraka značajno utječe lokalni reljef (slika 3.51.). Početkom 2014. godine izračun prognoze radi se 4 puta dnevno korištenjem inicijalnog polja dobivenog iz asimilacijskog ciklusa te trosatnih rubnih uvjeta dobivenih iz modela ECMWF-a sa pomakom od 06 sati. Sve je to rezultat međunarodne suradnje, ali i velikih napora učinjenih kod nas na razvoju asimilacije radarskih podataka, istraživanju interakcije fizike i dinamike atmosfere i uvođenja fizikalnih procesa manjih razmjera (konvekcija, turbulencija). Rezultat je povećanje točnosti kratkoročne prognoze vremena za područje Hrvatske za 72 sata unaprijed na rezoluciji modela od 8 km i 24 sata unaprijed na nehidrostatičkoj verziji modela rezolucije 2 km. Točnija

Current numeric weather forecasts require international cooperation between many national meteorological centres. Since 1996, Croatia has been involved in the ALADIN project, whose goal is to develop and implement a high resolution numerical model for creating accurate and timely short range weather forecasts. Since then, significant advances have been made in the development of models and computer capacity (Tudor et al., 2013). Until the end of 2013, calculations of the ALADIN/ALARO model at 8 km resolution (hydrostatic version) and 2 km resolution (non-hydrostatic version) were operationally done twice a day for all meteorological elements and dynamic adaptation of wind direction and speed at 2 km resolution, which produced more realistic results in parts of Croatia where the air flow is significantly influenced by the local relief (Figure 3.51). At the beginning of 2014, forecast is run 4 times per day using the initial data from the assimilation cycle and 3-hour lateral boundary conditions from the ECMWF model. This is all the result of international cooperation as well as great efforts on part of Croatia invested into the development of radar data assimilation, research on the interaction of physics and atmospheric dynamics, and implementation of small scale physical processes (convection, turbulence). As a result, short range weather forecasts for Croatia for the next 72 hours from the 8 km resolution model and forecasts for the next 24 hours from a 2 km resolution non-hydro-



Slika 3.51. Prognoza polja vjetra na 10 m na 2-km rezoluciji za šire područje Zadra (a) i 8-km rezoluciji za područje Hrvatske (b) - prognoza za 12. rujna 2014., 00 UTC

Figure 3.51 2-km resolution wind field forecast at 10 m for wider Zadar area (a) and 8-km resolution forecast for Croatia (b) - forecasts for September 12, 2014, 00 UTC

prognoza povećat će učinkovitost sustava za rano upozorenje na opasne vremenske pojave, ali i dati korisnije podatke za racionalizaciju i unapređivanje učinkovitosti u svim sektorima gospodarstva, te na racionalno korištenje energije i prirodnih resursa, očuvanje okoliša i kakvoće življenja u cijelosti.

U znanstvenim istraživanjima i razvoju DHMZ je primao financijsku potporu Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa RH (MZOS). Od početka 2007. godine tri su znanstvena projekta, čiji su nosioci znanstvenici iz DHMZ-a (Klimatske varijacije i promjene i odjek u područjima utjecaja - voditeljica projekta dr.sc. Marjana Gajić Čapka dostupno na http://bib.irb.hr/lista-radova?sif_proj=004-1193086-3035&period=2007; Oluje i prirodne katastrofe u Hrvatskoj - voditeljica projekta dr.sc. Branka Ivančan-Picek, dostupno na http://bib.irb.hr/lista-radova?sif_proj=004-1193086-3036&period=2007; Metode motrenja i asimilacije meteoroloških podataka - voditelj projekta dr.sc. Krešo Pandžić, dostupno na http://bib.irb.hr/lista-radova?sif_proj=004-1193086-3065&period=2007), dio najvećeg znanstvenog programa iz područja geoznanosti u Hrvatskoj pod naslovom *Svojstva i međudjelovanje atmosfere, hidrosfere i geosfere u području Hrvatske*. Osim financiranja samih istraživanja, MZOS je omogućio upošljavanje 5 znanstvenih novaka za rad na ovim projektima.

static model version, are more accurate. Higher accuracy leads to higher efficiency of the early warning system for severe weather phenomena. It will also provide data needed to rationalize and improve efficiency in all economic sectors, rationalize use of energy and natural resources, and improve environmental protection and quality of life in general.

DHMZ received financial support from the Ministry of Science, Education and Sports (MZOS) for its scientific research and development. Since the beginning of 2007, three scientific projects, led by DHMZ scientists (*Climate variations and change and response in affected systems* - leader Marjana Gajić Čapka, PhD, http://bib.irb.hr/lista-radova?sif_proj=004-1193086-3035&period=2007; *Storms and natural disasters in Croatia* - leader Branka Ivančan-Picek, PhD, http://bib.irb.hr/lista-radova?sif_proj=004-1193086-3036&period=2007; *Meteorological observation and data assimilation methods* - leader Krešo Pandžić, PhD, http://bib.irb.hr/lista-radova?sif_proj=004-1193086-3065&period=2007), have been part of the biggest scientific programme in the field of geosciences in Croatia called "Characteristics and Interactions of the Atmosphere, Hydrosphere and Geosphere in Croatia". Except for financing research, MZOS made it possible to employ 5 research fellows to work on the projects. Three of them have already become Doctors of Science, one is about to

Od toga troje ih je doktoriralo, jedan je pred završetkom doktorata, a 1 je magistrirao. Naši znanstvenici sudjelovali su i na drugim znanstvenim projektima koje je sufinancirao MZOS, čiji su voditelji znanstvenici iz drugih institucija. Kako je u 2013. godini MZOS financiranje projekata prebacio na Hrvatsku zakladu za znanost (HRZZ), dio se naših znanstvenika uključio u rad na projektima za HRZZ.

Velik broj istraživanja dio je međunarodnih istraživačkih i razvojnih projekata (npr. ALADIN, RC LACE, EMEP), kao i programa u okviru EIG EUMETNET-a (The Network of European National Meteorological Services), EUMETSAT-a (The European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites) i COST-a (European Cooperation in the field of Scientific and Technical Research). Detaljnije informacije o svim projektima koji se provode na DHMZ-u može se naći na stranici www.meteo.hr u rubrici *Projekti*.

Dio značajnih istraživanja vezan je uz suradnju u okviru EU FP7 i IPA projekata, kao i bilateralnu suradnju naše meteorološke i hidrološke službe sa službama pojedinih europskih zemalja.

U sklopu EU FP7 suradnje u razdoblju 2011.-2014. znanstvenici DHMZ-a bili su uključeni u dva projekta: 1. CLIM-RUN (Climate Local Information in the Mediterranean region Responding to User Needs - Lokalne klimatske informacije u području Sredozemlja prema potrebama korisnika, dostupno na <http://www.climrun.eu>) gdje je dan doprinos u pripremi klimatskih informacija i očekivanih klimatskih promjena (Branković et al., 2013.) za planiranje energetskog i turističkog sektora u Hrvatskoj; 2. ECLAIRE (Effects of climate change on air pollution impacts and response strategies for European ecosystems - Učinci onečišćenja zraka na europske ekosustave izazvane klimatskim promjenama i strategije za njihovo ublažavanje, dostupno na <http://www.eclair.eu>).

Projekt DMCSEE (Drought Management Centre for Southeastern Europe - Centar za praćenje suše u jugoistočnoj Europi, dostupno na <http://www.dmcsee.eu>). sufinancirala je EU u sklopu programa transnacionalne suradnje za jugoistočnu Europu. Projekt je pokrenut u cilju razvoja, procjene i primjene alata za upravljanje rizikom od suše. U sklopu projekta izrađena je karta osjetljivosti na sušu, uz uvažavanje faktora kao što su nagib terena, sunčevo zračenje, koeficijent varijacije količine oborine, vrstu tla i biljnog pokrova (Perčec Tadić et al. 2014.). Po završetku projekta u 2012. godini, DMCSEE ostao je i dalje operativno aktivan.

become a Doctor of Science and one has become a Master of Science. DHMZ scientists have also participated in other scientific projects co-financed by MZOS whose project leaders were scientists from other institutions. Since MZOS transferred financing of projects to the Croatian Science Foundation (HRZZ) in 2013, part of DHMZ scientists became involved in HRZZ projects.

A lot of research is done as part of international research and development projects (e.g. ALADIN, RC LACE, EMEP), and programmes within the framework of the EIG EUMETNET (The Network of European National Meteorological Services), EUMETSAT (The European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites) and COST (European Cooperation in the field of Scientific and Technical Research). More information on all DHMZ projects can be found on the web page www.meteo.hr under Projects.

Part of more significant research is connected to the collaboration in the EU FP7 and IPA projects, as well as bilateral collaboration between DHMZ with the meteorological and hydrological services of some European countries.

Within the EU FP7 collaboration, in the period 2011-2014, DHMZ scientists were involved in two projects: 1. CLIM-RUN (*Climate Local Information in the Mediterranean region Responding to User Needs*; <http://www.climrun.eu>), which contributed to the preparation of climate information and expected climate change (Branković et al., 2013) for planning in energy and tourism sectors in Croatia; 2. ECLAIRE (*Effects of climate change on air pollution impacts and response strategies for European ecosystems*; <http://www.eclair.eu>).

The DMCSEE project (*Drought Management Centre for Southeastern Europe*; <http://www.dmcsee.eu>) was co-financed by the EU as part of the South East Europe Transnational Cooperation Programme. The project was initiated in order to develop, assess and implement tools for drought risk management. Taking into account factors such as terrain slope, solar radiation, coefficient of precipitation amount variation, soil and vegetation cover type (Perčec Tadić et al. 2014), a chart of drought sensitivity was produced. Even after the project was finished in 2012, DMCSEE still remained operational.

In the period when Croatia was preparing to enter the EU, as part of the IPA III C programme - Regional Development, DHMZ prepared and won two projects - one as a project leader and the other

U razdoblju pripreme Hrvatske za članstvo u EU u sklopu IPA III C programa - Regionalni razvoj, DHMZ je pripremio i dobio dva projekta - u prvom je nositelj projekta, a u drugom institucija partner: 1. WILL4WIND (Weather Intelligence for Wind Energy - Inovativna meteorološka podrška upravljanju energijom vjetra, dostupno na www.will4wind.hr), gdje je cilj razvoj sustava točnije prognoze lokalnog vjetra za potrebe efikasnijeg upravljanja vjetrovnom energijom i njezine integracije u sustav upravljanja vjetrovnom energijom; 2. ENHEMS-Buildings (Enhancement of Research, Development and Technology Transfer capacities in Energy Management Systems for Buildings - Unapređenje istraživanja, razvoja i mogućnosti prijenosa tehnologije u sustavu upravljanja energijom u zgradarstvu, dostupno na www.enhems-buildings.fer.hr). Osnovne aktivnosti u kojima DHMZ sudjeluje su nadogradnja mjerenja komponenti Sunčevog zračenja na 7 mjernih postaja u Hrvatskoj te razvoj usluge prognoze vremena za potrebe energetskog upravljanja zgradama.

Suradnja u okviru COST programa Europske Komisije (European Cooperation in the field of Scientific and Technical Research) otvara velike mogućnosti za uključivanje naših znanstvenika u najnovije znanstvene tokove, kao i umrežavanje istraživačkih institucija. Jedan od takvih projekata je WIRE - Weather Intelligence for Renewable Energies (Meteorološke informacije za obnovljive izvore energije), čiji je cilj unaprijediti metode za predviđanje proizvodnje energije iz vjetra i Sunca, unaprijediti numeričke prognostičke modele za takve potrebe te uspostaviti zajednički pristup svih relevantnih struka (meteorolozi, elektroenergetičari) optimizaciji tehničke i ekonomske integracije obnovljivih energija u električnu mrežu. Drugi primjer suradnje na COST programu je projekt EURO-AGRIVAT (Assessment of European Agriculture Water use and trade under climate change - *Procjena korištenja i razmjene vode za potrebe europske poljoprivrede pod utjecajem klimatskih promjena*). Osnova ovog projekta su upotreba modela i podataka, najnovije baze klimatskih podataka i projekcija te agrometeoroloških modela u cilju integriranja svih tih podataka za ocjenu korištenja i razmjene vode za potrebe poljoprivrede pod sadašnjim i budućim klimatskim uvjetima.

Dio razvojnih i istraživačkih aktivnosti vezan je uz suradne projekte europskih meteoroloških i hidroloških službi, osobito u sklopu programa EIG EUMETNET-a (The Network of European

as a project partner: 1. WILL4WIND (*Weather Intelligence for Wind Energy*; www.will4wind.hr), with the goal of developing a system of more accurate local wind forecasts necessary for increasing efficiency of wind energy management and its integration into the wind energy management system; 2. ENHEMS-Buildings (*Enhancement of Research, Development and Technology Transfer capacities in Energy Management Systems for Buildings*; www.enhems-buildings.fer.hr). Main activities the DHMZ participates in are upgrading of solar radiation measurement components at 7 measuring stations in Croatia and developing weather forecast service for the needs of energy management of buildings.

Cooperation within the European Commission COST programme (European Cooperation in the field of Scientific and Technical Research) opens up possibilities of acquainting our scientists with the latest scientific achievements as well as networking with scientific institutions. One of such projects is the WIRE - *Weather Intelligence for Renewable Energies*, whose goal is to improve methods for assessing wind and solar energy production, improve numerical prognostic models for such needs, and establish a joint approach of relevant professions (meteorologists, electrical engineers) to optimization of technical and economic intergration of renewable energy sources into the electric power network. Another example of the cooperation is the project EURO-AGRIVAT (*Assessment of European Agriculture Water use and Trade under Climate Change*). The project is based on the use of models and data, the latest climate database and projections as well as agrometeorological models with the aim of integrating all data in order to assess agriculture water use and trade under present and future climate conditions.

Part of developmental and research activities are linked to joint projects of European meteorological and hydrological services, especially within the EIG EUMETNET programme (The Network of European National Meteorological Services). A good example is the SRNWP (*Short Range Numerical Weather Prediction Programme*) whose goal is to harmonize and improve work on research and application of short range numerical weather prediction models. Cooperation in the field of radar meteorology takes place within the OPERA programme (the European Weather Radar Network), which is creating a European operational radar composite image and developing a unique ODYSSEY centre for radar data.

National Meteorological Services). Izvrstan primjer je SRNWP - (Short Range Numerical Weather Prediction Programme - *Program kratkoročne numeričke prognoze*) koji ima za cilj uskladiti i unaprijediti rad na istraživanju i primjeni numeričkih modela kratkoročne prognoze vremena. Suradnja na području radarske meteorologije odvija se u okviru programa EIG EUMETNET OPERA - *Meteorološki radari u Europi*, koji razvija kompozitnu sliku operativnih radara u Europi i razvija jedinstven ODYSSEY centar za radarske podatke.

EIG EUMETNET podržava u okviru ECSN (European Climate Support Network) i projekt HRT-GAR (High Resolution Temperature climatology- Greater Alpine Region) koji je pokrenut kao nastavak EU projekata ALPCLIM, ALP-IMP i HISTALP za šire Alpsko područje u sklopu kojeg su izrađene karte srednjih mjesečnih temperatura zraka u visokoj rezoluciji za razdoblje 1961.-1990. (Hiebl et al., 2009.).

DHMZ kao predstavnik Hrvatske, zemlje članice EUMETSAT-a (The European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites) sudjeluje i u projektu EUMeTrain (International training project by EUMETSAT to support and increase the use of meteorological satellite data - Međunarodnom projektu obuke za korištenje meteoroloških satelitskih podataka u okviru EUMETSAT-a). Cilj projekta je razvoj materijala za obuku korištenja satelitskih podataka i produkata i njihovo kombiniranje s ostalim meteorološkim podacima (npr. Mikuš i Strelec Mahović, 2013.).

U sklopu suradnje s Građevinskim fakultetom iz Beograda, Srbija i ISRIC - World Soil Information, Nizozemska na projektu *WorldDailyMeteo - Space-time interpolation of daily meteorological variables at 1 km resolution*, razvijaju se metode prostorno-vremenske interpolacije dnevnih vrijednosti meteoroloških parametara korištenjem nizova MODIS-ovih satelitskih snimaka (Hengl et al. 2012.; Kilibarda et al. 2014.).

Sav ovaj znanstvenoistraživački rad nalazi primjenu i poboljšava operativne aktivnosti DHMZ-a. Veći dio rezultata rada na projektima objavljen je u znanstvenim i stručnim časopisima. Znatna sredstva ulažu se i u prezentaciju rezultata rada DHMZ-a na međunarodnim znanstvenim i stručnim skupovima i konferencijama, a priznanje tog rada vidljivo je i po tome što se Hrvatskoj povjeravaju organizacije tih skupova.

Within the ECSN (European Climate Support Network), EIG EUMETNET also supports the HRT-GAR project (*High Resolution Temperature climatology- Greater Alpine Region*) which started as an extension of the EU projects ALPCLIM, ALP-IMP and HISTALP for wider Alpine area. The project produced charts of mean monthly air temperatures at high resolution for the period 1961-1990 (Hiebl et al. 2009).

DHMZ, as a representative of Croatia, an EUMETSAT (The European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites) member state, also participates in the EUMeTrain project (*International training project by EUMETSAT to support and increase the use of meteorological satellite data*). The goal of the project is creating material for training in the use of satellite data and products, and combining of the two with other meteorological data (e.g. Mikuš and Strelec Mahović, 2013).

In collaboration with the Faculty of Civil Engineering from Belgrade, Serbia, and the ISRIC - World Soil Information, the Netherlands, on the project *WorldDailyMeteo - Space-time interpolation of daily meteorological variables at 1 km resolution*, methods for spatial-temporal interpolations of daily meteorological parameter values are developed by using series of MODIS satellite images (Hengl et al. 2012, Kilibarda et al. 2014).

All the scientific research done at the DHMZ can be applied and used to improve operational activities of the DHMZ. Most of project results have been published in scientific and professional journals. Significant resources are invested into presenting the results of our work at international and professional meetings and conferences. The fact that DHMZ has been entrusted with organizing such events in Croatia shows that our work has been recognized.

Plans for the future

We are facing growing demands and challenges in mastering modern methods and models, while climate change and more frequent events of extreme weather phenomena are threatening all aspects of economy. One of the key assumptions for issuing such information is internationally competitive scientific research of high quality as well as transfer and implementation of the results in all economic systems. In order to do that, fast and efficient staffing measures are needed as hiring of young researchers is of vital importance in achieving the set goals.

Pred nama su sve veći zahtjevi i izazovi u savladavanju modernih metoda i modela, a klimatske promjene i sve češće pojave ekstremnih vremenskih pojava prijete svim gospodarskim granama. Jedna od bitnih pretpostavki za izdavanje takvih informacija je kvalitetan i međunarodno konkurentan znanstvenoistraživački rad, uz prenošenje i uključivanje njegovih rezultata u primjenu u svim gospodarskim granama. U tom smislu potrebne su brze i učinkovite mjere u smislu kadrovskih promjena jer je zapošljavanje mladih znanstvenika ključno za postizanje postavljenih ciljeva.

Poboljšanje prognoze opasnih vremenskih pojava zahtijeva i razvoj numeričkih modela puno finije rezolucije nego što je to trenutno i to na svim vremenskim skalama, od nekoliko sati pa sve do dugoročnih prognoza i klimatskih projekcija. Razvoj združenog modela atmosfera - more jedan je od prioriteta u daljnjem razvoju, od kojeg se očekuju i bolji rezultati u lokalnoj prognozi oborine. Prostorno i vremenski gušći podaci motrenja i mjerenja pri tom su nezaobilazan faktor u povećanju kvalitete izlaznih produkata.

Za potrebe korisnika meteoroloških informacija planirana je još bolja suradnja s javnim i privatnim sektorom s ciljem poboljšanja i razvoja aplikacija kako bi se odgovorilo specifičnim zahtjevima korisnika. Očekuje se i da će se rezultati analiza i modeliranja sve više koristiti u izradi planova za prilagodbu klimatskim promjenama.

3.2. Hidrologija

Najvažniji hidrološki elementi: vodostaj, protok, temperatura vode, nanos, pojave leda, vodni valovi, morfološke promjene riječnog korita, kao i karakteristike kakvoće vode, izravna su ili neizravna posljedica atmosferskih stanja i pojava, i ne mogu se protumačiti bez rezultata meteoroloških motrenja.

Rezultate meteoroloških motrenja stručnjaci hidrolozi primjenjuju u izradi hidroloških analiza i hidroloških prognoza, u upozorenjima na ekstremno hidrološko stanje te kod gospodarenja vodom (Penzar i sur., 1996.).

Jedno od najvažnijih područja primjene rezultata meteoroloških motrenja u hidrologiji i vodenim resursima je u izradi vodnogospodarskih osnova države, vodnog područja, sliva ili nekog drugog područja (WMO, 1993.). U tim osnovama

improving severe weather phenomena forecasts requires development of numerical models of much higher resolution than currently available on all scales, from several hours to long range forecasts and climate projections. Development of a coupled atmosphere-sea model, expected to produce better results in local precipitation forecasts, is one of the priorities in future development. Spatially and temporally denser observation and measurement data are essential for improving the quality of end products.

In order to improve and develop applications in response to specific demands made by users, an even better cooperation is planned with the public and private sectors. The results of analyses and modelling are expected to be implemented in climate change adaptation plans.

3.2 Hydrology

The most important hydrologic elements: water level, flow, water temperature, drift, ice occurrence, water waves, morphological changes of the river bed, as well as characteristics of water quality, are direct or indirect consequences of atmospheric states and occurrences and cannot be explained without the results of meteorological observations.

The results of meteorological observations are applied in the working out of hydrologic analyses, hydrologic forecasts and warnings about extreme hydrologic states, as well as in the case of water-management (Penzar et al., 1996).

One of the most important areas of the application of results of meteorological observations in hydrology and water resources is the working out of the fundamental principles of water-management of a country, the water areas, confluence or some other area (WMO, 1993). Within these fundamental principles, climatic elements of the analysed area take an important place: precipitation (yearly and monthly quantities and quantities of short-term precipitation of strong intensity, the number of precipitation days, the snow level and its wateriness, hail, frost), air temperature at the 2 m level and temperature of the earth at the levels of 20, 25, 30 and 50 cm, evaporation from the water and earth surfaces (evaporation) and through plants (transpiration), relative humidity of the air, overcast, air pressure, wind (the strength and velocity of various wind directions - the wind rose), sunshine, occurrence of ice, climatic indicators of regions (De Martanne's drought index, Foster's diagram, Köppen's classification of climate).

važno mjesto zauzimaju klimatski elementi analiziranog područja: oborine (godišnja i mjesečna količina te količina kratkotrajne oborine jakog intenziteta, broj oborinskih dana, visina i vodnost snijega, tuča, mraz), temperatura zraka na 2 m visine te temperatura tla na 25, 20, 30 i 50 cm, isparavanje s vodene i površine tla (evaporacija) te kroz biljke (transpiracija), relativna vlažnost zraka, naoblaka, tlak zraka, vjetar (čestina i brzina pojedinih smjerova - ruža vjetrova), sijanje Sunca, pojava leda, klimatski pokazatelji područja (De Martonneov indeks suše, fosterov dijagram, Köppenova klasifikacija klime).

Oborina je najvažnija ulazna veličina koja se koristi kod planiranja, projektiranja, izgradnje i održavanja objekata vodnog gospodarstva. Poznavanje prostorne i vremenske razdiobe količine oborina na nekom području osnova je cijele analize koja prethodi raznovrsnom korištenju voda u energetici (hidro, termo i nuklearne elektrane), vodoopskrbi, obrani od poplava, odvodnji i navodnjavanju, riječnoj i kanalskoj plovidbi, kvaliteti vode i dr. Analiza količine oborine tijekom godine, kao i u višegodišnjem razdoblju, daje sliku o kišnim i sušnim razdobljima o kojim također ovisi djelatnost vodnog gospodarstva. Veza između jakosti i trajanja kiše koje su jednako vjerojatne (imaju jednak povratni period) formira se preko tzv. ITP krivulja (intenzitet - trajanje - vjerojatnost, odnosno povratni period). Krivulja koja povezuje količinu oborina, trajanje i povratni period naziva se HTP krivulja. Pri projektiranju objekata koje treba posebno osigurati od poplava, kod nuklearnih elektrana i velikih brana, određuju se vjerojatno maksimalne količine oborina (PMP - probable maximum precipitation), kao najveća fizikalno moguća količina oborina za zadano trajanje, pri različitim tipovima oluja.

Važna je primjena rezultata meteoroloških motrenja i u definiranju vodne bilance nekog područja, u okviru koje su vodni resursi raspoloživi za korištenje, u usporedbi sa postojećim ili očekivanim (kratoročnim ili dugoročnim) potrebama za vodom urbanih sredina i svih gospodarskih grana na zatečenoj ili pretpostavljenoj razini razvitka navedenog područja. Tehnika proračuna bilance voda se u biti sastoji u postavljanju vodno bilančnih jednadžbi (odnosno jednadžbi kontinuiteta) kojima se definira veza između pojedinih komponenti bilance za određene dijelove sliva i/ili za sliv u cjelini za zadano vremensko razdoblje. Bilanca voda općenito se određuje na temelju višegodišnjeg prosjeka (npr. 1961.-1990.)

Precipitation is the most important magnitude input used in: planning, project design, and construction and maintenance of water-management structures. The knowledge about spatial and time division of the precipitation quantity in an area is the basis of the complete analysis that precedes different types of exploitation of water: energetics (hydro, thermo and nuclear power plants), water supply, protection against flooding, drainage and irrigation, river and channel navigation, water quality, etc. The analysis of precipitation quantities in the course of the year, as well as a long-term analysis will give the picture of the rainy and droughty time segments upon which water-management depends. The relationship between the strength and duration of rain that are equally probable (they have the same recurrent period) is being formed via the so called ITP curve (intensity - duration - probability, i.e. the recurrent period). The curve that connects the quantity of precipitation, duration and the recurrent period is called the HTP curve. In the course of designing structures that have to be specially insured against floods, in the case of nuclear power plants and huge dams, the probable maximal quantities of precipitation are determined (PMP - probable maximum precipitation) as the physically possible maximum quantity of precipitation at a set time of duration through various types of storms.

A very important application of the results of meteorological observations can be found in determining of the water balance of an area, within the frame of which there are water resources available for exploitation, compared to the existing or expected (short-term and long-term) needs for water in urban areas and all the branches of economy at the existing or supposed level of development in the mentioned area. The technique of water balance calculation in principle consists in setting up water balance equations (i.e. continuity equations) by means of which we define the relations among the individual balance components for particular parts of the confluence or the whole of the confluence for a set time period. Generally, the water balance is determined on the basis of a several-years average record (e.g. 1961 -1990) of basic components of the water balance equation: precipitation P (mm), drainage H (mm) and evapotranspiration E (mm). Beside these values, some derived values are also stated, like the specific drainage module q (1s-1 km-2) and the drainage quotient.

In operational terms, i.e. in real time, the important area of application of the results of meteorological observations are hydrologic forecasts. We

osnovnih komponenti jednadžbe bilance voda: oborine P (mm), otjecanja H (mm) i evapotranspiracije E (mm). Pored ovih veličina iskazuju se i neke izvedene veličine, kao što su specifični modul otjecanja q ($\text{l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$) i koeficijent otjecanja.

U operativnom smislu, odnosno u realnom vremenu, važno područje primjene rezultata meteoroloških motrenja su hidrološke prognoze. Razlikujemo kratkoročne (do dva dana), srednjoročne (od dva do deset dana), dugoročne (za više od deset dana), sezonske (nekoliko mjeseci) i druge hidrološke prognoze. Prognoziramo: velike i poplavne vode, kao i nagle poplave (vrh i vrijeme pojave vodnog vala, zapreminu vala i dr.), male vode (veličinu i vrijeme pojave male vode, zapreminu ispod nekog korisnički definiranog praga, UNESCO, 1982.), pojavu ledohoda i ledostaja na rijekama i jezerima te mogućnost nastanka ledene poplave, procjenu transporta nanosa, kao i morfoloških promjena korita, razinu podzemnih voda i sl.

U novije vrijeme kod hidrološkog prognozi-ranja sve više se primjenjuju produkti daljinskih istraživanja (remote sensing), meteoroloških radara i satelita: oborine (količina i intenzitet), prognoza oborina, snijeg (visina i ekvivalent vode) kao i njegovo otapanje, vlažnost tla i dr.

3.3. Oceanografija

Meteorološki podaci izuzetno su važni za razumijevanje svojstava i gibanja mora. Naime, razmjena impulsa, topline i vlage između atmosfere i mora, koja znatnim dijelom ovisi o stanju atmosfere, ima važan utjecaj na more. Osim atmosfere, na more djeluju i kopneni dotoci (napose rijeke uz ušća kojih se opaža specifična stratifikacija i dinamika), pomaci morskog dna (koji mogu dovesti do pojave visokih valova u moru - tzv. tsunamija) te gravitacijsko privlačenje Mjeseca i Sunca zajedno s centrifugalnom silom koja se javlja uslijed revolucije (što uzrokuje plimu i oseku). Međutim, u mnogim morima, pa tako i u Jadranu, najčešći su procesi koji se razvijaju pod utjecajem atmosfere.

Dakle, atmosfera djeluje na more, ali se utjecaj očituje i u suprotnom smjeru - more djeluje na atmosferu. Još od Lukasovih (1911.) vremena naši su klimatolozi uvažavali to povratno djelovanje. No, podrobnih dinamičkih analiza gotovo da nije bilo. Jednu od rijetkih takvih analiza Enger i Grisogono (1998.) posvetili su utjecaju temperature mora na širenje bure nad morem.

distinguish between short-term (from two to ten days), long-term (for more than ten days), seasonal (for several months) and other hydrological forecasts. We also forecast huge and flooding waters, as well as sudden floods (the peak and time of the occurrence of the water wave, the volume of the wave, etc), small waters (the size and time of the occurrence of small waters, volume below some user-defined level UNESCO, 1982), the occurrence of ice shelves and ice floes on rivers and lakes, as well as the possibility of the occurrence of ice floods, the estimate of the drift transport, as well as the morphological changes of the river bed, the levels of subterranean waters, etc.

In recent times, more and more products of remote sensing research are being applied in hydrologic forecasting, like the meteorological radars and satellites: precipitation (quantity and intensity), precipitation forecast, snow (level and water equivalent) as well as its melting, humidity of the earth, etc.

3.3 Oceanography

Meteorological data are extremely important for the understanding of the characteristics and movements of the sea. The exchange of momentum, heat and water between the atmosphere and sea, that largely depends on the state of the atmosphere, represents an important impact upon the sea. Apart from the atmosphere, there are other factors that influence the sea: coastal discharges (particularly rivers whose outflows are characterised by specific stratification and dynamics), sea-bottom displacements (that can bring about the occurrence of waves in the sea, the so called tsunamis) and the gravitational attraction of the Moon and Sun together with the centrifugal force related to revolution (which cause the tides). However, in numerous seas, and this is the case with the Adriatic, too, the most important processes are those developed under the influence of the atmosphere.

Thus, the atmosphere has an impact on the sea, but the coupling is two-way: the sea influences the atmosphere. Since the times of Lukas (1911), our climatologists have taken the feedback into account. Yet, there were scarcely any detailed, dynamic analyses. Enger and Grisogono (1998) have devoted one of the rare analyses to the influence of the sea temperature on spreading of the bora, the north-eastern wind, above the sea.

The aim of this chapter is to demonstrate the importance of meteorological observations and

Svrha je ovog poglavlja ukazati na važnost meteoroloških motrenja i mjerenja za istraživanje procesa u Jadranskom moru. S tom će se namjerom kratko prikazati članci u kojim su hrvatski autori analizirali i međusobno uspoređivali meteorološke i oceanografske podatke. Posebno će se razmotriti procesi u moru uvjetovani razmjenom impulsa između atmosfere i mora, a posebno oni procesi koji su povezani s površinskom izmjenom topline i vlage.

3.3.1. Djelovanje tlaka zraka i tangencijalne napetosti vjetra na more

Razmjena impulsa između atmosfere i mora odvija se u smjeru okomitom na morsku površinu te u tangencijalnom smjeru. Prva je komponenta dokumentirana podacima o tlaku zraka, a druga podacima o vjetru iz kojih se množenjem modula vektora vjetra sa samim vektorom može odrediti tangencijalna napetost. Brojni su procesi u moru koji se odvijaju pod tim utjecajem. Svrstat ćemo ih po prostornim i vremenskim dimenzijama - od manjih prema većima.

Vjetrovni valovi

Veza kratkoperiodičkih valova u moru i vjetra očigledna je. Za Jadran ta je veza najprije dokumentirana na osnovi motrenja (Zupan, 1961.), a zatim i mjerenjima (slika 3.52.), kako na otvorenom moru (Tabain, 1974.; Smirčić i Gačić, 1983.; Smirčić i Leder, 1996.; Smirčić et al., 1996.) tako i u obalnom području (Smirčić i Leder, 1999.). Na jednoj postaji u sjevernom Jadranu opažena je maksimalna valna visina veća od 10 m u zimskoj situaciji tijekom koje je nad Jadranom čitav dan puhalo jugo koje je doseglo brzinu od oko 25 m/s. U obalnom području registrirane su znatno manje visine, zbog malih duljina privjetrišta. Mjerenja valomjerima omogućila su i da se analiziraju spektri vjetrovni valova te da se odredi nekoliko izraza koji prikazuju ovisnost spektra na odabranoj lokaciji o vjetru (Gačić i Smirčić, 1986.; Tabain, 1997.; Pršić et al., 1999.). Osim toga, spektralnom analizom na objektivan su način razlučeni valovi živog mora koji su pod neposrednim utjecajem vjetra, od valova mrtvog mora koje je vjetar generirao izvan područja u kojem se vrše mjerenja ili prije nego što su mjerenja izvršena.

Mezoskalni procesi

Mezoskalni atmosferski poremećaji izazivaju različite procese u zaljevima i kanalima uzduž

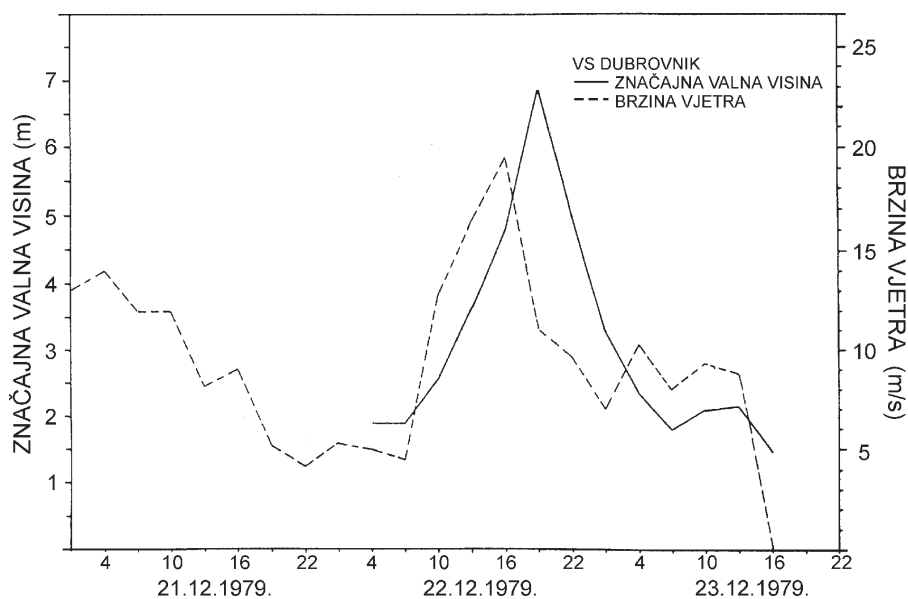
measurements for the research of the Adriatic Sea processes. With this aim in view the articles in which Croatian authors have analysed and compared meteorological and oceanographic data will be briefly reviewed. Attention will be paid to processes in the sea caused by the exchange of momentum between the atmosphere and sea, as well as to processes related to the surface exchange of heat and water.

3.3.1 Action of the atmospheric pressure and tangential wind stress onto sea

The exchange of momentum between the atmosphere and sea develops in the direction perpendicular to the sea surface and in the tangential direction. The first component is documented by the air-pressure data, the second by the wind data from which it is possible to determine the wind stress by multiplying the wind vector absolute value with the vector itself. There are numerous processes in the sea that develop under this forcing. We shall classify them according to spatial and temporal dimensions - from smaller to larger ones.

Wind waves

The relationship between the high-frequency waves in the sea and the wind is obvious. In the case of the Adriatic, this relationship was initially documented on the basis of observations (Zupan, 1961), and then by measurements (Figure 3.52) - both in the open sea (Tabain, 1974; Smirčić and Gačić, 1983; Smirčić and Leder, 1996; Smirčić et al., 1996) and in the coastal area (Smirčić and Leder, 1999). At one station in the northern Adriatic a maximal wave height surpassing 10 m was observed in a winter situation in the course of which the whole of the Adriatic had a strong scirocco, a southern wind, blowing all day long, with the velocity reaching about 25 m/s. In the coastal area considerably smaller heights were registered, due to the smaller wind fetch. Measurements with wave gauges have made it possible to analyse the wind-wave spectra and to determine expressions that relate the spectrum at a specific location to the wind (Gačić and Smirčić, 1986; Tabain, 1997; Pršić et al., 1999). Besides, by means of spectral analysis, the wind waves, which are directly controlled by the wind, have been separated, in an objective way, from the swell, which is generated by winds outside the area where wave measurements are performed or before the measurements are done.



Slika 3.52. Značajna valna visina (tj. srednja visina gornje trećine valova poredanih po visini) i brzina vjetra za epizode juga zabilježene u Dubrovniku u razdoblju od 21. do 23. prosinca 1979. (Smirčić i Gačić, 1983.)

Figure 3.52 Significant wave height (i.e. mean height of the largest third of waves) and wind speed for a scirocco episode recorded at Dubrovnik between 21 and 23 December 1979 (Smirčić and Gačić, 1983)

istočne jadranske obale. Goldberg i Kempni (1938.) su analizirajući seše Bakarskog zaljeva utvrdili postojanje petnaest različitih modova, koji mogu biti uzrokovani impulsima lokalnog vjetrova ili valovima koji u zaljev pristižu s otvorenog mora. Oscilacije morske razine u razdoblju od kojih petnaest minuta, izuzetno velikih amplituda (do 3 m), opažene su u više navrata u zaljevu Vele Luke na otoku Korčuli (slika 3.53.). Premda jedno objašnjenje te oscilacije dovodi u vezu s podmorskim potresima (Zore-Armanda, 1979.), dvije interpretacije uzroke vide u meteorološkim poremećajima. To su, s jedne strane, nestabilnosti koje stvaraju valove na otvorenom moru koji se zatim prošire do zaljeva i rezonancijom izazivaju velike oscilacije (Hodžić, 1979./1980.), a s druge strane gravitacijski atmosferski valovi koji putuju nad zaljevom i neposredno rezonantno pobuđuju oscilacije u moru (Orlić, 1980.). U novije vrijeme pokazalo se da atmosferski poremećaji mogu izazvati ne samo površinske valove (kod kojih su morske struje uniformne duž vertikale), nego i unutarnje valove (za koje je karakteristično vertikalno smicanje struja). Tako su u estuariju rijeke Krke nađeni valovi koji putuju od slapova prema ušću (Orlić et al., 1991.), a u Virskom moru (Gačić, 1980.) i Zadarskom kanalu (Vilibić i Orlić, 1999.) tzv. Kelvinovi valovi koji se gibaju u smjeru suprotnom od smjera kazaljke na satu.

Mesoscale processes

Mesoscale atmospheric disturbances induce various processes in the bays and channels along the eastern Adriatic coast. Goldberg and Kempni (1938), while analysing seiches of the Bakar Bay, have determined the existence of fifteen different modes that could be caused either by impulses of local winds or by the waves arriving into the bay from the open sea. Oscillations of the sea level, having periods of about fifteen minutes and extremely high amplitudes (up to 3 m), were observed on several occasions in the Vela Luka Bay on the Island of Korčula (Figure 3.53). Though one of the explanations of these oscillations relates them to undersea earthquakes (Zore-Armanda, 1979), other interpretations see the causes in meteorological disturbances. On the one hand, there are instabilities that produce waves in the open sea which could then propagate towards the bay and cause great oscillations by resonance (Hodžić, 1979/1980). On the other hand, there are atmospheric gravity waves which travel above the bay and could resonantly excite oscillations in the sea (Orlić, 1980). In recent times it became evident that atmospheric disturbances may generate not only the surface waves (where the sea currents are uniform along the vertical) but also the internal waves (where the currents are sheared). Thus the waves



Slika 3.53. Dana 21. lipnja 1978. ujutro pojavile su se petnaestominutne oscilacije morske razine u zaljevu Vela Luka na otoku Korčuli. Amplituda oscilacija bila je izuzetno velika, oko 3 m, tako da se unutarnji dio zaljeva periodički punio i praznio. More je naizmjenice potapalo brodice i ostavljalo ih polegnute na dnu (kao na ovoj slici nepoznatog snimatelja)

Figure 3.53 *In the morning of 21 June 1978 fifteen-minute sea-level oscillations occurred in the Vela Luka Bay on the Island of Korčula. Amplitude of the oscillations was extremely high, about 3 m, resulting in recurrent overflowing and draining of the interior part of the bay. The sea periodically drowned the boats and left them lying at the bottom (as in this picture taken by an unknown photographer)*

Odziv mora na sinoptičko atmosfersko djelovanje

Pozornost hrvatskih istraživača najprije je privuklo djelovanje ciklona i anticiklona na more. Već je Bučić (1861.) u Hvaru obavljao usporedna mjerenja visine morske razine, iznosa tlaka zraka te smjera i jačine vjetera, zaključio da je djelovanje tlaka zraka značajnije od djelovanja vjetera. Goto-vo stoljeće kasnije Kasumović (1958.) je izvršio regresijsko povezivanje tlaka zraka i vodostaja za postaju Bakar, pri čemu je utvrdio da u situacijama u kojima je vjetar nad Jadranom slab smanjenje (povećanje) tlaka zraka od 1 hPa izaziva povećanje (smanjenje) vodostaja od oko 1 cm, u skladu s tzv. modelom inverznog barometra. Veza između promjena tlaka zraka i vodostaja provjeravana je kasnije i na temelju duljih vremenskih nizova, uz korištenje poprečne spektralne analize (Karabeg i Orlić, 1982.), pa se potvrdilo da je ta veza bliska teorijski određenom odnosu. Sinop-

were found in the Krka Estuary travelling from the waterfalls to the mouth (Orlić et al., 1991), whereas in the Vir Sea (Gačić, 1980) and in the Zadar Channel (Vilibić and Orlić, 1999) the so called Kelvin waves were found, moving counterclockwise.

Response of the sea to the synoptic atmospheric activity

The first phenomena to draw the attention of Croatian researchers were the effects of cyclones and anticyclones upon the sea. Very early on, Bučić (1861) performed measurements in Hvar, comparing the sea-level height with the air pressure and the direction and strength of the wind, after which he concluded that the effect of the air pressure was more important than the effect of the wind. Almost a century later, Kasumović (1958) performed a regression analysis of the air pressure and sea level for the Bakar station, whereupon he showed that when the wind blowing over the Adriatic is weak, the decrease (increase) of the air pressure of 1 hPa

tičke atmosferske poremećaje nad morem često prati i jačanje vjetrova koji izazivaju dodatne pomake morske razine. Hrvatski su istraživači u nekoliko navrata analizirali simultane vremenske nizove vjetra i vodostaja, pri čemu je utvrđeno da jugo povisuje jadranski vodostaj (Leder, 1985.; 1988.; Cerovečki i Orlić, 1989.; Orlić et al., 1994.), da bura uglavnom snižava vodostaj uzduž istočnojadranske obale (Leder, 1985.; Orlić et al., 1994.) te da lebić može dovesti do poplavlivanja splitskog područja (Vilibić et al., 2000.). Modelima je reproducirano djelovanje juga (Cerovečki i Orlić, 1989.) i bure (slika 3.54.; Orlić et al., 1994.). Međutim, te modele do sada nisu preuzele operativne prognostičke službe koje bi - koristeći meteorološke prognoze za proračune oceanografskim modelima - mogle davati prognoze jadranskih vodostaja. Takve bi prognoze bile posebno korisne u situacijama kad nad Jadran stiže ciklona iz područja Genovskog zaljeva. Nizak tlak zraka i jako jugo dovode tada do pojave olujnog uspora (engl. storm surge) u Jadranu i do poplavlivanja, primjerice Venecije i Trsta, ali i Pule, Rijeke ...

Sinoptički atmosferski poremećaji, a napose s njima povezan vjetar, izazivaju ne samo kolebanja morske razine već i strujanje u moru. Takvo su strujanje hrvatski znanstvenici počeli istraživati istom 1970-ih godina, kad su započela mjerenja autonomnim strujomjerima koji se postavljaju na plutajuće usidrene u moru i omogućuju registraciju struja u duljem razdoblju. Težište istraživanja otvorenog Jadrana bilo je na efektu bure (Kuzmić et al., 1985.; Orlić et al., 1986.; Zore-Armanda i Gačić, 1987.; Kuzmić i Orlić, 1987., 1991.; Kuzmić, 1991., 1993.; Cerovečki et al., 1991.; Sturm et al., 1992.; Orlić et al., 1994.; Brana et al., 1996.), a tek je u jednom navratu razmatran i efekt juga (Orlić et al., 1994.). Modeliranje se najprije obavljalo uz korištenje polja vjetra sintetiziranog iz klimatoloških podataka (Orlić et al., 1986.; Kuzmić i Orlić, 1987.; Kuzmić, 1989.; Bone, 1993.; 1996.; Orlić et al., 1994.) a u novije se vrijeme započelo s povezivanjem meteoroloških i oceanografskih modela (Beg Paklar et al., 2001.). Pokazalo se da bura zbog svoje promjenjivosti uzduž istočnojadranske obale stvara kompleksan sustav strujanja u moru (slika 3.54.), sa strujama koje su usmjerene niz vjetar tamo gdje je bura jaka (Trst, Senj), odnosno uz vjetar u područjima u kojima je bura slaba (Rovinj). Jugo pak, zbog topografskih karakteristika Jadranskog mora, stvara ciklonalni kružni

causes an increase (decrease) of the water level of about 1 cm - in accordance with the so called inverse barometer model. The relationship between the air pressure and sea level has been checked later on the basis of longer time series, using the cross-spectral analysis (Karabeg and Orlić, 1982), by which it was confirmed that the relationship is very similar to the theoretically determined value. The passage of synoptic atmospheric disturbances above the sea is often accompanied by the strengthening of winds which causes additional displacements of sea level. Croatian researchers have repeatedly analysed simultaneous time series of winds and sea levels, and have determined that scirocco raises the Adriatic level (Leder, 1985, 1988; Cerovečki and Orlić, 1989; Orlić et al., 1994), that the bora mostly lowers the sea level along the eastern Adriatic coast (Leder, 1985; Orlić et al., 1994), and that the south-western wind can cause flooding of the Split area (Vilibić et al., 2000). Models were used to reproduce the effects of the scirocco (Cerovečki and Orlić, 1989) and the bora (Figure 3.54, Orlić et al., 1994). However, for the time being, these models have not been taken over by the operational prognostic services, which could - by using meteorological forecasts for calculations by oceanographic models - produce forecasts of the Adriatic level. Such forecasts would be particularly useful in situations when the cyclone from the Genoa Bay area arrives over the Adriatic. The low air pressure and a strong scirocco then cause the occurrence of a storm surge in the Adriatic and the flooding of, say, Venice and Trieste, but also of Pula, Rijeka ...

The synoptic atmospheric disturbances, and particularly the wind related to them, cause not only the sea-level variability but the sea currents as well. Such currents have been investigated by Croatian scientists since the 1970s, when a new type of measurements started: autonomous current meters were mounted on buoys that were anchored in the sea, which made possible the registration of currents through longer periods. The emphasis of the research of the open Adriatic Sea was on the bora effect (Kuzmić et al., 1985; Orlić et al., 1986; Zore-Armanda and Gačić, 1987; Kuzmić and Orlić, 1987, 1991; Kuzmić, 1991, 1993; Cerovečki et al., 1991; Sturm et al., 1992; Orlić et al., 1994; Brana et al., 1996), with only one instance of observing the scirocco effect (Orlić et al., 1994). Modelling was first performed by using the wind field synthesised from climatological data (Orlić et al., 1986; Kuzmić and Orlić, 1987; Kuzmić, 1989; Bone, 1993, 1996; Orlić et al., 1994), whereas recently the meteorological and oceanographic

tok na istočnoj strani Jadrana, a anticiklonalni sustav na zapadnoj; zbog potonjeg može doći do obrtanja izlazne struje, koja inače teče uz zapadnu obalu. I bura i jugo uzrokuju struje u moru koje po brzini nadmašuju sve ostale doprinose strujnom polju. Istraživanjem vjetrovnih struja suvremeni su hrvatski znanstvenici ostvarili značajan iskorak u jadranskoj oceanografiji, što je vidljivo po citiranosti navedenih radova u inozemnoj literaturi.

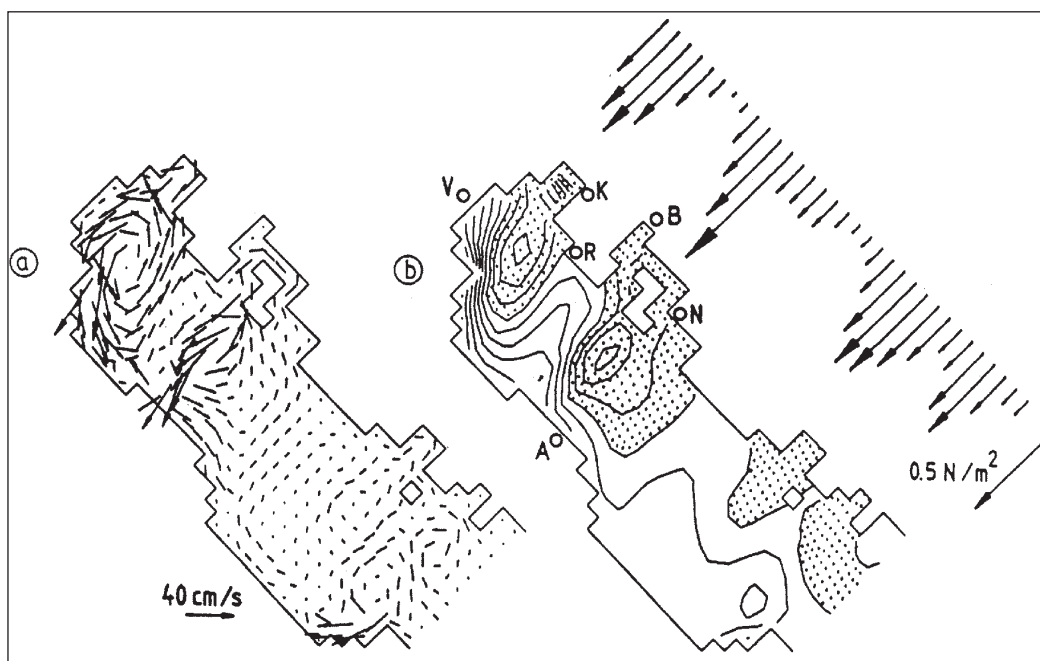
Vjetar povezan sa sinoptičkim atmosferskim poremećajima ne uzrokuje struje samo na otvorenom Jadranu već i u istočnojadranskim obalnim bazenima. Takve struje pokazuju vremensku varijabilnost koja odgovara onoj u atmosferi, ali je njihova prostorna promjenjivost određena topografskim karakteristikama bazena. Hrvatski su istraživači uspjeli povezati anemografske podatke s mjerenjima struja provedenim u brojnim bazenima jadranske podine. Uz pomak od sjevera prema jugu, ovdje valja spomenuti Riječki zaljev (Gačić et al., 1982.; Orlić i Kuzmić, 1985.), Senjska vrata (Smirčić et al., 1987.), Velebitski kanal (Orlić et al., 2000.), Virsko more (Gačić, 1980.; Zore-Armanda i Dadić, 1984.), Zadarski kanal (Leder et al., 1998.), estuarij rijeke Krke (Legović et al., 1991.), Kaštelanski zaljev (Zore-Armanda, 1980.; Gačić, 1982.; Gačić et al., 1987., 1991.; Beg Paklar i Gačić, 1997.; Zore-Armanda et al., 1999.), Malostonski zaljev (Vučak et al., 1981.) te dubrovačko obalno područje (Gačić, 1980.). Razvijeni su i modeli vjetrovnog strujanja u nekim od navedenih obalnih bazena (Orlić i Kuzmić, 1985.; Bone, 1988.; Leder et al., 1998.; Bone et al., 1999.; Orlić et al., 1999.).

Sinoptički atmosferski poremećaji ne uzrokuju samo prisilna već i slobodna gibanja u moru. Seši cijelog Jadrana - perioda oko 21 i 11 sati - i njihova veza s meteorološkim djelovanjem već su dugo predmet istraživanja. Kasumović (1963.) je lijepo opisao način na koji seši najčešće nastaju: *kad se ciklona približava Jadranu, razina mora se uzdiže u njegovom sjevernom dijelu zbog sniženog tlaka zraka i juga koje puše na prednjoj strani ciklone; nakon što ciklona i njoj pripadajući frontalni sustav prijeđu preko Jadrana, vjetar naglo oslabi ili skrene na buru, čime se pobude površinski seši.* Dakle, olujni uspor i seši predstavljaju dvije faze u odzivu Jadrana na sinoptičko atmosfersko djelovanje - fazu uspostave početnog poremećaja pri kojoj je more pod neposrednim utjecajem meteoroloških čimbenika te fazu povratka u nepore-

models began to be coupled (Beg Paklar et al., 2001). It became evident that the bora - due to its variability along the eastern Adriatic coast - develops a complex system of currents in the sea (Figure 3.54), with currents that are directed downwind where the bora is strong (Trieste, Senj), and upwind in areas where the bora is weak (Rovinj). The scirocco, on the other hand, because of the topographic characteristics of the Adriatic Sea, creates a cyclonic gyre on the eastern side of the Adriatic, and an anticyclonic system on the western side; owing to the latter the outgoing current that usually flows along the western coast may occasionally be reversed. Both the bora and scirocco cause currents in the sea that surpass all other contributions to the current field. By their research into the wind-related currents, the contemporary Croatian scientists have achieved a significant breakthrough in the Adriatic oceanography, as documented by citations of the above mentioned papers in the international publications.

The wind related to the synoptic atmospheric disturbances does not only cause currents in the open Adriatic but in the eastern Adriatic coastal basins as well. Such currents show temporal variability that corresponds to that of the atmosphere, but their spatial variability is determined by the topographic characteristics of the basins. The Croatian researchers have succeeded in relating the anemographic data to the current measurements undertaken in numerous basins of the Adriatic shelf. Moving from the north to the south we have to mention the Rijeka Bay (Gačić et al., 1982; Orlić and Kuzmić, 1985), the Senj Gate (Smirčić et al., 1987), the Velebit Channel (Orlić et al., 2000), the Vir Sea (Gačić, 1980a; Zore-Armanda and Dadić, 1984), the Zadar Channel (Leder et al., 1998), the Krka Estuary (Legović et al., 1991), the Kaštela Bay (Zore-Armanda, 1980; Gačić, 1982; Gačić et al., 1987, 1991; Beg Paklar and Gačić, 1997; Zore-Armanda et al., 1999), the Mali Ston Bay (Vučak et al., 1981) and the Dubrovnik coastal area (Gačić, 1980b). Models of wind-driven currents have been developed for some of the mentioned coastal basins (Orlić and Kuzmić, 1985; Bone, 1988; Leder et al., 1998; Bone et al., 1999; Orlić et al., 1999).

Synoptic atmospheric disturbances cause not only the forced but also the free movements of the sea. The seiches of the whole Adriatic - having the period of about 21 and 11 hours - and their relationship with the meteorological forcing have been a subject of research for a long time now. Kasumović (1963) has given a fine description of the way the seiches are most often created: when



Slika 3.54. Vertikalno usrednjene struje (a) i vodostaji (b) u području sjevernog i srednjeg Jadrana, uzrokovani prostorno promjenjivom burom (prikazanom na desnom dijelu slike). Polja su dobivena hidrodinamičkim numeričkim modelom (Orlić et al., 1994.). Izolinije vodostaja razlikuju se za 2 cm, a negativne su vrijednosti osjenčane. Početnim slovom označene su postaje Ancona, Venecija, Kopar, Rovinj, Bakar i Novalja

Figure 3.54 Vertically averaged currents (a) and sea levels (b) in the northern and middle Adriatic, generated by a spatially changeable bora (depicted in the right part of the figure). The fields were generated by a hydrodynamical numerical model (Orlić et al., 1994). Sea-level isolines differ by 2 cm, with negative values being shaded. Letters mark stations Ancona, Venice, Koper, Rovinj, Bakar and Novalja

mećeno stanje u kojoj traju i slobodne oscilacije. Svi ti nalazi potvrđeni su ne samo novijim empirijskim već i teorijskim istraživanjima (Cerovečki et al., 1997.; Raichich et al., 1999.), kojim su obuhvaćeni i procesi prigušenja seša. Druga važna klasa slobodnih oscilacija su one inercijalnog perioda - koji u Jadranu iznosi 17 sati. Pokazalo se da se takve oscilacije javljaju ljeti, kako u sjevernom (Gačić i Vučak, 1982.; Leder et al., 1987.; Orlić, 1987.) tako i u srednjem (Leder et al., 1995.) i južnom Jadranu (Leder et al., 1992.). Nadalje, utvrđeno je da inercijalne oscilacije nastaju kad vjetar nad morem naglo promijeni brzinu ili smjer, što je potvrđeno jednostavnim analitičkim modelom (Orlić, 1987.). Inercijalne se oscilacije očituju prvenstveno u polju temperature i struja, a mogu potrajati nekoliko dana, pa se opažaju i u vrijeme kad nema vjetera nad morem.

Utjecaj planetarnih atmosferskih valova na more

Atmosfersko djelovanje na more očituje se i na znatno većem prostoru i u duljim razdobljima

the cyclone approaches the Adriatic, the sea level rises in its northern part owing to the decreased air pressure and the scirocco blowing on the front side of the cyclone; after both the cyclone and its frontal system cross the Adriatic, the wind suddenly weakens or turns into the bora, which triggers the surface seiches. Accordingly, the storm surge and seiches represent two phases in the reaction of the Adriatic to the synoptic atmospheric activity - the phase of the setting up of the initial disturbance when the sea is under the direct influence of meteorological factors, and the phase of the return to the undisturbed state when the free oscillations persist. All these findings have been confirmed, not only by new empirical but by theoretical researches as well (Cerovečki et al., 1997; Raichich et al., 1999), which also addressed decay of the seiches. The second important class of free oscillations are those of the inertial period - which equals 17 hours in the Adriatic. It was shown that such oscillations occur in summer, in the northern (Gačić and Vučak, 1982; Leder et al., 1987; Orlić, 1987), the middle (Leder et al., 1995) as well as the southern Adriatic (Leder et al., 1992). Furthermore, it has been shown that the

nego što su oni karakteristični za sinoptičke atmosferske poremećaje. Analizom podataka o vodostaju mora, tlaku zraka i geopotencijalu izobarne plohe 500 hPa za postaju Dubrovnik i 1976. godinu pokazano je da oscilacije vodostaja s periodom od desetak dana do nekoliko mjeseci koreliraju s atmosferskim oscilacijama koje su uzrokovane prolaskom planetarnih atmosferskih valova nad Jadranom (Penzar et al., 1980.). Kasniji radovi, kojima je zahvaćeno cijelo područje Jadrana (Orlić, 1983.), a potom i istočnog Sredozemlja (Lascaratos i Gačić, 1990.), potvrdili su taj zaključak. Kad je analiza međudjelovanja atmosfere i mora na planetarnoj skali po prvi put izvršena na osnovi duljih, petogodišnjih vremenskih nizova (Pasarić i Orlić, 1992.) pokazalo se da postoji statistički značajna veza između tlaka zraka i jadranskog vodostaja, s tim da reakcija mora na djelovanje atmosfere znatno nadmašuje inverzni barometarski efekt. Zaključeno je da u području dugih perioda na more ne djeluje samo tlak zraka nego i neka druga sila koherentna s atmosferskim tlakom (npr. tangencijalna napetost vjetrova). Za provjeru tog zaključka trebalo je prikupiti duge nizove podataka o vodostaju i tlaku zraka, ali i o vjetru te na Jadran primijeniti metode višestruke korelacijske i regresijske analize, koja omogućuje da se vodostaj istovremeno poveže i s tlakom zraka i s vjetrom (Pasarić i Orlić, 1998.; 2001.; Pasarić et al., 2000.). Na taj se način uspjelo većim dijelom objasniti odstupanje od inverznog barometarskog efekta, budući da je pronađena koherentnost dugoperiodičkih oscilacija vodostaja, kako s tlakom zraka tako i s vjetrom (slika 3.55.). Međutim, pri analizi su uočena i neka osnovna ograničenja u primijenjenim statističkim metodama.

Višegodišnje promjene

Veza atmosfere i mora utvrđena je i na višegodišnjim periodima. U nizu radova istraživane su promjene u nagibu morske razine, strujanju i salinitetu Jadranskog mora (Buljan i Zore-Armanda, 1976., i u tamo citiranim radovima; Zore-Armanda et al., 1991., Grbec et al., 1998.). Pokazalo se da se te promjene mogu dovesti u vezu s analognim promjenama gradijenta tlaka zraka (slika 3.56.). Osim toga, razmatrana su višegodišnja kolebanja vodostaja na pojedinim jadranskim postajama i korelirana su s kolebanjima tlaka zraka (Orlić i Pasarić, 1994.; Vilibić i Leder, 1996.; Vilibić, 1998.). Regresijskim povezivanjem anomalija vodostaja i anomalija tlaka zraka utvrđeno

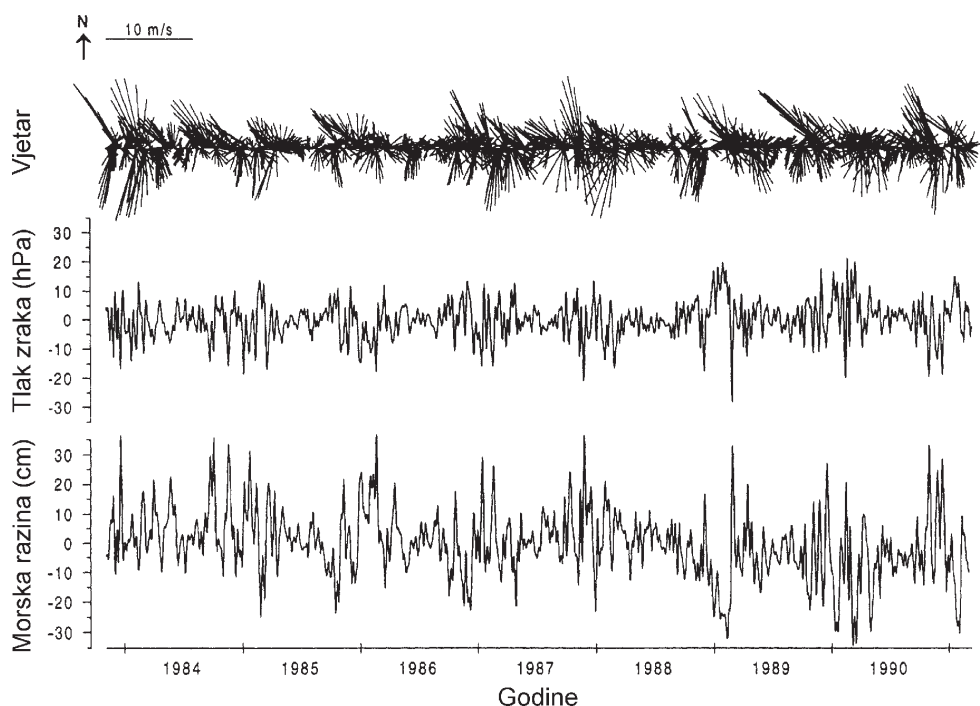
inertial oscillations occur in situations when the wind above the sea suddenly changes velocity or direction, as confirmed by a simple analytical model (Orlić, 1987). The inertial oscillations are evident primarily in the temperature and current fields, and can continue for several days. Thus they can be noticed even at the time when no wind is blowing above the sea.

The influence of planetary atmospheric waves on the sea

The effect of the atmosphere on the sea is evident in a considerably larger area and on longer time scales than are those characteristic of synoptic atmospheric disturbances. By analysing data on the sea level, air pressure and geopotential height of the 500 hPa surface for the Dubrovnik station in 1976, it was found that oscillations of sea level with periods between ten days and several months correspond to the atmospheric oscillations caused by the passage of planetary atmospheric waves above the Adriatic (Penzar et al., 1980). Later studies covering the whole Adriatic (Orlić 1983), and later the eastern Mediterranean area (Lascaratos and Gačić, 1990), corroborated this conclusion. When the analysis of the planetary-scale atmosphere-sea interaction was for the first time performed on the basis of longer, five-year time series (Pasarić and Orlić, 1992), it turned out that there is a statistically significant correlation between the air pressure and the Adriatic sea level, with the response of the sea to the atmospheric forcing considerably surpassing the inverse barometer effect. It was concluded that at long periods the sea is influenced not only by the air pressure but also by another forcing coherent with it (e.g. the wind stress). To check this conclusion, it was necessary to collect long time series of data, not only on sea level and air pressure but on winds, too, and to apply methods of multiple correlation and regression analysis on the Adriatic in order to connect the sea level simultaneously with the air pressure and wind (Pasarić and Orlić, 1998, 2001; Pasarić et al., 2000). In this way it was possible to explain the departure from the inverse barometer effect, since coherence was found between the long-period oscillations of sea level with both the air pressure and wind (Figure 3.55) However, some fundamental limitations of the applied statistical methods were noted during the exercise.

Year-to-year and decadal changes

The relationship between the atmosphere and sea has been determined at interannual and



Slika 3.55. Izgladeni vremenski nizovi vjetra na postaji Split (gore), tlaka zraka za postaju Rijeka (sredina) i vodostaja u Bakru (dolje) za razdoblje od kraja 1983. do početka 1991. godine (Pasarić et al., 2000.)

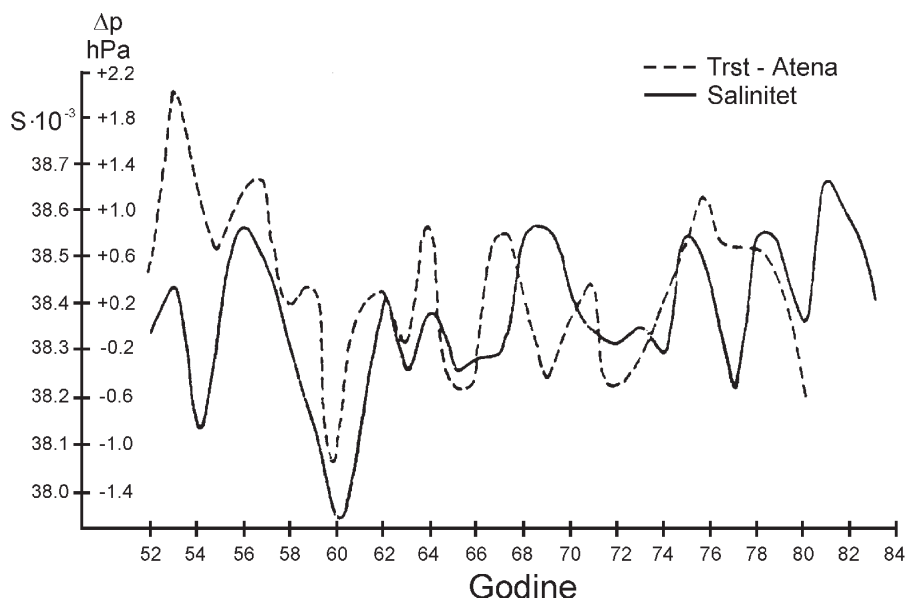
Figure 3.55 Low-pass filtered time series of wind at the Split station (up), air pressure for the Rijeka station (middle) and sea level at the Bakar station (down), recorded between the end of 1983 and beginning of 1991 (Pasarić et al., 2000)

je da promjena vodostaja od 2 cm odgovara promjeni tlaka zraka od samo 1 hPa. Dakle, i na ovim periodima pronađeno je odstupanje od inverznog barometarskog efekta. Za sada nije bilo moguće prikupiti dovoljno duge vremenske nizove vjetra da bi se provjerila pretpostavka prema kojoj i na višegodišnjim periodima morska razina reagira na djelovanje ne samo tlaka zraka nego i vjetra. Na posljetku, u jadranskim je vodostajima uočena i jedna dvadesetogodišnja oscilacija, s minimumima početkom 1950-ih, 1970-ih i 1990-ih godina, a maksimumima u međuvremenu. Ta je oscilacija dovedena u vezu s globalnom dvadesetogodišnjom oscilacijom u atmosferi (Orlić i Pasarić, 2000.; Orlić, 2001.), koja je u spomenutim godina podržavala povišeni tlak zraka i sniženu temperaturu nad područjem Sredozemlja.

3.3.2. Odziv mora na djelovanje površinskih protoka topline i vlage

Protoku topline između atmosfere i mora doprinosi Sunčevo zračenje, dugovalno zračenje

decadal time scales. In a series of papers year-to-year variability of the sea-level slope, currents and salinity of the Adriatic Sea has been investigated (Buljan and Zore-Armanda, 1976, and the papers cited therein; Zore-Armanda et al., 1991; Grbec et al., 1998). It turned out that the variability could be related to the analogous variability of the air-pressure gradient (Figure 3.56). Besides, years-to-year oscillations of sea level at various Adriatic stations have been considered and correlated to the air-pressure oscillations (Orlić and Pasarić, 1994; Vilibić and Leder, 1996; Vilibić, 1998). By regressing the sea-level anomalies on the air-pressure anomalies it was found that sea-level change of 2 cm corresponds to an air-pressure change of only 1 hPa. That means that at these periods, too, a departure from inverse barometer effect was found. So far it has been impossible to collect wind time series long enough to check the assumption according to which sea level at year-to-year time scale reacts not only to the air pressure but also to wind. Finally, a twenty-year oscillation was noted in the Adriatic sea level, with minimums in the beginning of 1950s, 1970s and 1990s, maximums in between. This oscillation was related to the global



Slika 3.56. Srednji godišnje vrijednosti saliniteta zabilježenog na profilu Split-Gargano te razlike tlaka zraka između Trsta i Atene, u razdoblju od 1952. do 1984. godine (Zore-Armanda et al., 1991.)

Figure 3.56 Mean annual values of salinity recorded at the Split-Gargano transect and air-pressure difference between Trieste and Athens, between the years 1952 and 1984 (Zore-Armanda et al., 1991)

mora, prijenos latentne topline pri isparavanju te vođenje topline. Protok vlage određen je pak razlikom oborine i isparavanja. Odavno se zna da površinski protoci topline i vlage utječu na temperaturu mora i salinitet, a tim i na tzv. termohalino strujanje. Međutim, sve donedavno površinski se protoci nisu povezivali s procesima u Jadranskom moru. Razlog prije svega treba tražiti u činjenici da se ti protoci ne mjere neposredno, već se određuju iz empirijskih relacija uzimajući u obzir različite meteorološke parametre (naoblaku, oborinu, tlak vodene pare, tlak zraka, temperaturu zraka, brzinu vjetrova) i temperaturu mora. Takve simultane vremenske nizove nije lako prikupiti, pa su se hrvatski istraživači tek u novije vrijeme počeli češće baviti površinskim protocima.

U početku pozornost je privuklo isparavanje. Zore-Armanda (1969.) ga je računala sezonski za cijeli Jadran, Bonacci (1985.) mjesečno za Jadran podijeljen na kvadrante, a Grbec et al. (1997.) mjesečno za postaju Trst. Prema prvom od tih radova isparavanje je veće zimi nego ljeti, a prema preostala dva rada godišnji je hod obrnut. Razliku oborine i isparavanja određivali su Artegiani et al. (1993.) mjesečno za dvije sukcesivne zime na po jednoj lokaciji u sjevernom, srednjem i južnom Jadranu, zatim Grbec (1997.) te Grbec i

bidecadal oscillation in the atmosphere (Orlić and Pasarić, 2000; Orlić, 2001), which, in the years mentioned, supported high air pressure and low air temperature above the Mediterranean area.

3.3.2 Sea response on action of the surface heat and humidity flows

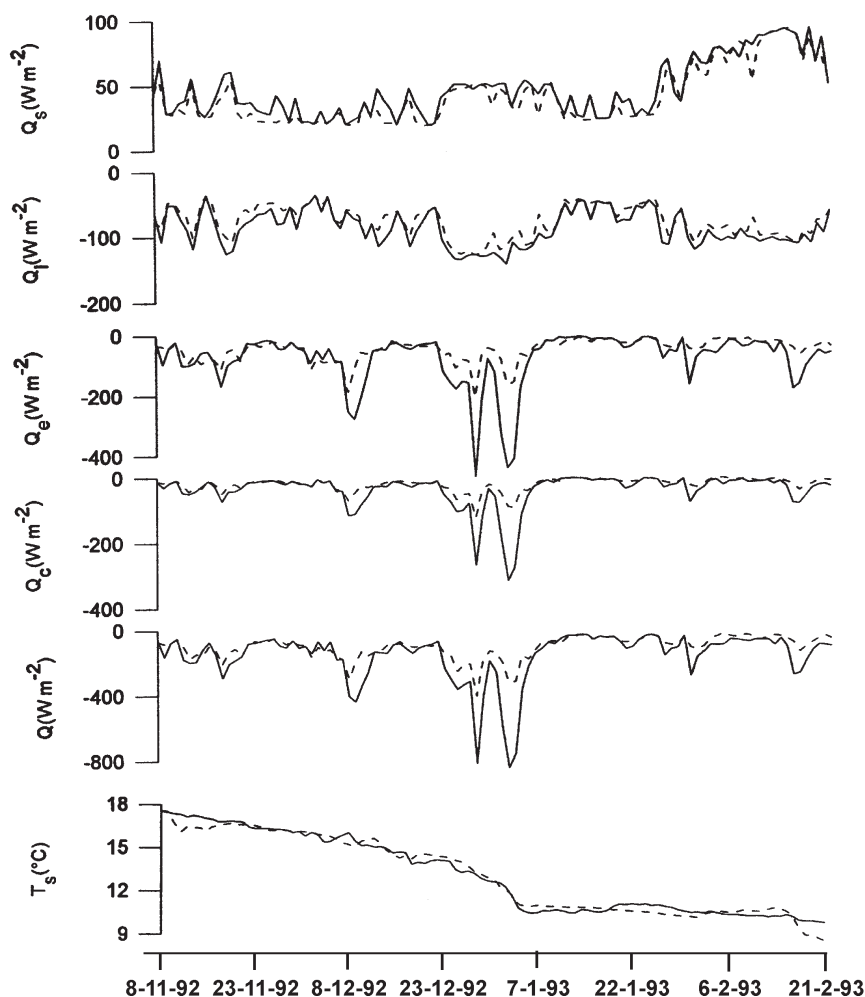
Surface exchange of heat between the atmosphere and sea is controlled by the Sun radiation, the long-wave radiation of the sea, the transfer of latent heat during evaporation, as well as the heat conduction. The surface water flux is determined by the difference between precipitation and evaporation. It has been known for a long time that surface buoyancy fluxes influence the sea temperature and salinity, and thus also the so called thermohaline circulation. However, until recent times these fluxes were never related to the processes in the Adriatic Sea. The reason should be looked for in the fact that the fluxes are not measured directly, but are derived from empirical relations, taking into account various meteorological parameters (cloudiness, precipitation, water vapour pressure, air pressure, air temperature, wind speed) and sea temperature. Such simultaneous time series is difficult to collect, so it is only recently that Croatian researchers have started paying more attention to the surface fluxes.

Morović (1997.) mjesečno tijekom dvadeset godina na pet postaja uzduž istočnojadranske obale, a Supić i Orlić (1999.) mjesečno kroz dvadeset sedam godina i dnevno u toku nekoliko mjeseci na četiri postaje u području sjevernog Jadrana. Nađeno je da u višegodišnjem prosjeku oborina nadmašuje isparavanje, ali i da se iznos te razlike znatno mijenja od postaje do postaje te iz godine u godinu. Površinski protoci topline također su računati za pojedine postaje, kroz duga razdoblja, uz korištenje mjesečnih vrijednosti ulaznih parametara (Grbec, 1997.; Grbec i Morović, 1997.; Supić et al., 1997.; Supić i Orlić, 1999.), odnosno tijekom svega nekoliko mjeseci ali uz upotrebu dnevnih ili čak desetminutnih vrijednosti ulaznih parametara (Brana et al., 1996.; Supić i Orlić, 1999.; Grbec et al., 2001.). Tim se računima pokazalo da, primjerice, zimi more gubi znatno više topline u području ispred Trsta i Senja nego ispred Rovinja, što ima dalekosežne posljedice za svojstva i gibanje mora. Također je uočeno da zimskom prijenosu topline iz mora u atmosferu najveći doprinos daju kratke epizode koje traju svega nekoliko dana i koje obilježava dominacija bure nad Jadranom.

Kad je riječ o povezivanju površinskih protoka sa svojstvima i gibanjem Jadranskog mora, treba naglasiti da se ono provodilo na nekoliko načina. Najdulju tradiciju imaju kvalitativne usporedbe površinskih protoka vlage s poljima saliniteta (Zore-Armanda, 1969.) i gustoće (Artegiani et al., 1993.) te površinskih protoka topline i vlage s temperaturom, salinitetom i gustoćom mora (Supić i Orlić, 1999.). U potonjem je radu pokazano da zimske epizode hlađenja mogu u toku samo nekoliko dana sniziti temperaturu pri površini sjevernog Jadrana i za 5 °C (slika 3.57.). Do zanimljivih rezultata došlo se koreliranjem površinskog protoka topline s vremenskom promjenom toplinskog sadržaja vodenog stupca (Brana et al., 1996.), odnosno s vertikalnom promjenom temperature mora uz samu površinu (Supić et al., 1997.; Grbec i Morović, 1997.; Grbec, 1997.). To je između ostalog omogućilo da se procijeni veličina koeficijenta turbulentne izmjene topline u Jadranu. Naposljetku, u novije se vrijeme započelo korelirati površinske protoke s brzinom strujanja u moru (Supić et al., 2000.) te s postotnim udjelom vodenih masa u pojedinim područjima (Vilibić i Orlić, 2001.). Tako se, primjerice, pokazalo da je pojava Istarske obalne protustruje ljeti u sjevernom Jadranu vjerojatnija ako je prethodne zime prijenos topline iz mora u atmosferu bio manji od uobičajenoga.

At the beginning it was evaporation that has attracted attention. Zore-Armanda (1969) made seasonal calculations for the whole of the Adriatic, Bonacci (1985) made monthly calculations for the Adriatic divided into quadrants, whereas Grbec et al. (1997) did monthly calculations for the Trieste station. According to the first of the above papers evaporation is higher in winter than in summer, according to the two remaining papers the annual course is reversed. The difference between precipitation and evaporation was determined by Artegiani et al. (1993) monthly for two successive winters at one location each for the northern, middle and southern Adriatic, by Grbec (1997) and Grbec and Morović (1997) monthly in the course of twenty years at five stations along the eastern Adriatic coast, and by Supić and Orlić (1999) monthly for twenty-seven years as well as daily in the course of several months at four stations in the northern Adriatic. It was found that over the years precipitation exceeds evaporation, but that the amount of this difference considerably changes from station to station and from year to year. The surface heat fluxes were calculated, too, for different stations through long time intervals by using monthly values of input parameters (Grbec, 1997; Grbec and Morović, 1997; Supić et al., 1997; Supić and Orlić, 1999), and also over several months only but by using daily or even ten-minute values of input parameters (Brana et al., 1996; Supić and Orlić, 1999; Grbec et al., 2001). These calculations showed that, for example, the sea loses much more heat off Trieste and Senj than off Rovinj, which has far-reaching consequences for the characteristics and motion of the sea. It has also been noted that, in the winter transfer of heat from the sea to the atmosphere, the greatest contribution provide short episodes that last only several days and that are marked by the domination of the bora above the Adriatic.

As far as the connection between the surface buoyancy fluxes and the characteristics and movements of the Adriatic Sea is concerned, it should be emphasised that it was studied in several ways. The longest tradition belongs to the qualitative comparison of the surface water fluxes with the salinity fields (Zore-Armanda, 1969) and density (Artegiani et al., 1993), and also of the surface heat and water fluxes with the sea temperature, salinity and density (Supić and Orlić, 1999). In the latter paper it was shown that winter episodes of cooling could, in the course of a few days only, lower the temperature at the surface of the northern Adriatic by 5°C (Figure 3.57). Interesting results have been obtained by correlating surface heat flux to temporal changes of



Slika 3.57. Prijenos topline Sunčevim zračenjem (Q_s), dugovalnim zračenjem mora (Q_l), isparavanjem (Q_e) te vodenjem (Q_c), rezultatni protok topline između atmosfere i mora (Q) i temperatura mora na dubini od 5 m (T_s), u području Pule (puna krivulja) i Rovinja (crtkana krivulja) za razdoblje od 8. studenoga 1992. do 21. veljače 1993. (prema Supić i Orlić, 1999.). Posebno se ističu dvije epizode, pri samom kraju 1992. i na početku 1993. godine, za kojih je more predalo veliku količinu topline atmosferi i pritom se naglo ohladilo

Figure 3.57 Surface heat flux due to the Sun radiation (Q_s), long-wave radiation of the sea (Q_l), evaporation (Q_e) and conduction (Q_c), resulting heat flux between the atmosphere and sea (Q) and sea temperature at the depth of 5 m (T_s), in the area of Pula (full line) and Rovinj (dashed line) between 8 November 1992 and 21 February 1993 (Supić and Orlić, 1999). Well pronounced are two episodes, at the end of 1992 and the beginning of 1993, during which the sea released a great amount of heat to the atmosphere and suddenly cooled down

3.3.3. Zaključak

Kako se vidi iz ovog prikaza, pa i iz broja njime obuhvaćenih članaka (92), hrvatski istraživači fizikalnih procesa u Jadranu u svom su se radu obilno koristili meteorološkim podacima. Sasvim je sigurno da će se ta praksa nastaviti, s tim da se može očekivati da će uz rutinska meteorološka motrenja i mjerenja na stalnoj mreži postaja svoju primjenu naći i ciljani meteorološki eksperimenti. Aktualno povećavanje prostorne i

the heat content of the water column (Brana et al., 1996) and to the vertical change of sea temperature close to the sea surface (Supić et al., 1997; Grbec and Morović, 1997; Grbec, 1997). Among other things, this has made it possible to estimate the coefficient of the turbulent heat exchange in the Adriatic. Recently, surface fluxes have been correlated with the current speed (Supić et al., 2000) and with the fractions of water masses in various areas (Vilibić and Orlić, 2001). Thus, for example, it was found that the occurrence of the Istrian Coastal

vremenske rezolucije s kojom se provode meteorološke analize po svoj će prilici ukazati na procese koji ovise o djelovanju Jadranskog mora na atmosferu. Dakle, može se pretpostaviti da će suradnja naših meteorologa i oceanografa postati dvosmjerna i da će se u bliskoj budućnosti pisati prikazi o primjeni oceanografskih podataka u meteorologiji.

Countercurrent during summer in the northern Adriatic is more probable if in the preceding winter the transfer of heat from the sea to the atmosphere was lower than usual.

3.3.3 Conclusion

As is evident from this survey, as well as from the sheer number of papers covered by it (92), Croatian researchers of physical processes in the Adriatic have amply used meteorological data in their work. The practice will without doubt continue, but it is to be expected that, besides the meteorological observations and measurements routinely performed on the permanent network of stations, targeted meteorological experiments will find their application as well. The current increase of the spatial and temporal resolution of the meteorological analyses will probably reveal processes that depend on the influence of the Adriatic on the atmosphere. It can be assumed, therefore, that the collaboration of our meteorologists and oceanographers will become a two-way activity, and that in the near future reviews will be written about the application of oceanographic data in meteorology.

DODATAK A

Meteorološka motrenja u susjednim zemljama

A1. Razvoj meteoroloških motrenja u Austriji

Prva zabilježena vizualna opažanja vremenskih pojava u Austriji datiraju još iz 1500. godine. Redovna instrumentalna mjerenja bilježena tijekom duljeg vremenskog razdoblja započela su još davne 1654. u Innsbrucku (Tirol). Najstarija meteorološka postaja, koja neprekidno radi do danas, osnovana je 1763. godine u benediktinskom samostanu u Kremsmünsteru (Gornja Austrija). Taj je samostan gradio dugu tradiciju znanstvenog istraživanja, a unutar samostana nalazila se i renomirana srednja škola, koje su učenici uglavnom pokazivali interes za područje meteorologije. Jedan od njih je bio i Carl Kreil, koji je 1848. godine pokrenuo meteorološke aktivnosti Austrijske akademije znanosti i razradio je prvi prijedlog mreže meteoroloških postaja širom monarhije. U svoje pokušaje, da program motrenja učini što sveobuhvatnijim, uključio je meteorologiju (tlak, temperaturu, zračenje, vlagu, vjetar, oblake, vidljivost, temperaturu tla, atmosferski električnost itd.), hidrologiju (temperaturu vode, oborine), biometeorologiju, fenologiju, geofiziku (geomagnetizam, seizmologiju) i kemiju sastava zraka. U svom je prijedlogu spomenuo i potrebu za osnivanjem središnje postaje koja bi izdavala naputke, distribuirala mjerne instrumente, sakupljala podatke i provodila znanstvene analize.

Radi ubrzanja razvoja spomenute mreže, Akademija je u prilogu bečkog lista *Wiener Zeitung* (7. kolovoza 1849.) objavila poziv potencijalnim dobrovoljnim motriteljima. Uspjeh je bio zapanjujući, ali je zbog nedostatka mjernih instrumenata samo dio kandidata mogao biti primljen. Car *Franjo Josip* je 23. srpnja 1851. carskom rezolucijom odobrio preimenovanje „Središnjeg zavoda za meteorološka i magnetska motrenja, u Središnjem zavodu za meteorologiju i geomagnetizam.

Prvotni je plan bio osnovati stotinjak meteoroloških postaja širom monarhije. Mreža se razvijala brzo i broj postaja po godinama iznosio je: 1851./43, 1853./67, 1855./98, 1857./117, 1859./124. Iskustvo je pokazalo da su dobrovoljni motritelji bili daleko predaniji i pouzdaniji od željezničkih telegrafista, kojim je to bila službena

APPENDIX A.

Meteorological observations in neighbouring countries

A1. Development of meteorological observations in Austria

First records of simple visual observations of weather phenomena in Austria can be traced back to the year 1500. Regular observations using instruments and carried out over longer periods began as early as 1654 in Innsbruck (Tyrol). The oldest continuously reporting meteorological station - still in operation today - started in 1763 at the Benedictine Monastery of Kremsmünster (Upper Austria). This monastery has a long tradition in scientific activities and research; it also conducts a renowned secondary school and quite a few of its pupils felt attracted by the field of meteorology. One of them was Carl Kreil, who in 1848 launched the meteorological activities of the Imperial Academy of Sciences by developing a first proposal for a network of observational stations all over the Empire. He attempted to make the program of observations as comprehensive as possible and included meteorology (pressure, temperature, radiation, humidity, wind, clouds, visibility, ground temperature, atmospheric electricity, etc.), hydrology (water temperature, precipitation), biometeorology, phenology, geophysics (geomagnetism, seismology) and air chemistry. In his proposal he mentioned the need for a central station to issue regulations, distribute instruments, collect records and carry out scientific analyses.

In order to accelerate the development of the proposed observation network, the Academy published a proclamation in a supplement to the morning paper of the *Wiener Zeitung* (7 August 1849), calling for volunteers to perform the observations. The success was overwhelming and due to the lack of instrumentation only a fraction of the number of willing volunteers could be accepted. It was on 23 July 1851 that Emperor Franz Joseph by an Imperial Resolution authorized the establishment of “a central institute for meteorological and magnetic observations”, to become the Central Institute for Meteorology and Geomagnetism.

Initial plans headed for some 100 observation stations, distributed over the all the Empire. The network developed quickly: stations by year 1851/43, 1853/67, 1855/98, 1857/117, 1859/124.

dužnost. Središnji zavod 1854. počeo je izdavati redovita godišnja izvješća sa sakupljenim rezultatima motrenja i statističkom obradom.

Važan datum u osnivanju mreže meteoroloških postaja bilo je osnivanje planinskog (Alpe) opservatorija Sonnblick (3106 m nadmorske visine) 1886. godine. Opservatorij radi neprekidno do danas, i baza je za meteorološka, geofizička i glaciološka istraživanja te dio mreže GAW (Global Atmosphere Watch) u sklopu Svjetske meteorološke organizacije.

Zbog vojnih sukoba, političke situacije i posljedica Prvog i Drugog svjetskog rata, značajno se mijenjao broj postaja uključen u spomenutu mrežu.

Nakon Drugog svjetskog rata ukupan broj meteoroloških postaja dosegao je 270. U početku je velika većina dostavljala mjesečna izvješća koja su uključivala podatke triju mjerenja dnevno, a samo je oko šezdeset postaja, i to rijetko noću, dostavljalo SYNOP telefonom.

Povećana potražnja za većom učestalošću podataka i sve manji interes dobrovoljnih motritelja doveli su, kako u mnogim drugim zemljama tako i Austriji, do uspostave poluautomatskih motriteljskih sustava - nazvanih akronimom TAKLIS - koji podatke bilježe automatski i u desetminutnim intervalima. Još uvijek, međutim, motritelji trebaju ručno unositi vizualna opažanja, voditi nadzor nad radom senzora i mijenjati jedinice za snimanje podataka.

Osnivanjem postaja opremljenih automatskim uređajima nove generacije postignut je znatan napredak u pogledu dostupnosti podataka: sustav TAWES započeo je s radom 1992. godine. Taj je sustav puno napredniji i, što je najvažnije, podatke dostavlja izravno Središnjem zavodu svakih 10 minuta. Od 1992. godine, kada je bilo uključeno 38 postaja, mreža se postupno širila. Danas na području Austrije postoji 138 postaja koje su opremljene uređajima TAWES tipa.

Dodatni podaci nalaze se u: Ficker (1951.), Felkel et al. (1993.) i Hammerl et al. (2001.).

Experience showed that voluntary observers were by far more committed and dependable than railway telegraphers who were officially placed under obligation. Starting in 1854, the Central Institute published regularly annual reports containing collected observation data and statistical interpretations.

A milestone in the development of the network was the establishment of the Alpine Sonnblick observatory (3106 m above m.s.l.) in 1886; it has been in operation without any interruption ever since and forms a natural base for meteorological, geophysical and glaciological research and is also part of WMO's GAW network.

Due to military conflicts and political developments as well as changes in connection with World Wars I and II, the number of stations forming the network varied considerably over time.

After the Second World War the average total number of meteorological stations evened out at 270. In the beginning the vast majority delivered monthly reports of three observations per day and only some 60 stations reported also SYNOPs by phone, but rarely at night time.

Growing demand for higher density of data as well as slowly vanishing enthusiasm of potential voluntary observers led (as in many other countries) to the introduction of semi-automatic station equipment - acronym TAKLIS - that records automatically in steps of 10 minutes. Deployment of TAKLIS-stations began in 1986. Still, observers need to entry eye-observations by hand, care for sensor conditions and change recording devices regularly.

A marked upgrade of data availability was achieved when a new generation of automatic recording stations was developed: in 1992 the TAWES-network was put into operation. TAWES-stations are more sophisticated and - most important - deliver data online to the Central Institute in 10-minute intervals. From 38 stations online in 1992 the network has been extended gradually: at the time of this report (March 2002) in Austria there are 138 stations out of 270 total equipped with automatic devices of TAWES type.

More details can be found in the papers by: Ficker (1951), Felkel et al. (1993) and Hammerl et al. (2001).

A2. Meteorološka služba Bosne i Hercegovine - Kratki povijesni pregled

Prvi oblici meteorološke djelatnosti na području Bosne i Hercegovine javili su se u vrijeme dok je BiH bila u sastavu Austro-Ugarske Monarhije.

1879. Prve tri vojne meteorološke postaje osnovane su u Sarajevu, Mostaru i Tuzli.

1881. Država je odlučila proširiti mrežu postaja. Nove su postaje osnovane u Banja Luci, Travniku i Bihaću, a u isto vrijeme je organizirano 68 novih motriteljskih punktova na području BiH.

1892. *Filip Balif* je preuzeo dužnost prvog ravnatelja *Meteorološke službe BiH*.

1894. Izgrađen je opservatorij na vrhu Bjelašnice (2067 m nadmorske visine). Prva su mjerenja započela u kolovozu.

1895. U siječnju je opservatorij na Bjelašnici počeo objavljivati različite meteorološke podatke (slika A1.). Ta je postaja bila od važnosti za cijelo područje i dugi je niz godina bila postaja na najvećoj visini u ovom dijelu Europe. Gotovo 98 godina dugi vremenski nizovi podataka preživjeli su ratna razaranja i danas se nalaze u arhivu *Meteorološkog zavoda* zajedno s podacima mnogih drugih postaja.

A2. Meteorological service of Bosnia & Herzegovina (B&H) - A Short History

The first meteorological activities in Bosnia and Herzegovina started during the Austro-Hungarian rule in this country.

1879 The first three military meteorological stations in Sarajevo, Mostar and Tuzla.

1881 Governmental decision for more extensive network. New stations started in Banja Luka, Travnik, Bihać and at the same time, 68 observational points were organised in B&H.

1892 Appointment of Filip Balif, the first director of the Meteorological service in B&H.

1894 Observatory on top of Bjelašnica mountain (2067m above sea level). First measurements started in August.

1895 From January, the Bjelašnica Observatory started publishing various meteorological data (Figure A1). This station had an important role for the whole region because, for many years, the Bjelašnica Observatory was one of the highest meteorological points in this part of Europe. The 98-year old data have survived war destructions and are now in the archives of the Meteorological Institute together with the data from many other stations.



Slika A1. Meteorološki opservatorij na vrhu Bjelašnice (1895.)

Figure A1 Meteorological Observatory on top of Bjelašnica mountain (1895)



Slika A2. Meteorološka postaja Bjelave u Sarajevu

Figure A2 Meteorological station of Bjelave in Sarajevo (1902)

1902. Izgrađena je meteorološka postaja na brdu *Bjelave* blizu centra Sarajeva (slika A2.). U toj se zgradi danas nalazi *Meteorološki zavod Bosne i Hercegovine*.

1913. Ukupno ima 125 postaja. Od početka do kraja Prvog svjetskog rata (1914.-1918.) redovna su motrenja prekinuta.

1921. Meteorološki zavod je ponovo započeo s radom kao neovisna ustanova sa središnjim uredom u Sarajevu.

1941.-1945. Tijekom rata uništene su gotovo sve meteorološke postaje.

1947. Osnovan je *Republički hidrometeorološki zavod Bosne i Hercegovine*. Do 1992. godine u Zavod su pristizali podaci s mnogih meteoroloških postaja. Za vrijeme posljednjeg rata, u razdoblju 1992.-1995., održale su se one postaje u kojima je bilo moguće raditi.

1994. (30. lipnja) Bosna i Hercegovina je postala punopravnom članicom Svjetske meteorološke organizacije (WMO). Otada je u stalnom kontaktu s tom Organizacijom i ravna se po njenim načelima: jedna država, jedna meteorološka služba i jedno predstavništvo.

1996. Zakonom Federalne Vlade BiH osnovan je *Federalni meteorološki zavod*. Istovremeno je osnovan *Hidrometeorološki zavod Republike Srpske* u Banjoj Luci.

1996.-2002. *Meteorološki zavod Bosne i Hercegovine* nastavlja s radom. U tom razdoblju

1902 Meteorological station on Bjelave Hill near the city centre in Sarajevo (Figure A2). The headquarters of the Meteorological Institute of B&H are now situated in this building.

1913 The total number of stations is 125. With the beginning of the First World War (1914), regular observations were interrupted until 1918.

1921 The Meteorological Institute resumes work as an independent institution with the headquarters in Sarajevo.

1941-1945 Almost all meteorological network was destroyed in the war.

1947 The Hydrometeorological Institute of Bosnia and Herzegovina established. Up to 1992, this Institute was the central point for collecting all meteorological data from many stations. During the last war, between 1992 - 1995, the Institute did not stop activities on all stations where it was possible.

1994 (30 June) Bosnia and Herzegovina became a full member of the World Meteorological Organisation. From that period, in line with the WMO principle: one State, one Meteorological service and one representative, we have established permanent contacts with WMO.

1996 Pursuant to the Act of the Federal Government of B&H, the Federal Meteorological Institute was established. Also, the Hydrometeorological Institute of Republic of Srpska was established in Banja Luka.

Zavod održava međunarodne veze i suradnju sa Svjetskom meteorološkom organizacijom, koristeći potporu Federalnog zavoda u tehnici i ljudstvu. Osnovne aktivnosti su obnova mreže meteoroloških postaja, nabava mjernih instrumenata i međunarodna suradnja.

Više detalja nalazi se u navedenim referencama: Kučera (1897.), „Druck und Verlag Kaiserlich-Königlichen Hof und Staatsdruckerei” (1903.) i „Hidrometeorološka služba NR BiH” (1953.).

1996- 2002 The Meteorological Institute of B&H did not stop its activities. During this period it has used all technical support and human resources from Federal Meteorological Institute in the field of international relations and co-operation with the WMO. The main activities were the rehabilitation of the network, procurement of instruments and international co-operation.

Some details can be found in the papers cited as “Druck und Verlag Kaiserlich-Königlichen Hof und Staatsdruckerei” (1903) and “Hidrometeorološka služba NR BiH” (1953).

A3. Meteorološka motrenja u Mađarskoj

Počeci

Sporadični podaci o vremenu u mađarskoj datiraju iz 11. stoljeća. Od 1540. godine postoji poneki podatak za svaku godinu. Prva instrumentalna mjerenja u Mađarskoj provedena su 1717. godine u Sopronu. Jedna od postaja u sklopu poznatog meteorološkog društva *Societas Meteorologica Palatina* osnovana je u Budimu 1780. godine. To je bila jedna od 8 europskih postaja koje su radile tijekom čitavog razdoblja postojanja društva.

Stvaranju mađarskog zavoda prethodio je rad dviju važnih ustanova. Kao prvo, 1851., osnovan je austrijski „Zentralanstalt für den meteorologischen und magnetischen Dienst“. Kao drugo, Mađarska akademija znanosti, osnovana 1827. godine, daje prijedlog za osnivanje meteorološkog zavoda. Austrijski je zavod na mađarskom teritoriju uspostavio rijetku mrežu od 42 meteorološke postaje, tako da je Guido Schenzl, nakon što je bio imenovan ravnateljem, tu mrežu preuzeo od Carla Jelineka, ravnatelja austrijskog zavoda, i iskoristio ju kao bazu pri osnivanju *Mađarskog meteorološkog i magnetskog zavoda* 1870. godine. Primarna je Schenzlova zadaća bila ubrzati budući razvoj mreže postaja i organizirati obradu i objavljivanje podataka.

Put ka postojećem stanju

Od vremena osnutka pa do razdoblja 1980.-1985. broj postaja porastao je na 120. Prvi i Drugi svjetski rat poremetili su njezin daljnji razvoj. Krajem osamdesetih godina 20. stoljeća znakovite promjene ekonomske situacije dovele su do smanjenja broja postaja, što se opet poklopilo s tehničkim napretkom u razvoju mjernih instrumenata i kompjuterske tehnologije. Mađarska je meteorološka služba, iz navedenih razloga, morala požuriti s uvođenjem automatizacije u motriteljski sustav te su u tu svrhu započeti eksperimenti s nekolicinom mjernih instrumenata. Konačna odluka o tipovima mjernih instrumenata koji će se primijenjivati i o rasprostranjenosti postaja donesena je 1993. godine. Postupno su tradicionalno opremljene postaje zamjenjivane onim s automatskom opremom, i taj je proces završen do 1999. godine. Osim motrenja koja se obavljaju provođenjem

A3. Meteorological observations in Hungary

The beginning

Sporadic Hungarian records relating to weather go back to the 11th century. From 1540 there is some record for every year. The first instrumental observations in Hungary were initiated in Sopron. 1717. One of the stations of the famous meteorological network of the *Societas Meteorologica Palatina* was established in Buda in 1780. There were only 8 stations in Europe that remained operational through the whole period of existence of the Society, and Buda was one of those.

Two important antecedents played a direct role in the creation of the Hungarian institute. Firstly, the Austrian „Zentralanstalt für den meteorologischen und magnetischen dienst“ was founded in 1851. Secondly, the Hungarian Academy of Sciences was established in 1827 and the proposal for the creation of the meteorological institute came from the Academy. A sparse network containing 42 meteorological stations had been organized in Hungarian territory by the Austrian institute and, therefore Guido Schenzl, upon his appointment to the post of director was in the position to take over a core network from Carl Jelinek, director of the Austrian institute at the time of founding an independent Hungarian Meteorological and Magnetic Institute in 1870. Schenzl's most urgent tasks were to accelerate the further development of the network and to organize the processing and publication of data.

The way to the present situation

Since the time of foundation the meteorological observation network had been increased up to 120 stations by the years of 1980-1985. The first and the second world war of course broke down the course of development. In the end of eighties a significant changes in the economical circumstances of the country forced to reduce the number of stations and it coincided a drastic technical development also in the field of instruments and computer technics. That makes the Hungarian Meteorological Service to accelerate automation of meteorological observations. The process began in the beginning of nineties with experiments with several instruments. In 1993 a final decision was taken about the type of the instruments and the necessary density of stations. Traditional meteorological stations has

prizemnih motrenja i tradicionalnih aeroloških mjerenja, metode poput satelitske, radarske i motrenja električnih pražnjenja, koji se rabe posljednjih desetljeća, uvelike pridonose složenosti meteoroloških motrenja.

Sustav meteorološkog motrenja i praćenja stanja atmosfere s ekološkog aspekta u Mađarskoj na pragu 21. stoljeća

Rezultate prizemnih meteoroloških motrenja telekomunikacijskom centru dostavlja 29 automatskih sinoptičkih glavnih postaja (MILOS 500). Osim toga, oko 70 tzv. klimatoloških postaja podatke dostavlja svaki dan, a od njih su 52 automatske (QLC 50). Tradicionalno opremljenih kišomjernih postaja ima 590 i one dostavljaju podatke u centar jednom mjesečno.

Meteorološko stanje atmosfere po visini mjeri se radiosondama koje se podižu balonima napunjenim vodikom do visine od 30 km. Ova se metoda provodi dva puta dnevno u Budimpešti (u 00 i 12 UTC) i jednom dnevno u Szegedu (u 00 UTC). Postoje tri radarske postaje (Farkasfa, Budimpešta i Napkor), s kojih se motre oblaci i oborine na cijelom području Mađarske. Postaja u Budimpešti opremljena je doplerskim radarom koji konstantno dostavlja podatke ne samo o oblacima i oborini već registrira i komponente vjetera na području oko postaje. Sustav SAFIR registrira grmljavinske oluje, dok je pomoću digitalnih satelitskih snimaka moguće pratiti promjene vremena u polsatnim intervalima.

Velika se pozornost poklanja kakvoći podataka. U opis posla nadležnih stručnjaka ulazi stalna kontrola i kalibracija velikog broja mjernih instrumenata, a u vezi s tim na raspolaganju im stoji moderno opremljen kalibracijski laboratorij.

Analiza kvalitete zraka provodi se u četiri regionalne postaje u kojima se definira koncentracija plinova u tragovima i aerosola, dok se kiselost oborina mjeri na 6 postaja.

Za utvrđivanje radioaktivnosti automatski se mjeri količina gama zračenja na 19 postaja, dok se na 11 postaja mjeri beta zračenje.

Rezultati mjerenja dostupni su na web stranici Mađarske meteorološke službe.

Globalno zračenje konstantno se mjeri na 14 postaja, s tim da se na Središnjem opservatoriju u Budimpešti mjere komponente Sunčeva zračenja (direktno i difuzno) i spektralna razdioba zračenja. Ukupna količina ozona utvrđuje se mjerenjem karakteristika atmosferskog zračenja. UV-B

gradually been changed to automatic ones. The process was completed by the end of 1999. Besides near-surface and the traditional aerological observation satellite, radar and lightning observation systems installed in recent decades also contribute to the complexity of meteorological observation.

The meteorological and atmospheric environmental measurement and observation system in Hungary at the beginning of XXI century

The near-surface meteorological data are transmitted by 29 automatic synoptic main stations (MILOS 500) to the telecommunication centre, beside them about 70 so-called climatic stations provide data every day, among them 52 are automatic stations (QLC 50) as well. The number of traditional precipitation stations is 590, they transmit daily data to the centre once a month.

The meteorological state of the atmosphere is measured by radiosondes that are lifted to a height of about 30 km with the help of a balloon filled by hydrogen. The radiosondes are operated twice a day in Budapest at 0000 UTC and 1200 UTC and once a day in Szeged at 0000 UTC. There are three radar stations (Farkasfa, Budapest, Napkor) which provide data about the clouds and precipitation from the entire territory of Hungary, among them the so-called Doppler radar operated in Budapest provide data continuously not only about the precipitation elements but also about the wind conditions characteristic in the surroundings of the station. The SAFIR lightning detection system is following the thunderstorms while with the help of the digital satellite images available in every half an hour the change of weather can be followed continuously.

We have to attach of course great importance also to the quality of the data. The continuous control and calibration of the hundreds of measuring instruments belong also to tasks of our experts. An up-to-date calibrating laboratory installed with the necessary etalon instruments is at our disposal for this purpose.

The analyses of air quality is completed at four so-called regional background stations where the concentration of some trace gases and aerosols is defined. Besides, the acidity of precipitation is measured at 6 stations.

For characterizing radioactivity the automatic measurement of gamma doses is completed at 19 places while the beta activity is measured at 11 places.

zračenje mjeri se posebnim mjernim instrumentom na 4 postaje u Mađarskoj.

Od početka devedesetih 20. stoljeća, stanje atmosfere osim prizemnim metodama, motri se s meteoroloških satelita. Pri tom se koriste dvije vrste satelita. Prvi je METEOSAT meteorološki satelit, u nadležnosti EUMETSAT-a (Europska agencija za iskorištavanje meteoroloških satelita), koji svakih pola sata priređuje digitalne slike oblaka s rezolucijom 6x7 km iznad istog područja na sjevernoj hemisferi. METEOSAT se nalazi na visini od 36000 km iznad ekvatora i okreće se zajedno sa Zemljom. Drugi je američki kvazipolarni satelit NOAA koji se nalazi na visini od 800 km i prolazi iznad određene geografske lokacije četiri puta dnevno. Moguće je dobiti satelitske slike Karpatskog bazena s rezolucijom 1-3 km. Podaci dobiveni pomoću satelita NOAA detaljniji su u pogledu prostorne rezolucije i dobivenih parametara nego oni METEOSAT-a. Satelitsko motrenje ima sve važniju ulogu u vremenskim prognozama jer se dobiva sve manje vizualnih podataka o oblacima iz sve manjeg broja meteoroloških postaja na Zemlji.

Budućnost

Glavni zadatak sustava motrenja jest uspostava sustava za kontrolu i osiguranje kakvoće podataka. Osim prizemnih sinoptičkih i klimatoloških postaja, posebna će pozornost biti posvećena daljinskim motrenjima. Bit će instalirani novi doplerski radari i meteorološki sateliti druge generacije koji će bilježiti stanja u atmosferi. Podaci dobiveni tim intenzivnim motriteljskim tehnikama pružaju više saznanja koja se koriste za vrlo kratkoročnu prognozu vremena (nowcasting).

The results of measurements are available also on the homepage of HMS.

The global radiation is measured continuously at 14 stations, among them at the Main Observatory of Budapest the components of solar radiation (direct and diffuse components) and the spectral distribution of radiation are also measured. The total ozone content is defined through measuring the atmospheric radiation characteristics. The UV-B radiation is measured with special instruments at 4 places in the country.

From the beginning of the 90s of the last century we observe the atmospheric conditions not only from the surface but we can follow the changes also with the help of satellites. We are receiving data from two types of satellites: the METEOSAT geostationary satellite operated by EUMETSAT provides digital information half-hourly above the same territory of the northern hemisphere in a resolution of 6 x 7 km. This satellite is located in a height of 36000 km over the Equator and is moving together with the Earth. The American NOAA satellite is moving on a quasi-polar orbit in a height of 800 km and is moving over each geographical place four times a day. Satellite images of 1-3 km resolution are available over the Carpathian basin. The data of NOAA satellite are more detailed both in spatial resolution and in respect of derived parameters. The satellite observations have more and more important role in nowcasting as there are less and less visual information on clouds by the spread of automatic stations in the surface observation network.

The future

The main efforts relating to the observation system is to introduce a quality control-quality assurance system. Besides near-surface synoptic and climatic stations remote sensing technics will be more emphasized. New Doppler radars will be installed and MSG satellites will provide information about the state of atmosphere. Exploiting of data come from this intensive observation technics provides more knowledge used in nowcasting.

A4. Kratak opis razvoja meteoroloških motrenja u Sloveniji

Na slovenskom etničkom prostoru prva su meteorološka motrenja započela u drugoj polovici 18. stoljeća. Ta su motrenja bila prekidana nekoliko puta i mnogi rezultati su izgubljeni. Slovenija je u to vrijeme bila dijelom Austro-Ugarske Monarhije. Godina 1848., kada je Carl Kreil pokrenuo meteorološke aktivnosti Austrijske akademije znanosti razradivši prvi prijedlog mreže meteoroloških postaja širom monarhije, može se smatrati početkom sustavne i neprekidne meteorološke službe u Sloveniji. Nakon dvije godine, osniva se Meteorološki opservatorij u Ljubljani, koji neprekidno radi do danas i koji je već pri osnivanju bio opremljen instrumentima za mjerenje temperature, vlažnosti i atmosferskog tlaka.

Postupno, opservatoriji ili tzv. postaje, počeli su se osnivati i u drugim dijelovima Slovenije. U to je vrijeme Austro-Ugarska Monarhija, u sporedbi s drugim državama kasnije Kraljevine Jugoslavije, imala pouzdanu i profesionalnu meteorološku službu. Na području Slovenije je 1900. bilo 180 meteoroloških postaja, što je bio važan preduvjet za određivanje klimatskih odrednica u različitim dijelovima zemlje. Motreni su osnovni meteorološki elementi.

Nakon Prvog svjetskog rata ostalo je 86 postaja unutar granica Slovenije, koja je tada pripala Kraljevini Jugoslaviji. Meteorološka postaja u Ljubljani postala je Zavod za meteorologiju i geodinamiku te je uskoro preuzela nadležnost za sve ondašnje meteorološke postaje na slovenskom teritoriju. Postajama je u početku bilo teško nastaviti rad zbog manjka kadra i financijskih sredstava. Uskoro su političke promjene osigurale i kadar i financijska sredstva, pa je bilo moguće povećati broj postaja. U sljedeća dva desetljeća zabilježen je konstantan porast meteoroloških postaja. Primjerice, 1936. godine meteorološku su mrežu sačinjavale 172 postaje: 6 postaja I. reda, 2 postaje II. reda, 39 postaja III. reda i 125 postaja IV. reda.

Tijekom Drugog svjetskog rata mnoge su postaje prestale s radom. Nakon rata, 1947. godine, radi vojnih je potreba osnovana je jedinstvena Hidrometeorološka služba Jugoslavije, a kao rezultat toga Slovenija je dobila svoju vlastitu Hidrometeorološku službu. Od 70 postaja, koliko ih je bilo nakon rata, broj postaja se povećavao:

A4. A short description of meteorological observation development in Slovenia

On Slovenian ethnic territory first meteorological observations started in the second half of 18th century. Observations were several times interrupted and many recorded data were lost. Slovenian territory of that time was a part of Austro-Hungarian Monarchy. Carl Kreil, in 1848, launched the meteorological activities of the Imperial Academy of sciences by developing a first proposal for a network of observational stations all over the Empire. That time can be considered as the beginning of organised and continuous meteorological service in Slovenia. Namely, after two years, in 1850, a meteorological observatory in Ljubljana has been with continuous observations until nowadays. When founded, observatory Ljubljana was equipped with instruments for measuring temperature, humidity and atmospheric pressure.

Gradually, observatories or so called stations were established also in other places in Slovenia. Particular effort was spent for establishing precipitation measurements. At that time Austro-Hungarian monarchy had a very reliable and professional meteorological network when compared with such networks in the other countries and in later Kingdom of Yugoslavia. In the year 1900 there was 180 meteorological stations on Slovenian territory at that time, quite suitable for determining climatic conditions in different parts of the country. Basic meteorological elements were observed and measured, also with recording instruments.

After the first world war 86 meteorological stations were left over inside the new political boundaries of Slovenia, a part of Kingdom of Yugoslavia. The meteorological station in Ljubljana was transformed to Institute of Meteorology and Geodynamics which gradually became in charge of all meteorological stations in that time. In the first years it was difficult to maintain the stations due to lack in stuff and finances. But then political changes enabled more stuff and funds for meteorological activity, so it was possible to increase the number of stations. We register constant growth of the amount of meteorological stations in the next two decades. In the year 1936 meteorological network consisted of 172 stations: 6 stations of I. class, 2 stations of II. class, 39 stations of III. class and 125 of IV. class.

1960. godine osnovano je 15 sinoptičkih, 144 klimatološke i 263 kišomjerne postaje.

U tom se razdoblju na području Slovenije nalazio najveći broj meteoroloških postaja. One su bile smještene na posve novim prostorima, primjerice u visokim planinama. Godine 1954. osnovana je meteorološka postaja Kredarica u Julijskim Alpama, na visini 2515 m. Postaja u Ljubljani je 1947. godine preselila na lokaciju na kojoj se nalazi i danas.

Potom se broj postaja počeo smanjivati. Postalo je sve teže i teže naći volontere za taj svakodnevni posao, a plaća nije bila dovoljno stimulativna za nove motritelje. Jedino je rješenje bila automatizacija meteoroloških mjerenja, a pravo vrijeme za to je došlo 1991. godine, kada je Slovenija postala neovisna. Radiosondažna mjerenja započela su u Ljubljani 1995. godine.

Danas meteorološku mrežu Slovenije sačinjava: 13 sinoptičkih postaja, 40 klimatoloških, 226 kišomjernih, 27 automatskih postaja, 18 automatskih modula za temperaturu, vlažnost i oborinu, 1 postaja s radiosondažnim i 1 s radarskim mjerenjem.

Dodatna literatura: Pučnik (1980.) i Trontelj (2000.).

During the second world war many stations stopped working. After the war a new network was developed due to military needs until in 1947 Civil Hydrometeorological service was established in Yugoslavia and consequently, Slovenia has got its own Republic Hydrometeorological Service. From initial 70 stations after the war the number of stations increased to: 15 synoptic stations, 114 climatological stations and 263 precipitation stations in the year 1960.

In this period the highest number of meteorological stations operated in Slovenia. Stations were set up in new areas, for example in high mountains. So in 1954 meteorological station Kredarica was established in Julian Alps at the elevation 2515 m. In 1947 station Ljubljana was moved to its present location.

Then the number of stations began to decrease. It was more and more difficult to find volunteers for this every day work and the fee became too small to be stimulative for new observers. We saw the only solution in automatic measurements. With independence of Slovenia in 1991 came the right time for this. In 1995 radiosonde observations started in Ljubljana.

Nowadays our meteorological network consists of: 13 synoptic stations, 40 climatological stations, 226 precipitation stations, 27 automatic weather stations, 18 data loggers for temperature, humidity and precipitation, 1 radiosonde station, 1 weather radar.

More details can be found within papers by Pučnik (1980) and Trontelj (2000).

DODATAK B / APPENDIX B

Popis klimatoloških postaja u Hrvatskoj za razdoblje 1945.-2012.

List of climatological stations in Croatia for the period 1945-2012

Postaja Station	Početak rada Beginning of work	Završetak rada End of work
Abrami	10.2.1962.	radi / in operation
Antenal	1.3.1966.	31.12.1979.
Bačica	1.4.1982.	31.7.1994.
Bakar	1.4.1974.	31.5.1977.
	1.5.1997.	radi / in operation
Bakarac	5.4.1974.	31.5.1977.
Baška	8.5.1963.	31.12.1975.
Baške Oštarije	1.2.1962.	1.11.2010.
Bednja	10.4.2006.	radi / in operation
Begovo Razdolje	1.6.2003.	1.9.2007.
Beli Manastir	11.10.2004.	radi / in operation
Benkovac	25.5.1956.	31.5.1988.
	15.11.1997.	radi / in operation
Bidrovec	1.7.1983.	1.4.1988.
Biograd	1.1.1953.	radi / in operation
Bilogora*	1.5.1975.	31.12.1980.
Bistrac	10.7.1952.	27.4.1972.
Bol	1.8.1963.	radi / in operation
Boljun	29.5.1971.	31.8.1989.
Borovo	22.9.1971.	31.5.1985.
	5.6.1986.	30.4.1989.
Bosiljevo	15.11.1963.	radi / in operation
Botinec	1.9.1947.	radi / in operation
Botonega	1.5.1987.	radi / in operation
Botovo	13.7.1986.	28.2.1990.
Božava	1.8.1960.	28.6.1976.
	1.4.1997.	radi / in operation
Božjakovina	1.4.1944.	10.10.1965.
	10.1.1966.	31.5.1989.
Bracanja	1.5.1982.	31.5.1985.
Brestovac Belje	3.4.1945.	31.7.1990.
	1.7.1998.	radi / in operation
Brezovo Polje Psunj SC	1.11.1963.	1.7.1965.
	1.11.1969.	31.12.1979.
Brinje	23.9.1954.	31.12.1970.
	1.8.1973.	9.7.1975.
	11.6.1997.	radi / in operation
Brijuni	1.10.1953.	31.5.1956.
Buje	1.1.1954.	31.8.1975.
Buzet	25.5.1955.	31.10.1964.

Celega	1.5.1982.	radi / in operation
Cres	20.8.1951.	radi / in operation
Crikvenica	1.7.1891.	radi / in operation
Crni Lug - NP Risnjak	1.11.2003.	radi / in operation
Čakovec Nedelišće	1.8.1954.	radi / in operation
Čazma	1.1.1951.	radi / in operation
Čelavac	1.11.1975.	30.11.1979.
Čepić	14.5.1961.	radi / in operation
Čibača	1.10.1951.	31.3.1964.
Čorkova Uvala	5.7.1963.	1.7.1968.
Dalj	1.6.1980.	1.7.1988.
Delnice	1.11.1949.	radi / in operation
Donji Lapac	1.6.1982.	30.5.1988.
	1.6.1996.	radi / in operation
Donji Miholjac	1.5.1955.	radi / in operation
Drenje	1.7.1978.	1.11.1984.
Drežnica	11.11.1993.	radi / in operation
Drniš	24.5.1956.	1.9.1990.
	1.2.1997.	radi / in operation
Dubrovnik*	1.1.1945.	1.9.1979.
Đakovo	1.9.1948.	radi / in operation
Đurđevac	16.4.1955.	radi / in operation
Fažana	1.8.1952.	31.3.1973.
Fužine Brana	24.11.1954.	31.1.1972.
Garešnica	1.11.1952.	30.9.1975.
Gorinci	26.11.2001.	radi / in operation
Govedari - NP Mljet	1.8.1960.	radi / in operation
Grabovac	3.4.1945.	31.7.1990.
	1.7.1998.	radi / in operation
Gračac*	15.7.1953.	1.3.1987.
	1.8.1996.	radi / in operation
Gradište RC*	18.9.1971.	31.12.1980.
Grubišno Polje	19.8.1956.	16.6.1977.
Gusić Polje	26.8.1986.	radi / in operation
Hrvatska Kostajnica	1.8.1956.	1.4.1991.
	11.5.1996.	radi / in operation
Divuša	11.5.1996.	radi / in operation
Ilok	25.5.1951.	1.7.1991.
	1.7.1998.	radi / in operation
Imotski	1.1.1953.	radi / in operation
Ivanec	20.5.1976.	30.11.1978.
Jablanac	12.3.1963.	1.6.1987.
Jankovac	1.9.1961.	1.4.1970.
Japetić	1.11.1963.	31.12.1972.
Jarmina Borinci	1.1.1966.	31.1.1967.
Jasenak	1.1.1976.	30.9.1985.
Jastrebarsko	1.6.1954.	radi / in operation
Jastrebarsko Donja Rijeka	?	30.6.1965.
Jelsa	9.8.1952.	radi / in operation
Kalnik	16.4.1954.	31.3.1964.
Kamenjača	13.9.1961.	31.3.1970.

Kanfanar	1.5.1961.	31.1.1969.
Karlobag	1.10.1966.	28.11.1976.
	10.12.1992.	radi / in operation
Kaštel Stari	1.8.1946.	31.1.1971.
Klenovnik	1.8.1945.	31.12.1955.
Komiža*	26.12.1955.	1.3.1983.
	31.5.1982.	1.1.1987.
Kopački Rit	1.7.2004.	radi / in operation
Koprivnica	1.1.1945.	radi / in operation
Korčula	1.1.1948.	30.8.1994.
	1.4.1995.	radi / in operation
Korenica	20.9.1972.	30.9.1989.
	1.5.1996.	radi / in operation
Kostel	1.1.1945.	31.12.1987.
Kotoriba	15.6.1963.	31.7.1969.
Kraljevica	10.3.1952.	1.1.1987.
Krapina*	1.6.1963.	1.5.1988.
	1.9.1993.	radi / in operation
Krbava	10.12.1982.	30.8.1991.
Krčići	1.11.1979.	24.6.1983.
Križevci*	1.1.1901.	31.12.2001.
Krk	1.6.1956.	1.1.1986.
	1.7.1998.	radi / in operation
Krušćica Sklope	15.2.1987.	30.6.1998.
Kukljica	24.5.1999.	radi / in operation
Kukuljanovo	8.4.1997.	radi / in operation
Kuna	1.7.1955.	radi / in operation
Kutina	17.8.1956.	radi / in operation
Kutina škola	1.11.1976.	12.6.1977.
Kutina tvornica	12.6.1977.	31.12.1986.
Kutina tvornica II	2.6.1977.	1.1.1987.
Kutjevo - Mitrovac	22.9.2003.	radi / in operation
Kutjevo - Vidim	1.5.2002.	radi / in operation
Labin - Dubrova	13.7.1993.	1.8.2005.
	2006.	1.4.2011.
Lekenik	8.6.1963.	radi / in operation
Lepoglava Čret	15.9.1953.	22.5.1976.
	6.4.1979.	30.9.1985.
Letaj Brana	1.1.1995.	radi / in operation
Lički Osik	14.9.1986.	31.7.1991.
Ličko Lešće	27.9.1954.	radi / in operation
Lipik	1.1.1945.	30.6.1991.
	18.6.1996.	radi / in operation
Lividraga	20.10.1959.	1.10.1984.
Lokve Brana	1.4.1957.	radi / in operation
Lovinac	23.5.1957.	31.1.1989.
	1.10.1998.	radi / in operation
Lučice	12.9.1986.	30.6.1991.
Ludbreg Hrastovsko	1.4.1956.	radi / in operation
Lun - Gager	21.5.1952.	31.3.1964.

Makarska*	10.7.1953.	31.8.1974.
	1.10.1975.	30.4.1989.
Malinska	1.5.1957.	1.6.2010.
Mali Lošinj Čikat	1.8.1975.	31.8.2008.
Malo Trojstvo	1.7.1984.	1.2.1994.
Meje	1.4.1974.	31.5.1977.
Metković	19.5.1997.	radi / in operation
Mikluševci	9.11.1989.	30.9.1991.
Mirkovica	8.12.1963.	20.9.1974.
Molunat	1.7.1998.	radi / in operation
Molve	1.8.1982.	31.10.1985.
Mosor Ljuvač	1.1.1953.	31.8.1965.
Motovun	1.3.1956.	13.12.1964.
Našice	29.6.1955.	radi / in operation
Nerežišća	5.5.1956.	17.7.1975.
Nova Gradiška - Cernik	1.10.1962.	radi / in operation
Novigrad - Celega	1.5.1982.	1.2.2012.
Novi Dvori (Šibice)	15.7.1954.	30.11.1965.
	18.3.1966.	31.10.1991.
	1.6.1995.	radi / in operation
Novigrad dalm.	5.2.1952.	30.8.1991.
	10.9.1997.	radi / in operation
Novigrad - Punta	1.5.2012.	31.7.2012.
Novi Marof	1.7.1962.	radi / in operation
Novska	7.10.1968.	radi / in operation
Novska Gornja brana	1.5.1979.	31.7.1991.
Oborovo	1.12.1974.	radi / in operation
Omišalj grad	5.9.1976.	31.12.1977.
Omišalj kapetanija	5.9.1976.	31.12.1977.
Opatija	1.3.1953.	1.12.1984.
Opeke	1.9.1970.	1.7.2007.
Opuzen	1.1.1945.	radi / in operation
Orebić	17.7.1949.	1.2.2011.
Orehovica	19.4.1954.	31.3.1964.
Osijek Čepin RC	10.11.1982.	30.11.1991.
Osijek Tvrđavica	1.4.2011.	radi / in operation
Osijek Neuman	1.1.1945.	15.10.1969.
Otočac	1.11.1994.	radi / in operation
Pag	1.1.1950.	1.5.2006.
	16.3.2007.	radi / in operation
Palagruža	1.1.1957.	radi / in operation
Petrinja	1.10.1903.	1.7.2007.
	1.3.2008.	1.11.2011.
	1.3.2012.	radi / in operation
Pisarovina	1.12.1961.	1.11.2003.
	9.4.2004.	radi / in operation
Plaški	19.5.1957.	30.10.1986.
	13.6.1997.	radi / in operation
Platak	1.10.1949.	25.10.1962.
	1.12.1980.	1.4.1981.
	1.6.2001.	1.10.2001.

Plitvička jezera	1.3.1966.	31.10.1966.
	15.5.1967.	1.11.2011.
Plitvički Ljeskovac	21.5.1952.	1.9.1971.
Ploče *	1.10.1962.	31.3.1969.
	1.4.1969.	radi / in operation
Plomin elektrana	1.7.1978.	1.6.1984.
Plomin grad	1.7.1978.	9.6.1982.
Plješivica	14.10.1969.	30.9.1989.
Podrute	15.6.1983.	25.12.1984.
Ponikve	26.3.1987.	30.4.2005.
Poreč	1.1.1947.	31.7.1992.
	1.3.2000.	radi / in operation
Požega	1.1.1945.	radi / in operation
Pražnice	1.1.1945.	1950.
Pregrada	1.1.1992.	radi / in operation
Pula	1.5.1968.	radi / in operation
Puntijarka*	1.3.1959.	30.11.1972.
Račinovci	1.3.2007.	radi / in operation
Ričice - Brana	1.7.1994.	radi / in operation
Rijeka Kantrida	1.12.1952.	30.9.1958.
Rodić Poljana	1.12.1982.	24.9.1986.
Rovinj	1.12.1948.	radi / in operation
Rovišće	23.4.1954.	30.6.1962.
Samobor	23.5.1972.	radi / in operation
Seketin	20.9.1978.	1.10.1980.
Sestrice Vele	1.8.1970.	radi / in operation
Silba	15.11.1963.	radi / in operation
Sinj	1.1.1967.	radi / in operation
Skrad	1.10.1949.	28.2.1993.
Slavonska Požega	1.1.1945.	radi / in operation
Slatina - Medinci	22.8.1956.	30.4.1966.
	10.4.1967.	radi / in operation
Slunj	14.2.1955.	30.8.1991.
	3.6.1996.	radi / in operation
Sošice	3.6.1957.	31.8.1964.
	12.4.1996.	radi / in operation
Sprečava	1.8.1953.	1.5.1969.
Split Firule	1.4.1969.	31.10.1975.
Split Gripe	1.6.1957.	31.12.1963.
Split Marjan	1.1.1948.	31.12.1949.
Srb	1.9.1963.	1.5.1976.
Stara Sušica	1.8.1953.	31.5.1986.
Starigrad Paklenica	1.3.1992.	radi / in operation
Stipanov Grič	6.5.1955.	16.12.1969.
Ston	15.1.1950.	radi / in operation
Stružec RC	1.10.1974.	30.8.1991.
	7.12.2001.	radi / in operation
Stubička Gora	5.7.1952.	31.12.1996.
Stubičke toplice	11.8.1952.	radi / in operation
Sumartin	1.4.1998.	radi / in operation

Sunja	1.7.1963.	30.10.1991.
	1.2.1992.	radi / in operation
Sutivan	8.8.1956.	radi / in operation
Sv. Ivan na pučini	1.8.1983.	radi / in operation
Sv. Ivan Zelina	1.8.1960.	radi / in operation
Sv. Jure Biokovo	9.11.1968.	31.3.1973.
	12.10.1975.	1.4.1984.
Sv. Križ Začretje	1.9.1949.	31.3.1955.
Šestanovac	1.7.1962.	radi / in operation
Šibice	15.7.1954.	30.11.1965.
	18.3.1966.	31.10.1991.
	1.6.1995.	radi / in operation
Ščulci	2.6.1971.	28.2.1989.
Škrljevo	1.4.1979.	30.4.1985.
Šoići	1.4.1974.	31.5.1977.
Topusko	1.1.1945.	
	24.3.1959.	30.6.1991.
	1.8.1997.	1.5.2007.
	1.1.2008.	radi / in operation
Trema	9.5.1975.	31.12.1976.
Trsteno	1.4.1969.	30.8.1991.
Tunel Učka E	1.8.1973.	15.5.1974.
Tunel Učka W	23.7.1973.	15.5.1974.
Učka Vrh	15.8.1968.	1.7.2008.
Udbina	26.9.1961.	31.12.1976.
	6.5.1996.	radi / in operation
Valpovo - Tiborjanci	20.8.1963.	radi / in operation
Varaždin	1.1.1972.	1.12.1972.
Varaždinske Toplice	1.1.1960.	31.1.1968.
Vela Luka	1.7.1949.	radi / in operation
Vela Luka Adrija	16.8.1988.	1.12.1989.
Veli Drvenik	1.4.1963.	31.10.1974.
Velika Popina	1.7.1973.	1.7.1991.
Veli Lošinj	1.1.1953.	3.1.1966.
	1.1.1969.	31.12.1992.
Vinkovci	1.3.1953.	radi / in operation
Vir	1.7.1977.	28.8.1983.
Virovitica	1.5.1951.	30.4.1996.
	30.4.1996.	radi / in operation
Vis	1.9.1945.	1.8.1948.
	1.1.1963.	1.8.1964.
Vitoševo	5.4.1974.	31.5.1977.
Voćin	15.12.1963.	1.8.1991.
	1.3.1994.	radi / in operation
Vojnić	15.11.1963.	30.6.1989.
Volosko	1.9.1995.	radi / in operation
Volparija	1.5.1982.	30.4.1983.
Vrana	1.1.1958.	31.12.1992.
Vrbovec	10.5.1955.	30.7.1960.
Vrelo Ličanke	18.6.1974.	radi / in operation
Vrgorac	16.6.1957.	radi / in operation

Vukovar	1.1.1949.	27.2.1970.
	10.6.1999.	radi / in operation
Zabok	1.4.1955.	30.6.1976.
	1.5.1991.	radi / in operation
Zagreb - Blato	1.2.1979.	31.12.1985.
Zagreb - Botinec	1.9.1947.	radi / in operation
Zagreb - Bundek	1.8.1978.	31.10.1979.
Zagreb - Botanički vrt	1.8.1964.	31.1.1966.
Zagreb - Čukovići	1.5.1977.	1.4.1981.
Zagreb	20.8.1964.	31.12.1985.
Zagreb - Frankopanska	1.8.1979.	31.12.1985.
Zagreb - Jazbina	9.5.1952.	1.12.1970.
Zagreb - Maksimir*	1.1.1945.	1.12.1959.
Zagreb - Podsused	1.12.1952.	30.9.1986.
Zagreb - Rim	1.4.1948.	radi / in operation
Zagreb - Siget	1.4.1977.	31.10.1979.
Zalesina	1.7.1951.	31.12.1989.
	20.6.1993.	1.11.1996.
Zavižan*	1.10.1953.	21.8.1964.
Zvečevo	1.10.1985.	1.3.1991.
	1.6.2001.	radi / in operation
Žirje	1.12.1963.	18.1.1969.
Županja	26.6.1960.	31.12.1992.
	1.6.1997.	1998.
	1.6.2000.	radi / in operation

* klimatološke postaje koje su prerasle u glavne meteorološke postaje

* climatological stations which become main weather stations

NAPOMENA

Popis postaja koje su promijenile ime

Staro ime	Novo ime
Botinec	Zagreb - Botinec
Brestovac - Belje	Grabovac
Celega	Novigrad - Celega
Čakovec	Čakovec - Nedelišće
Gorinci - Lešće	Gorinci
Govedari	Govedari - NP Mljet
Labin	Labin - Dubrova
Lekenik - Vukojevac	Lekenik
Nova Gradiška	Nova Gradiška - Cernik
Novi Dvori - Šibice	Šibice
Plitvice	Plitvička jezera
Ričice	Ričice - Brana
Slatina (Podravska)	Slatina - Medinci
Slavonska Požega	Požega
Sestrice Tajerske	Sestrice Vele
Valpovo	Valpovo - Tiborjanci

REFERENCE / REFERENCES

- Andreis, J., 1974: Povijest glazbe. Liber - Mladost, Zagreb, 472 str.
- Artegiani A., Gačić M., Michelato A., Kovečević V., Russo A., Paschini E., Scarazzato P., Smirčić A., 1993: The Adriatic Sea hydrography and circulation in spring and autumn (1985-1987). *Deep-Sea Research II*, 40, 1143-1180.
- Bader, M.J. et al., 1995: Images in weather forecasting. Cambridge University Press. 499 pp.
- Bakotić, A. K., 1861: Pojavi iz prirode za pouku prostoga naroda. Zagreb, 207 str.
- Barbarić, J., V. Šojat, 1989: Zdravstveni izvještaji županijskih fizika križevačke, varaždinske, virovi-tičke i zagrebačke županije za 1785. godinu. JAZU, rasprave i građa za povijest znanosti, Knj. 5, 253-279.
- Beg Paklar G., Gačić M., 1997: The wind effect on the Kaštela Bay current field. *Acta Adriatica*, 38/2, 31-43.
- Beg Paklar G., Isakov V., Koračin D., Kourafalou V., Orlić M., 2001: A case study of bora-driven flow and density changes on the Adriatic shelf (January 1987). *Continental Shelf Research*, 21, 1751-1783.
- Bice, D., Montanari, A., Vučetić, V., Vučetić, M., 2011: The influence of regional and global climatic oscillations on Croatian precipitation and temperature, *International Journal of Climatology*, 32, 1537-1557.
- Binder, P. and C. Schär, 1996: The Mesoscale Alpine Programme: Design Proposal, 63 pp.
- Božić, I., 1973: Filip de Diversis i njegovo djelo. *Dubrovnik-časopis za književnost i znanost* 3, 11-80.
- Bonacci O., 1985: Elementi hidrološkog bilansa Jadranskog mora. *Vodoprivreda*, 17, 373-383.
- Bone M., 1988: Wind-drift current in the Kaštela Bay (Middle Adriatic). *Rapports et procès-verbaux des réunions - CIESMM*, 31, 198 pp.
- Bone M., 1993: Development of a nonlinear levels model and its application to bora-driven circulation on the Adriatic shelf. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 37, 475-496.
- Bone M., 1996: Ecological study of gas fields in the northern Adriatic - 5 - Numerical modelling of the Bora and Scirocco driven currents. *Acta Adriatica*, 37, 69-83.
- Bone M., Grbec B., Beg Paklar G., Morović M., 1999: Modeliranje izmjene topline i dotoka slatke vode u Kaštelanskom zaljevu. *Zbornik „Kaštela: kolijevka Hrvatske“*, Kaštela, 351-354.
- Boschovich, R. G., 1766: *Dissertatio de turbine, quo nocte 11. et 12. mensis junii 1749 Roma non mod-ica sui parte involuta fuit*. Pragae, 144 pp.
- Boschovich, R., G., 1749: *Sopra il turbine, che la notte gli XI e XII Giugno del MDCCXLIX danneggiò una gran parte di Roma*. N. M., Pagliarini, Roma, 224 pp.
- Bougeault, P., P. Binder, A. Buzzi, R. Dirks, R. Houze, J. Kuettner, R.B. Smith, R. Steinacker and H. Volkert, 2001: The MAP Special Observing Period. *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 82, 433-462.
- Branca J. H., Krajcar V., Morožin D., Supić N., 1996: Circulation and heat exchanges of the Northern Adriatic in the winter season 1992/93. *Il nuovo cimento*, C 19, 427-444.
- Branković Č., Srnc L., Patarčić M. 2010: An assessment of global and regional climate change based on the EH5OM climate model ensemble. *Climatic Change* 98, 21-49.

- Branković Č., Patarčić, M., Güttler I., Srnc L. 2012: Near-future climate change over Europe with focus on Croatia in an ensemble of regional climate model simulations. *Climate Research*, 52, 227-251.
- Branković Č., Güttler I., Gajić-Čapka M. 2013: Evaluating climate change at the Croatian Adriatic from observations and regional climate models' simulations. *Climate Dynamics* 41, 9-10; 2353-2373.
- Brosy C, Zaninovic K, Matzarakis A., 2013: Quantification of climate tourism potential of Croatia based on measured data and regional modeling, *Int. J. Biometeorol.*, 2014., 58(6), 1369-1381.
- Buchich, G., 1866: Zusammenhang der Höhe des Meeres mit dem Barometerstande. *Zeitschrift der österreichischen Gesellschaft für Meteorologie* 1, 217 pp.
- Buchich, G., 1878: Beobachtungen über Meteorologie, Temperatur, Salzgehalt des Meereswassers, Ebbe und Flut, 1871-1873. Bericht der ständigen Commission für die Adria. Akademie d. Wissenschaften, Wien.
- Buchich, G., 1884: Klima in Lesina. *Zeitschrift der österreichischen Gesellschaft für Meteorologie* 19, 372 pp.
- Buchich, G., 1889: Interessantes Gewitter auf dem Meere, 20. Juli 1889. *Meteorologische Zeitschrift* 6, 352 pp.
- Buchich, G., 1896: Wasserhosen zu Lesina, 29. März 1896. *Meteorologische Zeitschrift* 13, 184 pp.
- Buchich G., 1861: Hoehe des Meeresspiegels und des Luftdruckes. Uebersichten der Witterung in Oesterreich und einigen auswaertigen Stationen im Jahre 1860, November, 47-48.
- Buljan M., Zore-Armanda M., 1976: Oceanographical properties of the Adriatic Sea. *Oceanography and Marine Biology - An Annual Review*, 14, 11-98.
- Carrara, F., 1846: La Dalmazia descritta. Zara, 142 pp.
- Cerovečki I., Orlić M., 1989: Modeliranje rezidualnih vodostaja Bakarskog zaljeva. *Geofizika*, 6, 37-57.
- Cerovečki I., Orlić M., Hendershott M. C., 1997: Adriatic seiche decay and energy loss to the Mediterranean. *Deep-Sea Research I*, 44, 2007-2029.
- Cerovečki I., Pasarić Z., Kuzmić M., Brana J., Orlić M., 1991: Ten-day variability of the summer circulation in the North Adriatic. *Geofizika*, 8, 67-81.
- Cindrić, K., Pasarić, Z., Gajić-Čapka, M., 2010: Spatial and temporal analysis of dry spells in Croatia. *Theor Appl Climatol*, 102 (1-2), 171-184,
- Christa Hammerl, W. Lenhardt, R. Steinacker und P. Steinhauser., 2001: Die Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik 1851-2001 LEYKAM, Graz, 838 pp.
- Collins W.J. i 17 suradnika 2011: Development and evaluation of an Earth-System model - HadGEM2. *Geoscientific Model Development* 4, 1051-1075.
- Cotrullis de, B., 1464: De navigatione. Rukopis se nalazi u sveučilišnoj knjižnici u Yale University SAD.
- Cvitan, L., Sokol Jurković, R., 2011: Promjene potreba za grijanjem i hlađenjem u Hrvatskoj u razdoblju 1901-2008. *Hrvatski meteorološki časopis*, 46, 27-33.
- Dadić, Ž., 1990: Herman Dalmatin - Hermann of Dalmatia (Hermanus Dalmata). Školska knjiga, Zagreb, 211 str.
- Dadić, Ž., 1994: Hrvati i egzaktne znanosti u osvitku nonovjekovlja. Naprijed, Zagreb, 342 str.
- Dee D.P. i 35 suradnika 2011: The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 137, 553-597.

- Derežić, D., Vučetić, V., 2011: Tendencija povećanja srednje temperature tla u Hrvatskoj, *Hrvatski meteorološki časopis*, 46, 35-43.
- Doblas-Reyes F.J., Weisheimer A., Déqué M., Keenlyside N., McVean M., Murphy J. M., Rogel P., Smith D., Palmer T. N. Addressing model uncertainty in seasonal and annual dynamical ensemble forecasts. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 135, 1538-1559.
- Domin, F., 1786: Sono campanarum fulmina promoveri potius, quam prohiberi. *Quinque Ecclesiae* (Pečuh), 14 pp.
- Dominis de, M., A., 1611: De radiis visus et lucis in vitris perspectivis et iride. Veneti.
- Drapczynski, V., 1908: O utjecaju barometričkih minima i maksima na meteorološke elemente u Zagrebu. *Rad JAZU*, 173.
- Drobinski, P.; Ducrocq, V.; Alpert, P.; Anagnostou, E.; Béranger, K.; Borga, M.; Braud, L.; Chanzy, A.; Davolio, S.; Delrieu, G.; Estournel, E.; Filali Boubrahmi, N.; Font, J.; Grubišić, V.; Gualdi, S.; Homar, V.; Ivančan-Picek, Branka; Kottmeier, C.; Kotroni, V.; Lagouvardos, K.; Lionello, P.; Llasat, M.C.; Ludwig, W.; Lutoff, C.; Mariotti, A.; Richard, E.; Romero, R.; Rottuno, R.; Roussot, O.; Ruin, I.; Somot, S.; Taupier-Letage, I.; Tintore, J.; Uijlenhoet, R.; Wernli, H., 2014: HyMeX, a 10-year multidisciplinary program on the Mediterranean water cycle. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 95, 1063-1082.
- Enger L., Grisogono B., 1998: The response of bora-type flow to sea surface temperature. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 124, 1227-1244.
- Eumetsat, 2001: Into the 21th century, Darmstadt, 36 pp.
- FAA, 1997: National Aviation Weather Program, US Department of Transportation. Washington. 43 pp.
- Fortis, A., 1984: Put po Dalmaciji. Preveo M. Maras. *Globus*, Zagreb, 303 str.
- Gačić M., 1980a: Some characteristics of the response of the Adriatic coastal region to the atmospheric forcing. *Acta Adriatica*, 21/2, 239-254.
- Gačić M., 1980b: Some aspects of the response of the coastal region in South Adriatic to the atmospheric forcing. *Ves journées d'études sur les pollutions marines en Méditerranée*, Cagliari, 953-958.
- Gačić M., 1982: Notes on characteristics of the response of near-shore current field to the onshore wind. *Notes - Institute of Oceanography and Fisheries*, 47, 1-6.
- Gačić M., Dadić V., Krstulović N., Marasović I., Morović M., Pucher-Petković T., Sviličić N., 1987: Near-shore transport processes induced by the wind. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 24, 35-46.
- Gačić M., Grbec B., Dadić V., 1991: Wind induced currents in an inlet of a semi-enclosed bay (Kaštela Bay, Adriatic Sea). *Acta Adriatica*, 32/2, 607-620.
- Gačić M., Orlić M., Dadić V., Karabeg M., 1982: Temporal variations of current field in Rijeka Bay. *Ves journées d'études sur les pollutions marines en Méditerranée*, Cannes, 165-171.
- Gačić M., Smirčić A., 1986: Parametrization of wind wave spectra in the northern Adriatic Sea. *Bollettino di oceanologia teorica ed applicata*, 4, 173-181.
- Gačić M., Vučak Z., 1982: Note on inertial oscillations in the North Adriatic. *Notes - Institute of Oceanography and Fisheries*, 46, 1-7.
- Gajić-Čapka, M., 2011: Snow climate baseline conditions and trends in Croatia relevant to winter tourism. *Theor Appl Climatol*, Vol. 105, No. 1-2, 181-191.
- Gajić-Čapka, M., Cesarec, K., 2010: Trend i varijabilnost protoka i klimatskih veličina u slivu rijeke Drave. *Hrvatske vode*, 18, 71, 19-33.

- Gajić Čapka M., Cindrić K., 2011: Secular trends in indices of precipitation extremes in Croatia, 1901-2008. *Geofizika*, Vol. 28, No. 2, 293-312.
- Gajić-Čapka, M., Cindrić, K., Pasarić, Z., 2014: Trends in precipitation indices in Croatia, 1961-2010. *Theor Appl Climatol* (na recenziji)
- Gavazzi, A., 1888: Isonefe hrvatskih krajeva. *Glasnik Hrvatskog naravoslovnog društva*.
- Gavazzi, A., 1891: Die Regenverhältnisse Croatiens. *Mitteilungen der Geographischen Gesellschaft* 13-33, 390-407.
- Gavazzi, A., 1893: Konstante srednje dnevne temperature za hrvatske postaje. *Rad JAZU*, 103.
- Gelo, B., 2000: Opća i prometna meteorologija. Hinus, Zagreb. 520 str.
- Georgirio, A., sred. 16 st.a: *Cosmographiae commentaria*. Nepotpun rukopis na 99 stranica čuva se u gradskom arhivu u Veneciji.
- Georgirio, A., sred. 16. st.b: *Meteorologicae annotationes*. Rukopis do sada nije pronađen, ali ga autor više puta spominje u *Cosmographiae commentaria*.
- Ghetaldi, M., 1630: *De resolutione et compositione mathematica*. Roma.
- Giorgi F., Jones C., Asrar G.R. 2009: Addressing climate information needs at the regional level: the CORDEX framework. *WMO Bulletin* 58 (3), 175-183.
- Goldberg J., Kempni K., 1938: O oscilacijama Bakarskog zaljeva i općem problemu zaljevskih seša. *Prirodoslovna istraživanja kraljevine Jugoslavije*, 21, 129-235.
- Gozze di, N. V., 1584: *Discorsi sopra le Metheore d' Aristotele*. F. Ziletti, Venetia.
- Gradi, S., oko 1634: *Peripateticae philosophiae pronunciata disputationibus proposita*.
- Grakalić, M., 1977: Pomorsko-meteorološka djelatnost na istočnoj obali Jadrana. *Vijesti Pomorskog meteorološkog centra*, br. 2, Split, 4-9.
- Grakalić, M., 1979: Pomorsko-meteorološki opservatorij u Dubrovniku. *Vijesti Pomorskog meteorološkog centra*, br. 3, Split, 6-8.
- Grbec B., 1997: Influence of climatic changes on oceanographic properties of the Adriatic Sea. *Acta Adriatica*, 38/2, 3-29.
- Grbec B., Beg Paklar G., Morović M., 1997: On the evaporation problem over the Adriatic Sea. *Acta Adriatica*, 38/2, 69-77.
- Grbec B., Dadić V., Ivanković D., Morović M., Matić F., 2001: The first year of the Automatic Metocean Station Split Marjan-Cape - Preliminary results. *Acta Adriatica*, 42/1, 23-34.
- Grbec B., Morović M., 1997: Seasonal thermohaline fluctuations in the middle Adriatic Sea. *Il nuovo cimento*, C 20, 561-576.
- Grbec B., Morović M., Zore-Armanda M., 1998: Some new observations on the long-term salinity changes in the Adriatic Sea. *Acta Adriatica*, 39, 3-12.
- Güttler I., Branković Č., Srnc L., Patarčić M., 2013a: The impact of boundary forcing on RegCM4.2 surface energy budget. *Climatic Change*, 125, 67-78
- Güttler I., Branković Č., O'Brien T. A., Coppola E., Grisogono B., Giorgi F. 2013b: Sensitivity of the regional climate model RegCM4.2 to planetary boundary layer parameterisation. *Climate dynamics*, 43, 1753-1772.
- Haračić, A., 1886: Sul clima di Lussinpiccolo - osservazioni e studii. V. Programma dell' I.R. Scuola nautica in Lussinpiccolo, 7-39.
- Haračić, A., 1888: Orkan auf Lussinpiccolo. *Meteorologische Zeitschrift* 5 (23), 121.

- Haračić, A., 1892: Die Insel Lussin, ihr Klima und ihre Vegetation. Deutsche Rundschau für Geographie und Statistik 14, 434-445.
- Heinrich Ficker, 1951: Die Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik in Wien 1851-1951 Offprint: Denkschriften der Akademie der Wissenschaften, 109. Bd., 1.Abh., 32 pp.
- Heinz Felkel et al., 1993: TAWES Teilautomatisches Wettererfassungssystem der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, 2nd ed. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien, Publ. Nr.: 350, 78 p.
- Hengl T, Heuvelink GBM, Perčec Tadić M, Pebesma EJ. 2012: Spatio-temporal prediction of daily temperatures using time-series of MODIS LST images. Theoretical and Applied Climatology. 107, 265-277.
- Hiebl J, Auer I, Böhm R, Schöner W, Maugeri M, Lentini G, Spinoni J, Brunetti M, Nanni T, Perčec Tadić M, Bihari Z, Dolinar M, Müller-Westermeier G., 2009: A high-resolution 1961-1990 monthly temperature climatology for the greater Alpine region. Meteorologische Zeitschrift, 18, 507-530.
- Hodžić M., 1979/1980: Pojave izuzetnih oscilacija razine mora u zaljevu Vele Luke. Priroda, 68, 52-53.
- Hodžić, M., 1997: Meteorologija u službi pomorstva, Jadranska meteorologija; Split XLII-1, str. 24-30.
- Hodžić, M., 1998: Pomorska meteorološka služba na Jadranu i Pomorski meteorološki centar Split (1857-1947-1997), Jadranska meteorologija, Split XLIII-2, str. 9-12.
- Hoić, I., 1888: Slike iz obćega zemljopisa. Matica hrvatska, knj. 13, Zagreb.
- Hrvatska znanstvena bibliografija (CROSBİ), dostupno na <http://bib.irb.hr/pregledi>
- Ivančan-Picek, B., I. Mihovilić, L. Mahel (ur), 2007: Bibliografija zaposlenika Državnog hidrometeorološkog zavoda u razdoblju 1947.-2006., DHMZ, Zagreb, 250 str.
- Jansa, A., P. Alpert, P. Arbogast and A. Buzzi, 2000: Cyclones that produce high impact weather in the Mediterranean _ MEDEX. Preliminary research proposal to the WWRP, /MEDEX/.
- Jansa, A., Alpert, P., Arbogast, P., Buzzi, A., and the other members of the MISC, 2000: Preliminary Research Proposal to the WWRP: Cyclones That Produce High Impact Weather in the Mediterranean, MEDEX. Dostupno na <http://medex.aemet.uib.es>
- Jansa, A., Alpert, P., Arbogast, P., Buzzi, A., Ivančan-Picek, B., Kotroni, V., M. C. Llasat, C. Ramis, E. Richard, R. Romero and A. Speranza, 2014. MEDEX - a general overview. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 2014., 14, 1965-1984
- Jelić, M., Vučetić, V., 2011: Utječe li promjena klime na početak cvjetanja jorgovana? Hrvatski meteorološki časopis, 46, 85-96.
- Jones C.D. i 36 suradnika 2011: The HadGEM2-ES implementation of CMIP5 centennial simulations. Geoscientific Model Development 4, 543-570.
- Juras, J., Cindrić, K., 2009: Analiza količina oborine unutar različitih vremenskih intervala. Hrvatske vode, 69/70, 197-352.
- Karabeg M., Orlić M., 1982: The influence of air pressure on sea level in the North Adriatic - a frequency-domain approach. Acta Adriatica, 23, 21-27.
- Kasumović M., 1958: O utjecaju tlaka zraka i vjetrova na kolebanje razine Jadrana. Hidrografski godišnjak, 1956/1957, 107-121.
- Kasumović M., 1963: Slobodne oscilacije dugog perioda u Jadranskom moru. Rasprave Odjela za matematičke, fizičke i tehničke nauke JAZU, 2, 121-166.
- Katušin Z., 2007: Historijati meteoroloških postaja, DHMZ, 7 str.

- Katušin Z., 2010: Meteorološke postaje na području Hrvatske koje su u razdoblju siječanj 1853. - veljača 1858. dostavljale podatke u središnji ured u Beču, DHMZ, 142 str.
- Katušin Z., 2011: Sustavna mreža meteoroloških postaja na području Hrvatske od prvih početaka 1851. do 2011., DHMZ, 32 str.
- Kilibarda M, Hengl T, Heuvelink GBM, Gräler B, Pebesma E, Perčec Tadić M, Bajat B. 2014: Spatio-temporal interpolation of daily temperatures for global land areas at 1_km resolution. *Journal of Geophysical Research: Atmosphere*, 119, 2294-2313.
- Kišpatić, M., 1891: Potresi u Hrvatskoj. *Rad JAZU*, 107, 81-164.
- Klaić, V., 1878: Prirodni zemljopis Hrvatske. Matica hrvatska, Zagreb, 406 pp.
- Kovačević, V., Rastija, M., Šimić, B., Andrić, L., Kaučić, D., 2008: Phosphorus and potassium fertilization impacts on yield and nutritional status of maize, *Cereal Research Communications*, 36 Part 1 Suppl. 5, 43-46.
- Kraljev, D., Gajić-Čapka, M., Zaninović, K., 2005: U okrilju Sunca i mora: klimatska monografija Zadra - Embraced by the Sun and the Sea: The Climatic Monograph of Zadar, 2. dopunjeno izdanje, second edition, Zadiz - Zadar, Hrvatsko meteorološko društvo - Zagreb, (Biblioteka Grad/Zadiz), 144 str.
- Krempler, P., 1869: Vremenoslovje koje se temelji na tridesetgodišnjem iskustvu. Varaždin, 45 pp.
- Krulić, B., Vučetić, V., 2011: Razvojene faze i zimsko mirovanje jabuke u Hrvatskoj, *Hrvatski meteorološki časopis*, 46, 35-43.
- Kučera, O., 1897: Vrieme - crtice iz meteorologije. Matica Hrvatska, Zagreb, 351 pp.
- Kuzmić M., 1989: A numerical study of wind-induced motions in shallow coastal seas: model and basic experiments. *Applied Mathematical Modelling*, 13, 178-191.
- Kuzmić M., 1991: Exploring the effects of bura over the Northern Adriatic: CZCS imagery and a mathematical model prediction. *International Journal of Remote Sensing*, 12, 209-216.
- Kuzmić M., 1993: A satellite observation of the Adriatic Sea response to a spatially heterogeneous wind. *Geofizika*, 10, 1-18.
- Kuzmić M., Orlić M., 1987: Wind-induced vertical shearing: ALPEX/MEDALPEX data and modelling exercise. *Annales Geophysicae*, B 5, 103-112.
- Kuzmić M., Orlić M., 1991: Daljinsko istraživanje fizikalnih procesa u Jadranu. *Bilten Savjeta za daljinska istraživanja i fotointerpretaciju HAZU*, 1/11, 15-22.
- Kuzmić M., Orlić M., Karabeg M., Jeftić Lj., 1985: An investigation of wind-driven topographically controlled motions in the northern Adriatic. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 21, 481-499.
- Lascaratos A., Gačić M., 1990: Low-frequency sea level variability in the northeastern Mediterranean. *Journal of Physical Oceanography*, 20, 522-533.
- Laszowski, E., 1994: Stari i novi Zagreb. Školska knjiga, Zagreb (pretisak).
- Leder N., 1985: Statistički model utjecaja atmosfere na prisilno kolebanje razine mora u luci Split. *Zbornik radova „Geodezija u hidrologiji, hidrogradnji i hidrografiji“*, Split, 321-346.
- Leder N., 1988: Storm surges along the east coast of the Adriatic Sea. *Acta Adriatica*, 29, 5-20.
- Leder N., Beg Paklar G., Gržetić Z., Smirčić A., Vilibić I., 1998: Wind-driven currents in the channel area: an example of the channels Zadarski kanal and Pašmanski kanal (east Adriatic coast). *Rapports et procès-verbaux des réunions - CIESMM*, 35, 166-167.
- Leder N., Ferencak M., Vučak Z., 1987: Inertial-period oscillations in the North Adriatic. *Geofizika*, 4, 111-127.

- Leder N., Smirčić A., Ferenčak M., Vučak Z., 1992: Some results of current measurements in the area of the Otranto Strait. *Acta Adriatica*, 33, 3-16.
- Leder N., Smirčić A., Gržetić Z., 1995: Sezonske promjene strujanja u zapadnom akvatoriju otoka Mljeta. *Ekološke monografije*, 6, 415-436.
- Legović T., Gržetić Z., Smirčić A., 1991: Effects of wind on a stratified estuary. *Marine Chemistry*, 32, 153-161.
- Lorenz, J. R., 1863: *Physikalische Verhältnisse und Organismen-Vertheilung in Quarnero*. Akademie der Wissenschaften, Wien.
- Lorenz, J. R., C. Rothe, 1874: *Lehrbuch der Klimatologie*. Braumüller, Wien.
- Lovrić I., 1948: Bilješke o putu po Dalmaciji opata Alberta Fortisa. Prijevod M. Kombola, JAZU, Zagreb, 229 str.
- Lucius, J., 1666, 1667, 1668: *De Regno Dalmatie et Croatiae, libri sex*. Amsterdam, Frankfurt.
- Lukačević, J., Glavno godišnje zdravstveno izvješće za godinu 1877. Josipa Derenčina. Rukopis bez navoda godine.
- Lukas F., 1911: Jadran u geomorfološkom, klimatološkom i trgovačko-gospodarstvenom pogledu. *Izvješće Kraljevske velike gimnazije na Sušaku*, 1910/1911, 1-66.
- Marki, E., 1927: Meteorološka služba na Jadranu. *Almanah Jadranska straža*, 613-623.
- Marsland G.A., Haak H., Jungclaus J.H., Latif M., Röske F. 2003: The Max Planck Institute global/sea-ice model with orthogonal curvilinear coordinates. *Ocean Model* 5, 91-127.
- Martinović, I., 1781: *Dissertatio physica de iride et halone*. Leopoli.
- Martinović, I., 1785: *Dissertatio physica de altitudine atmosphaerae ex observationibus astronomicis determinata*. Leopoli.
- McKee T.B., Doeksen N.J., Kleist J., 1993: The relationship of drought frequency and duration on time scales. *Proceedings of the 8th conference of applied climatology* (ed. C.A. Anaheim), American Meteorology Society, Boston MA, 179-184.
- Mikloušić, T., 1819: *Ztòlétni kalendar iliti dnevnik ztoletni horvátzki do léta 1901 kazúchi*. Zagreb, 105 pp.
- Mikuš, Petra, Strelec Mahović, Nataša, 2012: Satellite-based overshooting top detection methods and an analysis of correlated weather conditions. *Atmospheric research*. 123, 268-280.
- Milčetić, I., 1912: Dr. Julije Balamonti i njegova djela. *Rad JAZU*, 192, 97-250.
- MZOPU, 2001: The First National Communication of the Republic of Croatia to the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). Republic of Croatia Ministry of Environmental Protection and Physical Planning (MZOPU), Zagreb, 267 pp. Dostupno na <http://unfccc.int/resource/docs/natc/cronc1.pdf>
- MZOPUG, 2006: Second, Third and Fourth National Communication of the Republic of Croatia under the United Nations Framework Convention on Climate Change. Republic of Croatia Ministry of Environmental Protection, Physical Planning and Construction (MZOPUG), Zagreb, 107 pp. Dostupno na <http://unfccc.int/resource/docs/natc/hrvnc4.pdf>
- MZOPUG, 2010: Fifth National Communication of the Republic of Croatia under the United Nation Framework Convention on the Climate Change. Republic of Croatia Ministry of Environmental Protection, Physical Planning and Construction (MZOPUG), Zagreb, 215 pp. Dostupno na http://unfccc.int/resource/docs/natc/hrv_nc5.pdf
- MZOIP, 2014: Sixth National Communication and First Biennial Report of the Republic of Croatia under the United Nation Framework Convention on the Climate Change. Republic of Croatia

- Ministry of Environmental and Nature Protection (MZOIP), Zagreb, 247 pp. Dostupno na http://unfccc.int/files/national_reports/annex_i_natcom/_application/pdf/hrv_nc6.pdf
- Nakićenović N. i 27 suradnika 2000: Special Report on Emissions Scenarios. A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 599 pp.
- Nale, N., 1579: Dialogo sopra la sfera del mondo. Venetia.
- NTSB, 1998: Annual review of aircraft accident data. National Transportation Safety Board, Washington. 103 pp.
- Obasi, G.O.P., 2001: Climate change - The role of the WMO and national meteorological and hydrological services. WMO, Geneva. 52 pp.
- Orlić M., 1980: About a possible occurrence of the Proudman resonance in the Adriatic. *Thalassia Jugoslavica*, 16, 79-88.
- Orlić M., 1983: On the frictionless influence of planetary atmospheric waves on the Adriatic sea level. *Journal of Physical Oceanography*, 13, 1301-1306.
- Orlić M., 1987: Oscillations of the inertia period on the Adriatic Sea shelf. *Continental Shelf Research*, 7, 577-598.
- Orlić M., 2001: Anatomy of sea level variability - an example from the Adriatic. In F. El-Hawary (Ed.): *The Ocean Engineering Handbook*, CRC Press, Boca Raton, 1.1-1.14.
- Orlić M., Ferenčak M., Gržetić Z., Limić N., Pasarić Z., Smirčić A., 1991: High-frequency oscillations observed in the Krka Estuary. *Marine Chemistry*, 32, 137-151.
- Orlić M., Kuzmić M., 1985: On the cyclonic wind-driven flow in the Rijeka Bay during winter. *Rapports et procès-verbaux des réunions - CIESMM*, 29/3, 95-98.
- Orlić M., Kuzmić M., Pasarić Z., 1994: Response of the Adriatic Sea to the bora and sirocco forcing. *Continental Shelf Research*, 14, 91-116.
- Orlić M., Kuzmić M., Pasarić Z., 1999: Modeliranje vjetrovnog strujanja u Kaštelanskom zaljevu. *Zbornik „Kaštela: kolijevka Hrvatske“*, Kaštela, 367-372.
- Orlić M., Kuzmić M., Vučak Z., 1986: Wind-curl currents in the Northern Adriatic and formulation of bottom friction. *Oceanologica Acta*, 9, 425-431.
- Orlić M., Leder N., Pasarić M., Smirčić A., 2000: Physical properties and currents recorded during September and October 1998 in the Velebit Channel (east Adriatic). *Periodicum Biologorum*, 102 Suppl., 31-37.
- Orlić M., Pasarić M., 1994: Vodostaj Jadranskog mora i globalne klimatske promjene. *Pomorski zbornik*, 32, 481-501.
- Orlić M., Pasarić M., 2000: Sea-level changes and crustal movements recorded along the east Adriatic coast. *Il nuovo cimento*, C 23, 351-364.
- Paar, V., 1992: Stjepan Mohorovičić - otac pozitronija. Skup „Hrvatski prirodoslovci“, Matica Hrvatske, Zagreb, 30-36.
- Pal J. i 19 suradnika 2007: Regional climate modeling for the developing world. The ICTP RegCM3 and RegCNET. *Bulletin of the American Meteorological Society* 88, 1395-1409.
- Pandžić, K. i sur., 1998: 50 godina rada Državnog hidrometeorološkog zavoda 1947.-1997., *Državni hidrometeorološki zavod*, Zagreb, 288 str.
- Partsch, P., 1826. Bericht über das Detonations Phänomen auf der Insel Melada bei Ragusa. J. G. Heubner, Wien, 211 pp.

- Pasarić M., Orlić M., 1992: Response of the Adriatic sea level to the planetary-scale atmospheric forcing. In P. L. Woodworth (Ed.): *Sea Level Changes - Determination and Effects*, Geophysical Monograph, 69, American Geophysical Union, Washington, 29-39.
- Pasarić M., Orlić M., 1998: Response of the Adriatic sea-level slope to the air-pressure gradient and wind forcing at subsynoptic frequencies. *Rapports et procès-verbaux des réunions - CIESMM*, 35, 184-185.
- Pasarić M., Orlić M., 2001: Long-term meteorological preconditioning of the North Adriatic coastal floods. *Continental Shelf Research*, 21, 263-278.
- Pasarić M., Pasarić Z., Orlić M., 2000: Response of the Adriatic sea level to the air pressure and wind forcing at low frequencies (0.01 - 0.1 cpd). *Journal of Geophysical Research*, 105, 11423-11439.
- Patarčić M., Branković Č. 2012: Skill of 2-m Temperature Seasonal Forecasts over Europe in ECMWF and RegCM Models. *Monthly Weather Review* 140, 1326-1346.
- Patarčić M., Gajić-Čapka M., Cindrić K., Branković Č. 2014: Recent and near-future changes in precipitation extremes indices over the Croatian Adriatic coast. *Climate Research* 61, 157-176.
- Patritius, F., 1591: *Nova de universis philosophia*. Ferrara.
- Penz, J., 1866: *Meteorologičke pažnje na kr. višoj gimnaziji u Osijeku*. Književnik, 3.
- Penzar B., Orlić M., Penzar I., 1980: Sea-level changes in the Adriatic as a consequence of some wave occurrences in the atmosphere. *Thalassia Jugoslavica*, 16, 51-77.
- Penzar, B. i B. Makjanić, 1978: *Uvod u opću klimatologiju*. Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb. 206 str.
- Penzar, B. i sur., 1996: *Meteorologija za korisnike*. Školska knjiga, Zagreb. 276 str.
- Penzar, B. i suradnici, 1986: *Geofizički zavod u Zagrebu i meteorološki opservatorij na Griču od 1861. do 1986*. *Geofizika*, Vol. 3 Suppl., 134 str.
- Penzar, B., I. Penzar, 1997: Bilješke iz 17. i 18. stoljeća o vremenu u Makarskoj. *Hrv. Meteorološki časopis* 32, 59-68.
- Penzar, B., I. Penzar, 1998: *Rasprava De ventis Luje Đuraševića iz 16. stoljeća*. Dubrovnik - časopis za književnost i znanost 9/2-3, 214-232.
- Penzar, B., I. Penzar, M. Orlić, 2001: *Vrijeme i klima hrvatskog Jadrana*. Feletar, Zagreb, 158 str.
- Penzar, B., Penzar, I., 1958: Prof dr. Radovan Vernić (23. XII. 1914. - 20. X. 1958). *Vesnik hidrometeorološke službe FNRJ*, god. VII, br. 3-4, 140-142.
- Penzar, B., Penzar, I., 1978: Razvoj mreže meteoroloških stanica u Hrvatskoj u 19. stoljeću. *Rep. hidrometeorološki zavod SR Hrvatske*, Zagreb, 45 str.
- Penzar, I., 1977: Povodom 125. obljetnice osnivanja meteorološkog opservatorija u Opatičkoj ulici u Zagrebu. *Vijesti Rep. hidrometeorološkog zavoda SR Hrvatske*, 27/5, 64-68.
- Penzar, I., B. Penzar, 1985: Lanosovićeve meteorološki zapisi i pojmovi u samostanskim kronikama i drugim djelima. *Zbornik radova o Marijanu Lanosoviću, JAZU - Zavod za znanstveni rad Osijek*, Osijek, 151-164.
- Penzar, I., B. Penzar, 1997: Weather and climate notes on the Adriatic up to the middle of the 19th century. *Geofizika* 14, 47-82.
- Penzar, I., Sijerković, M., 1998: Kratka povijest meteorologije i hidrologije u Hrvatskoj prije osnutka Uprave hidrometeorološke službe. *50 godina Državnog hidrometeorološkog zavoda 1947-1997*, Državni hidrometeorološki zavod, Zagreb. 13-25.
- Perčec Tadić, M., 2010: Gridded Croatian climatology for 1961-1990. *Theor. Appl. Climatol.*, 102, 87-103.

- Perčec Tadić M, Gajić-Čapka M, Gačeša-Zaninović K, Cindrić K. 2014: Drought Vulnerability in Croatia. *Agriculturae conspectus scientificus*. (u tisku).
- Phosphorus and potassium fertilization impacts on yield and nutritional status of maize, *Cereal Research Communications*, 36 Part 1 Suppl. 5, 43-46.
- Perkovac, I., 1860: Pojavi u zraku iliti što je zrak, vjetar,... i kako se može promjena vremena pogoditi. *Matica ilirska* Zagreb, 47 str.
- Pilar, Gj., 1869: *Les révolutions de l'écorce du Globe*. Thèse, Université de Bruxelles, Bruxelles, 158 pp.
- Pilar, Gj., 1872: *Die Excentricität der Erdbahn als Ursache der Eiszeit*. Agram, 24 pp.
- Plinius Secundus, C., 1844: *Historiae mundi lib. XXXVII*, vol. primum. (Ed. M. A. Domenichi). J. Antonelli, Veneta, 261 pp.
- Potočnjak, I., 1878: *Nauka o podneblju i zračnih pojavih obzirom na gospodarsko i šumarsko učilište*. Zagreb, 186 str.
- Pršić M., Smirčić A., Leder N., 1999: Adriatic high sea state characteristics. *Proceedings „Wind and Wave Climate of the Mediterranean and the Black Sea”*, Antalya, 277-293.
- Pučnik, J., 1980: *Velika knjiga o vremenu*. Cankarjeva založba, Ljubljana, 367 str.
- Raichich F., Orlić M., Vilibić I., Malačić V., 1999: A case study of the Adriatic seiches (December 1997). *Il nuovo cimento*, C 22, 715-726.
- Rosavec, R., Šikić, Z., Španjol, Ž., Barčić, D., Vučetić, M., 2013: Ugroženost sastojina alepskog bora (*Pinus halepensis* Mill) požarima u stanišnim uvjetima jadranskog područja krša, *Šumarski list*, 9-10, 461-471.
- Roeckner E., Bäuml G., Bonaventura L., Brokopf R., Esch M., Giorgetta M., Hagemann S., Kirchner I., Kornbluh L., Manzini E., Rhodin A., Schlese U., Schulzweida U., Tompkins A. 2003: The atmospheric general circulation model ECHAM5. Part I: model description. *Max-Planck Institute for Meteorology Rep.* 349, Hamburg, 127 pp.
- Santorius Santorius, 1625: *Commentaria in primam fen primi libri Canonis Avicene*. Venetia.
- Seletković, Z., Tikvić, I., Vučetić, M., Ugarković, D., 2011: Klimatska obilježja i vegetacija sredozemne Hrvatske, *Šume hrvatskoga Sredozemlja* (ur. Matić, S.), Zagreb, Akademija šumarskih znanosti, 142-161.
- Seljan, D., 1843: *Zemljopis pokrajina ilirskih*. Dio 1. Tisak Lj. Gaj, Zagreb, 256 str.
- Sijerković, M., 1993: *Hrvatski vremenari*. Školske novine. Zagreb, 138 str.
- Sijerković, M., 2003: *Vrijeme i klima gora i planina*, *Meteorologija za planinare*. Državni hidrometeorološki zavod i Hinus, 167 str.
- Sinčić, S., 1881: *Pojavi u zraku za učenike pučkih škola*. Zagreb, 68 str. (pretisak iz Katoličke Dalmacije).
- Skoko, D., Mokrović, J., 1982: *Andrija Mohorovičić*. Školska knjiga, Zagreb, 147 str.
- Smirčić A., Gačić M., 1983: Karakteristike valnih elemenata olujnog juga na otvorenom Jadranu. *Hidrografski godišnjak*, 1978/1979, 17-36.
- Smirčić A., Gačić M., Dadić V., 1996: Ecological study of gas fields in the northern Adriatic - 3 - Surface waves. *Acta Adriatica*, 37, 17-34.
- Smirčić A., Leder N., 1996: Karakteristike ekstremnih stanja mora u području otoka Palagruže. *Zbornik „Palagruža - jadranski dragulj”*, Split, 345-351.
- Smirčić A., Leder N., 1999: Površinski valovi uzrokovani burom u Kaštelanskom zaljevu. *Zbornik „Kaštela: kolijevka Hrvatske”*, Kaštela, 355-358.

- Smirčić A., Vučak Z., Gržetić Z., Leder N., Ferenčak M., Gačić M., 1987: Opis eksperimenta i neki preliminarni rezultati oceanografskih istraživanja u području Velebitskog kanala, Senjskih vrata i Kvarnerića - ožujak 1986. *Geofizika*, 4, 95-109.
- Soldo, A., J., (ed), 1993: Makarski ljetopisi 17. i 18. stoljeća. Književni krug, Split, 373 str.
- Srnec, L., Zaninović, K., 2008: The summer bioclimatic conditions at the Adriatic coast in 21st century, 18th International Congress of Biometeorology, Harmony within Nature / Iriki, Masami (ur.). - 22-26 September 2008, Tokyo, Japan, CD, Poster session, TourismTour-P03 (Broj u CROSB 378817)
- Sršan, S. (ur), 1997: Osječki dnevnik Sebastijana Karla Redlsteina: 1804-1032. Državni arhiv Osijek, 138 str.
- Stefanić, K. I., 1890: Fizikalni zemljopis. Prijevod knjige M. F. Maury, The Physical Geography of the Sea and its Meteorology. Cambridge, 1855.
- Stojić, B., Kovačević, V., Šeput, M., Kaučić, D., Mikoč, V., 2012: Maize yields variation among years as function of weather regimes and fertilization, *Növénytermelés*, 61 Suppl., 85-88.
- Stulli, L., 1823: Sulle detonazioni della insola di Meleda -Lettere. A. Martecchini, Ragusa, 53 pp.
- Sturm B., Kuzmić M., Orlić M., 1992: An evaluation and interpretation of CZCS-derived patterns on the Adriatic shelf. *Oceanologica Acta*, 15, 13-23.
- Supić N., Orlić M., 1999: Seasonal and interannual variability of the northern Adriatic surface fluxes. *Journal of Marine Systems*, 20, 205-229.
- Supić N., Orlić M., Degobbi D., 1997: Small-scale spatial variability of surface heat flux over the northern Adriatic. *Periodicum Biologorum*, 99, 169-179.
- Supić N., Orlić M., Degobbi D., 2000: Istrian Coastal Countercurrent and its year-to-year variability. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 51, 385-397.
- Škreb, S., 1942: Klima Hrvatske. Geofizički zavod, Zagreb. 206 str.
- Šulek, B., 1885: Naš napredak u prirodnih znanosti za minulih 50 godina, *Rad JAZU*, 80, 100-139.
- Tabain T., 1974: Prijedlog standarda stanja mora za Jadran. *Brodogradnja*, 25, 251-258.
- Tabain T., 1997: Standard wind wave spectrum for the Adriatic Sea revisited (1977-1997). *Brodogradnja*, 45, 303-313.
- Thomson A.M. i 10 suradnika 2011: RCP4.5: a pathway for stabilization of radiative forcing by 2100. *Climatic Change* 109, 77-94.
- Trnka, M., Olesen J. E., Kersebaum K. C., Skjelvåg A. O., Eitzinger J., Seguin B., Peltonen-Sainio P., Orlandini S., Dubrovsk_ M., Hlavinka P., Balek J., Eckersten H., Cloppet E., Calanca, Rötter P., Iglesias R., Gobin A., Vučetić V., Nejedlik P., Kumar S., Lalic B., Mestre A., Rossi F., Kozyra J., Alexandrov V., Semerádová, D., Žalud Z., 2011: Agroclicmatic conditions in Europe under climate change, *Global Change Biology*, 17, 2298-2318.
- Trontelj, M., 2000: 150 let meteorologije na Slovenskem. Hidrometeoroloski zavod RS, Ljubljana. 52 pp.
- Tudor, M., Ivatek-Šahdan, S., Stanešić, A., Horvath, K., Bajić, A., 2013: Forecasting Weather in Croatia Using ALADIN Numerical Weather Prediction Model. *Climate Change and Regional/Local Responses*. Zhang, Yuanzhi and Ray, Pallav (ur.). Rijeka: InTech, 59-88 str.
- UCAR/NACAR, 2001: RAP Annual Scientific Report 2000. Boulder, 34 pp.
- UNESCO, 1982: Methods of computation of low streamflow. Paris, 127 pp
- Van der Linden P., Mitchell J.F.B. 2009: ENSEMBLES: Climate Change and its Impacts: Summary of research and results from the ENSEMBLES project. Met Office Hadley Centre, FitzRoy Road, Exeter EX1 3PB, UK, 160 pp.

- Van Vuuren D. P. i 14 suradnika, 2011: The representative concentration pathways: an overview. *Climatic Change* 109, 5-31.
- Vautard R. i 25 suradnika, 2013: The simulation of European heat waves from an ensemble of regional climate models within the EURO-CORDEX project. *Climate Dynamics*, 41, 2555-2575.
- Verantis, F., 1615: *Machinae Novae*. Venetia.
- Vilibić I., 1998: Variations of the Sa and Ssa tides in the Adriatic Sea. *Acta Adriatica*, 39/1, 53-60.
- Vilibić I., Leder N., 1996: Long-term variations in the Mediterranean Sea level calculated by spectral analysis. *Oceanologica Acta*, 19, 599-607.
- Vilibić I., Leder N., Smirčić A., 2000: Storm surges in the Adriatic Sea: an impact on the coastal infrastructure. *Periodicum Biologorum*, 102 Suppl., 483-488.
- Vilibić I., Orlić M., 1999: Surface seiches and internal Kelvin waves observed off Zadar (east Adriatic). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 48, 125-136.
- Vilibić I., Orlić M., 2001: Least-squares tracer analysis of water masses in the South Adriatic (1967-1990). *Deep-Sea Research I*, 48, 2297-2330.
- Visković, F., 1876: *Manuale nautico di meteorologia*. Trieste, 356 pp.
- Volarić, B., Kempni, K., Lisac, I., 1990: Akademik Stjepan Škreb i Geofizički zavod u Zagrebu. *Geofizika*, Vo. 7, 150 str.
- Vučak Z., Gačić M., Dadić V., 1981: Značajke strujnog polja Malostonskog zaljeva. Savjetovanje „Malostonski zaljev - prirodna podloga i društveno valoriziranje", Dubrovnik, 41-51.
- Vučetić, M., 2011: Ivan Potočnjak fizičar i meteorolog, *Hrvatski meteorološki časopis*, 44/45, 87-93.
- Vučetić, V., 2010: Modelling of maize production in Croatia: present and future climate, *The Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 149, 145-157.
- Vučetić, V., Vučetić, M., 2006: Phenological fluctuations as a possible signal of climatic changes in the Croatian mountain area, *Meteorologische Zeitschrift*, 15, 237-242.
- Vučetić, V., Vučetić, M., Lončar, Ž., 2008: History and present observations in Croatian plant phenology, In *The history and current status of plant phenology in Europe* (eds. Nekovar, J., E. Koch, E. Kubin, P. Nejedlik, T. Sparks and F. E. Wielgolaski), Vammalan Kirjapaino Oy.: European Cooperation in the Field of Scientific and Technical Research, 44-50.
- WMO, 1993: Guide to hydrological practices. WMO No 168, Geneve.
- WMO, 2009: Press report December 2009, WMO No. 872. Dostupno na http://www.wmo.int/pages/mediacentre/press_releases/pr_872_en.html
- WMO, 2002: Reducing vulnerability to weather and Climate extremes. WMO-No. 936, Geneva. 36 pp.
- Zaninović, K., Gajić-Čapka, M., 2000: Changes in Components of the Water Balance in the Croatian Lowlands. *Theor. Appl. Climatol.*, 65, 1-2, 111-117.
- Zaninović, K., Gajić-Čapka, M., 2008: Klimatske promjene i utjecaj na zdravlje, *Infektološki glasnik*, 28, 1, 5-15.
- Zaninović, K., Gajić-Čapka, M., Perčec Tadić, M., Vučetić, M., Milković, J., Bajić, A., Cindrić, K., Cvitan, L., Katušin, Z., Kaučić, D., Likso, T., Lončar, E., Lončar, Ž., Mihajlović, D., Pandžić, K., Patarčić, M., Srnc, L., Vučetić, V., (2008) *Klimatski atlas Hrvatske/Climate atlas of Croatia 1961-1990, 1971-2000*. Državni hidrometeorološki zavod/Meteorological and Hydrological Service (DHMZ), Zagreb, 200 str. Dostupno na <http://klima.hr/razno.php?id=publikacije¶m=atlas>
- Zaninović, K., Matzarakis, A., 2007: Climatic changes in thermal comfort at the Adriatic coast. In: Amelung, B., Blazejczyk, K., Matzarakis, A. (eds.) *Climate Change and Tourism: Assessment and*

- Coping Strategies, Maastricht-Warsaw-Freiburg, 2007., 155-164. Dostupno na http://www.urban-climate.net/matzarakis/papers/Book_Nato.pdf.
- Zaninović, K., Srnec, L., Patarčić, M., Matzarakis, A., 2011: Climate change and heat related mortality in Croatia, ICB 2011 Proceedings, 19th International Congress of Biometeorology, 4-8 December 2011., Auckland, New Zealand.
- Zaninović, K., Srnec, L., Patarčić, M., Perčec Tadić, M., Mika, J., Németh, Á., 2010: Influence of climate change on the summer tourism potential in the Pannonian basin, *Berichte des Meteorologischen Instituts der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg-Proceedings of the 7th Conference on Biometeorology*/Matzarakis, Andreas; Mayer, Helmut; Chmielewski, Frank-M (ur.). - Freiburg: Meteorological Institute, Albert-Ludwigs-University of Freiburg, 2010. 336-341.
- Zavižan između snijega, vjetrova i Sunca. Monografija u povodu 50. obljetnice rada meteorološke postaje Zavižan. Urednica: Marjana Gajić-Čapka, Državni hidrometeorološki zavod i Hrvatsko meteorološko društvo, 257 str.
- Zore-Armanda M., 1969: Evaporacija Jadranskog mora. *Hidrografski godišnjak*, 1968, 47-56.
- Zore-Armanda M., 1979: Destructive wave in the Adriatic. *Rapports et procès-verbaux des réunions - CIESMM*, 25-26/7, 93-94.
- Zore-Armanda M., 1980: Some dynamic and hydrographic properties of the Kaštela Bay. *Acta Adriatica*, 21/2, 55-74.
- Zore-Armanda M., Bone M., Dadić V., Morović M., Ratković D., Stojanoski L., Vukadin I., 1991: Hydrographic properties of the Adriatic Sea in the period from 1971 through 1983. *Acta Adriatica*, 32, 5-547.
- Zore-Armanda M., Dadić V., 1984: Some dynamic properties of the channel Virsko more (eastern Adriatic coast). *Acta Adriatica*, 25/1-2, 139-159.
- Zore-Armanda M., Dadić V., Beg Paklar G., Leder N., 1999: Analiza rezultata mjerenja struja u Kaštelanskom zaljevu. *Zbornik „Kaštela: kolijevka Hrvatske“*, Kaštela, 338-345.
- Zore-Armanda M., Gačić M., 1987: Effects of bura on the circulation in the North Adriatic. *Annales Geophysicae*, B 5, 93-102.
- Zupan A., 1961: Prilog poznavanju elemenata morskih valova Jadranskog mora na temelju podataka motrenja jugoslavenskih trgovačkih brodova u vremenu od 1953. do 1960. godine. *Hidrografski godišnjak*, 1960, 69-95.

POPIS SKRAĆENICA / LIST OF ABBREVIATIONS

AIREP	Air Report
ALADIN	Aire Limiteé Adaptation Dynamique Development International
ALPEX	Alpine Experiment
AMMC	Adriatic Marine Meteorological Centre
AT	apsolutna topografija
AWRP	Aviation Weather Research Program
CCI	Commision for Climatology
CCRP	Croatian Climate Research Programe
CERAD	Central European Weather Radar Networking
CLICOM	Climate Computing
CLIM-RUN	Climate Local Information in the Mediterranean region Responding to User Needs
CORDEX	Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment)
COST	European Cooperation in the field of Scientific and Technical Research)
DARE	Data Rescue
DCPC	Data Collection and Production Centre
DGMP	Dnevnik glavne meteorološke postaje
DHMZ	Državni hidrometeorološki zavod / Meteorological and hydrological Service
DMCSEE	Drought Management Centre for Southeastern Europe
DUZS	Državna uprava za zaštitu i spašavanje
DWD	Deutsche Wetterdienst
ECLAIRE	Effects of climate change on air pollution impacts and response strategies for European ecosystems
ECMWF	European Centre for Medium Range Weather Forecasts
ECOMET	The Economic Interest Grouping of the National Meteorological Services of the European Economic Area
ENHEMS-Buildings	Enhancement of Research, Development and Technology Transfer capacities in Energy Management Systems for Buildings
ENS	Ensemble forecast
EPS	Ensamble Prediction System
EPS	Eumetsat Polar System
EUMETNET	European Meteorological Network
EUMeTrain	International training project by EUMETSAT to support and increase the use of meteorological satellite data
EUMETSAT	The European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites
EURO-AGRIVAT	Assessment of European Agriculture Water use and trade under climate change
FAA	Federal Aviation Administration
FNRJ	Federativna Narodna Republika Jugoslavija
GARP	Global Atmospheric Research Programme
GDPS	Global Data Processing System
GMP	glavna meteorološka postaja
GOS	Global Observing System
GSM	Global System of Mobile Telecommunitation

GTS	Global Telecommunication System
HAZU	Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti
HEP	Hrvatska elektroprivreda
HKZP	Hrvatska kontrola zračne plovidbe
HMS	Hungarian Meteorological Service
HRID	High Resolution Isentropic Diagnosis
HRKLIMA	HRvatska KLIMA
HRT	Hrvatska radiotelevizija
HRT-GAR	High Resolution Temperature climatology- Greater Alpine Region
HRZZ	Hrvatska zaklada za znanost
HUKL	Hrvatska uprava kontrole leta
ICAO	International Civil Aviation Organization
ICEED	Informal Conference of South-Eastern Europe Directors of meteorological and hydrological services
IJS	Institut Jožef Stefan
INFOCLIMA	World Climate Data Information Referral Service
IOC	Intergovernmental Oceanographic Commission
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IR	Infracrveni dio spektra
ISRIC	World Soil Information
JAZU	Jugoslavenska akademija znanosti i umjetnosti
JCOMM	Joint WMO/IOC Tehnical Commission for Oceanography and Marine Meteorology
LLNL	Lawrence Livermore National Laboratory
MAP	Mesoscale Alpine Programme
MDD	Meteorological Data Distribution
MEDEX	MEDiterranean EXperiment on "Cyclones that produce high impact weather in the Mediterranean"
MSG	Meteosat Second Generation
MTP	Meteosat Transition Programme
MZOIP	Ministarstvo zaštite okoliša i prirode
MZOPU	Ministarstvo zaštite okoliša i prostornog uređenja
MZOPUG	Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva
MZOS	Ministarstvo znanosti, obrazovanja i športa
NCAR	National Center for Atmospheric Research
NDH	Nezavisna Država Hrvatska
NMC	National Meteorological Centre
NMHS	National Meteorological and Hydrological Service
NOV PO	Narodno oslobodilačka vojska i pokret otpora
NN	Narodne novine
NRH	Narodna Republika Hrvatska
NTSB	National Transportation Safety Board
OMP	obična meteorološka postaja
PB	pilot balonska mjerenja
PCMDI	Program for Climate Model Diagnosis and Intercomparison -
PMC	Pomorski meteorološki centar

PMF	Prirodoslovno matematički fakultet
RAP	Research Applications Program
RC	Radarski centar
RC-LACE	Regional Centre Limited Area modelling for Central Europe
RDP	Research and Development Project
RH	Republika Hrvatska
RHMZ	Republički hidrometeorološki zavod
RT	relativna topografija
SAD	Sjedinjene Američke Države
SAF	Satellite Application facilities
SEECOF	South-East Europe Climate Outlook Forum
SHMZ	Savezni hidrometeorološki zavod
SPI	Standardized Precipitation Index
SRNWP	Short Range Numerical Weather Prediction Programme
SUHMS	Savezna uprava hidrometeorološke službe
SUKL	Savezna uprava za kontrolu leta
WCRP	World Climate Research Programme
WorldDailyMeteo	Space-time interpolation of daily meteorological variables at 1 km resolution
WILL4WIND	Weather Intelligence for Wind Energy
WIGOSWMO	Integrated Global Observing System
WIS	WMO Information System
WMC	World Meteorological Centre
WMO	World Meteorological Organization
WWW	World Weather Watch
ZAMG	Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik
ZMS	Zrakoplovna meteorološka služba

[illegible][illegible]

J.H.

Jeune
pepère

52

Marjorie Rabe

gnitus :
nu à for
ero ad f
r: propo
nus , la
e impe
vid of

Quod dictum est de medicamentis
ampliaripotest ad sex res non natura-
les: alijs enim aer pluuiosus: alijs ventus
nocet, & alios iuuat. Similiter alijs
aquarum cadentium, & fluentium ma-
gnus in petus somnum conciliat, alios à
sonno auerit: sed liber referre quod in
Croatica obseruauimus: erat locus ven-
torum strepitu, & magno fluminum im-
petu insignitus: incocti uero aliquando
illo strepitu à somno auocabantur, ali-
quando uero ad somnum procliuus red-
debantur: proponi, ut fibrilitas causam
inueniremus, lapsu ponderat posse
utrumque impetiri, quod ab amicis
conatus, ut id ostenderem prae se du-

As for the

procedura

wisdom/merit

1

Flaccid

April 1998

Quod dictum est de medicamentis
amplari potest ad sex res non natura-
les: alijs enim aer pluuiosus: alijs vento-
sus nocet, & alios iuuat. Similiter alijs
aquarum cadentium, & fluentium ma-
gnus in petus somnum conciliat, alios à
sonno auertit: sed libet referre quod in
Croatia obseruauimus: erat locus ventu-
torum strepitu, & magno fluminum in
petu insignitus: incoque vero aliquando
ille strepitu à somno auocabatur, ali-
quid de uero à somno excutitur, red-

