

ISSN 1849-0700
ISSN 1330-0083
CODEN HMCAE7

Hrvatsko meteorološko društvo
Croatian Meteorological Society

HRVATSKI METEOROLOŠKI ČASOPIS CROATIAN METEOROLOGICAL JOURNAL

54/55

Hrv. meteor. časopis	Vol. 54/55	p. 1-154	ZAGREB	2019/20
----------------------	------------	----------	--------	---------

HRVATSKI METEOROLOŠKI ČASOPIS
CROATIAN METEOROLOGICAL JOURNAL

Izdaje

Hrvatsko meteorološko društvo
Ravnice 48, 10000 Zagreb
Hrvatska

Published by

Croatian Meteorological Society
Ravnice 48, 10000 Zagreb
Croatia

Glavna i odgovorna urednica / Chief Editor

Vesna Đuričić, Zagreb djuricic@cirus.dhz.hr

Zamjenica glavne i odgovorne urednice / Assistant Editor

Marjana Gajić-Čapka, Zagreb

Urednički odbor / Editorial board

Ksenija Cindrić Kalin

Ivan Güttler

Amela Jeričević

Antun Marki

Renata Sokol Jurković

Višnja Vučetić

Recenzenti / Reviewers

Alemko Gluhak, Hrvatska

Ivan Güttler, Hrvatska

Valeriy Khokhlov, Ukrajina

Svitlana Krakovska, Ukrajina

Branka Penzar, Hrvatska

Melita Perčec Tadić, Hrvatska

Lidija Srnec, Hrvatska

Nataša Strelec-Mahović, Hrvatska

Ivana Šestak, Hrvatska

Višnja Vučetić, Hrvatska

Lektura / Proofreading

Integra

Korektura / Corrections

Vesna Đuričić, Hrvatska

Časopis se referira u / Abstracted in

Scopus

Geobase

Elsevier/Geoabstracts

Zugänge der Bibliothek des Deutschen Wetterdienstes

Meteorological and Geostrophysical Abstracts

Abstracts Journal VINITI

Časopis sufinancira / Journal is Subsidized by:

Ministarstvo znanosti i obrazovanja

Adrese za slanje radova / Addresses for papers acceptance

hmc@meteohmd.hr

djuricic@cirus.dhz.hr

Časopis izlazi jedanput godišnje

Web izdanje: <http://hrcak.srce.hr/hmc>

Prijelom i tisak: ABS 95

Naklada: 150 komada

Hrvatsko meteorološko društvo
Croatian Meteorological Society

HRVATSKI METEOROLOŠKI ČASOPIS
CROATIAN METEOROLOGICAL JOURNAL

54/55

Hrv. meteor. časopis	Vol. 54/55	p. 1-154	ZAGREB	2019/20
----------------------	------------	----------	--------	---------

Znanstveni časopis *Hrvatski meteorološki časopis* nastavak je znanstvenog časopisa *Rasprave* koji redovito izlazi od 1982. godine do kada je časopis bio stručni pod nazivom *Rasprave i prikazi* (osnovan 1957.). U časopisu se objavljuju znanstveni i stručni radovi iz područja meteorologije i srodnih znanosti. Objavom rada u Hrvatskom meteorološkom časopisu autori se slažu da se rad objavi na internetskim portalima znanstvenih časopisa, uz poštivanje autorskih prava

Scientific journal *Croatian Meteorological Journal* succeeds the scientific journal *Rasprave*, which has been published regularly since 1982. Before the year 1982 journal had been published as professional one under the title *Rasprave i prikazi* (established in 1957). The *Croatian Meteorological Journal* publishes scientific and professional papers in the field of meteorology and related sciences.

Authors agree that articles will be published on internet portals of scientific magazines with respect to author's rights.

**SUSTAV UPOZORENJA NA OPASNE VREMENSKE POJAVE
U SEKTORU ZA VREMENSKE I POMORSKE ANALIZE I PROGNOZE
DRŽAVNOGA HIDROMETEOROLOŠKOG ZAVODA**

**The Weather Warning System in Weather and Marine Analysis and Forecasting
Sector of the Croatian Meteorological and Hydrological Service**

TANJA RENKO, PETRA MIKUŠ JURKOVIĆ, LOVRO KALIN,
TOMISLAVA HOJSAK, MARIJA MOKORIĆ i TOMISLAV KOZARIĆ

Državni hidrometeorološki zavod, Ravnice 48, 10 000 Zagreb, Hrvatska
tanja.renko@cirus.dhz.hr

*Primljeno 17. veljače 2020., u konačnom obliku 2. prosinca 2020.
Recieved 17 February 2020, in final form 2 December 2020*

Sažetak: Upozorenja na opasne vremenske pojave vrlo su bitna za zaštitu života i imovine građana Republike Hrvatske (RH) i sukladno s tim izdavanje upozorenja jedan je od primarnih zadataka Državnoga hidrometeorološkog zavoda (DHMZ), koji ima i isključivu nadležnost za njihovo izdavanje. DHMZ sustavno i kontinuirano razvija kvalitetne informacije na opasne vremenske pojave te je sustav upozoravanja doživio mnoge preinake posljednjih godina, a posebnu ulogu u tome imao je razvoj interneta i tehnologija kojima se informacije mogu vrlo brzo prenositi. U procesu izdavanja upozorenja i obavješćivanja javnosti DHMZ mora komunicirati i surađivati sa svim službama i partnerima zaduženima za sigurnost građana RH.

U ovom je radu dan pregled sustava DHMZ-a za izdavanje upozorenja na opasne vremenske pojave, od standardnih operativnih postupaka, razvoja sustava koji je posljednjih nekoliko godina bio vrlo intenzivan, do objašnjenja konačnog produkta, odnosno informacije koja je dostupna svim građanima RH na mrežnim stranicama DHMZ-a. Također su prikazane mnoge statističke značajke upozorenja izdanih u razdoblju od 2009. do 2018. godine, način verifikacije pojedinih upozorenja, a jedno poglavlje posvećeno je i zaštiti od požara raslinja, odnosno ulozi DHMZ-a u provedbi mjera zaštite od požara od interesa za RH.

Ključne riječi: DHMZ, upozorenja, opasne vremenske pojave, utjecaj, sigurnost, Republika Hrvatska

Abstract: Issuing weather warnings is one of the primary tasks of the Croatian Meteorological and Hydrological Service (DHMZ). To this end, systematic and continuous effort is directed towards the development and quality of information regarding hazardous weather events. The established alert system has undergone many changes and improvements in recent years, especially with the development of the internet and other technologies that allow information to be delivered quickly. It is important to issue weather warnings on time in order to protect the lives and property of Croatia's citizens. DHMZ is the only organization responsible for issuing official weather warnings in Croatia. To fulfil its task of informing the public, DHMZ must communicate and cooperate with all services and partners responsible for the security of Croatia's citizens. This paper intends to provide an overview of the DHMZ Weather Warning System, from the Standard Operating Procedures, development of the system that has been extensively upgraded in the last few years, to the explanation of the final products, i.e. the information made available to all Croatian citizens on the DHMZ website. The paper will also describe the statistical characteristics of warnings issued from 2009 to 2018, as well as how individual warnings are verified. The paper also discusses the role of DHMZ in implementing fire protection measures that are of interest to Croatian authorities and citizens.

Key words: DHMZ, weather warnings, impact, security, Croatia

1. UVOD

Izdavanje upozorenja na opasne vremenske pojave jedan je od primarnih zadataka Državnoga hidrometeorološkog zavoda (DHMZ) pri čemu se sustavno i kontinuirano radi na razvoju i kvaliteti informacija o opasnim vremenskim pojavama. Sustav upozoravanja doživio je mnoge preinake posljednjih godina, posebno zbog razvoja interneta i tehnologija kojima se informacije mogu vrlo brzo prenositi. Upozorenja na opasne vremenske pojave vrlo su bitna za zaštitu života i imovine građana Republike Hrvatske (RH), a DHMZ je jedina organizacija koja ima nadležnost za izdavanje meteoroloških upozorenja za svoje građane (Zakon o meteorološkoj i hidrološkoj djelatnosti, NN 66/19). Pritom DHMZ mora komunicirati i surađivati sa svim službama i partnerima zaduženima za sigurnost građana RH.

U ovom se radu želi dati pregled sustava DHMZ-a za izdavanje upozorenja na opasne vremenske pojave, od (1) standardnih operativnih postupaka, (2) razvoja sustava koji je posljednjih nekoliko godina bio vrlo intenzivan, do (3) objašnjenja konačnog produkta, odnosno informacije koja je dostupna svim građanima RH na mrežnim stranicama DHMZ-a. Također će se prikazati (4) statističke značajke upozorenja u razdoblju od 2009. do 2018. godine, (5) način verifikacije pojedinih upozorenja, a jedno poglavlje bit će posvećeno i (6) zaštiti od požara raslinja, odnosno ulozi DHMZ-a u provedbi mjera zaštite od požara od interesa za RH.

2. ULOGA I DJELOVANJE DRŽAVNOGA HIDROMETEOROLOŠKOG ZAVODA

DHMZ je državna upravna organizacija (Zakon o sustavu državne uprave, NN 150/11, 93/16, 104/16) i znanstvenoistraživačka pravna osoba kojom upravlja glavni ravnatelj, a imenuje ga Vlada te je odgovoran Vladi odnosno nadležnom ministru. DHMZ je kao državna meteorološka i hidrološka služba dio svjetske mreže nacionalnih meteoroloških i hidroloških službi pod okriljem Svjetske meteorološke organizacije (engl. World Meteorological Organization, WMO). Prema konvenciji WMO-a državni

hidrometeorološki zavodi temeljni su dio državne infrastrukture te igraju važnu ulogu u funkcioniranju društva.

Djelatnosti DHMZ-a su (Zakon o meteorološkoj i hidrološkoj djelatnosti, NN 66/19):

1. izgradnja i održavanje mjernih sustava meteoroloških i hidroloških postaja te postaja za mjerenje kvalitete zraka
2. izgradnja i održavanje baze podataka (hidroloških, meteoroloških i sustava kvalitete zraka)
3. priprema informacija primjenom znanstvenih metoda te informiranje korisnika u području meteorologije, hidrologije i kvalitete zraka (prognoze, analize, upozorenja, studije i elaborati)
4. primijenjeno znanstveno istraživanje
5. obrana od tuče.

3. IZDAVANJE UPOZORENJA NA OPASNE VREMENSKE POJAVE

Za izradu prognoza i upozorenja u DHMZ-u nadležan je Sektor za vremenske i pomorske analize i prognoze (SVPAP). Osim uobičajenih vremenskih analiza i prognoza, prognostičari SVPAP-a prema potrebi izrađuju i izdaju upozorenja na opasne vremenske pojave u skladu s međunarodnim standardima, a pritom se služe podlogama koje su utemeljene na numeričkim prognostičkim modelima. Najzastupljeniji numerički modeli su regionalni model DHMZ-a ALARO (Ivatek-Šahdan i Tudor, 2004; Tudor i sur., 2016), globalni numerički model prognoze vremena Europskoga centra za srednjoročnu vremensku prognozu (ECMWF, 2019) te globalni i regionalni model Njemačke meteorološke službe ICON i COSMO-EU (Zängl et al., 2015). Upozorenja se primarno šalju Ravnateljstvu civilne zaštite (RCZ) odnosno Operativnom centru civilne zaštite (OCCZ), ali posebna se upozorenja izdaju i za javnost putem Meteoalarma (www.meteoalarm.eu) kao i DHMZ-ove platforme za upozorenja, a vrlo često i kao meteorološki izvještaji na radio postajama i državnoj televiziji. Upozorenja se redovno osvježavaju odnosno revidiraju na osnovi dobivenih mjerenja i opažanja (mjerenja i opažanja s glavnih, klimatoloških i automatskih postaja, radarske i satelitske slike itd.) te je sustav izdavanja prognoza, a time i upozorenja, vrlo kompleksan

proces za koji je potrebno i iskustvo prognostičara koje objedinjuje niz vještina koje se stječu cjeloživotnim učenjem i radom te pri tom uključuje veliku odgovornost.

Sektor je u svakodnevnom kontaktu s OCCZ-om pri Ministarstvu unutarnjih poslova (MUP).

SVPAP je dužan dostavljati redovne i posebne vremenske prognoze za cijelu RH i pojedina područja, a po potrebi i prosudbi službujućih prognostičara u bilo koje doba dana i upozorenja na opasne vremenske pojave radi zaštite života stanovnika RH te njihove imovine. Osim navedenog, za vrijeme trajanja protupožarne sezone SVPAP izrađuje redovne i posebne prognoze za priobalno područje namijenjene protupožarnoj aktivnosti, a ponajprije za potrebe Hrvatske vatrogasne zajednice (HVZ).

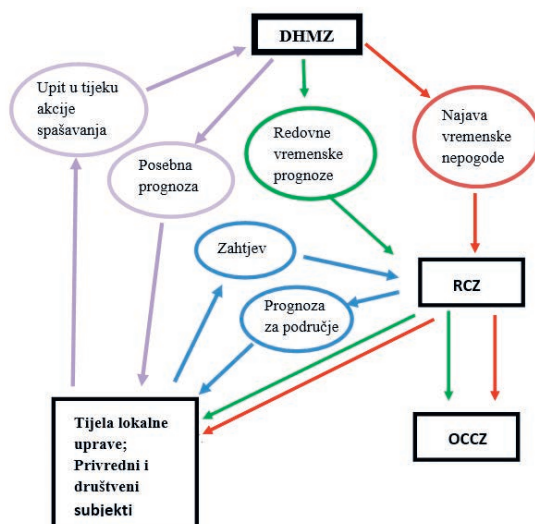
3.1. Postupak izdavanja upozorenja za potrebe OCCZ-a

U Hrvatskoj su uloge i odgovornosti državnih tijela u kriznim situacijama definirane državnim planom i zakonom, a podrazumijevaju suradnju i koordinaciju između DHMZ-a i OCCZ-a primjenom Standardnoga operativnog postupka (SOP) za korištenje vremenskih prognoza DHMZ-a (SOP 2006, NN 174/04), (sl. 1). U slučaju vremenske nepogode ili bilo koje druge katastrofe SOP-om se regulira sadržaj prognoza i upozorenja te njihovo prosljeđivanje i interpretacija. Vrsta prognoze i upozorenja ovisi o vrsti opasnosti. OCCZ prosljeđuje prognoze županijskim centrima i ostalim službama civilne zaštite sukladno sa svojom dinamikom i rasporedom. U slučaju potrebe obavještavaju se privredni i društveni subjekti te tijela lokalne uprave prema dogovorenim protokolima i predviđanjima štetnih posljedica koje mogu uzrokovati vremenske nepogode.

U slučaju izvanrednih okolnosti – požara, poplava, nepogoda uzrokovanih ljudskom djelatnošću, akcija spašavanja i sličnog, službujući OCCZ i/ili županijski centar te Vatrogasno operativno središte (VOS) mogu izravno tražiti i u najkraćem mogućem roku dobiti posebne prognoze i njihova dodatna tumačenja za područja i razdoblje koje traže radi kvalitetne pripreme za akcije zaštite i spašavanja.

STANDARDNI OPERATIVNI POSTUPAK

DHMZ – MUP (RCZ – OCCZ)



Slika 1. Standardni operativni postupak za korištenje vremenskih prognoza DHMZ-a.

Figure 1. Standard operating procedure for using DHMZ weather forecasts.

4. UPOZORENJA ZA JAVNOST

Sredstvima javnog informiranja (radio, televizija, internet) prognostičari DHMZ-a svakodnevno izdaju opće vremenske prognoze zainteresiranoj javnosti, a po potrebi i razna upozorenja na opasne vremenske pojave.

Za javnost se upozorenja objavljuju i na mrežnoj stranici sustava Meteoalarm (www.meteoalarm.eu). Meteoalarm je jedinstven servis u Europi osnovan radi pravodobnog obavještavanja javnosti o opasnim vremenskim pojavama u Europi. Sadržava službena upozorenja i najave opasnih vremenskih pojava državnih meteoroloških službi, lako je dostupan javnosti, jednostavan je i razumljiv. Nastao je kao rezultat jedne od programskih aktivnosti EUMETNET-a, mreže javnih europskih meteoroloških službi. Program se zapravo punim imenom zove European Multiservice Meteorological Awareness ili EMMA, dok je Meteoalarm javna mrežna platforma. Od 23. ožujka 2007. svakodnevno se na stranici Meteoalarm objavljaju upozorenja na opasne vremenske pojave u Europi

za tekući i sljedeći dan. Hrvatska je postala članicom EUMETNET-a 2007. godine nakon čega je pristupila i većini programa koji se odvijaju u okviru ove inicijative, pa tako i Meteoalarmu. Nakon opsežnih i složenih priprema za operativno uključivanje u program, krajem 2008. godine u predoperativnoj probnoj fazi svakodnevno su se počela pripremati upozorenja na opasne vremenske pojave, a od 17. srpnja 2009. upozorenja za Hrvatsku bila su vidljiva na javnoj mrežnoj stranici. Trenutačno Meteoalarm sadržava upozorenja 37 nacionalnih meteoroloških servisa na 33 jezika, uključujući i hrvatski. Sustav upotrebljava simbole i bojom kodirane karte s pomoću kojih daje najsvježija upozorenja o očekivanom opasnom vremenu u sljedećih 48 sati. Simbolima se označavaju vrste meteoroloških pojava za koje se izdaju upozorenja. To su sljedeće pojave: jaka kiša s mogućnošću poplava, žestoke grmljavinske oluje, olujni vjetar, toplinski valovi, šumski požari, magla, snijeg ili poledica, ekstremna hladnoća, lavine te obalni događaji poput plima odnosno poplavlivanja obalnog područja. Boje na karti Europe naznačuju žestinu opasnosti i njezin mogući učinak. Svaka je zemlja na karti kodirana bojama koje predstavljaju jednu od četiriju razina upozorenja:

1. zelena – ne očekuju se opasno vrijeme

2. žuta – potencijalno opasno vrijeme koje je uobičajeno i zahtijeva pažnju prilikom izlaganja meteorološkim uvjetima

3. narančasta – opasne vremenske prilike koje mogu prouzročiti štetu i ljudske gubitke

4. crvena – vrlo opasne vremenske prilike. Iznimno intenzivni meteorološki fenomeni opasni za život koji mogu prouzročiti veću štetu na širem području.

Razine upozorenja daju se kao jedinstven sustav s jasnim odnosom između meteoroloških pojava, moguće štete i predloženog ponašanja, kako bi se ublažile ili izbjegle štete te ljudski gubitci. Granične vrijednosti meteoroloških elemenata za pojedine razine upozorenja razlikuju se od regije do regije. Na primjer, 5 do 10 cm snijega u području Alpa uzrokuje manje poremećaje i štete ili ih uopće ne uzrokuje za razliku od npr. Lisabona ili Dubrovnika gdje je snijeg prilično rijetka pojava.

Klikom na pojedinu zemlju dostupne su detaljnije informacije o mogućoj opasnosti (druga razina Meteoalarm sustava), a za pojedino područje za koje je opasnost prognozirana postoji još detaljnija prognoza s naznakama intenziteta i trajanja (treća razina Meteoalarm sustava). Meteoalarm je također portal prema državnim sustavima upozorenja: klikom na logo pojedini



Slika 2. Područja za koja se izdaju upozorenja (druga razina Meteoalarm sustava na kojoj su detalji za određenu zemlju).

Figure 2. Areas for which alerts are issued (the second level of the Meteoalarm system with details for a specific country).

ne meteorološke službe dolazi se na mrežnu stranicu te meteorološke službe gdje su dostupne područne informacije.

Upozorenja se u Hrvatskoj izrađuju za osam područja koja se razlikuju po svojim klimatskim obilježjima (sl. 2).

Regije za koje se izrađuju upozorenja imenovane su prema gradovima središtima tih regija:

1. Osijek
2. Zagreb
3. Karlovac
4. Gospić
5. Rijeka
6. Split
7. Dubrovnik
8. Knin.

Upozorenja se izrađuju za sljedeće pojave:

1. vjetar
2. kišu
3. maglu
4. snijeg/poledicu
5. grmljavinsko nevrijeme
6. iznimno visoku temperaturu zraka
7. iznimno nisku temperaturu zraka
8. obalna upozorenja na vjetar.

Kriteriji za upozorenja, tzv. pragovi, rađeni su za pojedine klimatske regije obradom višegodišnjih nizova meteoroloških podataka. No, dio kriterija temelji se na fiksnim pragovima za pojedine razine upozorenja koji vrijede i jednaki su u svih osam područja, npr. kriteriji za vjetar. Za pojedine meteorološke pojave pragovi variraju u prostoru (klimatske regije) i vremenu (npr. duljina trajanja pojave), kao primjerice za toplinske valove (operativno se izrađuju od 2013. godine) za koje se pragovi upozorenja temelje na istraživanju o korelaciji broja hitnih intervencija, pobola i smrtnosti u odnosu na temperaturu zraka (Zaninović i Matzarakis, 2014).

Prema istom principu razvijeni su i kriteriji za upozorenja na hladnoću koja može utjecati na zdravlje (tab. 1) i sustav je operativan od zime 2017. godine. Za određivanje pragova upotrijebljeni su podatci o smrtnosti i podatci o temperaturi zraka u razdoblju od 1983. do 2008. godine. Tako se primjerice za grad Osijek javlja umjerena opasnost ako je tri dana zaredom najniža temperatura od -5 do -7 °C, a ako je od -8 °C do -11 °C opasnost je velika. Također,

opasnost je vrlo velika ako je najniža temperatura -11 °C sedam dana zaredom. Inače se vrlo velika opasnost javlja pri temperaturi od -12 °C.

Treba naglasiti da upozorenje na hladnoću koja djeluje na zdravlje nije isto kao upozorenje o niskoj temperaturi vidljivo na Meteoalarm stranici. Niske temperature u velikoj mjeri utječu na zdravlje ljudi, ali također negativne (niske) vrijednosti temperature mogu znatno utjecati na opskrbu energije, osobito električne, na smrzavanje tekućina što je posebno važno zbog opskrbe pitkom vodom i sl. Pragovi koji postaju kritični za zdravlje u pojedinim se regijama mogu znatno razlikovati od pragova odnosno vrijednosti temperature koja može utjecati na privredu, gospodarstvo, promet, ekonomiju i sl. Upozorenje na hladnoću unutar platforme Meteoalarna podrazumijeva širi spektar utjecaja te se razlikuje od upozorenja na hladnoću koja može utjecati na zdravlje (tab. 1).

Tablica 1. Kriteriji za upozorenja na hladne valove koji mogu djelovati na zdravlje.

Table 1. Criteria for warnings regarding cold waves that can affect health.

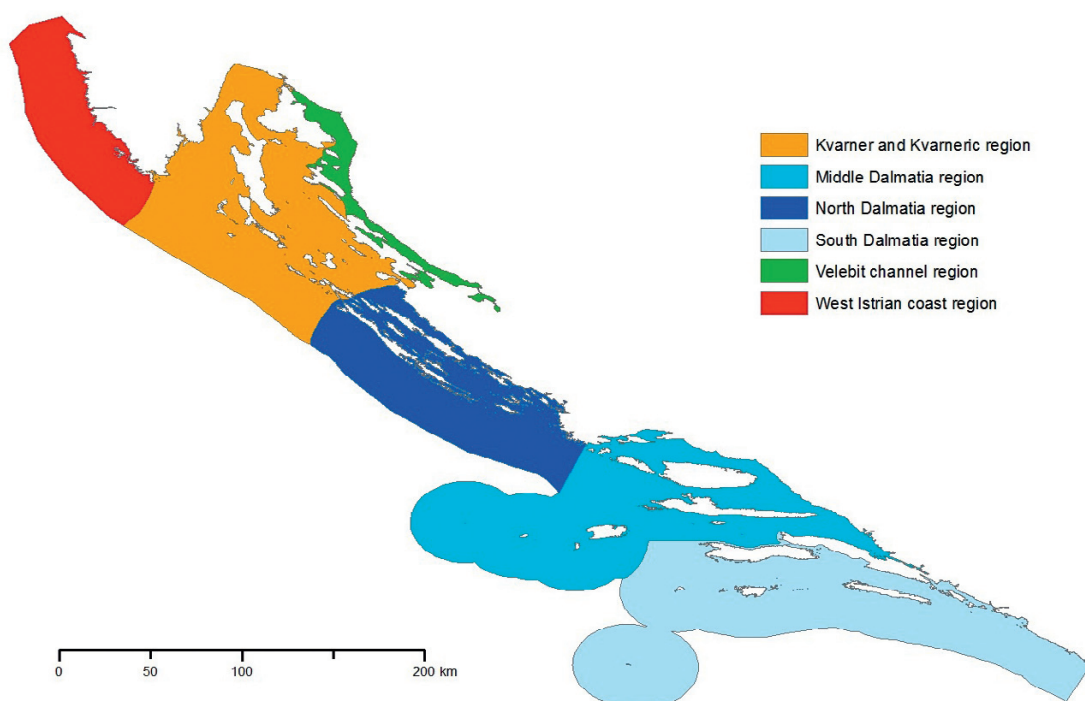
	Minimalna temperatura trajanje 1-11 dana					
	tmin	Tmin3	Tmin5	Tmin7	Tmin9	Tmin11
Osijek	-5	-5	-5	-5	-5	-4
	-8	-8	-8	-7	-7	-7
	-12	-12	-11	-10	-10	-10
Zagreb	-5	-5	-5	-4	-4	-4
	-8	-8	-8	-7	-7	-7
	-11	-11	-11	-9	-9	-9
Karlovac	-5	-5	-5	-5	-4	-4
	-8	-8	-8	-7	-7	-7
	-12	-12	-12	-10	-10	-10
Gospić	-7	-7	-7	-7	-7	-6
	-10	-10	-10	-9	-9	-9
	-13	-13	-13	-11	-11	-11
Rijeka	1	1	1	1	1	2
	-2	-2	-2	-1	-1	-1
	-5	-5	-5	-4	-4	-4
Knin	-4	-4	-4	-4	-4	-3
	-7	-7	-7	-6	-6	-6
	-10	-10	-10	-8	-8	-8
Split	3	3	3	3	4	4
	0	0	0	1	1	1
	-3	-3	-3	-1	-1	-1
Dubrovnik	5	5	5	5	5	5
	2	2	2	3	3	3
	-1	-1	-1	0	0	0

umjerena opasnost
velika opasnost
vrlo velika opasnost

Uz uobičajena upozorenja za kopnena područja, od 1. lipnja 2016. upozorenja o jakom vjetru izdaju se i za šest obalnih područja (zapadna obala Istre, Velebitki kanal, Kvarner i Kvarnerić, sjeverna Dalmacija, srednja Dalmacija, južna Dalmacija) odnosno za područja do 12 nautičkih milja (oko 22 km) od obale (sl. 3). Osim Hrvatske, slična obalna upozorenja na Sredozemlju izdaju još samo Španjolska i Slovenija.

mena i cjelovita pomorska upozorenja u skladu s Međunarodnom konvencijom o zaštiti ljudskih života na moru – SOLAS (Safety Of Life At Sea). Sada u sustavu Meteoalarm i šira javnost te brojni turisti mogu svakodnevno pratiti upozorenja o jakom vjetru.

Uska suradnja hidrologa i meteorologa u obavješćivanju javnosti započela je 2015. godine uoči velike poplave koja je zahvatila središnju



Slika 3. Obalna područja za koja se izdaju upozorenja na jačinu vjetra u sustavu Meteoalarm.

Figure 3. Coastal areas for which Meteoalarm wind alerts are issued.

Važno je napomenuti da se razine upozorenja obalnih i susjednih kopnenih područja ne moraju poklapati. Naime, u obzir se uzimaju drugačiji kriteriji zbog toga što se posljedice opasnih pojava razlikuju na kopnu i na moru što je vidljivo i na primjeru drugih pomorskih država koje izdaju Meteoalarm upozorenja za obalna područja.

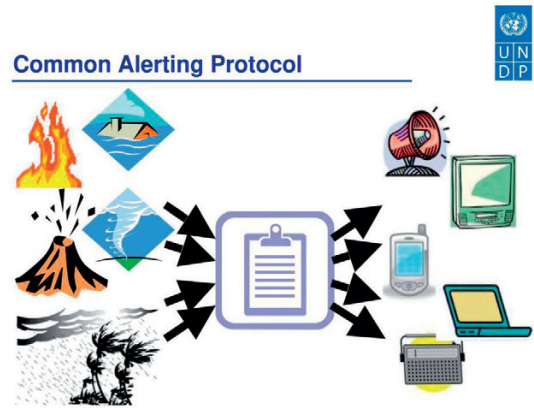
Tradicija izdavanja pomorskih meteoroloških prognoza u DHMZ-u seže još od 1947. godine otkad meteorolozi redovno izdaju pravovre-

Hrvatsku u razdoblju od 10. do 16. listopada (Mutić i sur., 2016). Iako DHMZ unutar sustava Meteoalarm ne upozorava posebno na poplave već samo na količinu oborine, u to je vrijeme započela praksa upozoravanja o bujičnim poplavama u sklopu tekstualnih upozorenja o obilnoj količini oborine na trećoj razini sustava Meteoalarm (razina na kojoj su vidljiva tekstualna upozorenja za određenu regiju koju upisuju dežurni prognostičari). Služba za hidrološke studije, analize i prognoze redovito verificira ta upozorenja (Macek i Vujnović, 2019).

5. COMMON ALERTING PROTOCOL (CAP)

Sustav upozoravanja i standardi mijenjaju se ukorak s dostupnom tehnologijom, a DHMZ prati svjetske trendove. Stoga su upozorenja koja DHMZ šalje u međunarodnu razmjenu, ponajprije sustavom Meteoalarm, od 24. srpnja 2017. u CAP (Common Alerting Protocol) formatu. CAP je digitalni format za slanje upozorenja koji omogućuje istovremenu distribuciju upozorenja putem više komunikacijskih kanala (mobilne mreže, telefaks, radio, televizija i ostale vrste digitalne komunikacije putem interneta). Dizajniran je za sve moguće opasnosti povezane s vremenom, potresima, tsunamijima, vulkanskim erupcijama, javnim zdravljem, nestancima energije i mnogim drugim hitnim slučajevima. Prednost je CAP-a što jedno upozorenje može pokrenuti različite vrste javnih sustava upozoravanja povećavajući tako vjerojatnost da ciljani korisnici prime upozorenje putem jednog ili više komunikacijskih kanala. CAP omogućuje slanje raznih vr-

sta sadržaja, tekstova, fotografija, karata, videa i sl. (sl. 4). Također omogućuje zemljopisno ciljana upozorenja (sl. 5).



Slika 4. CAP (izvor: UNDP).

Figure 4. CAP (Source: UNDP).

The screenshot shows a public alert titled "Freezing Rain Advisory in Eastern West Virginia" issued by the National Weather Service. The alert is active for the next 4 hours. It was posted 20 minutes ago. The advisory remains in effect until 11 AM EST this morning. The hazard types include spotty light freezing rain, ice accumulations around a trace, and timing through mid morning. Impacts include a light glaze of ice making roadways and sidewalks slippery and hazardous, and winds from the southwest at 5 to 10 mph with gusts up to 20 mph. Recommended actions include being prepared for slippery roads and using caution while driving. A map shows the alert area in Berkeley, Eastern Grant, and Harrisonburg. Other alerts in the area include a Freezing Rain Advisory in Maryland.

Slika 5. Primjer internetskog upozorenja putem CAP-a (izvor: Google Crisis Response, <https://www.google.org/crisisresponse/>).

Figure 5. An example of an alert issued online via CAP (Source: Google Crisis Response, <https://www.google.org/crisisresponse/>).

6. DALJNI RAZVOJ UPOZORENJA (UPOZORENJA NA OSNOVI UTJECAJA – ENGL. *IMPACT-BASED WARNINGS*)

Razvoj numeričke prognoze vremena, posebno ansambla prognoza, u posljednjih 25 godina omogućio je izdavanje pouzdanih upozorenja za dulje razdoblje, na primjer za nekoliko dana unaprijed. Taj je napredak omogućio državnim i lokalnim tijelima upravljanja više vremena za pripremu aktivnosti kojima se mogu ublažiti posljedice meteoroloških i hidroloških nepogoda. No, mnogi ljudi i dalje gube živote, a socioekonomski troškovi i dalje rastu, čak i kada su vremenske nepogode dobro prognozirane, a upozorenja izdana i distribuirana na vrijeme.

Razlog tomu sve je veći broj vremenskih nepogoda (Visser i sur., 2012; Hoeppe, 2016; WMO, 2014), a dijelom i manjak razumijevanja potencijalnih učinaka opasnih meteoroloških i hidroloških pojava. Kako bi mogli poduzeti odgovarajuće mjere za smanjenje rizika, nadležne službe i javnost trebaju razumjeti na koji način predstojeća vremenska nepogoda može utjecati na njihov život, imovinu te infrastrukturu i ekonomiju zajednice. Jaz između spoznaje o vrsti i intenzitetu predstojeće nepogode te razumijevanja što nepogoda može prouzročiti može se premostiti izdavanjem upozorenja koja će se zasnivati na mogućem utjecaju opasne vremenske pojave na društvo, ljudske živote, imovinu i gospodarstvo, tzv. *impact-based* upozorenja. Korisnost ove vrste upozorenja temelji se na pretpostavci o sposobnosti ljudi da nakon spoznaje o učinku predstojećeg vremena iskoriste tu informaciju te poduzmu korake za sprječavanje posljedica. To je ujedno i jedna od smjernica Okvira iz Sendaija za smanjenje rizika od katastrofa (UNISDR, 2015), a preduvjet za razvoj prognoza na osnovi utjecaja jest institucionalno jačanje nacionalnih hidrometeoroloških zavoda te poboljšanje sustava opažanja i prognoziranja, kao i kvalitete izdanih upozorenja. Također, iznimno je važna multidisciplinarna i snažno integrirana suradnja državnih hidrometeoroloških zavoda s nadležnim službama i upravama za zaštitu i spašavanje radi edukacije i osvješćivanja javnosti o utjecaju nepogoda na život pojedinca te kako poduzeti odgovarajuće radnje da bismo se zaštitili. Posljedice se mogu smanjiti razvojem modela utjecaja (engl. *impact*

models) koji uz meteorološke informacije upotrebljavaju podatke o ranjivosti infrastrukture, izloženosti zajednice te procjeni ponašanja ljudi u hitnim slučajevima. Primjer takvog upozorenja utjecaja predstavlja utjecaj obilne i intenzivne kiše na promet tijekom prometne gužve u urbanom području. Potrebno je razviti znanstvene metode te prilagoditi servise za izdavanje novih vrsta upozorenja kako bi se moglo optimalno upravljati kriznim situacijama. Razvijanjem baze utjecaja meteoroloških i hidroloških pojava na društvo te razvojem prikladne infrastrukture s ciljem zaštite stanovništva olakšat će se odluka o izdavanju upozorenja u vremenima klimatskih promjena i sve izraženi- jih vremenskih nepogoda.

6.1. Ključni koncepti u sustavu upozoravanja na osnovi očekivanog utjecaja

Fokus i jedan od primarnih ciljeva meteoroloških službi čini izdavanje upozorenja i prognoza, a preporuka je da se uz meteorološke prognoze daju i prognoze utjecaja, tj. što vremenska nepogoda može prouzročiti.

Koncept *impact-based* upozorenja počiva na nekoliko ključnih izraza (WMO Guidelines on Multi-hazard Impact-based Forecast and Warning Services).

1. Opasnost – meteorološki, hidrološki, geofizički ili pak element izazvan ljudskim djelovanjem koji predstavlja opasnost za život, imovinu ili okoliš.
2. Nepouzdanost meteorološke/hidrološke prognoze – granica predvidivosti pojave određena razinom znanstvenog napretka u numeričkoj prognozi te kaotičnošću atmosferskog sustava.
3. Izloženost – odnosi se na to tko ili što može biti u opasnosti na području gdje se može dogoditi određena nepogoda. Ako se stanovništvo ili ekonomski resursi ne nalaze na tom području, rizik za katastrofu ne postoji. Izloženost je nužna, ali ne i dovoljna odrednica rizika. Izloženost ovisi o društvenom i ekonomskom razvoju zajednice te njezinoj mogućnosti da ublaži posljedice.
4. Ranjivost – osjetljivost izloženih elemenata, ljudi i imovine na efekte opasnosti. Ranjivost je povezana s predispozicijom, osje-

tljivošću, slabošću i manjkavošću određenih elemenata društva. Ovisi o stupnju razvoja društva te njegovoj sposobnosti da zaštiti stanovništvo i infrastrukturu. Primjerice, Japan je izložen velikoj opasnosti od potresa s obzirom na položaj unutar seizmički aktivnog područja, no modificiranjem zgrada i infrastrukture ranjivost je smanjena. Ranjivost također ovisi o izloženosti koja ima prostornu i vremensku ovisnost. Primjerice, olujno nevrijeme praćeno jakim naletima vjetra tijekom prometne gužve u urbanom području rezultira puno većom izloženosti nego u nenapučenom području tijekom noći. Primjer prostorno ovisne ranjivosti na poplave zbog slične je izloženosti veća kod stanovnika nizinskih područja delte Gangesa u usporedbi s Nizozemskom koja ima razvijen sustav obrane od poplava.

5. Rizik – vjerojatnost i intenzitet predstojeće nepogode koja može pogoditi stanovništvo u određenom području zbog njihove izloženosti i ranjivosti. Rizik se može smanjiti pravodobnim smanjenjem izloženosti ili ranjivosti.

6.2. Vrijeme, prognoza vremena i upozorenja temeljena na mogućem utjecaju

Trenutačno se u svijetu upotrebljavaju tri različite paradigme prognoziranja vremena:

1. *Prognoze i upozorenja na opasne vremenske pojave (samo opasnost)* – sadržavaju informaciju o atmosferskoj varijabli i prognozu njezine promjene. Usmjeravaju se samo na opasnost od predstojeće vremenske nepogode.

Primjer 1: „Noćas udari bure do 30 ms⁻¹.“

Primjer 2: „Poslijepodne moguće jače grmljavinsko nevrijeme uz pojavu tuče i orkanskih udara vjetra.“

2. *Impact-based prognoze i upozorenja (opasnost i izloženost)* – daju informaciju o očekivanim učincima prognoziranog vremena.

Primjer 1: „Noćas olujni udari bure podno Velebita, mogući prekid i kašnjenja u tražnom prometu.“

Primjer 2: „Očekuje se olujno nevrijeme s tučom i orkanskim udarima vjetra, moguća

šteta na usjevima i naponskim vodovima.“

3. *Impact-based prognoze i upozorenja (opasnost, izloženost i ranjivost)* – daju detaljnu informaciju za pojedino područje, ovisno o izloženosti i ranjivosti područja za koje se izdaje upozorenje. Ovaj tip prognoze više je u nadležnosti agencija, nego državnih hidrometeoroloških službi.

Primjer 1: „Noćas se očekuje prekid tražnog prometa za otok Pag zbog jake bure.“

Primjer 2: „Očekuju se smetnje u prometu i prekid opskrbe električnom energijom zbog jakoga grmljavinskog nevremena na području Karlovca.“

Uvjet za izdavanje ove vrste upozorenja jaka je interakcija državnih hidrometeoroloških službi i službi zaduženih za zaštitu i spašavanje kao i ostalih subjekata na državnoj i lokalnoj razini. U nekim su zemljama državne hidrometeorološke službe odgovorne za izdavanje prognoze na osnovi utjecaja, dok su u drugim zemljama nadležne uprave za zaštitu i spašavanje.


DHMZ je u skladu s preporukama WMO-a 29. prosinca 2017. počeo izdavati upozorenja koja sadržavaju generičke tekstove utjecaja. Za svaki parametar i svaku razinu upozorenja, uz uobičajene tekstove koji sadržavaju najbitnije odrednice upozorenja, prikazuju se automatski tekstovi u kojima je opis mogućega očekivanog utjecaja na ljude, društvo i imovinu (sl. 6 i sl. 7).

Ovakav tip upozorenja obuhvaća opasnost i izloženost, dakle mogao bi se svrstati u *impact-oriented* upozorenja.

6.3. Matrica rizika

Kako bi i upozorenja i prognoze bile relevantnije i korisnije, moraju postojati detaljni podaci o izloženosti, ali i ranjivosti stanovništva na pojedinim područjima. Preporuka WMO-a je izrada i operativno korištenje matrice rizika (sl. 8) s pomoću koje bi se odredio rizik iz podataka o vjerojatnosti i intenzitetu očekivanog nevremena u odnosu na utjecaj, engl. *impact* (procjena ranjivosti i izloženosti).

Weather warnings: Karlovac regija




valid from 26.02.2018 00:00 CET Until 26.02.2018 23:59 CET

Extreme low temperature

Awareness Level: **Orange**

hrvatski:
Iznadprosječno niska temperatura zraka, minimalna temperatura od -14 do -10 °C BUDITE SPREMNI na hladnoću i izrazito niske temperature. Zdravstveni rizik moguć je kod osjetljive populacije, ponajprije kod starijih, male djece i beskućnika. Slušajte i postupajte prema savjetima danima od nadležnih službi.

english:
Extremely low air temperature, minimum temperature between -14 and -10 °C BE PREPARED for cold and extreme low temperatures. Health risks are possible in the vulnerable population, in particular senior citizens, small children and homeless persons. Keep informed and follow the advice provided by the relevant authorities.



valid from 26.02.2018 10:00 CET Until 26.02.2018 23:59 CET

Wind

Awareness Level: **Yellow**


hrvatski:
Jaki i olujni udari sjeveroistočnog vjetra, najjači udar vjetra > 55 km/h BUDITE NA OPREZU zbog krhotina koje lete nošene jakim vjetrovom. Mogući su lokalizirani prekid u aktivnostima na otvorenom.

english:
Strong and stormy gusts of NE wind, maximum gust speed > 55 km/h STAY ALERT for debris carried by strong winds. Debris and tree branches carried by the wind may cause localised interruptions in outdoor activities.

Slika 6. Primjer generičkih tekstova utjecaja za narančasto upozorenje na hladnoću i za žuto upozorenje na jačinu vjetra u sklopu treće razine Meteoalarm platforme.

Figure 6. An example of generic impact texts for orange low temperature alerts and yellow wind alerts as part of the third level of the Meteoalarm platform.

Weather warnings: Kvarner and Kvarneric region



valid from 26.02.2018 00:00 CET Until 26.02.2018 23:59 CET

Wind

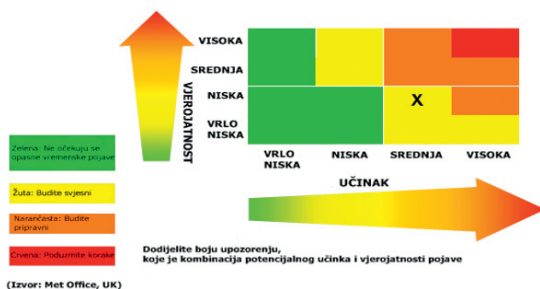
Awareness Level: **Red**

hrvatski:
Vrlo jaka, mjestimice olujna bura, najjači udar vjetra 35-75 cv (65-140 km/h) UTJECAJ: Vrijeme je vrlo opasno i podrazumijeva visoku razinu opasnosti za zdravlje, pa i za život opasne situacije, posebice pomorcima. Također, prisutan je i značajan rizik od štete za obalnu infrastrukturu. Budite svjesni opasnosti i obratite pozornost i pratite najnovija vremenska izvješća. Savjetujemo javnost da izbjegavaju putovanja i boravak blizu ugroženih obalnih područja. Vrlo je vjerojatno da trajekti neće ploviti pa ako putujete, pratite informacije o prometu.

english:
Near gale, locally gale NE wind, maximum-gust-speed 35-75 cv (65-140 km/h) IMPACT: The weather is very dangerous and implies high level of threat to health, even the life hazard, especially for mariners. There is also a significant risk of coastal infrastructure damages as well. Be aware and pay attention to the latest weather updates. The public are advised to avoid travel and stay away from endangered coastal areas. It is very likely that ferries will not operate so follow traffic information.

Slika 7. Primjer generičkog teksta utjecaja za crveno upozorenje odnosno upozorenje najvišeg stupnja na jačinu vjetra za regiju Kvarner i Kvarnerić.

Figure 7. An example of a generic impact text for a red wind alert for the Kvarner and Kvarnerić region.



Slika 8. Matrica rizika (izvor: Met Office, UK).

Figure 8. Risk matrix (Source: Met Office, UK).

Vlada RH je 28. studenoga 2013. donijela odluku o osnivanju Radne skupine za izradu Procjene rizika od katastrofa. DHMZ aktivno sudjeluje u izradi Procjene rizika od katastrofa za Republiku Hrvatsku (2015. i dorada 2019.) u kojoj je obrađeno 11 jednostavnih rizika (bolesti bilja, bolesti životinja, ekstremne temperature, epidemije i pandemije, industrijske nesreće, poplave izazvane izlivanjem kopnenih vodenih tijela, potres, požari otvorenog tipa, snijeg i led, suša i zaslanjivanje kopna) i jedan složeni (potres i poplava) pri čemu je DHMZ bio koordinator izrade procjene za rizik „Snijeg i led“ i suradnik na ostalim rizici-

ma s meteorološkim uzrocima. Uz stalne promjene u društvu, tehnologijama i sl. rizici se brzo mijenjaju pa je potrebna stalna revizija rizika i procjene rizika, a pritom se mogu pojaviti i novi rizici.

Kako bi se uspješno prepoznali svi ključni faktori koji utječu na izloženost i ranjivost, potreban je multidisciplinarni rad i suradnja svih državnih i međunarodnih institucija kao i znanstvenih organizacija te lokalnog stanovništva.



Slika 10. Prikaz upozorenja na vremenskoj liniji s detaljem za riječku regiju koji uključuje generički tekst utjecaja kao i dodatan tekst koji upisuje prognostičar (crna okomita crta prikazuje trenutno vrijeme).

Figure 10. A timeline warning with detail for the Rijeka region, including a generic impact text as well as additional text typed by the forecaster (the black vertical line shows the current time).



Slika 9. Grafički prikaz upozorenja na opasne vremenske pojave na području RH s detaljem za riječku regiju.

Figure 9. A graphic presentation of hazardous weather warnings in Croatia with details for the Rijeka region.

7. UPOZORENJA NA NOVIM MREŽNIM STRANICAMA DHMZ-A

Najvažnija inovacija u 2018. godini i veliki tehnološki iskorak bio je pokretanje vlastite platforme za upozorenja (sl. 9) na novoj mrežnoj stranici DHMZ-a koja je javnosti predstavljena 5. srpnja 2018. Platforma sadržava sva upozorenja koja se prosljeđuju na stranicu Meteoalarma. Također, uz uobičajeni prikaz po regijama (sl. 9) (uključujući i obalna upozorenja), platforma sadržava i vremensku liniju na kojoj se preciznije može vidjeti kada pojedino upozorenje nastupa i kada prestaje (sl. 10). Klikom na regiju dodatno se vide detalji poput tekstova utjecaja te tekstova koje prognostičari upisuju po potrebi, a njima se dobiva potpunija informacija o opasnoj vremenskoj pojavi i mogućem utjecaju (sl. 10). Dodatna je vrijednost što ova platforma ne ovisi o tehnologiji i poslužiteljima koji nisu na DHMZ-u već se kontrola i briga o tehničkim i ostalim problemima vodi unutar DHMZ-a.

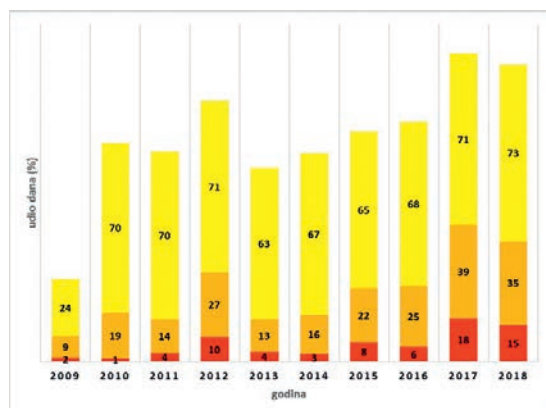
8. PREGLED UPOZORENJA IZDANIH PUTEV SUSTAVA METEOALARM U RAZDOBLJU 2009. – 2018.

Putem sustava Meteoalarm od ukupno 3652 dana u razdoblju od 2009. do 2018. godine žuta razina upozorenja bila je izdana u 2342 dana u nekoj od regija, što čini uglavnom između 60 % i 70 % dana (sl. 11) u analiziranim godinama (u 2009. godini udio je manji jer se s upozorenjima krenulo u srpnju). U 802 dana analiziranog razdoblja bilo je izdano narančasto, a u 259 dana najopasnije crveno upozorenje za neki od parametara. Znatno udio dana s narančastim i crvenim stupnjem upozorenja u 2012. godini (sl. 12) povezan je s toplinskim valovima tijekom ljetnih mjeseci, odnosno te se godine izdalo najviše upozorenja o visokoj temperaturi (sl. 13 i 14). Zaključno, u približno 30 % dana tijekom analiziranih godina nije izdano upozorenje o nekoj od opasnih vremenskih pojava na području Hrvatske.

Analiza promatranog razdoblja pokazuje da je najviše upozorenja bilo kojeg stupnja izdano na jačinu vjetra, osobito od 2015. godine kada su se počela izdavati i obalna upozorenja na vjetar za šest dodatnih regija

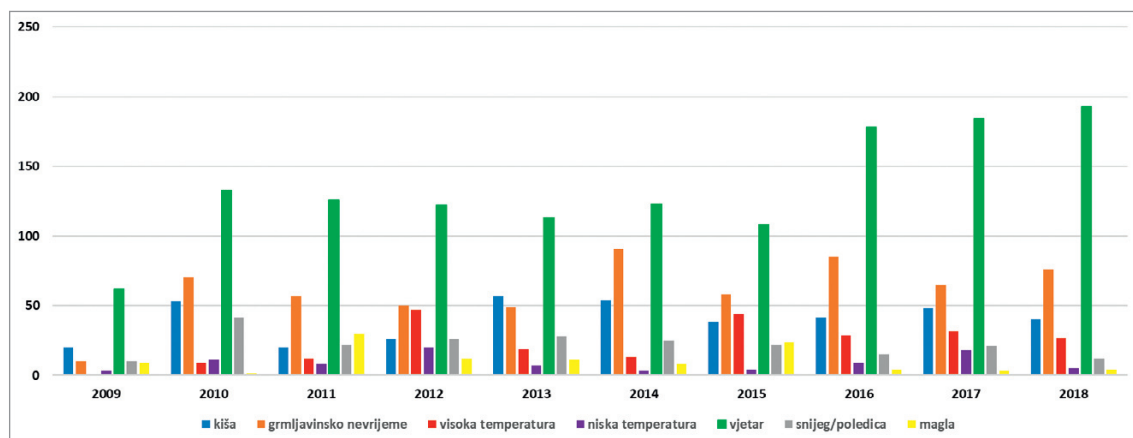
(sl. 12, 13 i 14). Takav je rezultat razumljiv jer duž hrvatske obale zbog orografije terena često puše bura, mahovit vjetar s olujnim i orkanskim udarima (Stiperski i sur., 2012). Jugo je drugi važan vjetar koji često uzrokuje plavljenje riva ako je jak i olujan, što ponovno ima velik negativan učinak na priobalno područje.

Upozorenja na vjetar češća su u hladnom dijelu godine (od listopada do travnja), a u toplom dijelu godine (od svibnja do rujna) raste broj upozorenja na grmljavinsko nevrijeme i iznimno visoku temperaturu (toplinski valovi koji djeluju na zdravlje). Za grmljavinsko nevrijeme najčešće se izdaje žuta razina upozorenja (sl. 12) dok je crvena iznimno rijetka, primjerice od 2015. do 2018. nijednom nije izdana najviša razina upozorenja na grmljavinsko nevrijeme (sl. 14). U slučaju toplinskih valova pokazalo se upravo suprotno, vrlo je često za ta razdoblja na snazi bila najviša razina upozorenja, a ekstremne godine bile su 2012. i 2015. (sl. 14).



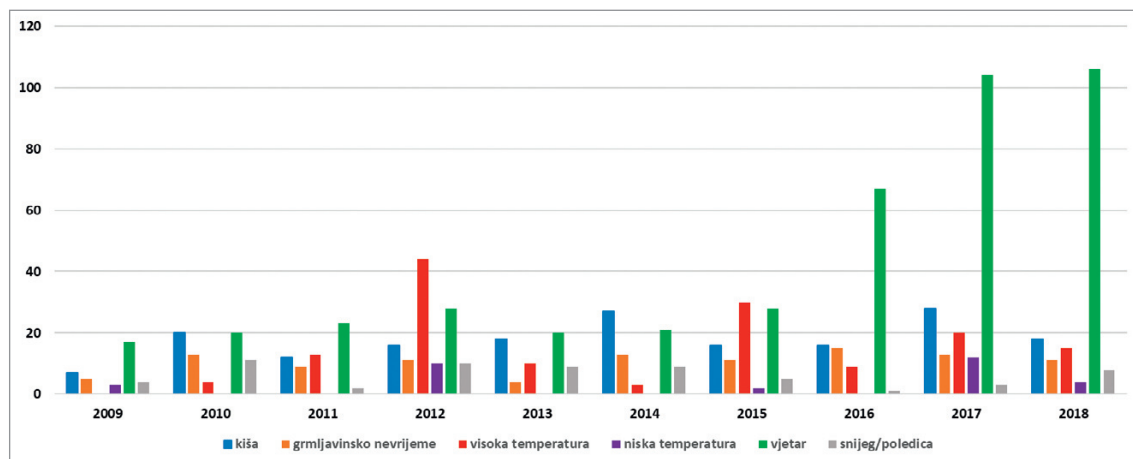
Slika 11. Udio dana po godini sa žutim, narančastim i crvenim upozorenjem u razdoblju 2009. – 2018. (Napomena: u određenim danima na snazi su bile sve tri kategorije upozorenja ovisno o intenzitetu opasnih vremenskih pojava u pojedinim regijama).

Figure 11. The percentage of days per year with yellow, orange, and red warnings from 2009–2018 (Note: On certain days, all three warning categories were in force depending on the intensity of dangerous weather phenomena in certain regions).



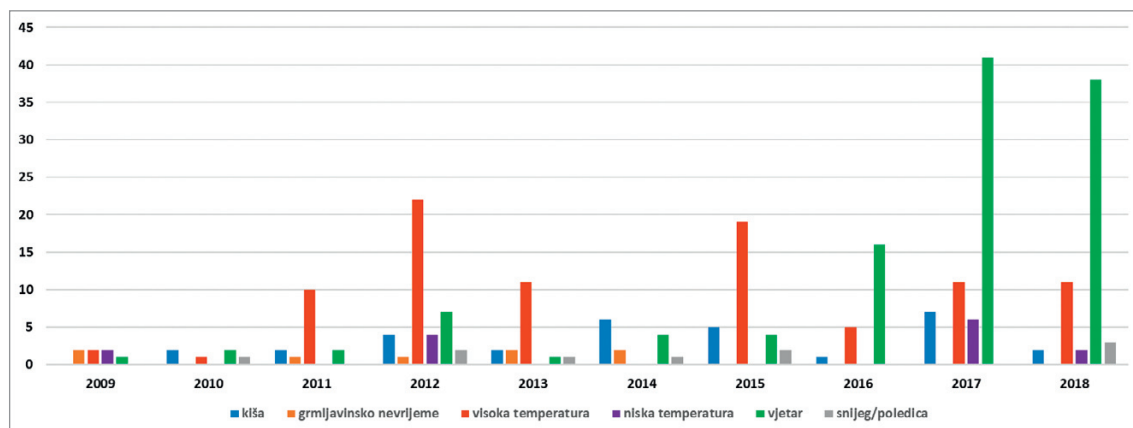
Slika 12. Broj dana sa žutim upozorenjem za različite parametre u razdoblju 2009. – 2018. Od ukupno 3652 dana, žuta razina upozorenja bila je izdana u 2342 dana u nekoj od regija.

Figure 12. The number of yellow alert days for different parameters from 2009–2018. A yellow alert level was issued in one of the regions on 2,342 out of the total of 3,652 days analysed.



Slika 13. Broj dana s narančastim upozorenjem za različite parametre u razdoblju 2009. – 2018. Od ukupno 3652 dana, narančasta razina upozorenja bila je izdana u 802 dana u nekoj od regija.

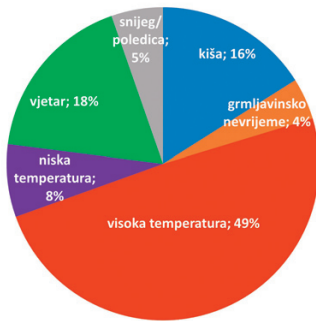
Figure 13. The number of orange alert days for different parameters from 2009–2018. An orange alert level was issued in one of the regions on 802 out of the total 3,652 days analysed.



Slika 14. Broj dana s crvenim upozorenjem za različite parametre u razdoblju 2009. – 2018. Od ukupno 3652 dana, crvena razina upozorenja bila je izdana u 259 dana u nekoj od regija.

Figure 14. The number of red alert days for different parameters from 2009–2018. A red alert level was issued in one of the regions on 259 out of the total of 3,652 days analysed.

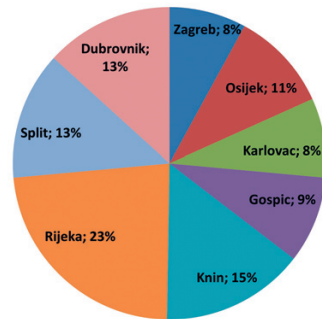
crvena upozorenja (srpanj 2009 - prosinac 2018)



Slika 15. Udio dana s crvenim upozorenjem u osam kopnenih regija za različite parametre u razdoblju 2009. – 2018.

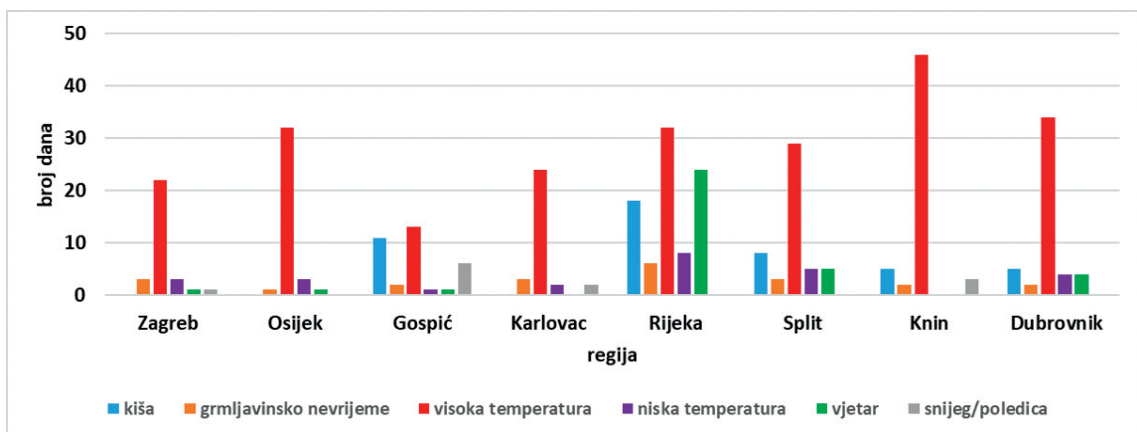
Figure 15. The percentage of red alert days in eight inland regions for different parameters from 2009–2018.

crvena upozorenja (srpanj 2009 - prosinac 2018)



Slika 17. Udio dana s crvenim upozorenjem za bilo koji parametar u osam kopnenih regija u razdoblju od 2009. do 2018. godine.

Figure 17. The percentage of red alert days for any parameter in eight inland regions from 2009–2018.



Slika 16. Broj dana s crvenim upozorenjem po parametrima za svaku od osam kopnenih regija u razdoblju 2009. – 2018.

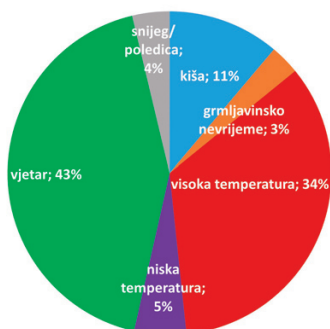
Figure 16. The number of red alert days per parameter for eight land regions from 2009–2018.

Ako izuzmemo obalna upozorenja na vjetar, upozorenja na toplinske valove imaju najveći postotak crvenih upozorenja, u čak 49 % dana s crvenim upozorenjem upozoravalo se na iznimno visoku temperaturu zraka (sl. 15).

Također, u svih osam kopnenih regija za koje se izdaju upozorenja na sve parametre najveći je broj crvenih upozorenja bio za toplinske valove, pri čemu je unutrašnjost Dalmacije najčešće bila u crvenome, čak 46 dana (sl. 16). Riječka, splitska, dubrovačka te kninska regija općenito imaju veći udio dana s crvenim upozorenjem u usporedbi s ostalim regijama (Zagreb, Osijek, Karlovac, Gospić) (sl. 17).

Riječka regija osim za toplinske valove ima i znatan broj dana s crvenim upozorenjem na vjetar (sl. 16) što se ponajviše odnosi na dane s olujnom i orkanskom burom koja je najčešća u podvelebitskom području. Najviše crvenih upozorenja na kišu imaju pak riječka te gospićka regija koja zbog svojih gorskih klimatoloških obilježja ima i najveći broj crvenih upozorenja na snijeg/poledicu (sl. 16). Gledajući pak sva područja za koja se izdaju upozorenja putem sustava Meteoalarm (i kopnena i obalna), najviše dana imalo je crveno upozorenje na vjetar (sl. 18), pri čemu se u 82 od ukupno 115 dana radilo isključivo o obalnom upozorenju.

crvena upozorenja (srpanj 2009 - prosinac 2018)



Slika 18. Udio dana s crvenim upozorenjem za sva područja (kopnena i obalna) za koja se izdaju upozorenja putem sustava Meteoalarm o različitim parametrima u razdoblju 2009. – 2018.

Figure 18. The percentage of red alert days for all areas (inland and coastal) for which Meteoalarm alerts were issued for various parameters from 2009–2018.

9. VERIFIKACIJA UPOZORENJA

Kako bi se stekao uvid u kvalitetu prognostičkih sustava, potrebno ih je verificirati. Zadaća verifikacije dvostruka je: ona s jedne strane pruža prognostičaru povratnu informaciju o svojstvima prognostičkog sustava te mu omogućuje da ga popravi, otkloni greške, pristranosti itd., a s druge strane ona pruža informaciju „prema van“ odnosno kvantizira kvalitetu prognostičkog sustava kako bi ga se moglo predstaviti drugim stručnjacima za usporedbu i procjenu razvoja, ali i nestručnjacima, donosiocima odluka o tome koja je vrijednost takve prognoze. Zbog toga je od 2009. u SVPAP-u osnovan i poseban Odjel za vremensku analizu i verifikaciju, a njegova je zadaća – za razliku od uobičajene verifikacije numeričkih modela – ponajprije verifikacija izlaznih prognoza, dakle gotovih produkata SVPAP-a.

Verifikacija upozorenja na opasne meteorološke pojave kompleksna je, metode su dijelom još nedovoljno razvijene te je potreban oprez pri njihovoj primjeni i tumačenju (Jolliffe i Stephenson, 2003). Za verifikaciju vremenskih prognoza upotrebljava se čitavo mnoštvo tzv. verifikacijskih mjera (engl. *score*) ovisno o vrsti podatka, tj. prognoze. Važno je napomenuti da sve verifikacijske mjere imaju specifične prednosti i nedostatke te nema idealne mjere. Jedna od najvećih mana većine mjera jest da

im pouzdanost opada kod (klimatološki) rijetkih događaja, odnosno često konvergiraju prema nuli ili jedinici (Murphy, 1991), što predstavlja poteškoću za verifikaciju s obzirom na to da su opasne meteorološke pojave po svojoj prirodi razmjerno rijetke.

Zbog toga se u SVPAP-u, osim izvedenih mjera, primarno upotrebljava tablica kontingencije koja sadržava čestine za sve kombinacije klasa upozorenja i stvarnih slučajeva pojave određene klase opasnosti te je osnovna informacija u slučaju sustava s kategoričkim prognozama. Daje potpunu i jednostavnu informaciju o prognostičkom sustavu, a iz nje se može izračunati čitav niz izvedenih mjera: npr. *bias*, *hit rate*, *false alarm rate*, *percentage correct*, *equitable threat score*, *Peirce's skill score* itd. (Wilks, 2011).

Verifikacija upozorenja dodatno je otežana jer same prognoze (upozorenja) te stvarni podaci često nisu u istom obliku, odnosno priroda njihove informacije nije sasvim ista. Tako kriteriji za izdavanje upozorenja na određeni parametar nisu uvijek jednoznačno primjenjivi i na prognoze i na stvarne podatke, te su često potrebni određeni kompromisi kako bi se ti podaci mogli usporediti. Npr. prognostičar izdaje upozorenje na grmljavinsko nevrijeme na osnovi potrebnih sastojaka (*ingredient-based forecasting*), a u konačnici se ta prognoza verificira na osnovi drugih podataka, npr. broja munja, količine oborine itd.

Takve su poteškoće u verifikaciji najmanje izražene kod upozorenja na minimalnu i maksimalnu temperaturu, odnosno toplinske i hladne valove. Naime, pri takvim se upozorenjima i prognoza i stvarni podatak računaju na isti način, odnosno objektivnim algoritmom koji uzima u obzir kombinaciju minimalne i maksimalne temperature iznad određenoga klimatološkog praga, ali i trajanje uzastopnog niza takvih dana.

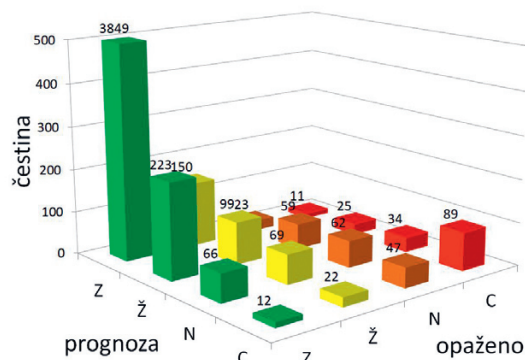
Rezultati verifikacije toplinskih valova prikazani su u tablici 2 i na slici 19. Tablica 2 prikazuje relativne čestine izdanih upozorenja i stvarnih slučajeva za sva četiri stupnja (zeleno, žuto, narančasto i crveno). Iz nje je vidljivo da su prognoze razmjerno dobro ugođene, odnosno broj izdanih upozorenja približno odgovara broju stvarnih slučajeva, i to za sva četiri stupnja opasnosti. Dodatnu informaciju na slici 19 pruža tablica kontingencije svih kombinacija prognoza i stvarnih stupnjeva upozorenja. Važno je napomenuti da bi u idealnom

prognostičkom sustavu svi slučajevi bili na dijagonali. Pritom se posebna pozornost posvećuje onim slučajevima kada je izdano upozorenje „promašeno“ ili čak nije izdano, a naročito su važni slučajevi kada je zabilježen stvarni crveni stupanj, a upozorenje je bilo narančasto, žuto ili ga čak nije bilo (zeleno), što je vidljivo u crvenoj koloni. Takve su situacije sa stanovišta prognoze dakako najnepoželjnije, pa su se ti rijetki slučajevi i posebno analizirali. Detaljnija verifikacija (nije prikazano) otkriva da su najveće poteškoće kod podcjenjivanja stupnja upozorenja bile prilikom prognoze minimalnih temperatura na Jadranu koje u situaciji sa supsidencijom zbog bure imaju velika odstupanja i vrlo ih je teško prognozirati.

	zeleno	žuto	narančasto	crveno
prognoza (%)	83.3	8.4	4.8	3.5
opaženo (%)	85.7	7.0	3.9	3.3

Tablica 2. Verifikacija upozorenja na toplinski val u razdoblju 2015. – 2019. (razdoblje od 15. svibnja do 31. kolovoza). Usporedba relativnih čestina prognoziranih i stvarnih slučajeva za sva četiri stupnja upozorenja (zeleno, žuto, narančasto i crveno).

Table 2. Heat Wave Warning Verifications from 2015–2019 (May 15–August 31). Table of relative frequency of forecast cases and actual cases for all four warning levels (green, yellow, orange and red).



Slika 19. Verifikacija upozorenja na toplinski val u razdoblju 2015. – 2019. (razdoblje od 15. svibnja do 31. kolovoza). Tablica kontingencije 4 x 4 koja prikazuje čestine (brojke na stupićima) za sve kombinacije prognoza i stvarnih slučajeva (Z-zeleno, Ž-žuto, N-narančasto, C-crveno). Visina stupića za kombinaciju zeleno-zeleno nije u mjerilu y-osi zbog znatno veće vrijednosti.

Figure 19. Heat Wave Warning Verifications from 2015–2019 (May 15–August 31). 4x4 contingency table, showing the frequency (in on bars) for all combinations of forecast and actual cases (Z-green, Ž-yellow, N-orange, C-red). Green-green combinations exceed the y-axis since the table is scaled.

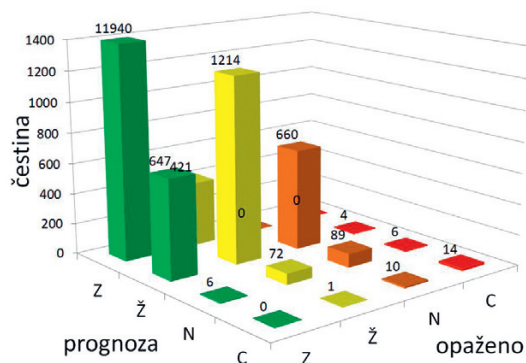
Uspješnost sustava upozorenja moguće je dati i verifikacijskim mjerama, npr. jednostavnom mjerom *percentage correct* (PC) koja je vrlo intuitivna i označava postotak uspješnih prognoza, odnosno broj uspješnih prognoza podijeljen s ukupnim brojem slučajeva. Za prikazano razdoblje 2015. – 2019. uspješnost prognoza iznosi oko 84 %. Nadalje, pri verifikaciji takvih sustava opravdano je kao uspješne prognoze uračunati i one u kojima je pogreška za najviše jedan stupanj upozorenja, te se tako dolazi do uspješnosti od 97 %.

Vrlo slična objektivna metodologija može se primijeniti i na verifikaciju upozorenja na hladne valove. No, s obzirom na to da su kriteriji za hladni val stroži, broj izdanih upozorenja i stvarnih dana znatno je manji, pa zbog malog uzorka ovakva verifikacija ne bi bila opravdana. Zbog toga se kod hladnih valova najčešće analiziraju pojedinačni slučajevi.

S pomoću tablice kontingencije verificirana su i upozorenja na obilnu kišu i jačinu vjetra, no metodologija kriterija za izdavanje upozorenja kao i za potvrdu njegova ostvarenja znatno je složenija i nije jednoznačna. Poteškoću u verifikaciji upozorenja na obilnu kišu predstavlja razlika između razdoblja trajanja upozorenja (od 0 do 24 h) i razdoblja u kojem se mjeri oborina na meteorološkim postajama (od 7 h prethodnog do 7 h idućeg dana). Stoga je na temelju tih podataka ponekad nemoguće razlučiti je li glavina oborine pala prije ili poslije ponoći, tj. za koji je dan upozorenje valjano. Zbog toga se pri verifikaciji najvećim dijelom oslanja na automatske postaje koje kontinuirano mjere količinu oborine, ali se pritom smanjuje broj dostupnih podataka s obzirom na mali broj takvih postaja. To utječe na kvalitetu verifikacije uspješnosti prognoze. Poteškoću predstavlja i činjenica da se upozorenje na obilnu kišu, osim samostalno, ponekad izdaje u sklopu upozorenja na grmljavinsko nevrijeme kada se zbog lokalnih obilježja očekuje pojava obilne kiše na manjem području. Često se u takvim slučajevima na postajama izmjeri tek manja količina oborine ili je kriterij ispunjen samo na nekoj od njih. Tada se podatci koji su ispunili kriterije upotrebljavaju za verifikaciju grmljavinskog nevremena, a izuzimaju se iz verifikacije upozorenja na obilnu kišu koja se izdaju samostalno.

Pri upozorenjima na jak vjetar verifikacija se oslanja uglavnom na podatke automatskih po-

staja. One su gušće raspoređene duž obale gdje je jak vjetar češći, pa ima i više upozorenja. No, u pojedinim područjima u zaleđu (npr. gospičko i kninsko područje) nema dovoljno postaja pa je za ta područja veća mogućnost pogrešne procjene valjanosti upozorenja (engl. *false alarm*). Kao i u slučaju oborine, upozorenje na jačinu vjetra može se, osim samostalno, izdati u sklopu upozorenja na grmljavinsko nevrijeme kada se kratkotrajan jak vjetar očekuje na ograničenom području. Pritom jak vjetar može, ali i ne mora biti izmjeren na nekoj od meteoroloških postaja. U slučaju da su podatci jačine vjetra ispunili kriterije na nekoj od postaja, a upozorenje je izdano u sklopu grmljavinskog nevremena, upotrebljavaju se za verifikaciju upozorenja na grmljavinsko nevrijeme te se izuzimaju iz verifikacije samostalno izdanih upozorenja na jačinu vjetra. Grafički prikazana tablica kontingencije (sl. 20) upućuje na izražen šum, posebice u kombinacijama parova opaženo-prognoza: zeleno-žuto, žuto-narančasto, žuto-zeleno ili narančasto-žuto, no još uvijek se prognoze vjetra mogu smatrati razmjerno uspješnima. Postotak uspješnosti prognoza (engl. *Percentage Correct*) iznosi 88 %, a ako se uzme u obzir blaži kriterij, tj. tolerira greška od jednog stupnja upozorenja, onda iznosi visokih 97 %.



Slika 20. Verifikacija upozorenja na jačinu vjetra u razdoblju 2014. – 2018. Grafički je prikazana tablica kontingencije 4 x 4 koja prikazuje čestine (brojke na stupićima) za sve kombinacije prognoza i stvarnih slučajeva (Z-zeleno, Ž-žuto, N-narančasto, C-crveno). Visina stupića za kombinaciju zeleno-zeleno nije u mjerilu y-osi zbog znatno veće vrijednosti.

Figure 20. Wind Warning Verifications from 2014–2018. The graph shows a 4x4 contingency table, showing the frequency (in bars) for all combinations of forecast cases and actual cases (Z-green, Ž-yellow, N-orange, C-red). Green-green combination exceeds the y-axis since the table is scaled.

Što se tiče ostalih elemenata poput grmljavinskog nevremena, smanjene vidljivosti (magle) ili poledice, objektivna verifikacija metodološki je i tehnički vrlo otežana zbog već uvedno opisane različitosti između podataka i prognoza te se ta upozorenja zasad uglavnom verificiraju subjektivno.

10. SUSTAV PROCJENE METEOROLOŠKOG RIZIKA I UPOZORENJA U ZAŠTITI OD POŽARA RASLINJA

Požari raslinja sve su učestaliji te sve više ugrožavaju okoliš i materijalna dobra, a veliki požari mogu prerasti i u ozbiljna krizna stanja. Zaštita od požara raslinja u Hrvatskoj se temelji na Programu aktivnosti u provedbi posebnih mjera u zaštiti od požara od interesa za RH čiji je glavni koordinator Hrvatska vatrogasna zajednica (HVZ), a odobrava ga Vlada RH. DHMZ je u Programu nositelj svih aktivnosti povezanih s meteorološkim i klimatskim utjecajima na učestalost i ponašanje požara raslinja. Požari raslinja u našoj su zemlji najčešći u toplom dijelu godine na području Jadrana i priobalja s obilježjima mediteransko-primorske klime koju obilježavaju suha i vrlo topla, pa i vruća ljeta. Takva klimatska obilježja pogoduju isušivanju biljnog pokrova i tla te posredno nastanku i širenju požara raslinja, pa je upravo na Jadranu i u priobalju njihova najveća učestalost i žestina.

Stoga su i aktivnosti DHMZ-a u zaštiti od požara najintenzivnije od 1. travnja do 31. listopada. U tom se razdoblju državnim institucijama, organizacijama i ustanovama koje sudjeluju u zaštiti od požara raslinja redovito dostavljaju analitički i prognostički meteorološki produkti, primjerice stvarne i prognozirane klase opasnosti od požara, u svrhu procjene požarne ugroženosti te organiziranja vlastitih resursa u protupožarnim aktivnostima.

SVPAP izrađuje razne vrste analiza te posebice prognoza vremena za potrebe zaštite od požara (dugoročne, srednjoročne i kratkoročne prognoze), a od 2012. godine u tekstualnom obliku izdaje i upozorenja o vremenskim prilikama posebno opasnim za ekstremno brzo širenje i nepredvidivo ponašanje požara (sl. 21). Prognoze se zasnivaju većinom na rezultatima globalnoga numeričkog modela prognoze vremena Europskog centra za srednjoročnu vremensku prognozu (ECMWF, 2019) i regionalnog modela DHMZ-a ALARO (Ivatek-Šahdan i Tudor, 2004; Tudor i sur., 2016).

10.1. Procjena meteorološkog rizika na duljoj vremenskoj skali

Dugoročne (sezonske i mjesečne) i srednjoročne (tjedne i polutjedne) vremenske prognoze sadržavaju prognozu meteoroloških elemenata koji utječu na isušivanje biljnog pokrova, odnosno gorivog materijala te daju informaciju o potencijalnoj ugroženosti od požara raslinja. Stoga se dugoročne prognoze upotrebljavaju u svrhu procjene početka i žestine požarne sezone, a srednjoročne u svrhu razmjesta i upravljanja vatrogasnim snagama na područje potencijalno najveće ugroženosti.

10.2. Procjena meteorološkog rizika na kraćoj vremenskoj skali i posebna upozorenja

Izrada kratkoročnih vremenskih prognoza (dnevni i poludnevni) te upozorenja u svrhu zaštite od požara jedna je od najvažnijih djelatnosti DHMZ-a, odnosno SVPAP-a. Te se prognoze zasnivaju na izračunu meteorološkog indeksa opasnosti od šumskog požara kanadskog sustava (*Fire Weather Index* – FWI) koji povezuje stanje gorivog materijala s meteorološkim uvjetima. Struktura i razvoj FWI indeksa detaljno su opisani u radu Van Wagonera (1987).

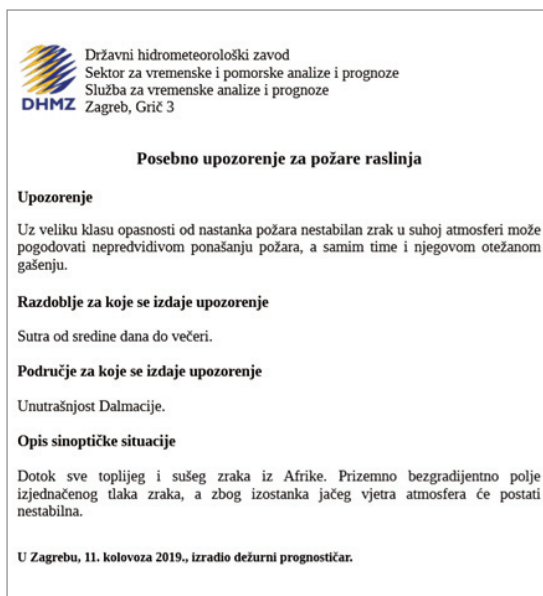
U DHMZ-u se već više od trideset godina svakodnevno računa kanadski meteorološki indeks opasnosti od šumskog požara (*Fire Weather Index*), a određuju se i klase opasnosti od požara za jadransko područje koje mogu biti: vrlo mala, mala, umjerena, velika i vrlo velika (Dimitrov, 1987).

Stvarne i prognozirane klase opasnosti za tekući i sljedeći dan polazište su za kratkoročnu procjenu rizika, odnosno izdavanje posebnih upozorenja (sl. 21) na iznimno opasne vremenske prilike koje mogu utjecati na požare raslinja, posebice na njihovo nepredvidivo ponašanje i širenje.

Upozorenja i prognoze isključivo su namijenjene potrebama vatrogasne zajednice, Civilne zaštite i Ministarstva unutarnjih poslova, a dostupne su im na posebnim internetskim stranicama DHMZ-a namijenjenim stručnim službama. Na javnoj stranici DHMZ-a nalaze se izračuni stvarnog indeksa opasnosti od šumskog požara (FWI) i pripadnih klasa opasnosti od nastanka i širenja požara.

U 2019. godini eksperimentalno su u sklopu posebnih upozorenja uvedena tri stupnja: najniži – žuti, srednji – narančasti i najviši – crveni. Izdaju se u slučajevima kada se u idućih 36 sati na nekom području očekuju sinoptička situacija i vremenske prilike koje mogu nepovoljno utjecati na ponašanje potencijalnog požara raslinja kao što su: umjereno jak, jak ili olujan vjetar (obično bura ili jugo), prolaz hladne fronte s malo ili nimalo kiše i s pojavom munja („suha hladna fronta“), niska mlazna struja, termički nestabilna suha zračna masa uz slab vjetar te promjena smjera i brzine vjetra s visinom (smicanje vjetra).

Osim standardnih prognostičkih produkata kao što su prizemne i visinske sinoptičke karte, karte polja vjetra i oborine, za prognozu tih pojava uvedeni su ili razvijeni dodatni analitički i prognostički meteorološki produkti. To su maksimalna brzina mlazne struje i pripadna visina maksimuma vjetra (Mifka i Vučetić, 2012), Hainesov indeks kao mjera nestabilnosti u suhom zraku te turbulentna kinetička energija i Richardsonov broj. Analiza Hainesova indeksa za područje Jadrana pokazuje da se njegova najviša vrijednost može upotrebljavati na Jadranskom i u priobalju u svrhu izdavanja posebnih upozorenja (Kozarić i Mokorić, 2014). Vrijednosti turbulentne kinetičke energije za velike



Slika 21. Primjer posebnog upozorenja na požar raslinja, izvor DHMZ.

Figure 21. An example of a special fire weather warning; source: DHMZ.

požare raslinja u rasponu su od 3 do 10 m²s⁻² i više (Heilman i Bian, 2010).

Ako se očekuje jedna ili više navedenih potencijalno opasnih vremenskih pojava, a klasa opasnosti od požara u isto je vrijeme velika ili vrlo velika (umjerena za vrlo jakog vjetra), izdaje se tekstualno upozorenje s naznakom pojave i kratkim opisom sinoptičke situacije te područjem i razdobljem za koje vrijedi (sl. 21).

Stupanj upozorenja za određeno područje i razdoblje temelji se na unaprijed određenim kriterijima (tab. 3.). Kriteriji za različite stupnjeve definirani su na osnovi analiza većih požara raslinja na Jadranu i priobalju te analize posebnih upozorenja izdanih prethodnih godina i nastalih požara raslinja (Hojsak i Mokorić, 2018).

Pritom treći, najviši stupanj (crveno upozorenje) u sebi sadržava i vremensku dimenziju, što znači da kriteriji za najviši stupanj upozorenja na nekom području moraju biti ispunjeni dulje od 18 sati tijekom 36-satnoga prognostičkog razdoblja.

Tablica 3. Kriteriji za tri razine upozorenja opasnosti od nastanka i širenja požara raslinja. Npr: žuto upozorenje izdaje se kada su klase opasnosti od požara velike i/ili vrlo velike, a uz to je ispunjen barem jedan od ovih kriterija: a) brzina vjetra (v) od 5 do 8 ms⁻¹ (kod umjerenih klasa opasnosti od požara s brzinom većom od 9 ms⁻¹); b) vrijednosti turbulentne kinetičke energije (TKE) od 3 do 5 m²s⁻²; c) Hainesov indeks (HI) je 6.

Table 3. Criteria for the three-level fire danger warning. For example: yellow level is issued when fire danger classes are high and/or very high and one of the following additional criteria is satisfied: a) wind speed (v) is from 5 to 8 ms⁻¹ (when fire danger class is moderate and speed higher than 9 ms⁻¹); b) turbulent kinetic energy (TKE) is from 3 to 5 m²s⁻² and c) Haines index (HI) is 6.

klasa opasnosti od požara	razina upozorenja			
	umjerena	žuto velika i/ili vrlo velika	narandžasto velika i/ili vrlo velika	crveno velika i/ili vrlo velika
v (ms ⁻¹)	> 9	5 do 8	> 9	>9 (dulje od 18 h)
TKE (m ² s ⁻²)		3 do 5	≥ 5	>5 (dulje od 18 h)
HI		6		

Svrha posebnih upozorenja jest skrenuti pozornost vatrogasnih zapovjednika na iznimno opasne vremenske pojave koje u kratkom vremenu mogu uzrokovati nove požare raslinja ili jako utjecati na širenje postojećih, kako bi organizirali bolje nadgledanje potencijalno

ugroženog područja te bolje rasporedili vatrogasne snage.

Preliminarna evaluacija posebnih upozorenja rađena je za 2017. godinu u kojoj je prema podacima HVZ-a zabilježen najveći broj požara i najveća izgorena površina u posljednjem desetljeću. Učinjena je jednostavna usporedba broja požara i izgorjele površine s izdanim upozorenjima. Podatci HVZ-a pokazuju da se tijekom ljeta 2017. godine dogodio 41 veliki požar raslinja s obzirom na izgorjelu površinu i/ili zbog poteškoća prilikom gašenja zbog čega su angažirane znatne vatrogasne snage. Usporedba vremena i mjesta pojave velikih požara s izdanim upozorenjima pokazala je da su 34 požara (83 %) bila popraćena posebnim upozorenjima.

Požarna sezona 2017. pokazala je da bi kriterije za posebno upozorenje trebalo dodatno prilagoditi ponajprije kako bi se naglasili ekstremni vremenski uvjeti te su stoga 2019. godine eksperimentalno uvedena tri stupnja upozorenja koja će se primjenjivati i evaluirati sljedećih godina.

Krajnji je cilj svih navedenih aktivnosti pomoć vatrogasnoj zajednici u preventivnom djelovanju, ali i organiziranju raspoloživih vatrogasnih snaga te u konačnici smanjenje šteta izazvanih požarima. U tome će uloga meteoroloških službi biti sve važnija s obzirom na sve češće nepovoljne vremenske prilike zbog klimatskih promjena.

11. ZAKLJUČAK

Jedna je od zadaća DHMZ-a kao državne upravne organizacije izdavanje upozorenja na opasne vremenske pojave, a glavni su korisnici javnost i sustav za zaštitu i spašavanje, ponajprije OCCZ, ali i ostale hitne službe i tijela poput Hrvatske vatrogasne zajednice, Oružanih snaga Republike Hrvatske, Središnjice za tražanje i spašavanje na moru, Hrvatske gorske službe spašavanja i dr. Pritom DHMZ mora imati pisane standardne operativne postupke (SOP) koji opisuju način izdavanja i prosljeđivanja informacija o opasnim vremenskim pojavama. SOP-ovi kao i način izdavanja upozorenja doživljavaju mnoge promjene posljednjih godina kako tehnologija napreduje te informacija sve brže stiže do krajnjeg korisnika. Veliku praktičnu primjenu doživjela je i Me-

teoalarm platforma kao dio projekta EUMETNET-a koja je počela s radom 2007. godine, a DHMZ joj se uspješno pridružio 2009. godine. U to vrijeme DHMZ nije imao svoju vlastitu platformu za upozorenja, no s 2018. godinom – nakon što je DHMZ-ova mrežna stranica posve modernizirana – upozorenja su vidljiva i na njoj, i to u vrlo pristupačnom i jednostavnom obliku čija je najveća prednost vremenska linija na kojoj se jasno vidi razina upozorenja kao i početak, trajanje te završetak upozorenja. Idući korak u unaprjeđenju stranice svakako bi bio prilagodba mrežnih stranica osobama s invaliditetom, pritom i prilagodba ljestvice boja za ljude s poremećajem prepoznavanja boja.

Slijedeći preporuke WMO-a kao i smjernice Okvira iz Sendaija za smanjenje rizika od katastrofa postupno se uvode prognoze i upozorenja koja sadržavaju informaciju utjecaja vremenskih pojava na ljude i njihovu imovinu te infrastrukturu. Također, razvijaju se rješenja koja su višestruko primjenjiva kako bi se informacije što brže prenosile različitim tehnologijama. U tom smislu i DHMZ 2017. godine uvođi CAP kao protokol izdavanja upozorenja.

Putem sustava Meteoalarm u razdoblju od 2009. do 2018. u 2342 dana bila je izdana žuta razina upozorenja, u 802 dana u nekoj od regija narančasta, a u 259 dana najviša crvena razina upozorenja za neki od parametara. Najviše upozorenja bilo kojeg stupnja izdano je za vjetar, osobito od 2015. godine kada su se počela provoditi i obalna upozorenja za vjetar za šest dodatnih regija.

Kako bi se stekao uvid u kvalitetu prognostičkih sustava, određena upozorenja redovno se verificiraju unutar SVPAP-a, neka objektivno, a neka subjektivno zbog složenosti podataka. Pritom je uspješnost upozorenja zadovoljavajuća i često veća od 80 %, posebno za toplinske valove koji mogu negativno djelovati na zdravlje.

DHMZ već trideset godina uspješno sudjeluje u aktivnostima u programu zaštite od požara gdje je nositelj svih aktivnosti povezanih s meteorološkim i klimatskim utjecajima na učestalost i ponašanje požara raslinja. Osim što se svakodnevno računa indeks opasnosti od šumskog požara (FWI), izdaju se dugoročne (sezonske i mjesečne) te srednjoročne (tjedne i polutjedne) vremenske prognoze, a od 2012. godine i posebna upozorenja kojima se nadle-

žne službe upozoravaju na iznimno opasne vremenske prilike koje mogu utjecati na požare raslinja, posebice na njihovo nepredvidivo ponašanje i širenje. U 2019. godini eksperimentalno su u sklopu posebnih upozorenja uvedena tri stupnja upozorenja koja se trenutačno nalaze u fazi evaluacije.

Idući važan projekt DHMZ-a na polju izdavanja upozorenja o opasnim vremenskim pojavama jest povećanje broja regija za koje će se izdavati upozorenja pri čemu će se slijediti metodologija rada OCCZ-a pa će trenutačnu podjelu po klimatskim zonama zamijeniti administrativna podjela po jedinicama područne (regionalne) samouprave.

DHMZ nastavlja raditi na usavršavanju upozorenja orijentiranih na utjecaj. Korisnicima je potrebna aktualna, pouzdana i razumljiva informacija namijenjena njihovim potrebama s jasnim smjernicama o aktivnosti koju treba poduzeti uz pojedini stupanj upozorenja. Modernizacijom meteorološke motriteljske mreže u sklopu projekta METMONIC, kontinuiranim razvojem ALADIN-a, numeričkog modela koji razvija konzorcij europskih meteoroloških službi i koji se operativno izvodi na DHMZ-u, razvojem novih generacija meteoroloških satelita i ostalih sustava, ali i daljnjom edukacijom prognostičara kao i suradnjom sa svim zainteresiranim stranama, kvaliteta prognoze i upozorenja bit će sve bolja što je nužno za održivi razvoj, povećanje sigurnosti te očuvanje ljudskih života i dobara. To je posebno važno u svjetlu sveprisutnih klimatskih promjena i sve učestalijih ekstremnih i opasnih vremenskih stanja.

LITERATURA

- Dimitrov, T., 1987: Šumski požari i sistemi procjene opasnosti od požara. U: Osnove zaštite šuma od požara, (grupa autora). Centar za informacije i publicitet, Zagreb, 181 – 251.
- Državna uprava za zaštitu i spašavanje, 2006: Standardni operativni postupak za korištenje vremenskih prognoza Državnog hidro-meteorološkog zavoda. NN 174/04.
- ECMWF, 2019: IFS documentation CY46R1. <https://www.ecmwf.int/en/publications/ifs-documentation>.

- Heilman, E. and X. Bian, 2010: Turbulent kinetic energy during wildfires in the north central and north-eastern US. *International Journal of Wildland Fire*, **19**, 346–363.
- Hoeppe, P., 2016: Trends in weather related disasters – Consequences for insurers and society. *Weather and Climate Extremes*, **11**, 70–79.
- Hojsak, T. i M. Mokorić, 2018: Specijalne vremenske prognoze u zaštiti od požara raslinja. *11. Međunarodna konferencija i Zbornik radova Dani kriznog upravljanja*, 455 – 463.
- Ivatek-Šahdan, S. and M. Tudor, 2004: Use of high-resolution dynamical adaptation in operational suite and research impact studies. *Meteorologische Zeitschrift*, **13**(2), 1–10.
- Jolliffe, I.T. and D.B. Stephenson, 2003: Forecast Verification: A Practitioner's Guide in Atmospheric Sciences. Wiley, Chichester, xiv+240 pp.
- Kozarić, T. and M. Mokorić, 2014: Haines Index and the forest fires in the Adriatic region of Croatia. In: *Advances in Forest Fire Research*, Viegas D.X., Coimbra, Imprensa da Universidade de Coimbra, 1175–1181. doi:10.14195/978-989-26-0884-6_128.
- Macek, K. and T. Vujnović, 2019: Verification of 2017 and 2018 flash flood warnings in Republic of Croatia. Flash Flood Guidance System (FFGS) Global Workshop.
- Mifka, B. i V. Vučetić, 2012: Vremenska analiza za vrijeme velikog šumskog požara na otoku Braču od 14. do 17. srpnja 2011. *Vatrogastvo i upravljanje požarima*, **1**, 13 – 25.
- Murphy, A., 1991: Probabilities, Odds and Forecasts of Rare Events. *Weather and Forecasting*, **6**, 302–307.
- Mutić, P. et al., 2016: The first Joint hydro-meteo warnings in Croatia during heavy rainfall period in October 2015. In: *Perspectives on Atmospheric Sciences*, Karacostas, T., A. Bais, P. Nasto (Eds.), Springer International Publishing, 225–231.
- Stiperski, I., B. Ivančan-Picek, V. Grubišić, A. Bajić, 2012: Complex bora flow in the lee of Southern Velebit. *Q. J. Royal Meteorol. Soc.*, **138**, 1490–1506.
- Tudor, M. et al., 2016: Changes in the ALADIN operational suite in Croatia in the period 2011–2015. *Croatian Meteorological Journal*, **50**, 71–89.
- UNISDR (United Nations International Strategy for Disaster Reduction), 2015: Sendai framework for disaster risk reduction 2015–2030. http://www.wcdrr.org/uploads/Sendai_Framework_for_Disaster_Risk_Reduction_2015-2030.pdf.
- Van Wagner, C.E., 1987: Development and Structure of the Canadian Forest Fire Weather Index System. *Canadian Forestry Service, Forestry Technical Report*, **35**, 37 pp.
- Visser, H., A. Bouwman, A. Petersen and W. Ligtoet, 2012: A statistical study of weather-related disasters: Past, present and future. The Hague: PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, 87 pp.
- Wilks, D.S., 2011: Statistical Methods in the Atmospheric Sciences. 3rd Ed., Academic Press, Elsevier, 704 pp.
- World Meteorological Organisation, 2010: Guidelines on early warning systems and application of nowcasting and warning operations. *WMO/TD No. 1559*, 25 pp.
- World Meteorological Organisation, 2014: Atlas of mortality and economic losses from weather, climate and water extremes (1970–2012). *WMO No. 1123*, 48 pp.
- Zakon o meteorološkoj i hidrološkoj djelatnosti. NN 66/19, 8 str.
- Zakon o sustavu državne uprave. NN 150/11, 93/16, 104/16, 12 str.
- Zaninović, K. and A. Matzarakis, 2014: Impact of heat waves on mortality in Croatia. *International journal of biometeorology*, **58**, 6; 1135–1145. doi:10.1007/s00484-013-0706-3
- Zängl, G., D. Reinert, P. Ripodas and M. Baldauf, 2015: The ICON (ICOsahedral Non-hydrostatic) modelling framework of DWD and MPI-M: Description of the non-hydrostatic dynamical core. *Q.J.R. Meteorol. Soc.*, **141**, 563–579.
- www.meteoalarm.eu
- https://en.wikipedia.org/wiki/Common_Alerting_Protocol

SADRŽAJ CONTENTS

*Pregledni rad
Review paper*

<p>Renko, T. Mikuš Jurković, P. Kalin, L. Hojsak, T. Mokorić, M. Kozarić, T.</p>	<p>Sustav upozorenja na opasne vremenske pojave u Sektoru za vremenske i pomorske analize i prognoze Državnoga hidrometeorološkog zavoda The Weather Warning System in Weather and Marine Analysis and Forecasting Sector in Croatian Meteorological and Hydrological Service</p>	<p>3</p>
--	---	----------

*Pregledni rad
Review paper*

<p>Vučetić, M.</p>	<p>Odstupanja u meteorološkom nazivlju Deviations in meteorological terminology</p>	<p>25</p>
---------------------------	---	-----------

*Stručni rad
Professional paperr*

<p>El Hadri, Y. Khokhlov, V. Slizhe, M. Sernytska, K.</p>	<p>Surface downwelling shortwave radiation flux projections for 2021–2025 in Morocco according to CORDEX-Africa regional climate models Projekcije površinskoga dolaznog kratkovalnog zracenja za razdoblje 2021. – 2025. u Maroku prema CORDEX-Africa regionalnim klimatskim modelima</p>	<p>35</p>
---	--	-----------

*Stručni rad
Professional paper*

<p>Shevchenko, O. Snizhko, S. Matviienko, M.</p>	<p>Human biometeorological assesment of Kharkiv (Ukraine) in the summer season Ocjena ljetnih biometeoroloških prilika u Harkovu (Ukrajina)</p>	<p>43</p>
---	---	-----------

*Stručni rad
Professional paper*

<p>Bilandžija, D. Martinčić, S.</p>	<p>Agroclimatic conditions of the Osijek area during referent (1961–1990) and recent (1991–2018) climate period Agroklimatski uvjeti na području Osijeka tijekom referentnog (1961. – 1990.) i sadašnjega klimatskog razdoblja (1991. – 2018.)</p>	<p>55</p>
---	--	-----------

*Doktorska dizertacija-sažetak
D.Sc. Thesis-Summary*

<p>Anić, M.</p>	<p>Međugodišnja varijabilnost izmjene CO₂ između šume hrasta lužnjaka (<i>Quercus Robur L.</i>) i atmosfere</p>	<p>65</p>
<p>Belušić Vozila, A.</p>	<p>Obilježja vjetra u sadašnjoj i budućoj klimi na temelju simulacija regionalnih klimatskih modela za šire područje Jadrana</p>	<p>67</p>
<p>Dunić, N.</p>	<p>Termohalina svojstva i dinamički procesi u Jadranskome moru simulirani regionalnim klimatskim modelima</p>	<p>69</p>
<p>Odak Plenković, I.</p>	<p>Prognoza brzine vjetra upotrebom metode analogona nad složenom topografijom</p>	<p>71</p>
<p>Cindrić Kalin, K. Gašparac, G.</p>	<p>Metode analize trajanja sušnih razdoblja pomoću teorije ekstrema Razvoj i primjena združenoga atmosfersko-kemijskoga modelskoga sustava na područje Hrvatske</p>	<p>73 75</p>
<p>Kehler Poljak, G.</p>	<p>Međudjelovanje obalne cirkulacije zraka i duboke mokre konvekcije na istočnoj obali Jadrana</p>	<p>77</p>

Otvoreni stupci

<p>Znanstveno-stručni skup Meteorološki izazovi 7 – sažeci Prikaz knjige: Primijenjena znanstvena istraživanja u Državnom hidrometeorološkom zavodu In memoriam: Tomislav Dimitrov (7. 5. 1930. – 14. 5. 2020.) In memoriam: dr. sc. Josip Juras (22. 6. 1936. – 7. 10. 2019.)</p>	<p>79 147 150 151</p>
--	-----------------------------------