



Vetrnica

ISSN 1855-7457

glasilo Slovenskega
meteorološkega društva

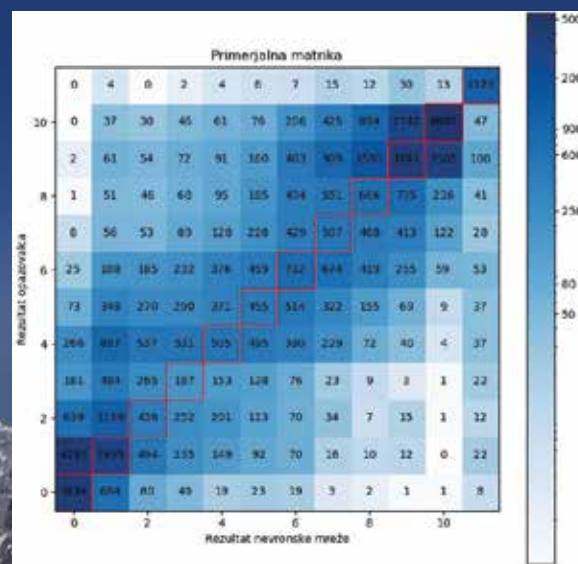
WWW.METEO-DRUSTVO.SI

**70 SLOVENSKEGA
METEOROLOŠKEGA
LET DRUŠTVA**

16/24

**Razvoj meteorologije
v zadnjih 20 letih**

**Sončev mrk v
Teksasu**



VSEBINA:

UVODNIK

3 UVODNIK

70 LET SLOVENSKEGA METEOROLOŠKEGA DRUŠTVA

4 70 LET SLOVENSKEGA METEOROLOŠKEGA DRUŠTVA

8 37 POVZETKOV PREDAVATELJEV NA SIMPOZIJU “METEOROLOŠKE MERITVE NEKOČ, DANES IN JUTRI”

POD DROBNOGLEDOM

76 URAD ZA METEOROLOGIJO, HIDROLOGIJO IN OCEANOGRAFIJO NA DRUŽBENIH OMREŽJIH KOT ARSO VREME IN ARSO VODE

80 VLOGA METEOROLOGIJE V MEDIJIH

82 SPREMEMBE (POSODOBITVE) PRI NAPOVEDOVANJU VREMENA NA AGENCIJI REPUBLIKE SLOVENIJE ZA OKOLJE OD 2004 DO 2024

84 RAZVOJ KATEDRE ZA METEOROLOGIJO PO PRELOMU TISOČLETJA

87 POPOLNI SONČEV MRK 8. APRILA 2024 V BOGATI (TEKSAS, ZDA) IN TEMPERATURNI PRIMERJAVA ŠTIRIH POPOLNIH SONČEVH MRKOV

94 ZGODOVINA IZDAJANJA GLASIL SLOVENSKEGA METEOROLOŠKEGA DRUŠTVA

UVODNIK

Slovensko meteorološko društvo letos praznuje 70. obletnico svojega obstoja. V zadnjih letih je meteorološka stroka z razvojem računalništva, merilne opreme in obdelave podatkov dosegla raven, ki si je ustanovni člani ob rojstvu društva leta 1954 niso mogli niti zamisliti. Razvoj stroke so v zadnjem času verjetno še pospešile močnejše in pogostejše vremenske skrajnosti kot posledica vse bolj opaznih podnebnih sprememb. Eden od temeljev omenjenega napredka pa so zagotovo kakovostne meritve, brez katerih ni ne zanesljivih vremenskih napovedi, ne kakovostnih podnebnih projekcij in množice drugih analiz podnebja in vremena. Da bi poudarili pomen meritev v meteorologiji in njihovo trenutno uporabo, je društvo v začetku junija organiziralo dvodnevni simpozij z naslovom Meteorološke meritve nekoč, danes in jutri. Na simpoziju se je zvrstilo skoraj 40 zanimivih predavanj, ki so pokrila praktično ves spekter uporabe meritev v meteorologiji in še malo v drugih strokah. Da ohranimo vsebino simpozija, smo predavanja posneli in jih shranili na društveni kanal Youtuba.

Simpoziju kot osrednjemu meteorološkemu dogodku letošnjega leta v Sloveniji smo namenili tudi glavno mesto v tokratni, izredni številki Vetrnice. Povzetke predavanj s simpozija dopolnjujejo štirje prispevki o razvoju nekaterih vidikov meteorologije zadnjih 20 let. V rubriki Zanimivosti pa lahko bralci najdete slikovit opis letošnjega popolnega Sončevega mrka, ki ga je opazoval in meteorološko spremljal tudi član društva.

Mineva 15 let od izdajanja društvenega glasila v sedanji obliki. Delo glavne urednice je do prejšnje številke opravljala mag. Mojca Dolinar, na občnem zboru 2024 pa je društvo za glavnega urednika imenovalo Gregorja Vertačnika. Zaradi dobrih dosedanjih izkušenj, zaenkrat večjih sprememb koncepta Vetrnice ne načrtujem. S to in naslednjimi številkami Vetrnice bom kot doslej ohranjal visoko strokovno in oblikovno raven, da bodo bralcem v prijetno branje.

V zadnjih letih Vetrnice praviloma nismo uspeli natisniti. Ob okroglem jubileju društva in bogati vsebini Vetrnice, ki jo trenutno listate, pa smo se odločili, da jo tudi natisnemo in s tem zagotovimo še večjo branost in popularizacijo meteorologije.



Foto: Rok Rakun

V pripravi je že naslednja, redna številka Vetrnice, z vodilno temo "Vloga meteoroloških podatkov za zmanjšanje škode ob izrednih vremenskih dogodkih" in poudarkom na neurjih poleti 2023. V uredništvu si najbolj želimo prispevkov o operativnem opozarjanju na izredne vremenske razmere, uporabi podatkov pri napovedi visokovodnih valov, ukrepanju tik pred in med ujmami s pomočjo meteoroloških meritev ali izračunov meteoroloških modelov in o vlogi meteoroloških podatkov na pripravljenost in soočanje z izrednimi razmerami. Seveda so dobrodošli tudi vsi ostali prispevki iz različnih rubrik Vetrnice.

Čeprav je delo urednika zanjeto in občasno kar naporno, pa Vetrnice kot celote ne bi bilo brez velikega truda tehničnega urednika, Jožefa Roškarja. Za predano in skrbno delo se mu kot glavni urednik lepo zahvaljujem.

Gregor Vertačnik, glavnik urednik Vetrnice



Fotografija na naslovnici:

Arhiv ARSO

Izdaja:

Slovensko meteorološko društvo
Vojkova 1b,
SI - 1000, Ljubljana
<http://www.meteo-drustvo.si>

Glavni urednik: Gregor VERTAČNIK

Uredniški odbor: Tanja CEGNAR,
Mojca DOLINAR,
Jožef ROŠKAR

Tehnično urejanje: Jožef ROŠKAR

Oblikovna zasnova: Sabina KOŠAK, Solos, d.o.o.

Tisk: Collegium Graphicum

Naklada: 400 izvodov

Ljubljana, OKTOBER 2024

ISSN 1855-7457

Naslov uredništva:

Vojkova 1b
SI-1000, Ljubljana
vetrnica.smd@gmail.com



**Slovensko
meteorološko
društvo**
Od 1954

70 let Slovenskega meteorološkega društva

Tanja Cegnar, Slovensko meteorološko društvo

Začetki

Slovensko meteorološko društvo so ustanovili na Prirodoslovno matematični fakulteti diplomirani meteorologi leta 1954 z namenom, da bi pripomogli k razvoju na fizikalnih temeljih utemeljene meteorologije v Sloveniji. Sprva je bilo za diplomirane meteorologe težko, nekateri med njimi so poklicno pot začeli kot opazovalci na Kredarici, kjer so bile razmere za bivanje v tistem času zelo težavne. Težko je bilo tudi zaradi pomanjkanja mednarodnih povezav in ustrezne literature. A naši kolegi se niso ustrašili izzivov in so po svojih najboljših močeh iskali vzornike v tujini ter vsaj za nekaj časa tudi odšli v tujino na izobraževanje ali delo. Leta 1957 so začeli izdajati meteorološko strokovno revijo, sprva naslovljeno Meteorološki zbornik, ki se je leta 1962 preimenovala v Razprave – Papers, v katero so na začetku članke prispevali tudi meteorologi iz ostalih republik v Jugoslaviji.

Že zelo hitro so spoznali, da lahko s svojim znanjem in delom veliko prispevajo k boljšim gospodarskim rezultatom države. Organizirali so zelo odmevne simpozije, izpostavimo le najodmevnejša. Leta 1975 je na temo Meteorologija in gospodarstvo društvo pripravilo dvodnevni posvet s 40 predavanji, prispevke so natisnili na 346 straneh v posebni številki Razprav. Leta 1977 je društvo organiziralo drugi jugoslovanski posvet na temo Avtomatizacija v meteorologiji, na katerem je bilo predstavljenih 14 prispevkov, katerih vsebina je bila tudi objavljena v posebni številki Razprav.

Ker se Hidrometeorološki zavod ni mogel prijaviti za raziskovalne naloge, so raziskave potekale v okviru društva. Ena prvih raziskav je bila Objektivna kratkoročna napoved padavin, katere rezultat je bila povezava med nižinskimi in višinskimi sinoptičnimi razmerami s količino in prostorsko razporeditvijo padavin v Sloveniji.

V skrbi za slovensko strokovno izrazoslovje, je leta 1990 v Ljubljani v sodelovanju med meteorološkim društvom in Slovensko akademijo znanosti in umetnosti izšel Meteorološki terminološki slovar, v katerem so na 127 straneh zbrani do tedaj uveljavljeni izrazi in njihova kratka razlaga.

Ob 40-letnici društva je izšla brošura z naslovom 40 let Društva meteorologov Slovenije 1954–1994

z orisom delovanja društva od ustanovitve dalje, vključno s povezavo med društvom in meteorološko službo, študijem meteorologije, vlogo društva kot pobudnika agrometeorološke dejavnosti na univerzi, prispevek o publikacijah in članek o strokovnih ekskurzijah.

Omeniti moram tudi Mednarodni kongres za biometeorologijo, ki ga je društvo leta 1996 soorganiziralo v Ljubljani. Kongres je bil v Cankarjevem domu, strokovni del smo popestrili z ekskurzijo v Postojnsko jamo in Cerkljiško jezero, priredili smo tudi več družabnih dogodkov. Kolegi iz mednarodnega društva za biometeorologijo se še danes radi spominjajo kongresa v Ljubljani, ki je tudi po strokovni strani prinesel več pomembnih novih pobud.

Podrobneje so začetek in prva desetletja delovanja društva opisani v zborniku, ki smo ga izdali ob 50-letnici društva. V njem je tudi pregled razvoja meteorologije v Sloveniji do leta 2004. Zbornik je v pdf zapisu dosegljiv na spletnih straneh društva. Poleg slavnostne večerje in podelitve častnega članstva v društvu vsem petim ustanovnim članom smo pol stoletja društva obeležili tudi z mednarodnim simpozijem o hudourniških poplavah.

Ker je izdajanje revije Razprave zamrlo, je leta 2009 zaživel društveno glasilo Vetrnica, ki z novo vsebinsko zasnovo ni nadaljevanje Razprav, ki so bile izključno strokovna revija, ampak je Vetrnica namenjena širši javnosti, kljub temu da vključuje tudi znanstvene članke. Poleg tega so člani društva prevedli Strokovni vodnik po dvomih o globalnem



Slika 1. Udeleženci enega izmed strokovnih izletov SMD (foto: Matija Klančar)



segrevanju, s katerim smo želeli ozaveščati javnost o podnebnih spremembah v času, ko vesti o njih še niso skoraj dnevno polnile medijskega prostora in političnih govorov.

Slavnostno smo obeležili tudi naslednjo okroglo obletnico, ob 60-letnici delovanja smo v prostorih Gospodarske zbornice na simpozij povabili večje uporabnike meteoroloških storitev, da so predstavili, kako jim meteorološki podatki pomagajo učinkoviteje in varneje delovati. Izbranim predavanjem je sledila okrogla miza o pomenu meteoroloških storitev. Poročilo o 60-letnici društva je objavljeno v 7. številki glasila Vetrnica.

Delovanje v Evropski meteorološki zvezi

Delovanje v okviru Evropske meteorološke zveze je najpomembnejša društvena mednarodna dejavnost od leta 1999 dalje, ko je bilo naše društvo med dvajsetimi ustanovnimi člani Evropske meteorološke zveze (EMS). Uporabljamo izraz zveze, saj so člani

udeleženi tudi kot sklicateljci nekaterih sekcij na letnih srečanjih EMS, skupaj z Geraldom Flemingom pa moderiram sklop sekcij namenjenih interakciji med družbo in meteorologijo ter sem članica Programsko znanstvenega odbora za organizacijo letnih konference EMS.

Sedanjest

Čas hitro teče in prišli smo do 70-letnice obstoja društva. Število članov je naraslo na 130. Razvoj na strokovnem področju in družbene razmere so se v desetletjih obstoja društva nenehno spreminjale, danes si razmere, v katerih so delovali kolegi pred več desetletji, komaj predstavljamo.

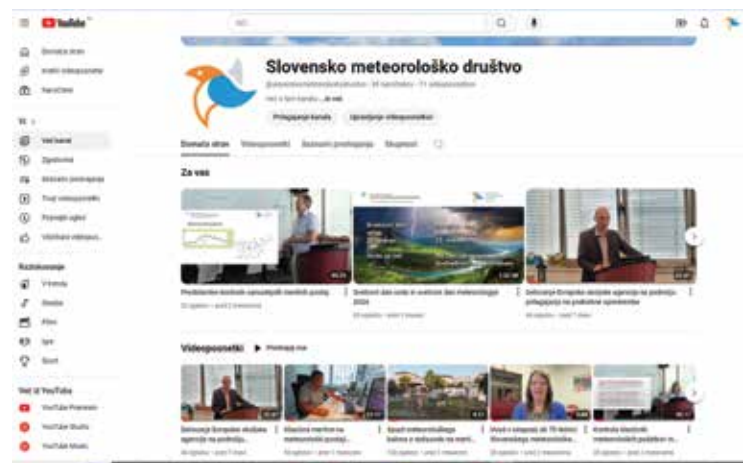
Že dobro desetletje ima društvo sporazum o sodelovanju z Agencijo RS za okolje in v skladu z njim pogosto predavanja in dogodke izpeljemo skupaj. V času, ko so veljale omejitve zaradi pandemije COVID-19, smo delovanje prenesli na splet in



Slika 2. Del spletne strani Evropske meteorološke zveze www.emetsoc.org

EMS državna meteorološka društva, pridruženi člani pa so pomembne mednarodne organizacije s področja meteorologije, državne meteorološke službe in privatna podjetja. EMS je bila ustanovljena z namenom, da uresničuje sinergične cilje meteoroloških društev v Evropi, ki jih društva sama ne bi mogli uresničevati.

Kot priznanje za dejavnosti v pripravi na ustanovitev EMS nam je pripadlo mesto v prvem izvršnem odboru EMS. Od jeseni 2004 je bilo naše društvo SMD za dve leti ponovno zastopano v izvršnem odboru EMS. Letos jeseni pa se je iztekel tretji mandat društva v izvršnem odboru EMS. Več podatkov o Evropski meteorološki zvezi si lahko ogledate na spletni strani <http://www.emetsoc.org>. Od vsega začetka v imenu našega društva vodim Odbor za medije in komunikacijo, mag. Mojca Dolinar je bila več let članica in nekaj let celo vodila Odbor za nagrade, zdaj pa je član tega odbora dr. Benedikt Strajnar. Z mag. Mojco Dolinar sva bili



Slika 3. Posnetek zaslona društvenega YouTube kanala

vzpostavili društveni YouTube račun (https://www.youtube.com/channel/UCIFbMFSEJBc_m4PKE8SoxQw), na katerem smo začeli objavljati posnetke predavanj in dogodkov. Strokovnih predavanj je bilo veliko, v zadnjih letih smo vsa posneli in objavili, da so dosegljiva tudi tistim, ki se predavanja niso mogli udeležiti ali pa bi si radi še enkrat ogledali vsebino. Konec septembra 2024 ima društvo objavljenih že 71 posnetkov predavanj in dogodkov, ki smo jih izpeljali sami ali pa v sodelovanju z drugimi društvi ali Agencijo RS za okolje. Med zahtevnejše projekte štejemo skupaj z Društvom planet Zemlja izpeljan natečaj Zeleno pero. S prispevki na natečaju smo izdali 14. številko glasila Vetrnica. Posodobili smo tudi izgled društvene spletne strani (www.meteo-drustvo.si), da na njej z lahkoto objavljamo tudi povezave na naše video vsebine. V letu, ko praznujemo 70-letnico, smo skupaj z Lektorskim društvom Slovenije in Agencijo za okolje



Slika 4. Zaključni dogodek projekta Zeleno pero v Celju (foto: Tanja Cegnar)

pripravili okroglo mizo o rabi slovenskega jezika v meteorologiji in povezanih okoljskih vedah. Že tradicionalno vsako leto sodelujemo z Agencijo za okolje pri izvedbi dogodka ob svetovnem dnevu meteorologije, ki ga pogosto povežemo s svetovnim dnevom voda, kjer največkrat predstavimo za medije zanimive teme, saj strokovne podrobnosti novinarjev ne pritegnejo.

Ker se je od izdaje Meteorološkega terminološkega slovarja zaradi hitrega razvoja meteorologije nabrala že vrsta novih terminov, smo skupaj z dr. Matejo Jemec Tomazin, znanstveno sodelavko na Inštitutu



Slika 6. Okrogla miza o rabi slovenskega jezika (arhiv SMD)



Slika 5. Najavna slika dogodka ob svetovnem dnevu voda in svetovnem dnevu meteorologije

za slovenski jezik Frana Ramovša, ZRC SAZU, začeli s pripravo sodobno zasnovanega terminološkega slovarja s področja meteorologije.

Osrednji dogodek ob 70-letnici društva je bil simpozij Meteorološke meritve nekoč, danes in jutri, ki smo ga namenili merilnim tehnikam in upravljanju s podatki. Že leta 2023 je Luka Ravnik predlagal, da bi v društvu ob 70-letnici izpostavili velik napredek merilnih tehnik, ki navadno na dogodkih za širšo javnost in medije

niso izpostavljene. Iz te ideje se je razvil dvodnevni simpozij, ki smo ga izvedli 4. in 5. junija 2024. Simpozij je bil zasnovan kot mozaik predstavitev, s katerimi smo želeli podati kolikor mogoče celovit pregled stanja na področju meritev, zagotavljanja kakovosti in hranjenja podatkov. Za otvoritev simpozija je pozdravni nagovor prispevala tudi predsednica Evropske meteorološke zveze prof. Liz Bentley, ki smo ga tako skupaj s predavanji na simpoziju objavili na YouTube kanalu Slovenskega meteorološkega društva. Predavanja so dostopna tudi na društveni spletni strani.

Na simpozij, ki smo ga organizirali v sodelovanju z Agencijo RS za okolje, smo povabili tudi sosednja meteorološka društva, odzvali so se Hrvati in Italijani iz pokrajine Furlanije Julijske krajine. Hrvaško meteorološko društvo sta zastopala predsednica Vesna Đuričić in predavatelj Vjeran Magjarević, vodja področne meteorološke službe Zagreb, ki je predstavil projekt METMONIC – modernizacija državne meteorološke merilne mreže na Hrvaškem. Alpsko-Jadransko meteorološko društvo je zastopal dr. Renato Roberto Colucci s predavanjem Julijske Alpe Meteo-Lab. Regijsko meteorološko službo sta zastopala Furio



Slika 7. Najavna slika simpozija ob 70-letnici Slovenskega meteorološkega društva

Pieri s predstavitvijo Regionalnega meteorološkega observatorija Furlanije Julijske krajine in direktor OSMER Arturo Pucillo, ki je predstavil službo, ki jo vodi.

Pridružil se nam je tudi Samo Čarman, CGS Labs d.o.o., s predavanjem z naslovom Od začetka merjenja padavin do vpliva celotne okoljemetrije na upravljanje kritične infrastrukture. Vabilu se je odzval tudi dr. Goran Milev z Inštituta Milana Vidmarja s predavanjem o zgodovini in sodobni mreži meritev razelektritev. Velika večina predavateljev pa je bila članov Slovenskega meteorološkega društva in/ali zaposlenih na Agenciji RS za okolje.

Načrti za prihodnost

Društvo bo s svojimi osnovnimi dejavnostmi, kot so strokovna predavanja, ekskurzije in novoletna

srečanja ter izdajanje publikacij, nudilo priložnosti za srečanja, izmenjavo idej, širjenje znanja in popularizacijo meteorologije tudi v prihodnje. Ponosni smo, da je v letu 2024 Odbor za konference Evropske meteorološke zveze sprejel našo kandidaturo za organizacijo letne konference Evropske meteorološke zveze septembra 2025 v Ljubljani, ki smo jo pripravili skupaj s Cankarjevim domom.

Ob koncu se zahvaljujem vsem članom društva, ki so s svojimi predavanji na simpoziju in povzetki, ki jih objavljamo v tej številki Vetrnice, pomagali dostojno obeležiti 70-letnico društva. Prisrčna zahvala gre tudi vsem članom društva, ki so s svojim delom prispevali, da je Slovensko meteorološko društvo uspešno delovalo do zdaj in si bodo prizadevali, da bomo uspešni in prepoznavni tudi v prihodnje.



Slika 8. V Cankarjevem domu bomo septembra 2025 gostili letno srečanje EMS

Zgodovina meteoroloških opazovanj v Sloveniji

Mateja Nadbath, Agencija Republike Slovenije za okolje



Sredi 19. stoletja so v prvem meteorološkem letopisu, imenovanem Letopisi cesarsko-kraljevega Osrednjega zavoda za meteorologijo in Zemljin magnetizem¹, v uvodu zapisali: »Ko se je sredi prejšnjega stoletja med najbolj kulturnimi narodi Evrope prebudil občutek za meteorološke raziskave in so se zaradi tega na več mestih ob določenem času dneva vzpostavila redna opazovanja, je pri teh prizadevanjih sodelovala tudi avstrijska cesarska država.« V krog najbolj kulturnih narodov smo kmalu, z letom 1785, vstopili tudi Slovenci. Z omenjenim letom so se začela meteorološka opazovanja v Piranu²³, ki so potekala do leta 1808 (slika 1).

Deset let zatem so z opazovanji začeli v Ljubljani, od leta 1818 do 1850. Meteorološke podatke za Ljubljano je opazovalec Friedrich Anton Frank, profesor z Gimnazije v Ljubljani, objavljali v takratnem časopisu Laibacher Zeitung⁴. Podatke teh opazovanj je povzel dr. Fran Viljem Lipič v knjigi Topografija c.-kr. deželnega glavnega mesta Ljubljane, izdani leta 1834⁵.

V Postojni je junija 1849, ko so kraj uradno imenovali Adelsberg, opazovanja opravljal uslužbenec telegrafske pisarne. Postojna je bila edina meteorološka postaja na Kranjskem in ena

Segue la Tavola delle Piogge.

1785	Monte Belluna	Padova	Pirano	Sacile	Schio	Tolmezzo	Trento	Valdobbiadene	Udine	Vicenza
Genn. --	2. 5	2. 0, 0	1. 9	3. 3, 3	3. 3	3. 0, 9	1. 6, 7	3. 8	3. 11, 9	2. 7, 0
Febbr. --	5. 11	4. 2, 7	5. 3	7. 6, 8	15. 5	10. 4, 7	5. 4, 0	10. 11	7. 8, 9	2. 5, 5
Marzo --	6. 3	1. 6, 6	2. 2	2. 6, 7	3. 7	1. 9, 3	1. 8, 0	2. 4	4. 7, 9	2. 6, 8
Aprile --	2. 5	1. 3, 2	1. 11	3. 11, 9	4. 5	4. 10, 9	2. 6, 9	6. 7	2. 3, 5	2. 7, 9
Maggio --	1. 1	2. 2, 9	0. 8	5. 7, 3	3. 2	12. 10, 0	6. 0, 7	2. 2	3. 3, 3	0. 10, 5
Giugno --	4. 11	3. 11, 3	3. 0	5. 5, 4	3. 11	4. 2, 6	2. 3, 3	6. 8	8. 1, 4	4. 4, 6
Luglio --	5. 5	4. 9, 3	2. 9	6. 8, 6	11. 8	12. 0, 2	4. 10, 0	5. 7	11. 0, 6	2. 4, 4
Agosto --	1. 4	1. 2, 6	9. 2	4. 3, 1	4. 3	3. 3, 9	1. 9, 4	2. 0	5. 6, 0	2. 2, 13
Settembr. --	1. 9	0. 10, 2	0. 6	2. 11, 3	1. 2	5. 1, 9	1. 10, 5	2. 3	1. 8, 8	0. 10, 0
Ottobre --	0. 4	2. 2, 6	4. 9	1. 6, 3	3. 1	2. 8, 8	0. 11, 0	1. 9	5. 2, 8	1. 10, 7
Novembre --	9. 3	2. 1, 9	3. 7	10. 9, 4	14. 11	19. 7, 5	10. 5, 7	18. 0	7. 11, 7	4. 0, 8
Dec. --	7. 9	6. 3, 9	9. 8	9. 0, 9	9. 7	9. 2, 8	2. 11, 8	8. 2	9. 9, 8	8. 2, 2
Somme	49. 7	32. 9, 4	45. 2	63. 9, 0	78. 5	88. 7, 5	42. 4, 0	69. 1	71. 4, 6	30. 9, 0

E N O T I Z I E ec. 261

Slika 1. Mesečna višina padavin za leto 1785 z izbranih postaj, tudi s Pirana, iz publikacije Toaldo Giornali

1 Jahrbücher der k.k. Central-Anstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus I. band. – Jahrgang 1848 und 1849, Wien 1854

2 Podatki opazovanj v Piranu so objavljena v publikaciji Toaldo, G., 1802, Toaldo Giornali, Completa raccolta di opuscoli, osservazioni, e notizie diverse contenute nei Giornali astro-meteorologici dall' anno 1773. sino all' anno 1798. del fu signor abate Giuseppe Toaldo pubblico professore di astronomia e meteorologia nell' università di Padova socio delle fiu' illustri accademie d'Europa coll' aggiunta di alcune altre sue produzioni meteorologiche e pubblicate ed inedite tomo terzo, Venezia

3 Podatki opazovanj v Piranu so bili objavljeni v tudi publikaciji Beiträge zur Hydrographie Österreichs Herausgegeben vom hydrographischen Zentralbureau im k.k. Ministerium für öffentliche Arbeiten, X. Heft, Die Niederschläge in den österreichischen Flußgebieten, Wien 1918

od 33, ki so jo predstavili v meteorološkem letopisu za leto 1849 in je bila del uradne meteorološke mreže opazovalnic. Naslednje leto se ji je pridružila postaja v Ljubljani, leta 1852 postaji v Celju in Zgornjih Gorjah, 1858 postaja v Novem mestu, leta 1864 postaji v Mariboru in na Ptuju... Leta 1871 je

4 Intelligenz-Blatt zur Laibacher Zeitung 1818–1950, 1867–1862, dLib, <https://www.dlib.si/>

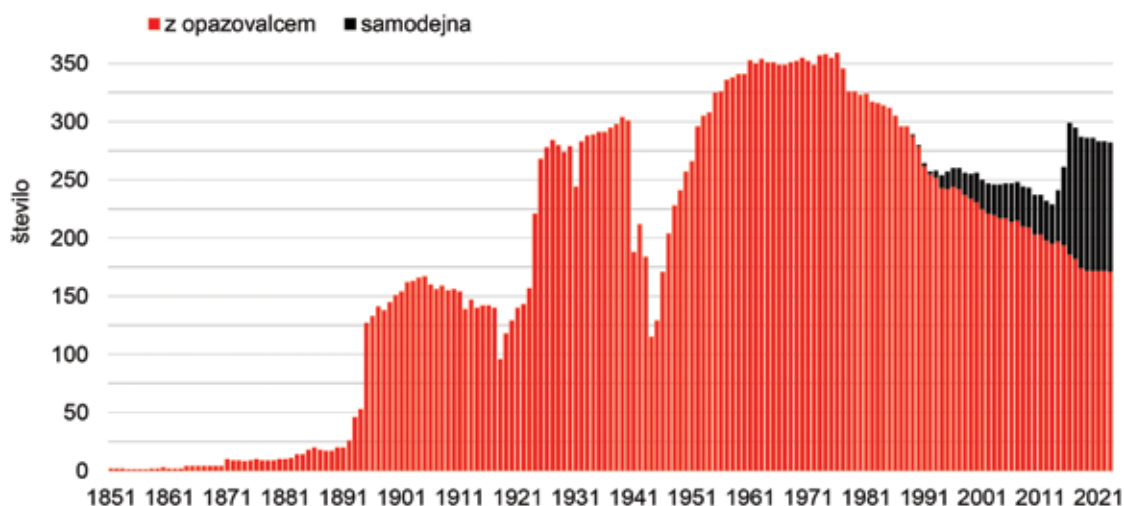
5 Prva opazovanja v Ljubljani je povzel Fr. W. Lippich v knjigi Topographie der k.k. Provinzial-hauptstadt Laibach, Laibach 1834 (Fran Viljem Lipič, Topografija c.-kr. deželnega glavnega mesta Ljubljane, Ljubljana 2003).

število opazovalnic prvič doseglo številko 10, leta 1895 pa je zaradi vzpostavitve vzporedne mreže padavinskih postaj novoustanovljena Hidrografske službe v Avstriji preseglo 100 (slika 2). Pred prvo svetovno vojno je bilo največ postaj leta 1905, 167. Med vojno je njihovo število upadlo pod 100, a takoj po koncu vojne spet naraslo na 120 in več. V letih pred drugo svetovno vojno jih je bilo že okoli 300. Kot v prvi, se je tudi v času druge svetovne vojne število opazovalnic zmanjšalo. Največ postaj okoli 350, smo imeli sredi sedemdesetih in v začetku osemdesetih let 20. stoletja (slika 2). V začetku devetdesetih let smo začeli uvajati prve samodejne postaje, prva je bila postavljena decembra 1989 v Mariboru. Slednje v vedno večjem številu nadomeščajo postaje z opazovalci. V Registru infrastrukture meteorološke službe je sedaj skupaj okoli 280 postaj in dva meteorološka radarja.

Iz prvih navodil za opazovanja in meteoroloških letopisov lahko razberemo, kakšne so bile razmere sredi 19. stoletja, ob vzpostavitvi organizirane in



Slika 3. Serafina Dežman, prva znana meteorološka opazovalka na slovenskem. Opazovala je na meteorološki postaji v Ljubljani v obdobju 1861–1895. (Slika Serafine Dežman, slikarja Ladislava Beneša s spletne strani Narodnega muzeja Slovenije <https://www.nms.si/si/zbirke/digitalne-zbirke/umetnostne-zbirke/slike/9681-Serafina-Dezman>)



Slika 2. Število meteoroloških postaj od 1851 do 2023

sistematične meteorološke mreže opazovalnic: pismenost prebivalstva ni bila samoumevna, razumevanje navodil za opazovanje v nemščini tudi ne, ura (katere točnost je bila vprašljiva), ki je osnova za opravljanje meritev ob določenem delu dneva, je bila najpogostejše na cerkvenem zvoniku, opazovalne termine so še usklajevali, s telegrafskih uradov so izmerke posredovali na Dunaj s telegrafom, z ostalih postaj pa po običajni pošti, meteorološke postaje so obiskovali z vozovi in peš, instrumenti so bili drugačni, saj je imel denimo termometer do leta 1871 merilno skalo v Reaumourovi lestvici, postavitve instrumentov še niso bile povsem standardizirane...

Zaradi vsega tega je razumljivo, da so bili prvi meteorološki opazovalci izobraženci kot so profesorji, duhovniki, farmacevti, pravniki, uradniki, gozdarski in cestni ter železničarski mojstri... Med njimi je bila

tudi meteorološka opazovalka Serafina Dežman, ki je opazovanja vršila v letih 1861–1895, na postaji v Ljubljani (slika 3).

Podobno kot je Serafina vršila opazovanja 35 let, mnogi opazovalci svoje delo opravljajo kot poslanstvo, pogosto ostajajo meteorološka opazovanja v družini več generacij. Tako pri isti družini opravljajo meteorološka opazovanja dlje kot 90 let v Davči, Kranjski Gori, Logatcu, Lučinah, Železnikih, Zgornji Sorici, Srednji Bistrici in na Sinjem Vrhu.

Leta 1851 je bil uradno ustanovljen Osrednji zavod za meteorologijo in Zemljin magnetizem (Central-Anstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus⁶) na Dunaju,

6 Central-Anstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus je kasneje preimenovan v Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik in leta 2023 v GeoSphere Austria

ki je bil zadolžen tudi za organizacijo meteorološke službe na ozemlju današnje Slovenije. Pred tem so meteorološka opazovanja potekala v okviru Cesarske akademije znanosti⁷ na Dunaju. Osrednji zavod je meteorološke postaje oskrbel z instrumenti, opazovalce pa podučil o načinu opazovanja, jim dal navodila, spremljal njihovo delo z obiski na postajah, zbiral meteorološka poročila in po koncu leta izdal letopis, takrat imenovan Jahrbücher der k.k. Central-Anstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus. To je način dela, ki so ga vzpostavile vse meteorološke službe v Evropi in mu sledimo še danes.

Osrednji zavod za meteorologijo in Zemljin magnetizem na Dunaju se je kasneje delil tako kot država, še na Ogrski del v Budimpešti, pod upravo katerega je spadalo Prekmurje. Leta 1893 je bila

se je Uprava oblikovala v Hidrometeorološki zavod (slika 4), tako je ostalo vse do leta 2001, od kar je meteorološka služba v okviru Agencije Republike Slovenije za okolje (ARSO).

Objava zabeleženih meteoroloških opazovanj v letopisu je bila pomembna za potrebe znanosti, upravljanja prostora, gospodarstva... S tem so podatke ohranili tudi za naslednje rodove. Zaradi široke uporabnosti in pomena meteoroloških podatkov ter stroškov povezanih z vzpostavitvijo in vzdrževanjem organizirane in sistematizirane mreže postaj, so bila meteorološka opazovanja od njihove vzpostavitve dalje sestavni del vsakokratne državne uprave.

Zaradi truda in vztrajnosti več tisoč opazovalcev, ki so z entuziazmom in natančnostjo dan za dnem



Slika 4. izsek iz Uradnega lista št. 24, iz 11. julija 1957, Uredba o organizaciji in delu Hidrometeorološkega zavoda Ljudske Republike Slovenije

na Dunaju za potrebe hidrologije ustanovljena še Hidrografska služba v Avstriji⁸. V okviru te službe je bilo v Sloveniji dodatno postavljenih mnogo padavinskih postaj. Po prvi svetovni vojni je bila meteorološka služba v večjem delu Slovenije organizirana pod okriljem Državnega zavoda za meteorologijo in geodinamiko v sklopu Univerze v Ljubljani. Na Primorskem pa je mrežo meteoroloških postaj organizirala Kraljevina Italija v sklopu Hidrografskega urada v Benetkah⁹. Po koncu 2. svetovne vojne je bila ustanovljena Uprava hidrometeorološke službe pri vladi Ljudske Republike Slovenije (Uradni list 24. maja 1947). Julija 1957

opazovali in beležili vreme, imamo na ARSO bogat meteorološki arhiv in več kot 100 let dolge nize podatkov, z nekaterih samodejnih meteoroloških postaj so nizi podatkov dolgi več kot 30 let. Dolgi nizi podatkov so nepogrešljivi za analizo podnebja in podnebnih sprememb. Na pomembnost klasičnih postaj z dolgoletnimi opazovanji opozarja Svetovna meteorološka organizacija z iniciativo Stoletne opazovalne postaje (ang. Centennial observing stations). Dolgoletni in kakovostni podatki ter izkušnje s klasičnih postaj so pripomogli k razvoju meteorologije, samodejnih meteoroloških instrumentov in umerjanju meteoroloških satelitov in radarjev.

7 Kaiserliche Akademie der Wissenschaften
8 Hydrographischer Dienst in Österreich
9 Ufficio idrografico del R. Magistrato alle Acque Venezia

Klasična merilna mreža

Filip Štucin, Agencija Republike Slovenije za okolje



Meritve vremenskih elementov so od prvih začetkov in še desetletja pozneje potekale samo v okviru klasične merilne mreže, kjer je opazovalec ročno meril in opazoval meteorološke količine. Tako je bilo tudi na ozemlju sedanje Slovenije v začetku oziroma sredi 19. stoletja. Merilna mreža se je z leti povečevala, število meteoroloških postaj je začasno upadlo le v času svetovnih vojn.

Število postaj je doseglo vrhunec konec sedemdesetih let prejšnjega stoletja, ko je bilo v Sloveniji več kot 100 klimatoloških (podnebnih) postaj in več kot 200 padavinskih postaj. Danes jih sicer poimenujejo malo drugače, a vsebino zlahka razberemo iz njihovih imen. Padavinska postaja meri le padavine in z njimi povezane pojave, klimatološka pa še vsaj temperaturo in vlago zraka trikrat dnevno, ob 7., 14. in 21. uri.

Kaj vse se je merilo in opazovalo? Med najbolj značilnimi so: temperatura in vlažnost zraka, zračni tlak, smer in hitrost vetra, višina padavin in snežne

odeje, oblaki, trajanje sončnega obsevanja, vidnost in atmosferski pojavi.

Z razvojem znanosti in tehnologije so se tudi pri meritvah vremena pojavile samodejne postaje in nadomeščale zahtevno vsakodnevno obvezo klasičnih meritev. Posledično se je lahko zmanjšalo število klasičnih merilnih mest, tako da je v letu 2024 na območju Slovenije le še 19 klimatoloških, 143 padavinskih in manjše število drugih klasičnih postaj.

Od vsega začetka je bilo treba skrbeti za kakovost inštrumentov in jih umerjati. Umerjanje inštrumentov je smiselno predvsem za termometre in barometre, pri manj zahtevnih ali bolj enostavnih se je preverjala nepoškodovanost, na primer pri dežemeru ali snegomeru. Po drugi svetovni vojni se je v okviru države Jugoslavije v Beogradu vzpostavil ustrezen laboratorij. Primer takratnega potrdila (današnjega certifikata) je na sliki 1. Po osamosvojitvi se je ustrezen laboratorij vzpostavil v Ljubljani.



Slika 1. Primer potrdila o umerjanju termometra iz laboratorija v Beogradu (levo) in primer klasične meteorološke hišice z inštrumenti (desno)

Za nekatere meritve so odločevalci v desetletjih spoznali, da nimajo pričakovane uporabnosti, ali pa so jih nadomestile druge, v glavnem samodejne meritve. Tako so za meritve izhlapevanja vode spoznali, da so bolj uporabne empirične ocene na podlagi stanja atmosfere, to je vetra, temperature in vlažnosti zraka ter sončnega obsevanja. Posledično so bile opuščene meritve s Pichejevim in Wildovim evaporimetrom, na koncu pa še z evaporimetrom vrste "A". Opuščeno se je opazovanje višinskega vetra z nefoskopom in

Besonovimi grabljami. Vzrok je bil razvoj radiosond, ki so omogočale meritve še pri brezoblačnem vremenu in ponoči in predhodnik katerih je bilo merjenje vetra s pomočjo spremljanja pilot-balona s teodolitom.

Ostajajo pa klasične meritve gostote snega, ki so nekoč služile kot podlaga za oceno obtežbe snežne odeje in so določale gradbene standarde. V sedanjih spremenjenih klimatskih razmerah se pomen snežne odeje v dolinah zmanjšuje. Narašča pa zanimanje za

vsebnost vode v celotni snežni odeji v gorskem svetu, tako z vidika vpliva na vodnatost rek v začetku poletja kot tudi vpliva vetra pri merjenju trdnih padavin, kjer jih zaradi vpliva vetra v merilnem loncu konča manj kot pa na tleh.

Primer meritev gostote celotne snežne odeje na visokogorski postaji Kredarica je prikazan na sliki 2.

Še vedno ostajajo tudi meritve trajanja sončnega obsevanja s heliografom, ki je prikazan na sliki 3.

Klasične meritve še vedno potrebujemo, saj se vseh meteoroloških elementov bodisi ne da samodejno meriti bodisi so meritve premalo zanesljive.



Slika 2. Meritev gostote snežne odeje na Kredarici. Za celotno snežno odejo je treba skopati jama do tal. Ob koncu zimske sezone spomladi 2024 je bila jama globoka tri metre in pol.



Slika 3. Heliograf je inštrument za merjenje trajanja sončnega obsevanja. Pravzaprav je to idealen registrator, saj Sonce zagotavlja tako uro kot tudi energijo za registracijo. Skrbno pa moramo paziti na vzdrževanje, saj nam neodstranjen sneg, rosa ali slana lahko preprečita registracijo. Treba ga je tudi natančno usmeriti proti jugu.

Opazovanje meteoroloških pojavov

Anže Medved, Agencija Republike Slovenije za okolje



Meteorološke pojave opazujemo na klasičnih meteoroloških postajah, kjer je zaposlen honorarni oz. profesionalni opazovalec. V merilni mreži ARSO je okoli 170 lokacij, kjer se še izvajajo klasične meritve in opazovanja (slika 1). Velika večina teh se opravi na padavinskih postajah. To so postaje najnižjega reda, kjer enkrat na dan izmerimo padavine in čez celoten dan opazujemo osnovne atmosferske pojave. Na klasični oziroma podnebni postaji izvajamo meritve trikrat dnevno in opazujemo ves nabor atmosferskih

pojavov. Še pogostejše meritve izvajamo na glavnih oziroma sinoptičnih postajah, kjer poleg atmosferskih pojavov opazujemo tudi oblake (primer takšne postaje je na sliki 2). Podatki z glavnih postaj, ki jih je v Sloveniji le šest, se vsako uro preko sinoptičnih depeš pošljejo v mednarodno izmenjavo. Glavne postaje z opazovalcem poskušajo nadomestiti samodejne postaje, ki imajo t. i. senzorje sedanjega vremena in količine oblakov, vendar so ti podatki manj zanesljivi od opazovalca.



Slika 1. Zemljevid lokacij meteoroloških postaj z opazovalcem leta 2024



Slika 2. Fotografija glavne meteorološke postaje Ljubljana Bežigrad

Meritve kakovosti zraka

Mateja Gjerek, Agencija Republike Slovenije za okolje



Meritve kakovosti zraka izvajamo v okviru Državne merilne mreže za kakovost zunanjega zraka. Merilna mreža vsebuje 24 merilnih mest po vsej Sloveniji (slika 1). Spremljamo različna onesnaževala: ozon, delce PM₁₀ in PM_{2,5}, dušikove okside, žveplov dioksid, ogljikov dioksid, benzen ter arzen, kadmij, svinec, nikelj, benzo(a)piren, ione ter EC/OC (organskega in elementarnega ogljika) v delcih PM₁₀ oziroma PM_{2,5}. Postavitev merilnih mest in nabor onesnaževal na posameznih merilnih mestih je v skladu z zahtevami direktive o kakovosti zunanjega zraka in čistejšem zraku za Evropo iz leta 2008, ki je

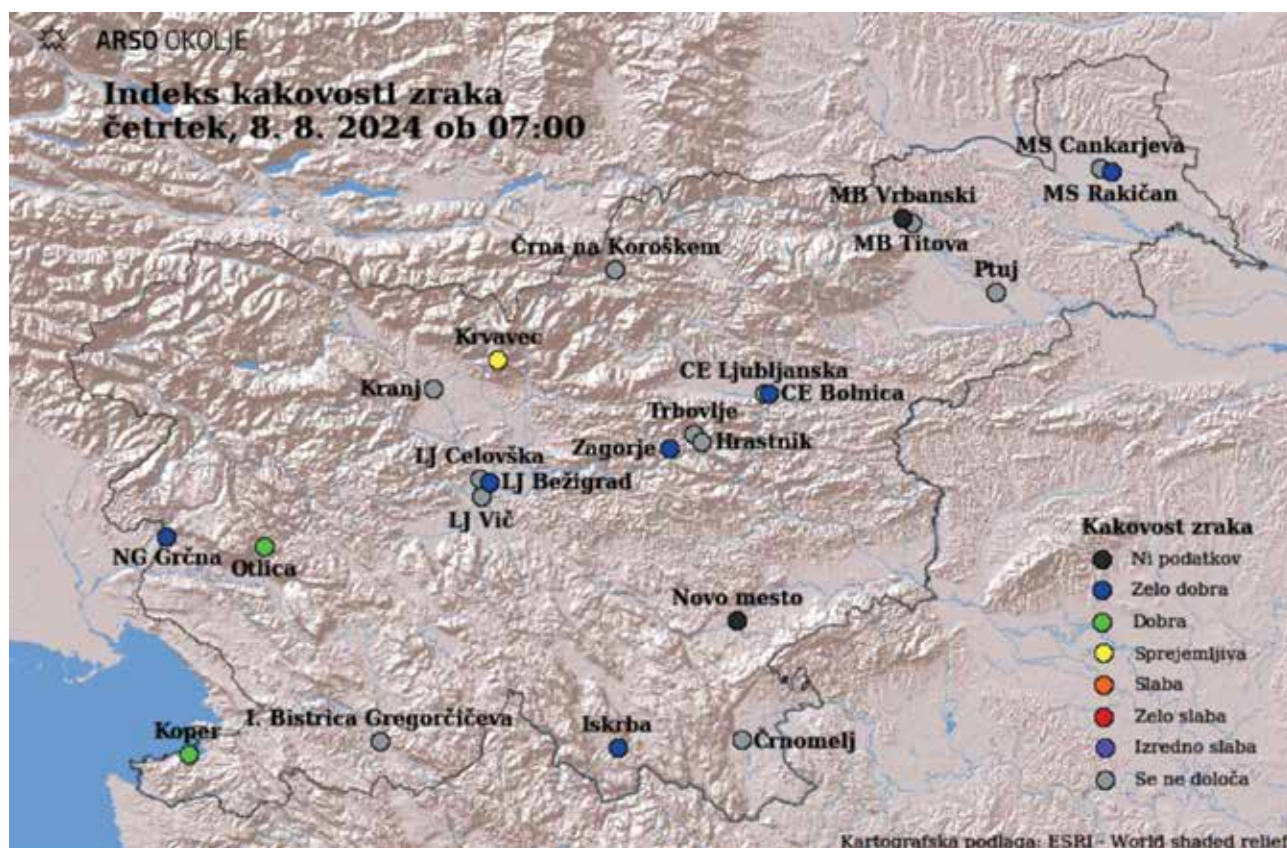
prenesena v naš pravni red. Se pa pripravlja prenova te direktive, ki bo precej zaostрила standarde kakovosti zraka in jih približala smernicam svetovne zdravstvene organizacije.

Nabor merjenih onesnaževal je na posameznih merilnih mestih različen. Tudi to je namreč določeno z evropsko zakonodajo. Poleg meritev kakovosti zraka se na naših merilnih mestih izvajajo tudi meritve meteoroloških parametrov. Na največ postajah se meri raven delcev in ozona, ki sta trenutno najbolj problematični onesnaževali. Meritve

žveplovega dioksida, ozona, dušikovih oksidov, ogljikovega monoksida, delcev in benzena se merijo z avtomatskimi merilniki, rezultati meritev so na voljo sproti. Meritve delcev se izvajajo tudi z referenčnimi merilniki, ki podajajo zgolj dnevne vrednosti, rezultati pa so na razpolago šele čez nekaj tednov, ko je narejena analiza filtrov v laboratoriju. Prav tako so z zamikom na razpolago tudi meritve težkih kovin, PAH-ov (policiklični aromatski ogljikovodiki), organskega in elementarnega ogljika ter živega srebra.

Kontrola meritev poteka na več nivojih. Nekaj kontrol se izvede že takoj, ko so meritve opravljene, nato sledijo kontrole podatkov v bazi, na dnevni, mesečni in letni ravni. Podatki so dokončni šele po letnem pregledu. Seveda pa je nujno merilnike tudi redno preverjati na terenu in v našem umerjevalnem laboratoriju.

Podatki o kakovosti zraka morajo biti sproti dosegljivi javnosti in se v različnih prikazih objavljajo na spletni strani ARSO. Tu lahko najdete urne in dnevne podatke, indeks onesnaženosti zraka in modelski napovedi za ozon in delce. So pa na spletni strani ARSO objavljena tudi različna poročila o stanju kakovosti zraka v Sloveniji. Podatke posredujemo tudi zunanjim inštitucijam in organizacijam. Podatki o kakovosti zraka se uporabljajo za oceno stanja, pripravo analiz in napovedi, uporabljajo jih tudi zdravstvene in strokovne organizacije ter državne institucije za podporo pri odločanju. V naslednjih letih se bo merilna mreža še nekoliko razširila, povečal se bo tudi nabor merjenih onesnaževal. Razširil se bo nabor produktov in prikazov, ki bodo prinesli več koristnih informacij javnosti in stroki.



Slika1. Prikaz indeksa kakovosti zraka na merilnih mestih za kakovost zraka v okviru Državne merilne mreže.

Meritve na letališčih

Andrej Hrabar, Agencija Republike Slovenije za okolje



Meteorološke razmere lahko vplivajo na izvajanje letalskih operacij na letališčih. Mejne vrednosti posameznih meteoroloških spremenljivk (močan veter, slaba horizontalna ali vertikalna vidljivost in podobno), ki še omogočajo letalske operacije, so odvisne od velikosti in opremljenosti (kategorije) letališča z navigacijskimi napravami, opremljenosti samih zrakoplovov in usposobljenosti posadk zrakoplovov. Opremljenost letališča z meteorološkimi merilnimi sistemi je odvisna od kategorije letališča in tudi klimatoloških razmer. Običajno se na letališčih izvajajo meritve vseh standardnih meteoroloških spremenljivk ter dodatno še meritve vidljivosti na različnih lokacijah, dodatne meritve vetra in baze oblakov (slika 1).

Na letališčih se torej meritve ne izvajajo samo na eni lokaciji, ki jo običajno imenujemo meteorološka postaja, ampak se meritve izvajajo na lokacijah, ki so lahko tudi kilometer, dva ali celo dlje narazen. Vsi podatki morajo biti obdelani in na voljo takoj, torej v realnem času, brez časovnega zamika, zato so kritični elementi podvojeni, veliko pozornosti se posveča tudi sistemom neprekinjenega delovanja, zagotavljanja kvalitete meritev ter rezervnim postopkom v primeru izpadov delovanja sistemov.



Slika 1. Lomljiv drog za veter na letališču s podvojenima merilnikoma vetra. Na fotografiji je na desni strani ultrazvočni (UZ) anemometer, na levi pa klasični mehanski anemometer s šalčkami in dajalnikom smeri. Barve in barvni vzorci na drogu so tudi predpisani oziroma standardizirani.

Zgodovina in sodobna mreža meritev razelektritev

Goran Milev, Elektroinštitut Milan Vidmar



Zemlja je stara približno 4 milijarde let, strele pa se pojavljajo že zadnjih 3,7 milijarde let. Kljub temu smo strele natančno lokalizirali šele v zadnjih 40 letih, kar predstavlja izjemen napredek v tehnologiji. Danes smo sposobni s pomočjo sofisticiranih sistemov in metod natančno določiti lokacijo strel in analizirati njihove učinke.

Razumevanje strele in njenega nastanka je bilo vedno predmet špekulacij. Nekatere teorije namigujejo, da je strela morda prispevala k nastanku preprostih aminokislin, osnovnih gradnikov DNK, kar je lahko bilo

počelo življenja na Zemlji. Strela ima tudi pomembno mesto v mitologiji številnih starodavnih kultur. V stari Grčiji so verjeli, da strele meče bog Zevs, v nordijski mitologiji je bil za strele odgovoren bog Thor, Rimljani pa so verjeli, da jih meče Jupiter. Pred približno 200 leti je Benjamin Franklin s svojim znamenitim poskusom z zmajem dokazal, da je strela električni pojav. Izumil in patentiral je strelovod, ki je v svoji osnovi ostal nespremenjen do današnjih dni. Franklin ni bil le pionir na področju raziskovanja strel, temveč je bil tudi eden od ustanovnih očetov Združenih držav Amerike.

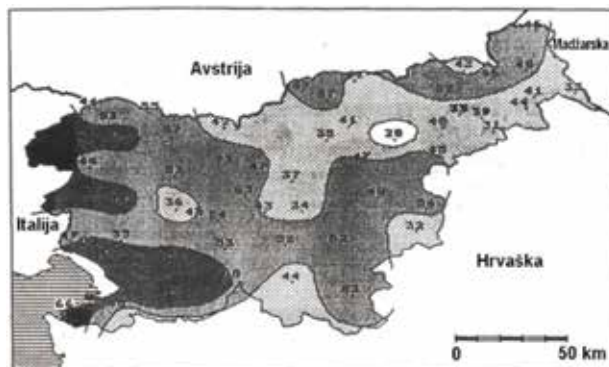
Tehnike lokalizacije strel

Ob sprostitvi naboja med oblakom in zemljo se sprost velika količina energije, ki teče kot tok po prevodnem kanalu. Ta tok povzroči hitro segrevanje zraka in njegovo eksplozivno širjenje, kar se manifestira kot zvočni val ali grom. Zrak v prevodnem kanalu se zaradi visokih temperatur segreje na nekaj tisoč Kelvinov, kar vidimo kot blisk. Tretji učinek udara strele je elektromagnetni pulz, ki se širi v obliki koncentričnega kroga po zemeljskem površju. S primernimi senzorji lahko zaznamo ta elektromagnetni val in določimo lokacijo strele.

Prva metoda lokalizacije temelji na poznavanju lokacij senzorjev in smernih kotov od severa (azimutov) in jo imenujemo smerna metoda oziroma metoda MDF



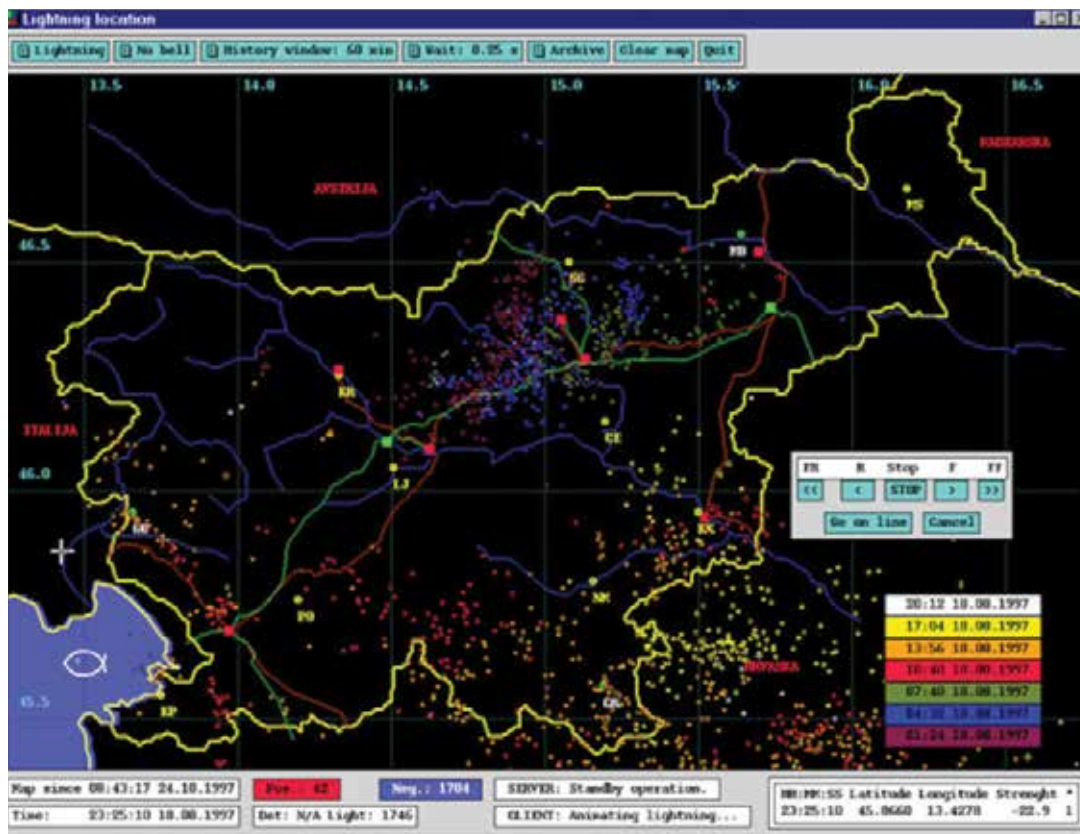
Slika 1. Detekcija strel po kombinirani metodi MDF+TOA



Slika 2. Karta povprečja letnega števila nevihtnih dni

(ang. Magnetic Direction Finding). S pomočjo sferične trigonometrije izračunamo sečišča najmanj dveh azimutov. Kasneje se je pojavila časovna metoda oziroma metoda TOA (ang. Time of Arrival), ki je bila implementirana s pomočjo sinhronizacijskih naprav GPS, in temelji na natančnem merjenju časa. Meri se čas prispetja elektromagnetnega udarnega vala in iz razlike časov, izmerjenih na različnih lokacijah, izračunamo lokacijo strele.

Leta 1977 sta Uman in Kreider postavila prvi avtomatski sistem za lokalizacijo strel, ki je uporabljal Conseil International des Grands Réseaux Electriques nekaj kilometrov na razdalji nekaj sto kilometrov. V devetdesetih letih prejšnjega stoletja sta se pojavila senzorja LPATS III in IMPACT, ki sta



Slika 3. Prve zabeležene strele, 18. 8.1997



Slika 4. Omrežje sistema Euclid

temeljila na tehnologiji GPS. Leta 1996 je analizator pozicije omogočil obdelavo tehnologij TOA in MDF.

Beleženje strel na Slovenskem

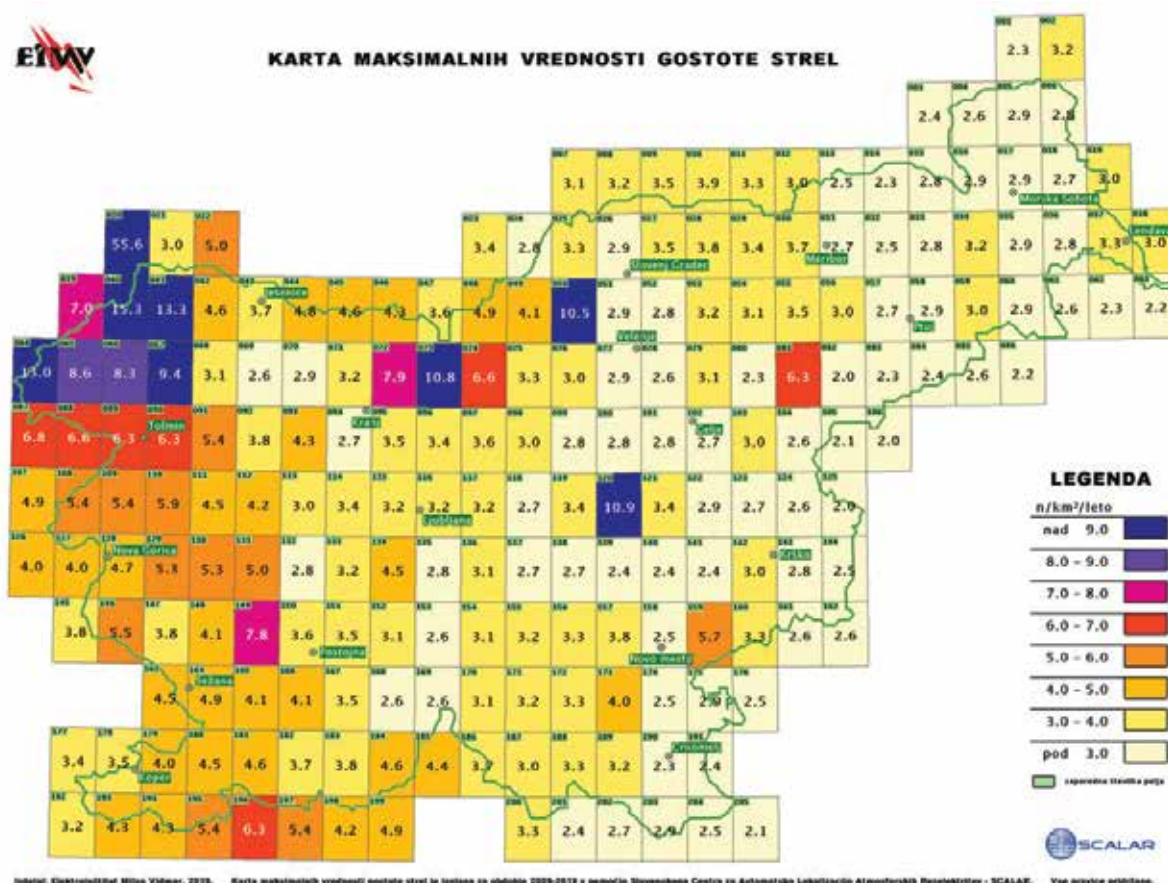
Do konca osemdesetih let so opazovalci beležili nevihtne dni, ko so slišali grom, kar je bil znak za nevihtni dan. To je bil preprost, a ne najbolj natančen način beleženja aktivnosti strel (slika 2).

Združenje elektrotehnikov v Sloveniji je nato začelo postavljati števec CIGRE (fr. Conseil International des Grands Réseaux Electriques), ki so omogočali



Slika 5. Senzorji sistema SCALAR

bolj sistematično in natančno beleženje nevihtnih dni. Števci CIGRE so zaznavali električne impulze, ki jih povzročajo strele, in so tako omogočali bolj zanesljive podatke o pojavnosti strel. V Sloveniji sta dr. Janko Kosmač in mag. Vladimir Djurica na EIMV (Elektroinštitut Milan Vidmar) leta 1996 postavila sistem za detekcijo strel in ga imenovala sistem SCALAR (Slovenski Center za Avtomatsko Lokalizacijo Atmosferskih Razelektritev). Prvi rezultati, leta 1997, so kljub začetnim težavam veliko obetali (slika 3). Nato je leta 1998 EIMV kot prvi na svetu uporabil internet za prenos surovih podatkov o strelah. Leta 1999 je Slovenija postala soustanoviteljica



Slika 6. Karta največjih vrednosti gostote strel, ki zamenjuje karto nevihtnih dni

sistema EUCLID (European Cooperation on Lightning Detection), ki danes vključuje več kot 13 članov in več kot 170 senzorjev po vsej Evropi (slika 4).

Sistem EUCLID omogoča natančno spremljanje strel na področju zahodnega Balkana (slika 5) in kot članica EUCLID združenja spremljanje tudi v celotni Evropi, kar prispeva k boljšemu razumevanju teh naravnih pojavov.

Sistem SCALAR danes je postal izjemno kompleksen sistem. Pretok podatkov od detekcije strele do grafičnega prikaza na zaslonu poteka preko več korakov, ki morajo delovati zelo zanesljivo in natančno. Senzorji prejemajo podatke preko satelitske navigacije in vzdržujejo natančnost ure. Po merjenju električnega polja se podatki digitalizirajo in opremijo s časovno značko, nato pa se preko komunikacijskih poti prenesejo do EIMV in nato naprej do uporabnikov v realnem času. Sistem SCALAR danes zagotavlja več kot 98-odstotno učinkovitost detekcije strel z amplitudo večjo od 5 kA in natančnost pod 150

m. Zato danes podatki o strelah sistema SCALAR omogočajo izračun karte z visoko ločljivostjo gostote strel (slika 6), ki zamenjuje karto nevihtnih dni (slika 2), ki bistveno natančneje podaja stopnjo izpostavljenosti izbranega področja. Uporabniki podatkov o strelah vključujejo ARSO, MOPE, podjetja v elektro-gospodarstvu, telekomunikacijah, transportu in zavarovalništvu ter ostale uporabnike, ki so na kakršen koli način povezani z učinki strel. Pričakovanja uporabnikov so visoka stopnja zanesljivosti, točnost podatkov, učinkovitost detekcije in klasifikacije. Podatki o strelah so ključnega pomena za varnost in načrtovanje v številnih panogah. Zato uporabljamo tehnologijo, ki jo proizvaja specializirano podjetje za izdelavo meteorološke opreme, ki se stalno preverja, rezultati se sproti vrednotijo skozi različne akademske raziskave na vseh celinah sveta. Poleg podatkov o strelah pa operaterji razvijamo napredne storitve, dostopne prek spleta, ki pokrivajo vedno večje zahteve profesionalnih uporabnikov.

Vremenski radarji v Sloveniji nekoč, danes in v prihodnje

Anton Zgonc, Agencija Republike Slovenije za okolje



Merjenje padavinskih oblakov v Sloveniji v vremenski radarji se je začelo leta 1971 na Žikarjah pri Mariboru, kjer je bil kot del sistema obrambe proti toči v SR Slovenija nameščen predelan vojaški radar za spremljanje nevihtnih sistemov v radiju 40 km. Obdobje od 1971 do 2004 pokriva prispevek Zgodovina radarskega zaznavanja padavin v Sloveniji (Divjak, 2004), izdan v monografiji ob 50-letnici SMD. Pričujoč prispevek pokriva obdobje od 2004 do 2024 in tudi načrte za naprej.

Vremenski radar na Lisci je doživel prvo in zelo pomembno nadgradnjo jeseni 2006. Vgradila se je signalno-procesna oprema ameriškega proizvajalca SIGMET Inc., tedaj najboljša svoje vrste, s pripadajočim radarskim programjem IRIS/Radar na samem radarju in centralnim radarskim strežnikom IRIS/Analysis v Računskem centru ARSO v Ljubljani. Pri vgradnji je sodeloval pogodbeni radarski vzdrževalec GVD d.o.o.. S tem smo očitno izboljšali letni izplen radarskih meritev v realnem času, ki od takrat dalje redno presega 98 %, večinoma celo 99,5 %, odvisno od občasnih večjih okvar. Izboljšala se je tudi kvaliteta radarskih produktov in močno zmanjšale

okvare na krmiljenju antene. Uvedli smo hibridne radarske meritve, to je različne merilne konfiguracije pri različnih elevacijah antene. Pri zgornjih elevacijah antene smo uvedli merjenje z dvojnimi PRF, s čimer smo za faktor pet povečali merilni obseg radialnega dopplerjevega vetra, t. i. Nyquistovo hitrost, na ± 40 m/s. Povečali smo doseg radarja z 200 na 250 km. To merilno konfiguracijo uporabljamo še sedaj.

V tem času je radarska slika na javnem spletišču ARSO postala z naskokom najbolj ogledana meteorološka informacija. Zavedanje ostalih državnih inštitucij, npr. URSZR in KZPS, ter splošne javnosti o uporabnosti radarskih slik v realnem času je zelo napredovalo, prav tako pa tudi kapacitete internetnega omrežja po državi. Pokazala se je potreba po postavitvi še enega vremenskega radarja. Leta 2007 smo v projektu BOBER začeli z aktivnostmi za postavitve drugega vremenskega radarja. S tem smo želeli ubiti dve muhi na en mah, in sicer povečati merilno območje proti zahodu, od koder večinoma prihajajo padavinski sistemi proti Sloveniji, in povečati izplen radarskih slik v realnem času.

Izbrana je bila vojaška lokacija na Pasji ravni in leta 2009 podpisan sporazum z MORS o uporabi zemljišča za meteorološki radarski center (MRC) Pasja ravan. Leta 2012 sta bila izvedena javna razpisa za gradnjo MRC in dobavo vremenskega radarja. Meteorološki radarski center Pasja ravan je bil zgrajen jeseni 2013, skupaj z avtomatsko meteorološko postajo. Vremenski radar proizvajalca Vaisala s signalno-procesno opremo SIGMET je bil postavljen decembra 2013. Do ARSO je bila vzpostavljena optična povezava.

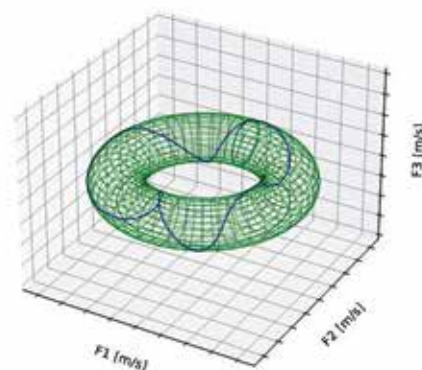
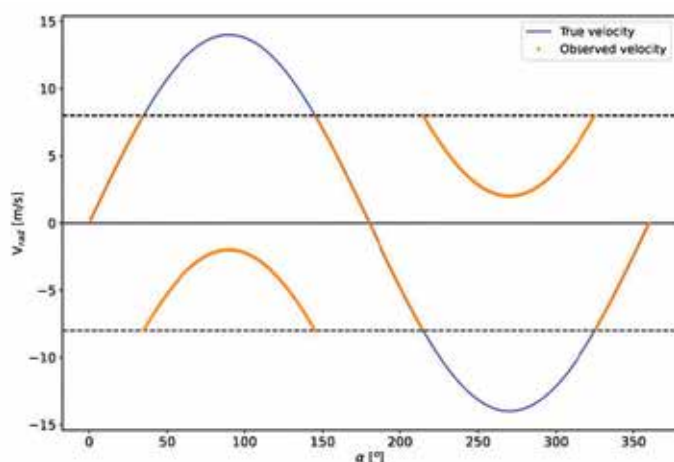
V projektu BOBER je bil istočasno prenovljen tudi radar na Lisci, in sicer z novo anteno, radarskim modulatorjem podjetja GVD d.o.o. ter novo verzijo signalno procesne opreme SIGMET. Vaisala je namreč leta 2007 prevzela podjetje SIGMET in vgrajuje njihovo opremo v vse radarje. Prenovo sta izvedla pogodbeni vzdrževalec GVD d.o.o. in Vaisala. Nadgrajen je bil tudi centralni radarski strežnik IRIS/Analysis. S tem smo zagotovili homogenost radarskih meritev in radarskih produktov. Spomladi 2014 je bila uradna otvoritev MRC Pasja ravan in vpeljava slovenskega radarskega kompozita v operative sisteme ARSO, prav tako pa tudi na spletišče ARSO.

Postavitev drugega radarja in prenova radarja Lisca sta je izkazali za upravičeni, saj od takrat dosegamo visok izplen meritev v realnem času na obeh radarjih, do izpada celotnega radarskega kompozita v realnem času pa je v letih 2014–2024 prišlo manj kot desetkrat, kar je izjemen rezultat. Presenetljivo je, da je vzrok za večino izpadov meritev na posameznih radarjih izpad računalniške povezave do ARSO v Ljubljani in ne okvare radarjev.

Sčasoma se je predvsem v letalski meteorologiji za boljše spremljanje nevihtnih sistemov pokazala potreba po povečanju pogostosti radarskih meritev z 10 na 5 minut, prav tako pa je interes za to spremembo pokazala Kontrola zračnega prometa Slovenije (KPZS). Spremembo smo marca 2019 uvedli brez posebnih težav. Potrdile so se tudi izkušnje drugih

meteoroloških služb, da to ne obremenjuje radarskih sistemov, celo nasprotno.

Leta 2019 se je Oddelku za daljinske meritve atmosfere pridružil Vito Švagelj. V tem času so v Sektorju za meteorološko, hidrološko in oceanografsko modeliranje (SMHO) ARSO izrazili željo po sodelovanju pri optimiziranju radarskih meritev za potrebe asimilacije v meteorološke modele. Zato se je začel ukvarjati z največjim tozadevnim problemom, to je z rekonstrukcijo (t. im. dealiasingom) radarskega radialnega vetra. Radarski radialni veter je namreč izmerjen samo znotraj intervala t. i. Nyquistove hitrosti, kar je posledica pulznega načina merjenja. Nyquistova hitrost je večja, če je nastavljeni doseg radarja preko PRF (ponavljalne frekvence pulzov) manjši. To protislovje je znano kot Dopplerjeva lema. Če ponazorimo kar na primeru radarjev ARSO: oba radarja, Lisca in Pasja ravan, imata spodnjih osem elevacij nastavljenih na 250 km doseg (PRF znaša 600 Hz), Nyquistova hitrost znaša 8,1 m/s. To pomeni, da se vse izmerjene radialne hitrosti tarč v atmosferi preslikajo na interval med $-8,1$ in $+8,1$ m/s. Rekonstrukcija pravih radialnih hitrosti (dealiasing) je zahteven problem, s katerim se ukvarjajo vse razvitejsše meteorološke službe. Vito Švagelj je stestiral več različnih znanih metod tako, da je rekonstruirane hitrosti primerjal z radiosondažnimi meritvami na ARSO, podatki MODE-S in modelskimi analizami. Iz tega je leta 2021 tudi magistriral. Magistrska naloga je pokazala, da je najprimernejša metoda (pričakovano) t. i. »torus mapping«, razvita na SHMI leta 2004 (Haase in Landelius, 2004; slika 1). Metodo sta nato implementirala dr. Benedikt Strajnar in dr. Peter Smerkol iz SMHO v sodelovanju z Vitom Švagljem. Preizkusili so jo na volumskih meritvah več radarjev z območja srednje Evrope, kjer se je pokazala za zelo robustno, saj so vremenski radarji evropskih meteoroloških služb med seboj zelo različni tako po tehničnih specifikacijah kot po konfiguracijah in kvaliteti meritev. V postopku je tudi objava članka v mednarodni meteorološki reviji.

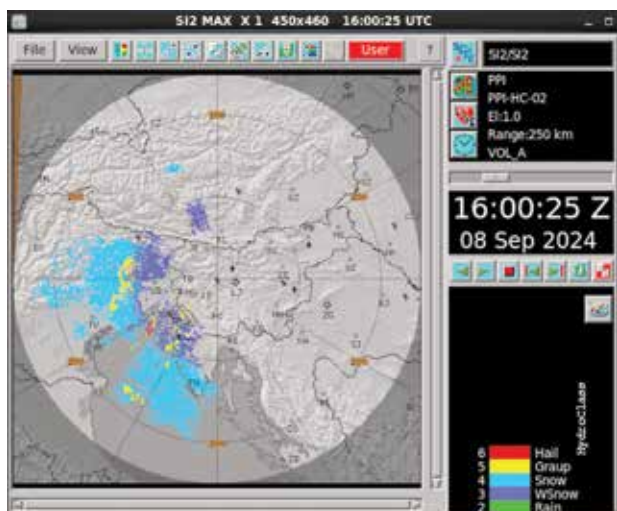


Slika 1. Levo – rekonstrukcija radialnega vetra (ang. velocity azimuth display); desno – predstavitev istega problema na površino torusa

S tem smo na Oddelku dosegli med drugim tudi dvoje:

1. Začeli smo operativno uporabljati radarski radialni veter za numerične potrebe drugih oddelkov na ARSO; s tem smo močno dvignili izkoriščenost radarskih meritev, saj smo do sedaj na ARSO uporabljali zgolj dopplersko filtrirane odbojnosti. Pokazalo se je tudi, da za vsak sklop radarskih merilnih količin potrebujemo človeka, ki se bo prioriteto ukvarjal s tem.
2. Pomagali smo tlakovati pot k uporabi radarskih meritev za operativno asimilacijo v meteoroloških modelih na ARSO; to je ena največjih dodanih vrednosti uporabe radarskih meritev v meteorologiji.

Radar na Pasji ravni omogoča tudi meritve v dvojni polarizaciji. Operativno smo jo uvedli leta 2022, prva testiranja in konfiguracijo pa smo izvedli že leta 2016. Tako se je pokazala prva prednost takih meritev, in sicer uspešno odstranjevanje interferenčnih motenj oddajnikov WiFi na frekvenci 5 GHz in pa motenj žičnic RTC Krvavec med obratovalno sezono. Ostale novosti, kot je klasifikacija hidrometeorjev in predvsem toče ter izboljšane radarske jakosti padavin, bomo implementirali, ko bo nameščen nov radar na Lisci (slika 2).



Slika 2. Klasifikacija hidrometeorjev iz dvojnopolarizijskih meritev radarja na Pasji ravni. Prikazane so meritve pri višinskem kotu – elevaciji $1,0^\circ$ (t. i. PPI). Prehod med mokrim in suhim snegom je na presečišču ploskve $1,0^\circ$ in vrha pasu taljenja, se pravi ničte izoterme.

Leta 2023 smo začeli s pravega datotečnega formata za radarske produkte in volumnske datoteke. Izbrali smo uveljavljeni mednarodni standardizirani format OPERA HDF5, ki ga bomo uporabljali tako znotraj ARSO kot pri izmenjavi z drugimi meteorološkimi službami, zasebnim sektorjem in splošno javnostjo. Prehod poteka postopoma, končan bo predvidoma konec naslednjega leta.

Radar na Lisci je že dotrajan. Kljub trem večjim prenovam ima osnovo še iz leta 1989, ko je bil nabavljen. Dobavljivost določenih rezervnih delov je močno otežena. V prihajajočem projektu SOVIR bo popolnoma prenovljen celotni MRC Lisca z novo seizmološko postajo, prenovljeno hišo in okolico, novim, višjim radarskim stolpom, in novim vremenskim radarjem. Radar bo dopplerjev, z dvojno polarizacijo, tako kot na Pasji ravni, oddajnik pa bo polprevodniški. Razlogi za to so vse slabša dobavljivost klasičnih radarskih oddajnikov, večja zanesljivost pri delovanju in enostavnejša montaža, saj radarskega kabineta ne bo več. Z višjim stolpom bomo dolgoročno rešili problem senčenja radarskih meritev zaradi okoliškega drevja radarja, v dogovoru z Občino Sevnica bo služil tudi kot razgledni stolp za javnost.

Z novim radarjem bomo lahko sinhrono z radarjem na Pasji ravni izvajali kompleksnejše hibridne radarske meritve, saj le-te zahtevajo bistveno hitrejšo kroženje radarske antene. Tako bodo nove meritve obeh radarjev omogočale boljše merjenje radarskega dopplerjevega vetra, kar je uporabno zlasti za potrebe asimilacije v vremenske modele za kratkoročno napoved. Bolje bomo izkoristili tudi sinhrono merjenje v dvojni polarizaciji. Ocenjujemo, da bodo gradbena dela in postavitve novega radarja končana nekje do spomladi 2027.

Viri:

Divjak, M., 2004. Zgodovina radarskega zaznavanja padavin v Sloveniji (v Pol stoletja Slovenskega meteorološkega društva). Slovensko meteorološko društvo, Ljubljana, str. 80–85

Haase, G., Landelius, T., 2004. Dealiasing of Doppler Radar Velocities Using a Torus Mapping. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, 21(10)

Satelitske meritve

Boštjan Muri, Agencija Republike Slovenije za okolje



Z meteorološkimi sateliti izmerjeni podatki so zelo pomembni pri spremljanju vremena. Pomagajo lahko na primer pri določitvi in spremljanju nevihtnih oblakov, spremljanju nastanka oziroma razgradnje megle in razpoznavanju večjih vremenskih vzorcev (fronte, cikloni ...). Prav tako zelo pomemben segment je vključevanje satelitskih meritev v numerične meteorološke modele, kar izboljša analizo trenutnega vremenskega stanja in s tem tudi napoved.

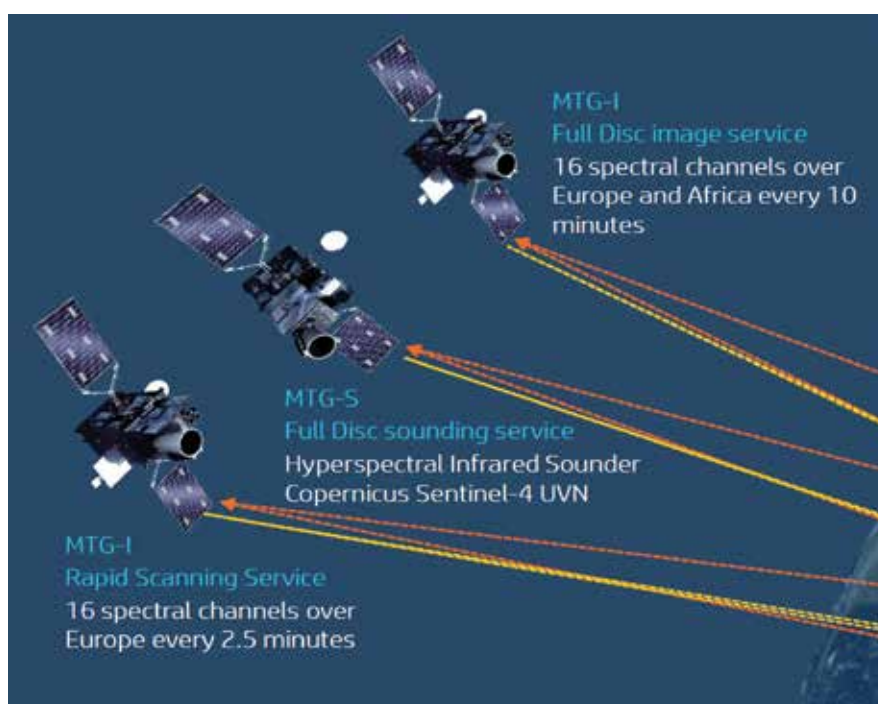
Nad Zemljo krožijo geostacionarni in polarno-orbitalni meteorološki sateliti. Geostacionarni sateliti ostajajo nad isto točko nad ekvatorjem na višini, kjer sta izenačeni centrifugalna sila in sila gravitacije Zemlje (to je na razdalji 35.786 km od površja Zemlje). To omogoča stalno spremljanje vremenskih razmer, a imajo izmerki zaradi velike razdalje omejeno prostorsko ločljivost. Polarno-orbitalni sateliti so v orbiti bliže našemu planetu (na razdalji 200–1400 km), imajo boljšo prostorsko ločljivost, a manj pogosto časovno osveževanje nad istim območjem, običajno le dvakrat dnevno.

Evropska medvladna organizacija za uporabo meteoroloških satelitov (EUMETSAT) upravlja z več programi meteoroloških satelitov Meteosat.

Meritve satelitov Meteosat pokrivajo okvirno tretjino Zemeljskega površja in v celoti zajemajo območje Evrope. Od izstrelitve prvega satelita Meteosat leta 1977 so se meritve zelo izboljšale že leta 2002 z uvedbo druge generacije satelitov Meteosat. Leta 2022 je bil v geostacionarno orbito umeščen prvi iz niza satelitov tretje generacije Meteosat (slika 1), ki bo operativen od konca leta 2024. Ta satelit bo omogočal še pogostejše meritve z izboljšano krajevno ločljivostjo v več merilnih območjih. Dodatno bo omogočal meritve onesnaženja ozračja, spremljanje razelektritev in vertikalne meritve ozračja.

EUMETSAT opravlja tudi z nizom polarno-orbitalnih satelitov METOP, katerih meritve so še posebno pomembne za vključevanje v numerične meteorološke modele. Evropske raziskovalno-operativne skupine, ki sestavljajo Satellite Application Facility (SAF), na osnovi podatkov z meteoroloških satelitov organizacije EUMETSAT razvijajo in posredujejo satelitske izdelke za številna področja uporabe državnih meteoroloških in hidroloških služb. ARSO je že vrsto let član konzorcija LSA SAF, ki se ukvarja z analizo Zemljinega površja.

Podrobnejši pregled satelitskih meritev je na voljo na: https://www.youtube.com/watch?v=pO_8VMey8Jg



Slika 1. Prikaz meteoroloških satelitov tretje generacije Meteosat. Vir: EUMETSAT

Profili ozračja – obstoječe in nove tehnologije

Luka Ravnik, Agencija Republike Slovenije za okolje



Vas zanima talna inverzija, višina mešanja, intenziven prehod fronte, verjetnost za nastanek megle, stabilnost ozračja, vsebnost vodne pare v ozračju, vetrovna dinamika, območje taljenja, procesi mešanja delcev po vertikali, prisotnost saharskega prahu ali biomase, razločevanje posameznih tipov aerosolov, razločevanje med hidrometeorji v trdni ali tekoči fazi? Na to vprašanje lahko odgovorimo s pomočjo inštrumentov za daljinsko zaznavo ozračja, ki dopolnjujejo zelo kakovostne časovno redke radiosondažne meritve (slika 1).

Poznavanje stanja ozračja je izrednega pomena za spremljanje procesov v ozračju in kakovostno napovedovanje vremenskih procesov ter kakovosti zraka. Stanje ozračja vzorčimo z množico različnih merilnih metod in inštrumentov, ki zajemajo fizikalne in kemijske spremenljivke ozračja v načinu »in-situ« ter na daljavo.

Radiosondaža je glavna »in-situ« metoda za kakovostne meritve profilov ozračja z visoko vertikalno resolucijo in je marsikdaj še vedno referenca drugim merilnim metodam. Radiosondažne meritve imajo več kot 100 letno zgodovino. Pri nas se operativno izvajajo od leta 1995 in predstavljajo pomemben vir podatkov o stanju ozračja za numerično napovedovanje vremena, meteorološko prognoistično službo in

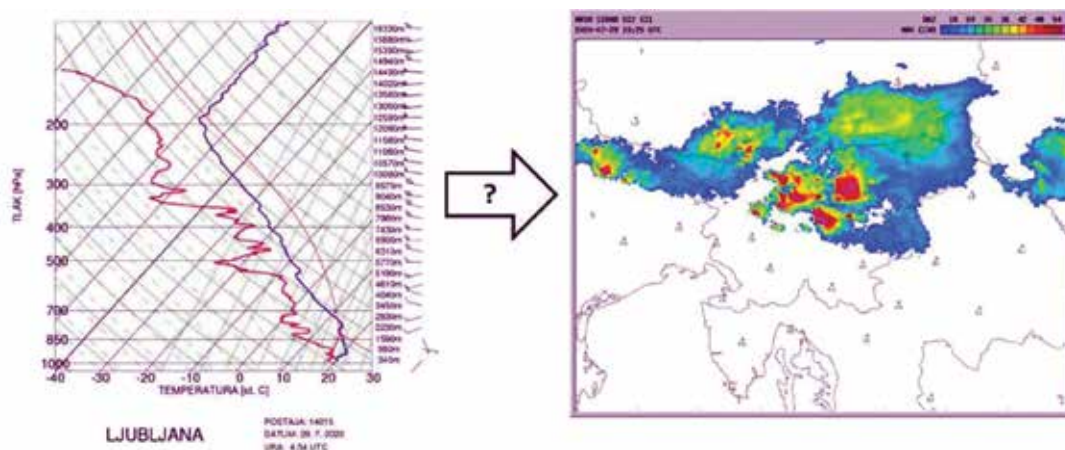
napovedovanje kakovosti zraka (slika 2).

Merilni inštrumenti za daljinsko zaznavo ozračja s tal izvajajo meritve profilov, v aktivnem ali pasivnem načinu, s pomočjo zvoka, vidnega in bližnje infrardečega dela spektra ali mikrovalov. Inštrumenti za daljinsko zaznavo ozračja so na meteoroloških satelitih prisotni že dolgo časa. Prav tako imajo dolgo zgodovino operativnih meritev vremenski radarji. V zadnjih dveh desetletjih pa je močno napredovala tudi daljinska zaznava s tal, ki omogoča meritve vertikalnih profilov ozračja, predvsem v spodnjih nekaj kilometrih. Tehnološki napredek je omogočil, da so inštrumenti, ki stanje ozračja vzorčijo na daljavo s tal, postali dosegljivi operativnim službam in javnim servisom za potrebe rednega monitoringa ozračja.

Predstavil bom različne merilne metode in inštrumente za daljinsko zaznavo ozračja s tal, ki postajajo v vse večji meri del operativnih procesov meteoroloških služb in okoljskih agencij. Omogočajo meritve vertikalnih profilov vetra, temperature, aerosolov, oblačne vode in vodne pare ter tudi količinske ocene vsebnosti snovi ali plinov v ozračju. Na mednarodni ravni poteka intenziven razvoj merilnih standardov, umerjevalnih postopkov, formatov podatkov, naprednih algoritmov za procesiranje



Slika 1. Levo: primeri različnih vrst merilnikov za daljinsko zaznavno ozračja s tal, ki merijo profile temperature, vodne pare, vetra in aerosolov. Desno: primer operativne radiosonde, ki se v Ljubljani spušča vsak dan v jutranjem času s pomočjo balona.

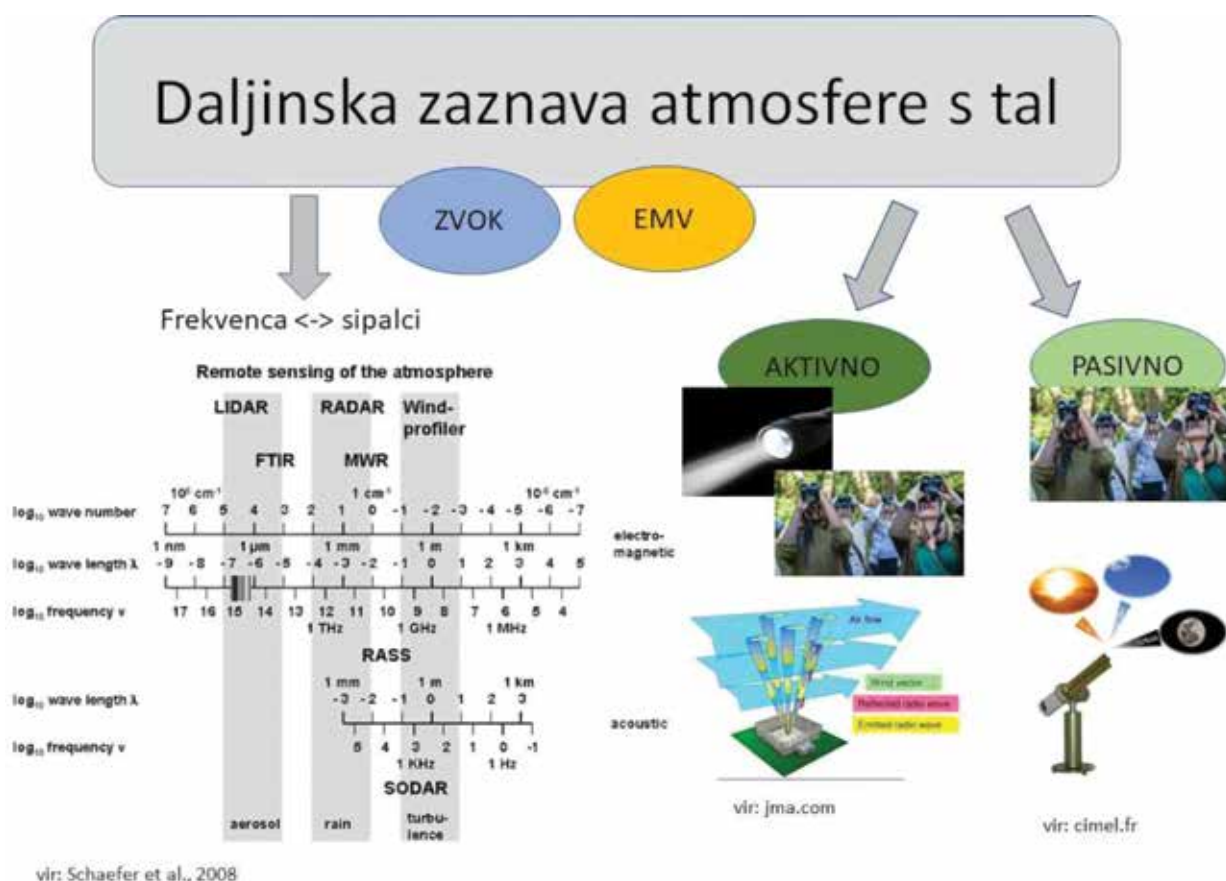


Slika 2. Primer izrisa vertikalnega stanja ozračja s termodinamičnim diagramom za primer napovedovanja razvoja močnih neviht.

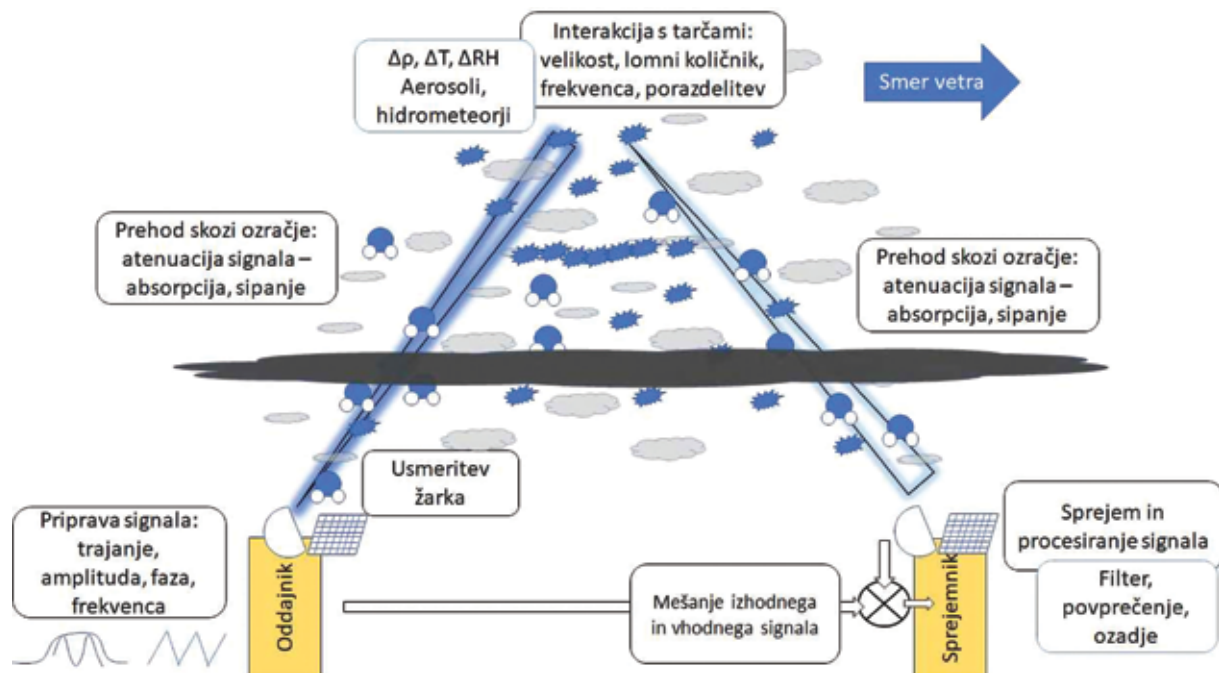
in aplikativnih raziskav (v okviru napovedovanja vremena, spremljanja kakovosti zraka, v letalskem prometu ...). V sklopu državnih in mednarodnih programov delujejo mreže daljinskih merilnikov ozračja s tal, ki ponujajo tudi vizualizacije profilov ozračja v realnem času.

Daljinske meritve ozračja s tal predstavljajo velik

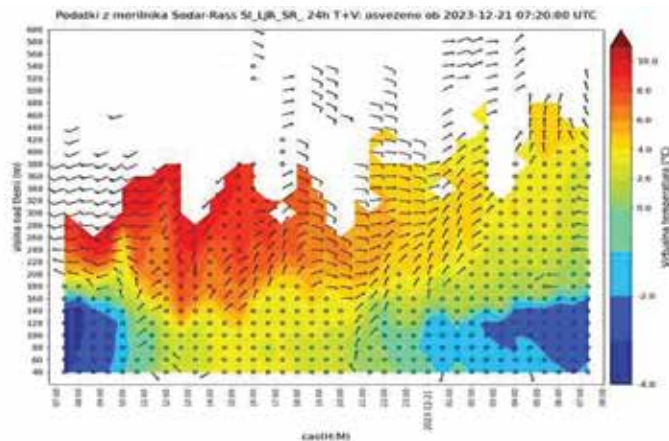
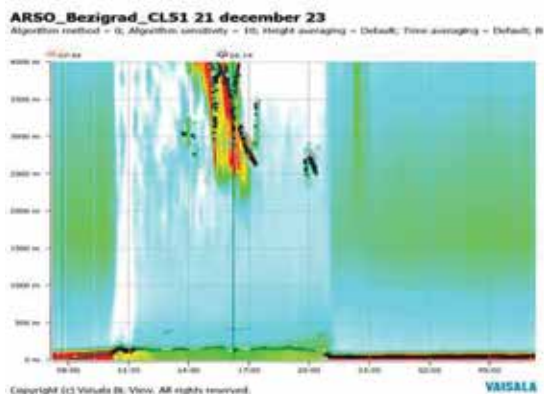
doprinos k popolnitvi opazovanj ozračja na časovnih in prostorskih skalah, ki so vezane predvsem na procese v mejni plasti ozračja. Ti inštrumenti predstavljajo nov samostojen sklop merilne infrastrukture, ki se bo v prihodnje še močno razvijala in širila. Meritve profilov ozračja z daljinskimi merilniki s tal že danes po svetu predstavljajo pomemben segment meritev za spremljanje, razumevanje in napovedovanje procesov v ozračju.



Slika 3. Prikaz različnih vrst signalov za daljinsko zaznavo (zvok in elektromagnetno valovanje) ter aktivni ali pasivni pristop.



Slika 4. Primer poteka meritve na daljavo. Oddajnik in sprejemnik sta lahko v isti enoti, lahko pa sta ločena. Mešanje signalov je ena od metod procesiranja signala, obstajajo še druge.



Slika 5. Levo: primer meritev z optičnim merilnikom za daljinsko zaznavoozračja, ki prikazuje prisotnost aerosolov, oblačnih delcev in padavin po vertikali in v času (os x). Desno: Prikaz meritev vertikalnega profila vetra in temperature v času (os x) s kombiniranim zvočnim-radarskim merilnikom Sodar-Rass za isto vremensko situacijo prehoda oslabiljene višinske motnje v času zimske talne inverzije. Doseg merilne metode močno niha glede na pogoje v ozračju.

Raziskave izotopske sestave padavin v Sloveniji nekoč, danes in jutri



Polona Vreča, Odsek za znanosti o okolju, Institut "Jožef Stefan"

Padavine so pomemben del vodnega kroga in predstavljajo primarni vir površinskih in podzemnih voda. Molekule vode sestavljajo stabilni (^{16}O , ^{17}O , ^{18}O , ^1H , ^2H) in radioaktivni (^3H) izotopi. Padavine in ostale komponente vodnega kroga imajo na določenem območju značilno izotopsko sestavo oziroma razmerje stabilnih izotopov vodika (izraženo kot $\delta^2\text{H}$ v ‰) in kisika (izraženo kot $\delta^{18}\text{O}$ v ‰) ter koncentracijo aktivnosti radioaktivnega izotopa vodika (tritija – ^3H , izraženo v tritijevih enotah, T.U.), ki se v času in prostoru spreminjajo. Zato nam podatki o izotopski sestavi padavin v kombinaciji z meteorološkimi, hidrološkimi, geološkimi in drugimi informacijami o komponentah vodnega kroga omogočajo poglobitev razumevanja kroženja vode na lokalni, regionalni in globalni ravni.

V svetovnem merilu segajo začetki izotopske hidrologije v obdobje pred drugo svetovno vojno, sistematično pa so se meritve začele izvajati po letu 1960. Sprva se je kot sledilo uporabljal predvsem

radioaktivni izotop vodika, tritij. Z razvojem masne spektrometrije v zadnjih tridesetih letih 20. stoletja so postali vse bolj uporabni stabilni izotopi kisika in vodika, katerih uporabnost se je znatno povečala v zadnjih dveh desetletjih z razvojem laserske spektroskopije (sliki 1 in 2).

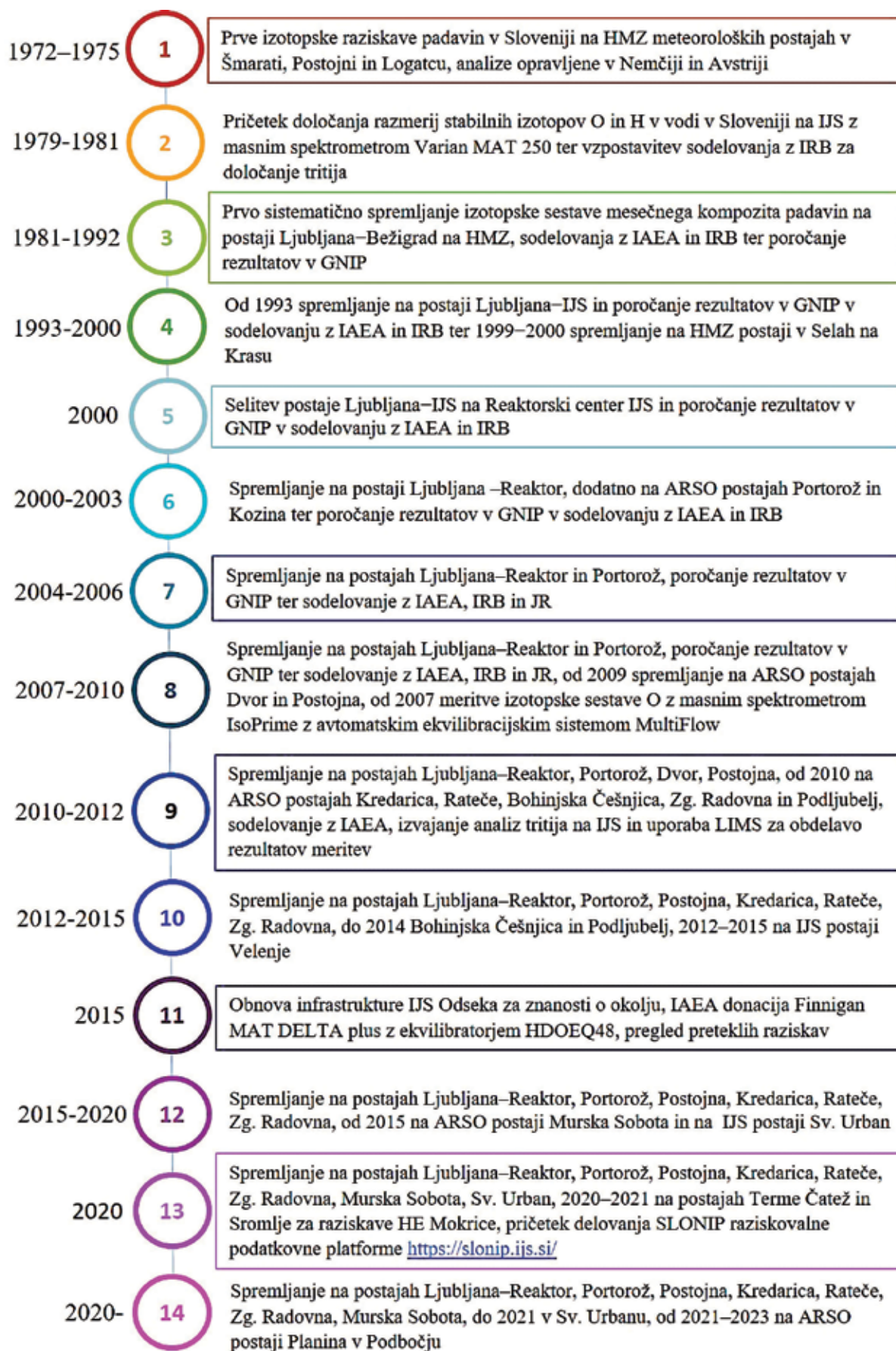
Prvi podatki o izotopski sestavi padavin na območju Slovenije so bili pridobljeni v okviru sledilnih poskusov, ki so se v obdobju 1972–1975 izvajali na območju reke Ljubljanice, analize vzorcev vode pa so bile opravljene v tujini. Po letu 1979 so pričeli z določanjem razmerij stabilnih izotopov kisika in vodika v vodi na Institutu "Jožef Stefan" (IJS), določanje tritija pa so izvajali od leta 1981 tako na IJS kot na Institutu "Ruđer Bošković" v Zagrebu. Z razvojem merskih tehnik in novimi znanji se je spreminjal način merjenja in poročanja rezultatov. V predavanju je bil prikazan razvoj na področju določanja izotopske sestave padavin v zadnjih 45 letih, Slovenska mreža opazovanja izotopske sestave padavin (t.j. raziskovalna platforma



Slika 1. Masni spektrometer z dvojnim uvajalnim sistemom Varian MAT 250 (foto: P. Vreča)



Slika 2. Masni spektrometer Finnigan MAT DELTA plus z dvojnim uvajalnim sistemom in avtomatskim $\text{H}_2\text{-H}_2\text{O}$ in $\text{CO}_2\text{-H}_2\text{O}$ ekvilibratorjem HDOEQ48 (foto: arhiv IJS)



Slika 3. Zgodovinski prikaz razvoja spremljanja izotopske sestave padavin, ki jih izvajamo na IJS. Legenda: O – kisik, H – vodik, HMZ – Hidrometeorološki zavod Slovenije, IJS – Institut "Jožef Stefan", IRB – Institut Ruđer Bošković, IAEA – International Atomic Energy Agency, GNIP – Global Network of Isotopes in Precipitation, ARSO – Agencija RS za okolje, JR – Joanneum Research, LIMS – Laboratory Information Management System (LIMS) for Light Stable Isotopes, SLONIP – Slovenian Network of Isotopes in Precipitation.

Merilna mreža samodejnih postaj



Bojan Černač, Agencija Republike Slovenije za okolje

Agencija RS za okolje (ARSO) ima za potrebe spremljanja onesnaženosti okolja in zagotavljanja kakovostnih javnih podatkov, ter spremljanja, analiziranja in napovedovanja naravnih pojavov vzpostavljeno mrežo avtomatskih merilnih postaj, ki trenutno obsega 388 merilnih mest, od tega:

- meteorološka merilna mreža s 109 merilnimi mesti, vključujoč meritve za potrebe letalske meteorologije na štirih letališčih Republike Slovenije,
- hidrološka merilna mreža na površinskih vodah s 184 merilnimi mesti,
- hidrološka merilna mreža podzemnih voda 49 merilnih mest,
- dve oceanografski boji za spremljanje hidroloških in meteoroloških pojavov na morju,
- dve merilni mesti na katerih ARSO spremlja kakovost podzemne vode ter
- 30 merilnih mest za spremljanje kakovosti zunanjega zraka.

Primeri dveh merilnih postaj sta prikazana na sliki 1.

V okviru projektov Bober (2013–2016) in Sinica (2018–2020) je Agencija nadgradila mrežo meteoroloških (90 postaj) in hidroloških merilnih postaj (181) ter merilno mrežo kakovosti zunanjega zraka (28). V nadaljnjih letih je bilo preko manjših projektov posodobljenih ali novo vzpostavljenih še dodatnih 11 posodobljenih merilnih sistemov.

Merilni sistem ARSO je zasnovan porazdeljeno, kar pomeni, da programski moduli lahko tečejo distribuirano na različnih komunikacijskih enotah oziroma v centru. Glavnina procesiranja podatkov se izvaja na komunikacijski platformi merilnega sistema, manjši del pa v podatkovnem centru.

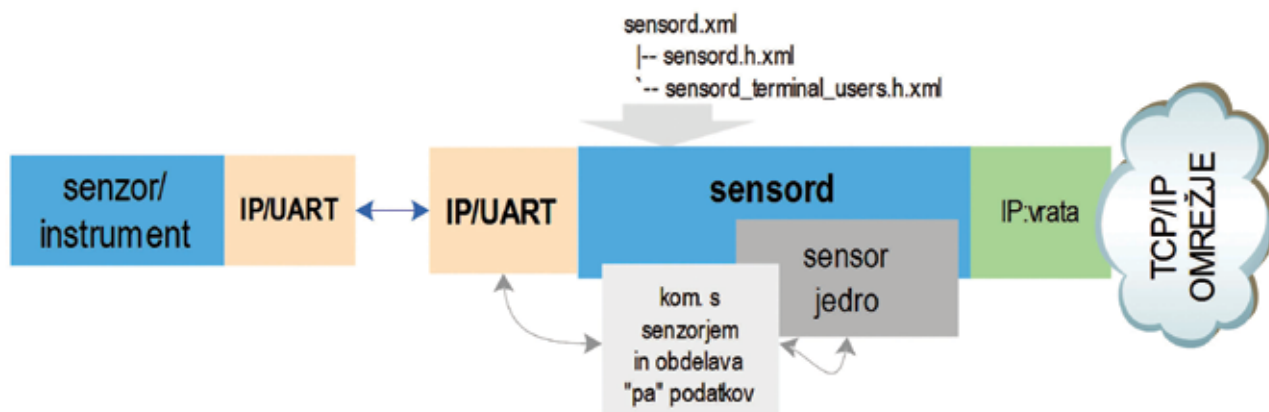
Aplikativna programska oprema, ki teče na merilnem sistemu, je zasnovana v modularni hierarhični drevesni strukturi. Sestavni elementi so neodvisni binarni programi oziroma vozlišča – jmd (nadzorni strežniški program), dgwd (strežniški program), sensord (sensor daemon), ter pripadajoče generične datoteke vrste xml. Programi tečejo na komunikacijski platformi z operacijskim sistemom Linux.



Slika 1. Visokogorska meteorološka merilna postaja Kanin (levo) in hidrološka merilna postaja Prigorica Ribnica (desno)

Vsak sensord (slika 2) se lahko povezuje s fizičnim komunikacijskim kanalom (UART, TCP/IP, I2C, SDI12, USB, itd.), preko katerega nadzira priključeno senzoriko in zajema podatke. Senzorska jedra so enake in neodvisne entitete. Razlikujejo se le po programskem vmesniku med senzorjem in senzorskim jedrom. Ta je zadolžen za zajem in procesiranje podatkov. Do uporabnika sensord deluje kot standardiziran ukazni vmesnik.

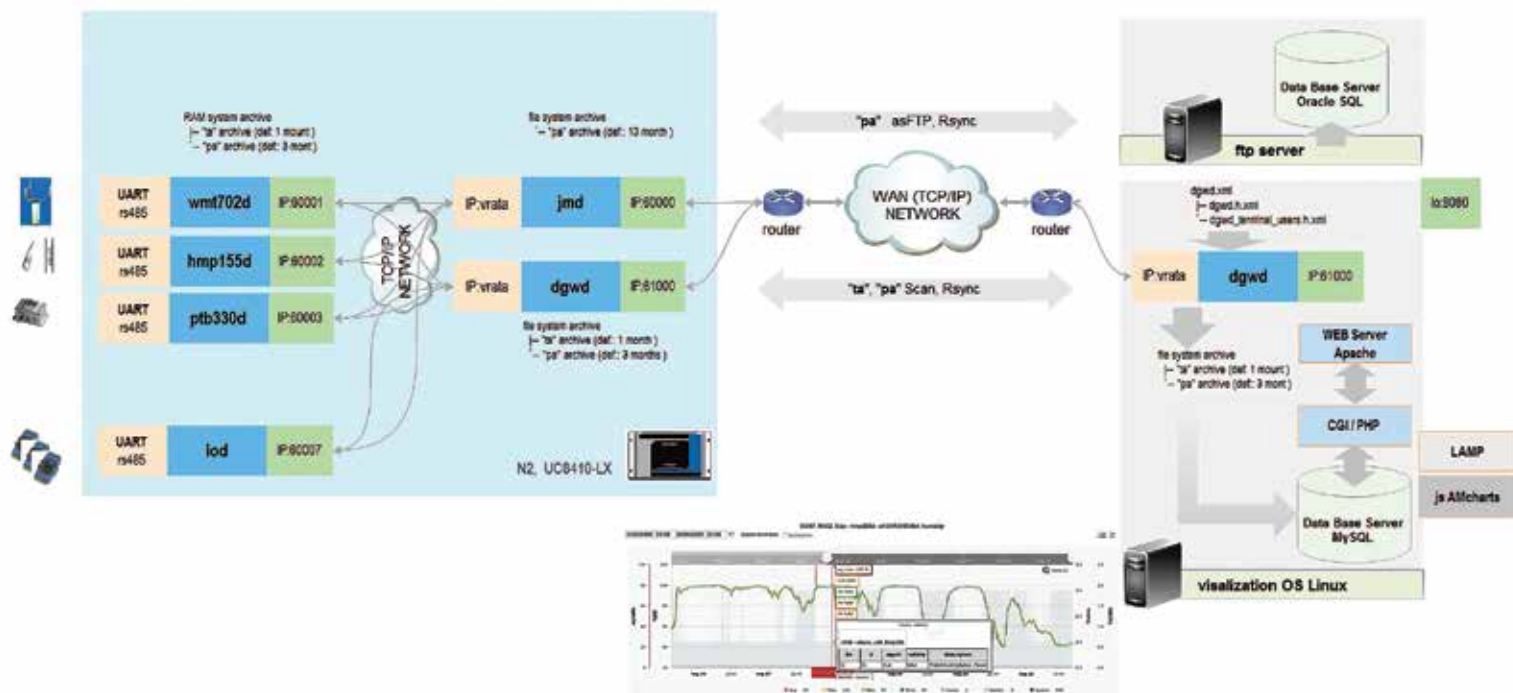
Zajem podatkov in nadzor nad senzorjem se izvaja preko registriranih vgrajenih podprogramov, ki dostavljajo procesu podatke sensord-a in izvajajo obdelave le-teh. Za servisiranje nadzornega in podatkovnega centra, lokalno arhiviranje in dostop do procesov sensord-a na nivoju merilne opreme skrbita strežniški program dgwd in nadzorni programski modul jmd.



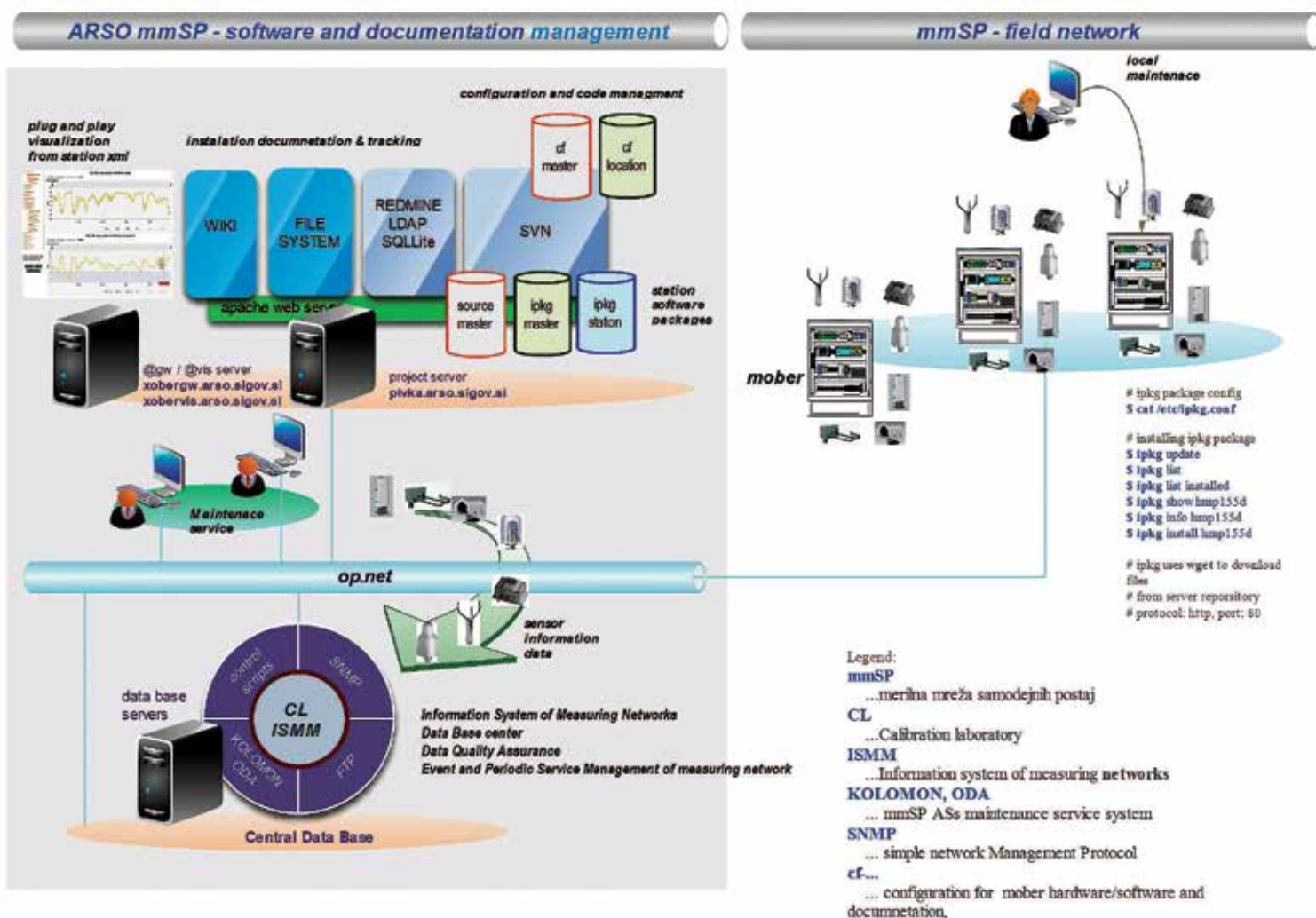
Slika 2. Sensord – senzorski programski modul

Sensord, dgwd in jmd se ob zagonu konfigurirajo preko generičnih nastavitvenih datotek vrste xml. Uporabniški servisi so razdeljeni na sistemsko upravljanje in na aplikativni nivo. Sistemsko upravljanje zagotavlja Linux OS preko instaliranega protokola SSH z ustreznimi pred-instaliranimi programi, ki so že del sistema Linux.

Programski moduli sensord, dgwd in jmd se lahko za izvedbo merilnih sistemov povezujejo v različne konfiguracije. Slika 3 prikazuje distribuiran programski model in, glede na način povezovanja merilne opreme, tipične opcije arhitekture oziroma topologije merilnih sistemov.



Slika 3. Topologija povezovanja aplikativne programske opreme



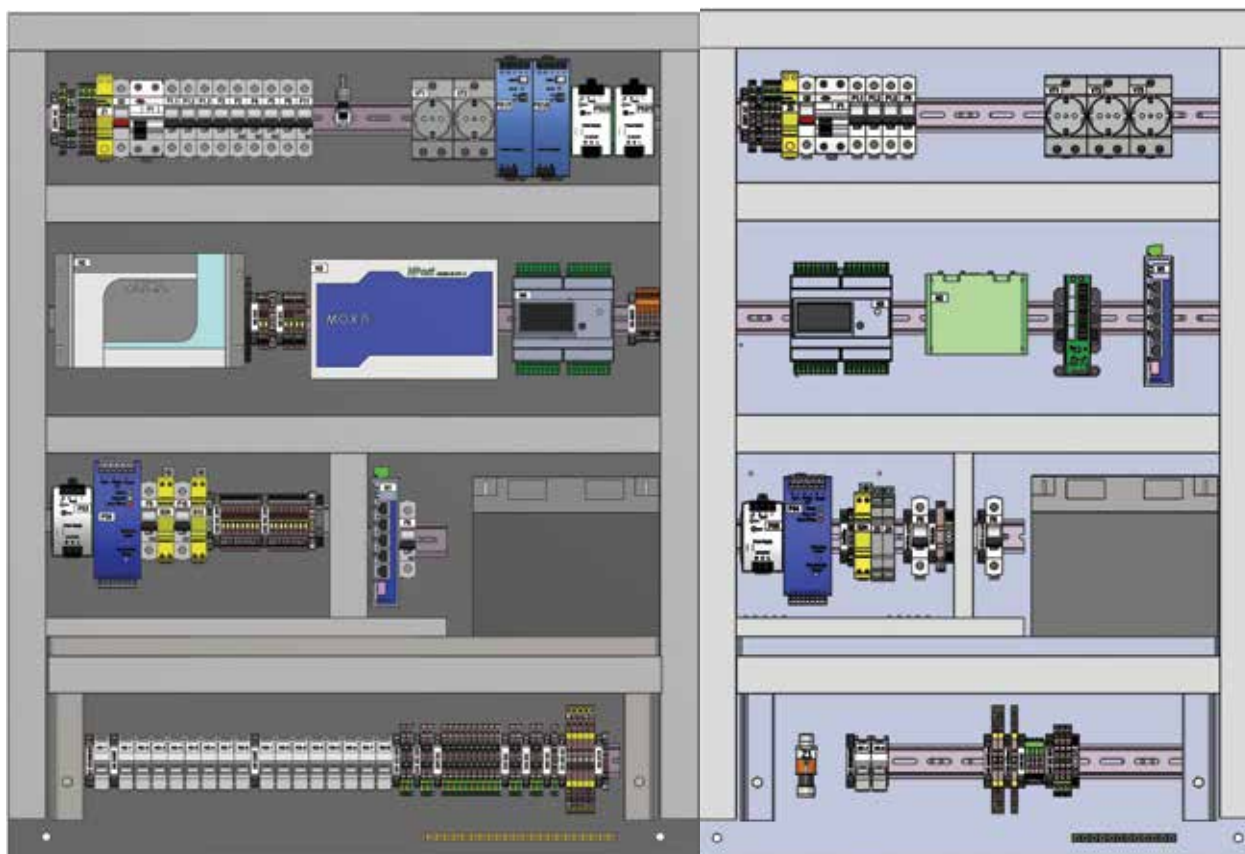
Slika 4. Vzpostavljen virtualiziran strežniški sistem vodenja in upravljanja z dokumentacijo in programsko opremo merilnih sistemov ARSO

Distribuiran okoljski merilni sistem je zasnovan za upravljanje z avtomatskimi merilnimi mrežami in tako na eni strani integrira različne tipe oddaljenih merilnih postaj ter v centru virtualizirane strežnike za zajem in distribucijo podatkov ter okolje za produkcijo in vzdrževanje avtomatskih merilnih sistemov v ARSO merilni mreži (slika 4)

Zagotavlja mrežno zasnovan, strukturiran koncept za nadzor, upravljanje in vzdrževanje. Omogoča enostavno integracijo v kakršnokoli obstoječo merilno mrežo in pripadajoči informacijski sistem. Podpira podatkovno bazo v centru, meta-podatkovni informacijski sistem in strežnike za upravljanje

intervalnega prenosa podatkov iz oddaljenih merilnih sistemov na lokacijah v podatkovni center ter nadaljnjo distribucijo podatkov.

Začetki razvoja lastnega merilnega sistema ARSO segajo v leto 2009, ko je mag. Bojan Černač zasnoval dizajn ter prvi prototip strojne in programske opreme meteorološkega merilnega sistema mober. V okviru projekta Bober (2013–2016) so bili nato tovrstni merilni sistemi nameščeni na 281 lokacijah (slika 5). Leta 2016 je bila snovalcu merilnega sistema podeljena nagrada Evropskega meteorološkega društva.



Slika 5. Meteorološki in hidrološki merilni sistem sta plod lastnega razvoja ARSO

V letih 2018–2020 je z nekaterimi razširitvami, vendar po enakem konceptu, potekala rekonstrukcija merilne mreže za spremljanje kakovosti zunanjega zraka na 28 lokacijah, v istem obdobju pa so bili merilni sistemi ARSO implementirani tudi na 32 lokacijah za spremljanje meteoroloških parametrov na daljnovodih za elektro distribucijo, ki so v upravljanju ELES-a.

Četudi je osnovni koncept porazdeljenega merilnega sistema v svojem bistvu ostal nespremenjen pa so bile, v obdobju od leta 2009 do danes, implementirane številne izboljšave ter dodatne funkcionalnosti, tako na nivoju programske kot tudi strojne opreme. Vzpodbudili so jih novi investicijski projekti (npr. Sinica, posodobitev funkcionalnih sistemov letališč), potrebe uporabnikov po integraciji novih merilnikov v merilno mrežo kot tudi zaradi napredka tehnologij na nivoju uporabljene strojne opreme (nadgradnje OS, nadgradnja sistemov za brezžični prenos podatkov itd.). Pomembnejša nadgradnja programske opreme se je zgodila v letu 2017 z implementacijo koncepta cdgwd (centralni strežniški program) – preslikava podatkov iz

komunikacijske platforme na poljuben oddaljeni strežnik v podatkovnem centru, ki zajema tudi implementacijo v realnem času.

ARSO bo v prihodnjih letih izvajal dva nova investicijska projekta, Sovir in Lastovka, v okviru katerih bodo izvedene rekonstrukcije in posodobitev merilnih sistemov za poenotenje s preostalo, že modernizirano merilno mrežo.

Modernim ekosistemom, z integriranim razvojnim okoljem ter operativno uporabo že razvitih produktov, se v današnjem času posveča vse večjo pozornost tudi v svetovnem merilu (slika 6). Predvsem informacijska varnost, daljinsko upravljanje, učinkovito obvladovanje množice naprav in standardizacija so ključna spoznanja pri upravljanju komunikacijskih platform in človeških virov ter s tem optimizaciji stroškov vzdrževanja in nadgradenj velikih merilnih mrež.

Integracija obstoječe merilne infrastrukture ARSO in tovrstnega modernega ekosistema se že tekoče izvaja pri razvoju merilnih sistemov tudi v luči implementacije prihajajočih projektov.



Slika 6. Modern ekosistem, kot ga je v zadnjih letih zasnovalo podjetje Toradex/NXP/ARM

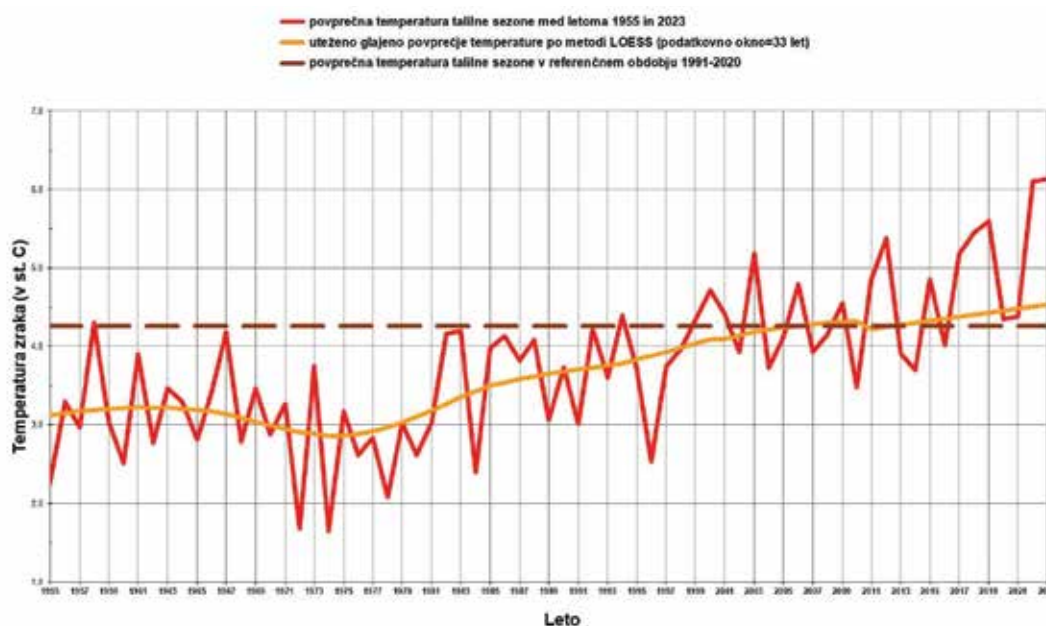
Redne meritve in dokumentiranje Triglavskega ledenika (1946–2024) in pomen sodelovanja z ARSO



Miha Pavšek in Jure Tičar, ZRC SAZU, Geografski inštitut Antona Melika

Posledice podnebnih sprememb so najbolj izrazite in opazne v gorskih pokrajinah, zato so še posebej dragocene meteorološke meritve višinskih postaj in občasne visokogorske merilne kampanje. Medtem ko so obiskovalci naše najvišje gore med vzponom nanjo občudovali večji del poletja s snegom pokrite Triglavske pode, vrh katerih je bil takrat še pravi ledenik, pa so geografi že ob ustanovitvi svojega inštituta prepoznali, da gre za pomemben in občutljiv naravni pojav, vreden rednega spremljanja. Raziskovalci Geografskega inštituta Antona Melika ga opazujejo že vse od leta 1946, skupaj z njegovim vzhodnim sosedom – ledenikom pod Skuto. Natančneje – spremljajo oba ledeniška ostanka danes že manj kot hektar velikih zaplat ledu. Že od začetka delovanja naše najvišje meteorološke postaje na Kredarici avgusta 1954 – ta je oddaljena od ledenika le nekaj sto metrov in leži na povsem primerljivi nadmorski višini – intenzivneje pa od 70. let 20. stoletja, poteka sodelovanje med inštitutskimi raziskovalci in opazovalci vremena ter meteorologi. Njihova poročila in fotografije so izjemni pričevalci podnebne in okoljske zgodovine našega visokogorskega sveta.

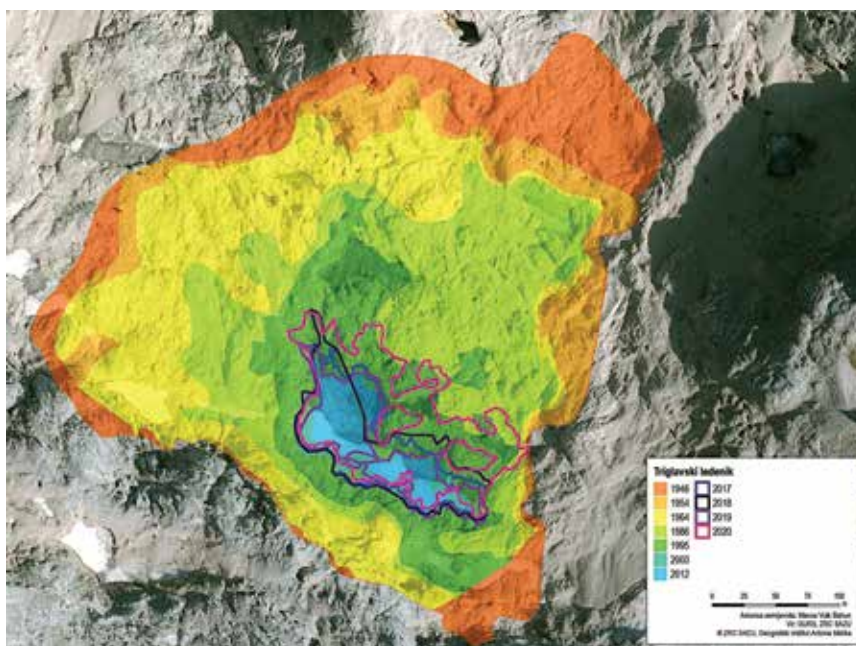
Skoraj osem desetletij dolgo opazovalno obdobje je v znamenju izrazite in stalne rasti temperatur, daljšanja talilne in krajšanja redilne dobe, dlje časa trajajočega sončnega obsevanja, zmanjševanja števila dni s snežno odejo, kasnejšega prvega in zgodnejšega zadnjega sneženja, nižanja najvišje sezonske in povprečne skupne višine snežne odeje kot tudi pogostejšega in zgodnejšega izginotja starega snega na površini ledenika. Krčenje ledeniških zaplat je postalo izrazito v 90. letih 20. stoletja, se v naslednjem desetletju prehodno upočasnilo in v zadnjem obnovilo. Podatki meteorološke postaje na Kredarici kažejo, da ima kar trinajst najtoplejših talilnih sezon (maj–oktober) od leta 1955 letnice 21. stoletja. Še več, med prvimi sedmimi jih je kar šest po letu 2017, najtoplejšo pa smo imeli lani (2023). V zadnjih letih je največja sezonska skupna višina snežne odeje vse pogostejše dosežena v maju, zadnji dan s snežno odejo pa vedno bolj zgodaj. Triglavski dom, najbližja planinska koča, ima v sušnih poletjih čedalje večje težave z vodooskrbo, še vedno pa ni urejeno čiščenje komunalnih odpadnih voda.



Slika 1. Povprečna temperatura zraka na Kredarici (2513 m) v talilni dobi (maj–oktober) med letoma 1955 in 2023 (vir podatkov: ARSO)

Podnebne spremembe vplivajo tudi na tamkajšnje geomorfološke procese in pojave, posledica pa je opustitev in sprememba poteka okoliških planinskih poti ter preusmeritev v varnejše plezalne smeri izven območij skalnih podorov. Večni led se vse bolj seli oziroma ostaja le še v okoliškem podzemlju. Meteorološke meritve na površju dopolnjujemo s spremljanjem dinamike spreminjanja ledu v bližnji lvačičevi jami pod Kredarico; poleg podnebnih

dejavnikov preučujemo tudi izotopsko in geokemično sestavo tamkajšnjega ledu. Ob dejstvu, da smo na Kredarici lani že drugo leto zapored izmerili najvišjo povprečno temperaturo polletne talilne dobe, predvidevamo, da bo Triglavski ledenik izginil prej kot njegov »dvojnik« pod Skuto. Izmerimo in oglejmo si ju torej, dokler je še čas, saj smo zadnja generacija, ki ji je to še dano.



Slika 2. Površina Triglavskega ledenika med letoma 1946 in 2020 (vir podatkov: arhiv ZRC SAZU GIAM)

Alpi Giulie Meteo-Lab

Renato Colucci, Istituto di Scienze Polari, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Società Meteorologica Alpino-Adriatica



The Alpine-Adriatic Meteorological Society (A-AMS), in collaboration with organizations and institutions operating in the Alpe-Adria region, has conceived the "Alpi Giulie Meteo-Lab", a long-term initiative aiming at deepening the scientific knowledge of this particular sector of the Alps. The Julian Alps and Prealps, which part of the territory falls within the Julian Prealps Natural Park (Italy) (Unesco MAB reserve in 2019), and in the Triglavski Narodni Park (Slovenia), represent the Alpine sector with the highest mean annual precipitation. The intensity of individual rain or snow events is often severe.

In the Julian Alps, there are still several active small

glacial bodies, at an altitude much lower than the rest of the Alps. This is mainly due to two factors: i) The lowering west-to-east temperature lapse rate; ii) the large winter snow total accumulation, combined with the local topography able to channel frequent avalanches into the accumulation basins. Several meteorological stations have been recently implemented creating an altitudinal transect from Sella Nevea (1124 m ASL) to the Canin-Kanin plateau. Additionally, Alpi Giulie Meteo-Lab has an educational purpose as a useful facility for courses, seminars, summer schools, and training events to bring enthusiasts and non-meteorologists closer to the scientific activities in the area.

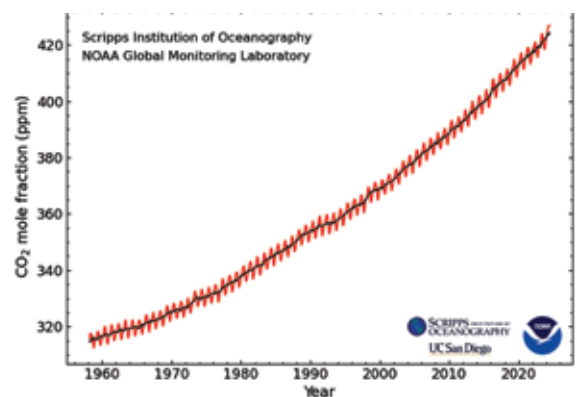
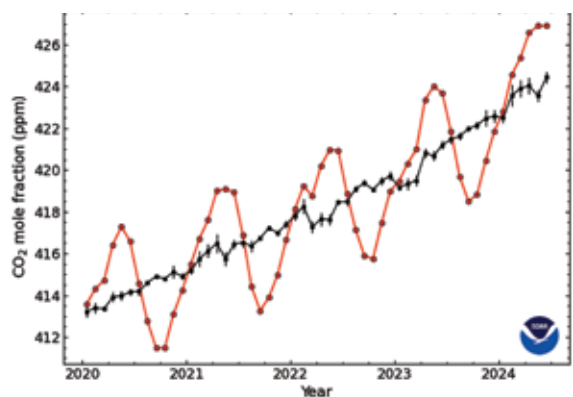
Vzpostavitev monitoringa toplogrednih plinov na visokogorskem observatoriju Kredarica



Mitja Ferlan, Agencija Republike Slovenije za okolje

Človekove aktivnosti so preko rabe fosilnih goriv porušile ogljikov cikel atmosfera-zemlja-ocean in začelo se je segrevanje ozračja, ki ga še poslabšuje dodajanje drugih toplogrednih plinov (TGP) v ozračje. Prve meritve atmosferskega CO₂ je opravil Charles David Keeling v petdesetih letih 20. stoletja, meritve na Mauna Loi pa potekajo od leta 1958 (slika 1). Meritve TGP se danes izvajajo na številnih mestih po svetu in so del večjih svetovnih omrežij. Po pregledu stanja merilnih mrež, ki spremljajo koncentracije TGP v atmosferi, smo ugotovili, da v Sloveniji tovrstnih podatkov še ne prispevamo v nobeno mednarodno mrežo, čeprav nekateri časovni nizi o koncentracijah TGP na ekosistemskem nivoju obstajajo. Kontinuiranih

atmosferskih meritev TGP se torej v Sloveniji še ne izvaja. Za tovrstne meritve so primerni visoki stolpi ali visokogorski observatoriji. Na visokogorskem observatoriju v Sloveniji, na Kredarici, profesionalna meteorološka opazovanja potekajo od leta 1954. Obstoječa meteorološka referenčna merilna postaja leži na 2514 m nadmorske višine in bi potencialno lahko bila primerna lokacija za meritve koncentracij TGP v atmosferi. V prispevku smo predstavili svetovne in evropske merilne mreže, ki zbirajo in usklajujejo meritve ogljikovega cikla in koncentracij TGP v atmosferi in opremo, ki se za tovrstne meritve uporablja po priporočilih mreže ICOS (ang. Integrated Carbon Observation System).



Slika 1. Časovni potek vsebnosti CO₂ v ozračju na Mauni Loi v zadnjih letih (levo) in od začetka meritev (desno). Vir: NOAA, <https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/>



Umerjevalni laboratorij ARSO kot regionalni center Svetovne meteorološke organizacije za inštrumente



Drago Groselj, Agencija Republike Slovenije za okolje

Z umerjanjem merilnih inštrumentov smo se pričeli ukvarjati že leta 1995 v okviru nekdanjega Hidrometeorološkega zavoda. Po reorganizaciji v Agencijo RS za okolje leta 2000 je bil ustanovljen Urad za monitoring z namenom upravljanja z mrežo samodejnih postaj za meteorologijo, hidrologijo, kakovost zunanega zraka, kakovost vode in ionizirajočega sevanja. Najpomembnejši izziv je bila izgradnja skupnega celovitega sistema zagotavljanja kakovosti za različne merilne mreže.

Umerjevalni laboratorij je pomemben subjekt v celovitem sistemu zagotavljanja kakovosti z vidika zagotavljanja sledljivosti meritev. Umerjevalni laboratorij izvaja akreditirana umerjanja merilnih instrumentov na področju temperature, zračnega tlaka, relativne vlažnosti zraka in parametrov kakovosti zraka (slika 1). Inicialna akreditacija je bila dosežena leta 1999 na področju temperaturnih kalibracij s skupno presojo francoske akreditacijske službe - COFRAC (fra. »Comitee Francais d'Accreditation«) in nacionalnega organa Slovenska akreditacija. Akreditirano področje je bilo leta 2002

razširjeno na področje zračnega tlaka, leta 2004 pa še na področje relativne vlažnosti zraka in parametre kakovosti zraka: vsebnosti ogljikovega monoksida, žveplovega dioksida, ozona in dušikovih oksidov. Na neakreditiranem področju izvajamo umerjanja merilnih instrumentov sončnega sevanja z uporabo Sonca kot vira sevanja, testiranje instrumentov za hitrost in smer vetra ter testiranje instrumentov za padavine.

Umerjevalni laboratorij vzdržuje sledljivost meritev do nacionalne oziroma mednarodne ravni. Pri temperaturi umerjevalni laboratorij izvaja kalibracije različnih tipov termometrov: klasični tekočinski-stekleni termometri, platinasti uporovni termometri, termometri s prikazovalniki, termistorji in termografi. Umerjanja termometrov se izvajajo v temperaturnem območju od $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $50\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Kot referenčni termometer se uporablja standardni platinasti uporovni termometer (Pt25), ki ga periodično kalibramo pri slovenskem nosilcu nacionalnega etalona za temperaturo (Laboratorij



Slika 1. Umerjevalni laboratorij za temperaturo

za metrologijo in kakovost) z metodo fiksnih točk. Ta zunanja sledljivost povezuje referenčni standard do mednarodne temperaturne lestvice ITS-90. Redundantna sledljivost referenčnega termometra v dveh fiksnih točkah (trojna točka vode in tališče galija) se redno izvaja z namenom ugotavljanja sprememb meroslovnih lastnosti in zagotavlja meroslovno stabilnost. Standardni platinasti uporovni termometer se uporablja za umerjanje delovnega standardnega uporovnega termometra (Pt100) v sodobni temperaturno nadzorovani tekoči kopeli. Prepoznavanje in analiza virov negotovosti je najpomembnejša vsebina pri razvoju umerjevalnega postopka, kar vodi do ustreznega vrednotenja merilne negotovosti. Na področju temperaturnih umerjanj negotovost reproducirane veličine predstavlja velik prispevek k skupni negotovosti, zato je pravilna in natančna karakterizacija kalibracijskih kopeli zelo pomembna. Kalibracijski laboratorij je razvil lastne postopke za oceno meroslovnih značilnosti tekočinske kopeli in klimatske komore. Druga oprema, ki se uporablja v procesu kalibracije (standardna upori, multimetri), je sledljiva do Slovenskega instituta za kakovost in meroslovje (SiQ). Najboljša merilna in kalibracijska zmogljivost za primerjalno kalibracijo uporovnega termometra je 12 mK. Za umerjanje merilnih instrumentov v mreži postaj je najboljša merilna in kalibracijska zmogljivost 25 mK.

Od leta 2005 ima umerjevalni laboratorij ARSO status regionalnega centra za instrumente (RIC) v okviru Svetovne meteorološke organizacije (SMO). V svetovnem merilu je tovrstnih centrov 17. Glavne naloge regionalnih instrumentacijskih centrov v okviru SMO so:

- RIC pomaga članicam regije in po možnosti drugim regijam pri kalibraciji njihovih nacionalnih meteoroloških standardov in povezanih instrumentov za spremljanje okolja;

- RIC sodeluje pri medlaboratorijskih primerjavah in/ali jih organizira ter podpira medsebojne primerjave instrumentov po ustreznih priporočilih SMO;
- V skladu z ustreznimi priporočili v okviru SMO za vodenje kakovosti mora RIC konstruktivno delovati glede kakovosti meritev;
- RIC svetuje članicam o poizvedbah v zvezi z delovanjem instrumentov, vzdrževanjem in razpoložljivostjo ustreznih navodil;
- RIC dejavno sodeluje ali pomaga pri organizaciji delavnic o umerjanju in vzdrževanju meteoroloških in sorodnih okoljskih instrumentov;
- RIC prispeva k standardizaciji meteoroloških in z njimi povezanih okoljskih meritev;
- RIC izvaja ali podpira redno ocenjevanje potreb članic po storitvah RIC;
- RIC redno obvešča članice in vsako leto poroča sekretariatu SMO o storitvah, ki jih ponuja članicam, in izvedenih dejavnostih.

V preteklem obdobju je ARSO RIC organiziral oziroma sodeloval na področju krepitev zmogljivosti (metrološke delavnice, slika 2) ne samo v Regiji VI temveč praktično v vseh regijah SMO (13 delavnic). Za šest meteoroloških služb je bilo organizirano usposabljanje v ARSO RIC na področju meroslovja, redno pa zagotavljamo sledljivost referenčnih standardov trem meteorološkim službam.

ARSO RIC je sodeloval pri organizaciji medlaboratorijskih primerjav v Regiji I, II, V, in VI in je eden od dveh povezovalnih laboratorijev med omenjenimi medlaboratorijskimi primerjavami. Aktivno sodelujemo v projektih MeteoMet, ki povezujejo metrologe z meteorologi. Aktivni smo v SMO in BIPM (fra. »Bureau International des Poids et Mesures«) na področju metrologije v obliki vodenja oziroma članstva v ekspertnih skupinah.



Slika 2. Metrološka delavnica na ARSO leta 2006 (levo) in v Kairu leta 2023 (desno)

Fenologija – koledar narave

Zalika Črepinšek, Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani



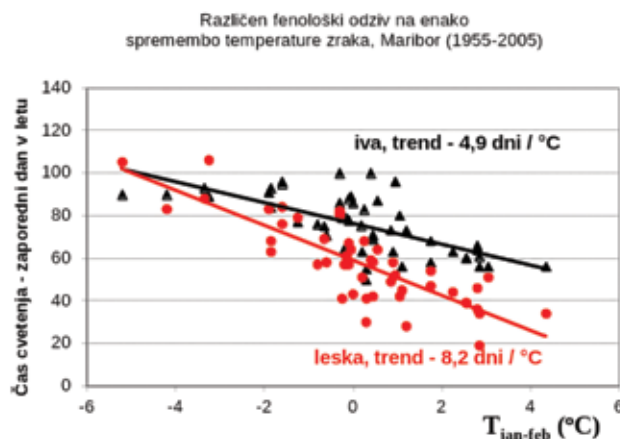
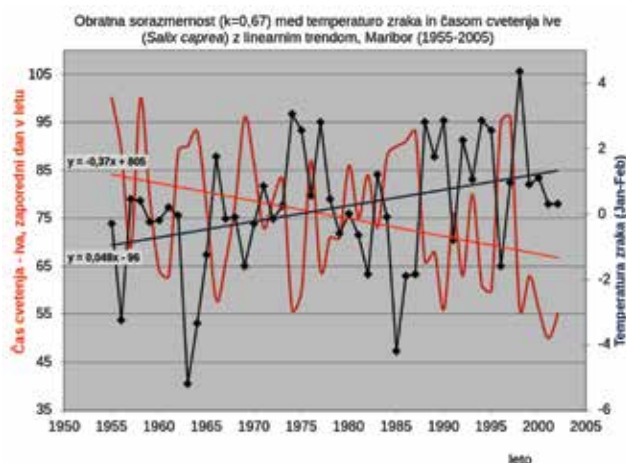
Fenologija je znanstvena disciplina, ki preučuje čas pojavljanja periodičnih bioloških faz rastlin in živali in vzrokov njihovega pojava, ob upoštevanju biotičnih in abiotičnih dejavnikov ter preučuje tudi medsebojne odnose faz znotraj ene ali več vrst. Ker pogosto raziskujemo vpliv vremenskih dejavnikov, npr. temperature, padavin, vlažnosti zraka, na razvoj rastlin in živali, fenološka dejavnost praviloma sodi v okvir meteoroloških služb in jo obravnavamo kot del agrometeorologije. Fenologijo delimo na fitofenologijo (fenologija rastlin) in zoofenologijo (fenologija živali). Rastlinska fenologija je precej bolj razvita in tudi opazovanja razvojnih faz rastlin potekajo v veliko večjem obsegu kot pri živalski fenologiji. Fenološki podatek je datum, ko na opazovani rastlini opazimo znake določene fenofaze, npr. pri lipi opazujemo fazo olistanja, začetek cvetenja, splošno cvetenje, splošno rumenenje in splošno odpadanje listja. Živalska fenologija se ukvarja največkrat s fenologijo žuželk, vzorci selitev ptic in nekaterih sesalcev. Primeri spremljanja fenoloških faz pri živalih so na primer pri čebelah čas prve spomladanske paše ter pojav medenja na lipi in robiniji, pri pticah selivkah pa datum prihoda ptic selivk na gnezdišča. Pri fenoloških opazovanjih je potrebno dosledno upoštevati strokovna navodila, kot so npr. 'Priročnik za rastlinska fenološka opazovanja', ki ga je izdala Svetovna meteorološka organizacija (WMO, 2009) ali 'Fenologija v Sloveniji', ki je izšla ob 65. obletnici delovanja državne fenološke mreže na Agenciji republike Slovenije za okolje (Žust, 2015), da imajo zbrani podatki znanstveno vrednost. Da pridobimo relevantne in primerljive rastlinske fenološke podatke, priročniki vsebujejo natančna navodila glede izbire lokacije opazovalnega prostora, rastlin, ki jih opazujemo, ter pogostosti opazovanj. Za natančno določitev posamezne fenofaze se uporablja razširjena lestvica BBCH (Meier, 2018), to je sistem za enotno kodiranje fenološko podobnih razvojnih faz vseh rastlin. Oznaka za posamezno fenofazo je dvomestna koda, pri kateri prva številka pomeni glavno razvojno stopnjo, druga številka pa sekundarno stopnjo, npr. BBCH60 je začetek cvetenja, BBCH69 pa konec cvetenja.

Slovenski fenološki arhiv obsega podatke od rastne sezone 1950/1951 dalje. Opazovanja so se začela v okviru nekdanjega Hidrometeorološkega zavoda na 30 lokacijah, to število se je povečalo na največ 120 postaj hkrati. Od leta 2001 so fenološka opazovanja del rednih dejavnosti Oddelka za agrometeorologijo

na ARSO. Mrežo trenutno sestavlja 54 postaj, reprezentativnih za regionalne podnebne razmere. V program fenoloških opazovanj so vključene gojene in negovane rastline. V skupino negovanih rastlin so uvrščene negovane zelnate rastline (7), gozdno drevje in grmičje (28), med gojene rastline pa metuljnice, detelje in trave (8), poljščine (8) ter sadne rastline in vinska trta (13). Opazovalci beležijo tudi čas štirih splošnih poljskih del ter opazujejo pojav treh fenoloških faz pri čebelah. Velikega pomena za raziskave je Mednarodni fenološki vrt v parku Tivoli v Ljubljani, ki je bil ustanovljen leta 1959 in je eden izmed 73 aktivnih evropskih fenoloških parkov. Posebnost teh mednarodnih fenoloških vrtov je, da v njih uspevajo drevesa in grmi, ki so klonski potomci ene matične rastline (izključena je genetska variabilnost), kar omogoča primerjavo in proučevanje vpliva podnebnih dejavnikov na razvoj rastlin v širšem evropskem geografskem prostoru (ARSO, 2024).

Podatki fenoloških opazovanj se nahajajo v arhivu Urada za meteorologijo ARSO. Za obdobje 1951–1970 so shranjeni v klasični obliki fenoloških dnevnikov, za izbrane fenološke postaje in rastline so bili digitalizirani celotni nizi podatkov. Od leta 1970 dalje so fenološki podatki shranjeni tudi v elektronski obliki, elektronski arhiv pa obsega preko pol milijona fenoloških podatkov. Dolgoletni nizi fenoloških podatkov imajo izjemno veliko vrednost v znanstvenih raziskavah o spremembah okolja in so pomemben sekundarni vir pri preučevanju sprememb podnebja ter njihovega vpliva na rastline (primer na sliki 1).

Uporabnost fenoloških podatkov je velika in zajema številna področja. Spremljanje fenološkega razvoja rastlin ob sočasnem spremljanju vremena omogoča ovrednotenje vpliva vremenskih razmer na rast in razvoj rastlin ter določitev vremenskih spremenljivk, ki imajo na to največji vpliv. V kmetijstvu so fenološka opazovanja neobhodno potrebna za izvajanje agrotehničnih ukrepov, kot so čas setve, košnje, gnojenja, spravila pridelka, uporabe sredstev za varstvo rastlin ali ukrepov proti škodljivim organizmom ter v številnih modelih za napovedovanje rasti in razvoja rastlin. Na področju zdravstva so fenološki podatki pomembni pri spremljanju časa cvetenja alergenih rastlin, prav tako pa je kopičenje aktivnih sestavin pri rastlinah, ki jih uporabljamo v zdravilne namene, povezano s točno določeno fenološko fazo. V turizmu so številne prireditve ali dejavnosti odvisne



Slika 1. Primer uporabe fenoloških podatkov je študija povezanosti povprečne temperature zraka in časa pojava določene fenofaze (Vir podatkov: ARSO)

od časa fenoloških faz. Na Japonskem je čas cvetenja češenj tradicionalni praznik, v Sloveniji imamo praznik cvetenja narcis na Golici, cvetenje velikonočnic na Boču ali pa razstavo tulipanov v Volčjem Potoku. Začetek in trajanje teh fenofaz sta močno odvisna od vremenskih razmer. Del ekologije preučuje vpliv ekstremnih vremenskih dogodkov na fenološke faze, spremenjenih podnebnih razmer na selitev rastlinskih ali živalskih združb na višje nadmorske višine ali druge zemljepisne širine ter usklajenost fenoloških faz rastlin in živali, kar pomembno vpliva na biodiverzitetu rastlinskega in živalskega sveta. Vključevanje šolskih otrok ter širše javnosti v fenološka opazovanja pomeni na področju izobraževanja poceni in lahko dostopen način sodelovanja, saj za ta opazovanja ne potrebujemo posebne opreme, le dodatna znanja glede identifikacije opazovanih objektov ter pravil opazovanj, za kar pa prav tako obstajajo številni priročniki (Haggerty in Mazer, 2008; Črepinšek, 2010).

V zadnjih desetletjih je študij fenologije izjemnega pomena pri spremljanju podnebnih sprememb ter njihovih posledic za ekosisteme in človeške dejavnosti. Ker so fenološke faze močno korelirane s temperaturnimi razmerami v okolju, se skladno z zvišanjem temperature spreminjajo tudi fenološki vzorci. Višje temperature vplivajo na zgodnejši pojav fenofaz spomladi, na krajše trajanje fenofaz ter kasnejši zaključek jeseni. S spremljanjem fenoloških premikov lahko znanstveniki pridobijo dragocen vpogled v to, kako globalno segrevanje spreminja čas ključnih bioloških dogodkov. Ti premiki imajo lahko kaskadne učinke na ekosisteme, porušijo občutljivo ravnovesje med vrstami (fenološka asinhronost) ter vplivajo na kmetijske prakse in varnost preskrbe s hrano. Poleg tega lahko študij fenologije pomaga pri

razvoju učinkovitejših strategij ohranjanja, kar nam omogoča boljše predvidevanje in ublažitev izzivov, ki jih predstavljajo spreminjajoče se okoljske razmere.

Viri:

ARSO, 2024. Agrometeorologija, fenološki razvoj rastlin. <https://meteo.arso.gov.si/met/sl/agromet/pheno/> (12.5.2024)

Črepinšek Z., 2010. Fenologija – Koledar narave. Navodila za fenološka opazovanja v šolah. Prirodoslovno društvo Slovenije, Ljubljana

Haggerty B.P., Mazer S.J., 2008. The Phenology Handbook, A guide to phenological monitoring for students, teachers, families, and nature enthusiasts. University of California, Santa Barbara

https://ndep.nv.gov/uploads/land-tribe-docs/Phenology_Handbook_2nd_ed_Abridged.pdf (12.5.2024)

Meier U., 2018. Growth stages of mono- and dicotyledonous plants: BBCH Monograph. Open Agrar Repository, Quedlinburg. <https://doi.org/10.5073/20180906-074619> (10.5.2024)

WMO, 2009. Guidelines for Plant Phenological Observations, WMO/TD No. 1484. World Climate Data and Monitoring Programme. <https://library.wmo.int/idurl/4/51138> (10.5.2024)

Žust A., 2015. Fenologija v Sloveniji, Priročnik za fenološka opazovanja, Ob 65. letnici delovanja državne fenološke mreže. Ljubljana, Agencija RS za okolje

Meritve cvetnega prahu v Sloveniji in razvoj tehnologije na tem področju

Andreja Kofol Seliger, Nacionalni laboratorij za zdravje, okolje in hrano, Enota za aerobiologijo



Terenske meritve aerosola biogenega izvora se izvajajo v širokem spektru temeljnih in uporabnih znanstvenih disciplin, od katerih ima vsaka svoje cilje, predpostavke in terminologijo (Šantl-Temkiv 2020; Depres 2012). Aerosol cvetnega prahu lahko definiramo kot del biološkega eksposoma v življenju posameznika in ga štejemo kot možen vzrok za nastanek, razvoj in poslabšanja alergijskih bolezni (Cecchi 2018; Oteros 2019). Zrna cvetnega prahu so med večjimi delci bio-aerosola, njihova velikost je med 10 do 100 μm , in se ob vdihih ustavijo v zgornjih dihalnih poteh.

Za zagotavljanje informacij o obremenjenosti zraka s cvetnim prahom so v Evropi po posameznih državah v uporabi različni programi, podatkovne baze in merilne mreže (Buters 2018). V Sloveniji te dejavnosti izvaja Nacionalni laboratorij za zdravje, okolje in hrano (NL-ZOH), Enota za aerobiologijo.

Preskok v razvoju meritev cvetnega prahu in spor gliv se je zgodil v začetku petdesetih let prejšnjega stoletja, ko je leta 1952 J. M. Hirst skonstruiral vzorčevalnik, ki je omogočal volumetrično, 24-urno, neprekinjeno vzorčenje (Hirst 1952, slika 1). Znan je po svoji zanesljivosti, natančnosti, robustnosti in združljivosti s standardiziranimi postopki štetja cvetnega prahu. Uveljavil se je za sledenje cvetnemu prahu in sporam gliv za potrebe v alergologiji in je do današnjih dni v široki uporabi v Evropi in drugod po svetu (Buters, 2018).

Decembra 1995 je bila v sodelovanju s takratnim Inštitutom za varovanje zdravja (IVZ) in Hidrometeorološkim zavodom Slovenije (HMZ) v Ljubljani postavljena prva merilna postaja te vrste v Sloveniji. Skozi čas se je število merilnih mest povečevalo glede na potrebe meritev za realizacijo



Slika 1. Vzorčevalnik Hirstovega tipa v Izoli

aplikativnih raziskovalnih projektov. V današnjem času NLZOH na državnem nivoju izvaja celoletni monitoring cvetnega prahu v nižinskem svetu na štirih merilnih postajah: v Izoli, Ljubljani, Mariboru in Lendavi. Analize vzorcev in vzorčenje je izvedeno po standardu SIST EN 16868:2019 (Standard 2019). Analiza vzorcev poteka s svetlobnim mikroskopom na 400-kratni povečavi, izvajajo jo za te namene izšolani analitiki, katerih kvaliteta dela je preskušena z medlaboratorijskimi testi v tujini.

Delovno intenzivne analize vzorcev, velik časovni zamik rezultatov monitoringa, ki lahko znaša tudi od 3 do 7 dni in groba časovna resolucija merjenj, podana kot dnevna povprečja, so dejstva, ki že dolgo ne ustrezajo več današnjim standardom meritev in obveščanja javnosti. V zadnjih desetih letih se je pospešil razvoj popolnoma ali delno avtomatiziranih sistemov za merjenje cvetnega prahu in spor gliv v skoraj realnem času in analizo zraka na mestu zajema vzorcev. Za opremljanje merilnih mrež prevladuje uporaba naprav, ki analizirajo digitalne slike cvetnega prahu, oziroma tehnologija, ki sloni na metodi pretočne citometrije zraka in je kombinirana s hologrfskim tridimenzionalnim slikanjem delcev (Manzano 2023). Prva uporaba avtomatskih monitorjev v merilnih mrežah se je začela v čezmejnem sodelovanju Srbije in Hrvaške leta 2019, v nemški zvezni državi Bavarska leta 2020 in v švicarski nacionalni mreži leta 2021. Številna druga avtomatska merilna mesta so trenutno posejana po Evropi in predstavljajo možna izhodišča za razvoj v nacionalna avtomatska aerobiološka omrežja (Clot 2023).

Prednosti samodejnega merjenja se odražajo v hitri pridobitvi rezultatov merjenj stanja v zraku, izboljšani kakovosti informacije, v veliki časovni ločljivosti in konvergenci z merjenji drugih vrst aerosola in kakovosti zraka. Odprte so nove možnosti raziskav tudi v povezavi z zdravjem. Vzporedno z instrumenti je potreben razvoj programske opreme za analize vzorcev. Ker je merilni sistem dokaj nov, žal na razpolago še ni večletnih nizov podatkov. Da bi na mednarodni ravni dosegli medsebojno primerljivost meritev, pretok znanja, razvoj algoritmov za identifikacijo zrn cvetnega prahu in spor gliv, omogočili primerjavo s sedanjimi meritvami s Hirstovim tipom vzorčevalnika, poenotili umerjanje in validacijo naprav, predvsem pa postavili temelje za evropsko merilno mrežo in druge mednarodne dogovore, je bil leta 2018 v okviru interesne skupnosti državnih meteoroloških služb EUMETNET vzpostavljen projekt AUTOPOLLEN, v katerem sodelujeta Agencija RS za okolje in NLZOH kot pridružen član (Clot 2023). V letošnjem letu se je začelo njegovo 5-letno nadaljevanje.

Viri:

- Buters, J.T.M., Antunes, C., Galveias, A. et al.: Pollen and spore monitoring in the world. *Clin Transl Allergy* 8, 9, <https://doi.org/10.1186/s13601-018-0197-8>, 2018.
- Cecchi, L., D'Amato, G., Annesi-Maesano I., 2018: External exposome and allergic respiratory and skin diseases. *J Allergy Clin Immunol.*;141(3):846-857, doi: 10.1016/j.jaci.2018.01.016.
- Clot, B., Gilge, S., Hajkova, L., Magyar, D., Scheifinger, H., Sofiev, M., Butler, F., Tummon, F., 2023: The EUMETNET AutoPollen programme: establishing a prototype automatic pollen monitoring network in Europe. *Aerobiologia, special issue: Autopollen*, <https://doi.org/10.1007/s10453-020-09666-4>.
- Després, Viviane R., Huffman, J. A., Burrows, S. M., Hoose, C., Safatov, Aleksandr S., Buryak, G., Jaenicke, R., 2012: Primary biological aerosol particles in the atmosphere: a review. *Tellus B: Chemical and Physical Meteorology*, 64(1), <https://doi.org/10.3402/tellusb.v64i0.15598>
- Hirst, J. M., 1952: An automatic volumetric spore trap. *Annals of Applied Biology - AAB*. 39 (2), pp. 257-&, <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1952.tb00904.x>
- Manzano, M., José M., Tummon, F., Reto, A. et al., 2023: Towards European automatic bioaerosol monitoring: comparison of 9 automatic pollen observational instruments with classic Hirst-type traps. *Science of the Total Environment*, Vol. 866, <https://doi.org/10.1007/s10453-024-09820-2>.
- Oteros, K.C., Bergmann, A., Menzel, A., Damialis, C., Traidl-Hoffmann, C.B., Schmidt-Weber, J., Buters, J., 2018: Spatial interpolation of current airborne pollen concentrations where no monitoring exists. *Atmos. Environ.*, 199 pp. 435-442, <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv>.
- Standard, 2019: Zunanji zrak – Vzorčenje in analiza cvetnega prahu in trosov gliv v zraku za alergijsko omrežje – Volumetrična Hirstova metoda <https://www.sist.si/varno-skozi-sezono-alergij-s-standardom-sist-en-168682019.html> (16. 5. 2024).
- Šanti-Temkiv, T., Šikoparija, B., Maki, T., Carotenuto, F., Amato, P., Yao, M., Huffman, J. A. et al., 2020: Bioaerosol field measurements: Challenges and perspectives in outdoor studies. *Aerosol Science and Technology*, 54(5), 520–546, <https://doi.org/10.1080/02786826.2019.1676395>.

Meteorološke meritve in opazovanja v okviru učnega procesa

Katarina Kosovelj, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko



Študij meteorologije v Sloveniji na prvih dveh stopnjah poteka v okviru študija fizike na Fakulteti za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani. Cilj študija je usposobiti strokovnjaka, ki je sposoben matematično-fizikalnega pristopa k reševanju problemov s področja atmosferskih pojavov in osnovnega modeliranja vremenskih in klimatskih procesov. Tekom učnega procesa pa se študentom podajo tudi vsebine, povezane z meteorološkimi opazovanji in merjenji ter njihovo obdelavo, interpretacijo in predstavitvijo.

Študenti se z meteorološkimi opazovanji in merjenji srečajo pri šestih predmetih. Uvod v fiziko atmosfere je uvodni meteorološki predmet, kjer je eno poglavje namenjeno osnovam meteoroloških meritev. Na teh osnovah gradi predmet Meteorološka opazovanja in inštrumenti, kjer se naredi natančnejši pregled meteoroloških inštrumentov, merilnih tehnik in opazovanj. Študenti se ob tem seznanijo še z delovanjem meteorološke merilne mreže, kontrole, homogenizacije in mednarodne izmenjave podatkov ter pomenom metapodatkov. Podrobneje se obravnavajo daljinske meritve atmosfere. Pri predmetu Klimatologija študenti izvejo nekaj o paleoklimatskih meritvah in njihovi analizi ter podrobneje obravnavajo homogenizacijo podatkov. Spoznajo različne statistične metode in matematične modele, ki omogočajo uporabo podatkov za opis podnebja in izdelavo podnebnih projekcij. Praktikum meteoroloških opazovanj in inštrumentov študentom podaja praktična znanja. Poleg laboratorijskih

vaj, ki s praktičnim delom nadgrajujejo teoretična znanja delovanja izbranih merilnih inštrumentov in fizikalnih procesov, se študenti preizkusijo v vlogi meteorološkega opazovalca na sinoptični postaji ter opravijo terenske meritve s prenosno samodejno meteorološko postajo. Učijo se tudi primerne obdelave in predstavitve podatkov, s čimer se bolj poglobljeno srečajo kasneje pri Računalniških orodjih v meteorologiji. Tu se študenti s praktičnimi vajami med drugim spoznajo z računalniškimi orodji za obdelavo podatkov in njihovo grafično predstavitvijo, uporabo relacijskih baz, delom z različnimi tipi datotek za zapis meteoroloških podatkov. Na drugi stopnji študija se pri Fizikalni meteorologiji naredi kompleksnejšo fizikalno obravnavo radarskih in satelitskih meritev. Del obeh stopenj študija je tudi študentska praksa, ki se pogosto opravlja na Agenciji RS za okolje in zainteresiranim študentom omogoča delo z meteorološkimi meritvami v praksi, izven akademskega okolja.

Snov, povezana z meteorološkimi opazovanji in meritvami, se torej študentom podaja postopoma, od splošnejših vsebin proti bolj specifičnim ter od teoretičnih k praktičnim. Takšna znanja diplomantom omogočajo širše razumevanje meteoroloških meritev, prilagodljivost in inovativnost pri obravnavi in predstavitvi podatkov ter jih spodbujajo h kritični presoji podatkov, s katerimi se srečujejo pri svojem delu, tudi če to ni neposredno povezano z meteorološkimi meritvami.

Amaterska vremenska postaja in njen pomen za ozaveščanje

Miha Pavšek, Civilna zaščita Trzin



Civilna zaščita (CZ) je namensko organiziran del sistema varstva pred naravnimi in drugimi nesrečami in obsega organe vodenja, enote in službe za zaščito, reševanje in pomoč, zaščitno in reševalno opremo ter objekte in naprave za zaščito, reševanje in pomoč. Za opravljanje nalog zaščite, reševanja in pomoči se,

kadar nalog zaščite, reševanja in pomoči ni mogoče opravljati s poklicnimi, prostovoljnimi oziroma drugimi reševalnimi službami, praviloma organizirajo enote ter službe in imenujejo organi Civilne zaščite. Med njene pomembnejše naloge sodita tudi varstvo in zaščita pred naravnimi nesrečami, še posebej vremensko

povzročenimi. K tovrstni preventivi uvrščamo, poleg vseživljenjskega in stalnega ter formalnega in neformalnega izobraževanja, ozaveščanja in obveščanja tudi spremljanje lokalnega vremena.



Slika 1. Lokacija vremenske postaje Osnovne šole Trzin v na šolskem vrtu (foto: Miha Pavšek)

Zato smo se v občinskem štabu civilne zaščite Trzin konec leta 2015 odločili za postavitev amaterske vremenske postaje na travniku tamkajšnje osnovne šole (slika 1). Merilne naprave meteorološke postaje Davis Vantage Pro 2 smo postavili blizu šolskega zelenjavnega vrta in manjšega ribnika. Sprejemno konzolo smo namestili v najbližjo učilnico, ki je povsem slučajno sovpadla s fizikalnim kabinetom. Interval zajemanja podatkov je petminutni, na voljo pa so značilni temperaturni (dnevna povprečna, najvišja in najnižja temperatura zraka) in padavinski podatki (intervalni, dnevni oziroma 24-urni) ter podatki o vetru (povprečna hitrost, najmočnejši sunki, smer) in vlažnosti zraka. Vsi so prosto dostopni na spletni strani vremenske

postaje na povezavi <http://trzin.zevs.si/>.

Delovanje postaje smo predstavili tudi v okoliških krajevnih glasilih ter ob raznih drugih priložnostih – med drugimi tudi na stojnici Civilne zaščite v okviru vsakoletnega krajevnega sejma. Izbrane podatke redno objavljamo v občinskem glasilu Odsev, v okviru rubrike Vremenska skirca, v kateri so mesečni oziroma letni pregledi vremena in najbolj zanimive ter aktualne vremenske podrobnosti tega dela Ljubljanske kotline in Slovenije.

Tako med krajani kot tudi na širšem območju so podatki s postaje dobro sprejeti, ob morebitnih težavah ali trenutnem nedelovanju vremenske postaje pa nas praviloma hitro obvestijo. Cenovno ugodno vzdrževanje postaje in spletnih strani bistveno ne bremeni letnega proračuna za področje zaščite in reševanja, pomeni pa bistven prispevek k pripravljenosti in odzivu lokalnega prebivalstva na vse pogostejše izredne vremenske dogodke. V osmih letih in pol bolj ali manj neprekinjenega delovanja smo zabeležili številne ekstremne vrednosti posameznih vremenskih kazalnikov, ki kažejo, da je lahko tudi vreme v Trzinu, ki leži v »padavinski senci« bližnje prestolnice, zanimivo. V nekaterih primerih so navajali podatke s postaje v uradnih poročilih tudi sodelavci ARSO, predvsem v primeru izrednih vremenskih dogodkov in pa v rednih mesečnih poročilih o vremenu (slika 2). Lokalna amaterska vremenska postaja ni samo zakladnica znanja, temveč tudi povezovanja vseh, ki se zavedajo pomena vremena in kakovostnih meritev.

Zapisi vremenske postaje za jun 2019

Osnovna sola Trzin, Slovenija
46.134 N, 14.5613 E, 300 m

Cas	Temp	Ros	Tlak	Vlaga	Pad	Pad/h	Veter	Smer	Sunek	Smer
2019-06-20 16:30	21,3	19,6	1009,3	90	6,1	126,2	4,2	155	9,7	168
2019-06-20 16:35	20,8	18,7	1009,6	88	8,4	147,8	8,8	160	24,1	166
2019-06-20 16:40	19,6	17,4	1009,3	87	3,6	144,8	13,4	151	29,0	143
2019-06-20 16:45	19,3	16,7	1009,0	85	8,6	172,2	23,1	152	41,8	137
2019-06-20 16:50	18,8	16,6	1009,2	87	4,8	121,9	10,7	148	41,8	137
2019-06-20 16:55	17,5	15,1	1009,6	86	11,2	418,1	22,5	158	41,8	164
2019-06-20 17:00	16,8	14,3	1010,8	85	14,5	385,1	30,4	157	54,7	197
2019-06-20 17:05	16,2	13,9	1011,1	86	11,4	318,0	11,5	171	54,7	197
2019-06-20 17:10	16,8	15,0	1010,6	89	12,4	375,2	15,4	99	30,6	167
2019-06-20 17:15	17,2	14,9	1010,0	86	5,1	375,2	12,1	321	30,6	167
2019-06-20 17:20	17,1	14,9	1010,4	87	2,0	55,1	5,4	358	30,6	284
2019-06-20 17:25	16,7	15,1	1010,1	90	1,8	49,0	6,3	322	14,5	313

Slika 2. Izpis 5-minutnih izmerkov vremenske postaje OŠ Trzin dne 20. 6. 2019 od 16.25. do 17.25, med enim najmočnejših nalivov v času njenega delovanja. V 20 minutah je padlo kar 50 mm padavin, največja intenziteta pa je presegla 400 mm/h (vir: <http://trzin.zevs.si/NOAA/>). Podatek so objavili tudi v poročilu ARSO o takratnem izrednem vremenskem dogodku.

Ekološki informacijski sistem Nuklearne elektrarne Krško

Marija Zlata Božnar, MEIS d.o.o



Zahteve obratovalnega monitoringa NEK vključujejo tudi meteorološki monitoring in spremljanje pogojev disperzije v ozračju. Ti podatki v okviru meritev na objektu in v okolju bi bili potrebni izjemoma za projekcijo doz v okolici, če bi prišlo do nezgodnega izpusta v zrak. Običajno pa se uporabljajo predvsem za redne sprotne in letne analize vplivov na okolje med obratovanjem NEK.

V ta namen Nuklearna elektrarna Krško vzdržuje in razvija Ekološki informacijski sistem (EIS NEK), ki operativno združuje zelo različne podatke in orodja, ki omogočijo takojšnji prikaz radioloških razmer v okolici NEK. V ta namen potrebujemo kakovostne merjene in napovedane meteorološke podatke. Skupaj s podatki o emisiji iz internih merilnikov NEK lahko določimo radiološko dozo prebivalstva zaradi prehoda oblaka radionuklidov preko ozemlja sosednjih naselij.

Najprej smo na simpoziju predstavili komponente sistema, ki so ključni vhodi za verodostojen rezultat disperzijskega modela in modela za oceno doz prebivalstva:

- meteorološke talne samodejne merilne postaje (jedro je vgradni računalnik ENODA (MEIS), ki ga razvijamo od 2007 in ga konfiguriramo z datoteko v obliki XML),
- 70-metrski meteorološki stolp,
- daljinsko zaznavanje temperaturnega in vetrovnega navpičnega profila z merilniki SODAR in RASS (slika 1),
- radiološki monitoring na različnih mestih v NEK, na glavni ventilaciji in na sistemu PCFV,

- radiološki monitoring v okoliških krajih (za spremljanje dejanskega stanja),
- napoved tridimenzionalnega meteorološkega polja v fini resoluciji za napoved.

Nato smo predstavili potek sprotne in vnaprejšnje samodejne simulacije disperzije v ozračju z Lagrangeevim modelom delcev, ki smo ga izčrpno validirali s podatki iz sledilnega eksperimenta v Šoštanju, meteorološki prognostični model pa smo izčrpno validirali na lokaciji NEK.

Predstavitev smo zaokrožili s kratkim prikazom programa DOZE, ki smo ga razvili za oceno doz upoštevaje vse tehnološke značilnosti Nuklearne elektrarne Krško.

Predstavili smo tudi koncept celotnega sistema, samodejno zbiranje podatkov, samodejno diagnozo in napoved disperzije v ozračju ter samodejno posredovanje vseh podatkov operaterju, ki izvede izračun doz.

V ta namen smo oblikovali baze podatkov, ki vse naštete raznolike podatke združijo in posredujejo modelom za samodejno izvedbo simulacij, ki so vedno na voljo za vsake pol ure sproti in za do šest dni vnaprej. Samodejni algoritmi pa skrbijo za kontrolo kakovosti podatkov, kontrolo pravilnosti izvajanja vseh simulacij in opozarjajo na morebitne merilne napake in zaustavitve merilnikov. Rezultati so na voljo ekipi v NEK, njihovi mobilni enoti ter URSJV (Uprava za jedrsko varnost), merjeni meteorološki podatki pa tudi ARSO, v zameno pa ARSO posreduje meritve s svojih merilnikov v bližini NEK.



Sodelavci pri projektu:
Primož Mlakar, Boštjan Grašič,
Marija Zlata Božnar, Darko Popović¹,
Borut Breznik²

¹ MEIS d.o.o.

² NEK d.o.o.

Slika 1. RASS na lokaciji pri Nuklearni elektrarni Krško, vključuje tudi SODAR (3. generacijo) (foto: Brane Ferk, NEK)

Meritve vetra na vipavski hitri cesti

Marija Zlata Božnar, MEIS d.o.o



Vipavska hitra cesta je zelo izpostavljena močni burji in vetrovom južnih smeri. DARS bo zato namestil protivetrne ograje, ki bodo omogočale promet tudi ob močnejših vetrovih kot je to sedaj mogoče. V ta namen je projektant dr. Marjan Pipenbaher s svojo projektantsko skupino pripravil projekte za različne vrste protivetrnih ograj. Zamislil si je, da se na trasi ceste postavi tri testna polja, kjer se podrobno



Slika 1. 3D-ultrasonični merilniki na vipavski hitri cesti (foto: Boštjan Grašič, MEIS)

pomeri prehod vetra skozi različne protivetrne ograje. Na javnem razpisu je izvedbo del pridobil konzorcij pod vodstvom Kolektor CPG. MEIS je izvedel projektiranje merilnega sistema in izvedbo njegovih ključnih komponent, montažo merilnega sistema je izvedel GVO, ograje in vsa ostala zemeljska in gradbena dela pa so izvedli ostali partnerji v konzorciju.

Meritve so potekale od 15. 10. 2019 do 3. 5. 2020. V sistemu je delovalo 58 (oseminpetdeset) 3D ultrasoničnih vetromerov (slika 1), s katerih smo v realnem času zbirali vse meritve z vzorčenjem na 1/100 sekunde. Podatke smo samodejno lokalno obdelovali, shranjevali in v realnem času prenašali na dve dislocirani centralni enoti. V celotnem obdobju smo, predvsem zaradi nujnih vzdrževalnih del, izgubili zgolj majhne količine podatkov. Na večini senzorjev so izgube znašale do 20 minut, na nekaterih senzorjih pa do 10 ur v celotnem obdobju. Ker so bila vzdrževanja načrtovana, med močnim vetrom izgub podatkov ni bilo.

Na simpoziju smo predstavili zasnovo merilnega sistema, ključne komponente, izvedbo na terenu in rešitev za orientacijo senzorjev, potek meritev, sprotne obdelave in prikaze, samodejno kontrolo kakovosti podatkov, verifikacije in validacije.

Predstavitev smo zaokrožili s prikazom nekaj zanimivih merilnih rezultatov.

Sodelavci pri projektu:
Primož Mlakar, Boštjan Grašič,
Marija Zlata Božnar, Darko Popović

Skupne meritve evropskih državnih meteoroloških služb na območjih s pomanjkanjem podatkov



Klemen Bergant, izvršni direktor EUMETNET

EUMETNET je evropska mreža državnih meteoroloških služb, ki svojim članicam omogoča učinkovito izvajanje aktivnosti, ki jih nobena od njih ne bi mogla izvajati sama, ali pa jih skupaj izvajajo učinkoviteje. Vključuje 33 članic in 6 sodelujočih državnih meteoroloških služb. Opazovanja in meritve so v središču dejavnosti EUMETNET.

Trenutno EUMETNET izvaja sedem opazovalnih programov in njihovo koordinacijo (glej sliko 1).

Članice z izvajanjem skupnih opazovalnih programov zapolnjujejo vrzeli v podatkih ter proučujejo vrednost novih oblik opazovanj. Hkrati učinkovito izmenjujejo podatke, pridobljene v okviru državnih opazovalnih sistemov, zagotavljajo kakovost razpoložljivih podatkov in omogočajo enostaven dostop do njih tudi zunanjim uporabnikom.

V ta namen EUMETNET skrbi za razvoj in vzdrževanje kompozitnega opazovalnega sistema EUCOS (angl. EUMETNET Composite Observing System), ki članicam



Slika 1. EUMETNET-ovi opazovalni programi.

zagotavlja ključne podatke za potrebe globalnega in regionalnega modeliranja vremena ter ostalih vremenskih in podnebnih storitev. Območje, ki ga EUCOS pokriva, se razteza med 10° in 90° severne geografske širine ter med 70° zahodne in 40° vzhodne geografske dolžine.

Med programi, ki v okviru EUCOS zagotavljajo dodatne podatke predvsem na območjih, ki so slabo pokrita z opazovanji državnih meteoroloških služb, velja izpostaviti predvsem E-ASAP, E-SurfMar in E-ABO.

E-ASAP (angl. EUMETNET Automated Shipboard Aerological Programme) je program za izvajanje radiosondažnih meritev s krova ladij v Severnem Atlantiku. V program, ki ga za EUMETNET upravlja Nemška državna meteorološka služba (DWD), je vključenih dvanajst trgovskih, tri raziskovalne in ena bolnišnična ladja. S pomočjo teh ladij se na območju Severnega Atlantika izvede več kot 3.000 radiosondažnih meritev letno.

E-SurfMar (angl. EUMETNET Surface Marine Observations Programme) je program za izvajanje opazovanj na morju, predvsem na območju Severnega Atlantika in Sredozemlja. Za izvajanje programa skrbi Francoska državna meteorološka služba (Météo-France). Opazovanja se izvajajo s pomočjo plavajočih boj in privezanih boj ter v sodelovanju s prostovoljnimi opazovalnimi ladjami. Na približno 180 ladjah so nameščene samodejne meteorološke postaje, dodatnih 150 ladij na tem območju izvaja vizualna opazovanja (globalno več kot 2000). EUMETNET upravlja s skoraj 70 plavajočimi bojami in pridobiva podatke še iz dodatnih 170 plavajočih boj, ki jih je nadgradil z merilniki za zračni tlak. Prav tako E-SurfMar pridobiva in obdeluje podatke iz približno 150 privezanih boj, ki jih upravljajo članice ali druge organizacije.

E-ABO (angl. EUMETNET Airborne Observations Programme) je program za pridobivanje podatkov

o vertikalnem profilu temperature zraka in vetra, pridobljenih s komercialnih letal. Upravlja ga Državna meteorološka služba Združenega kraljestva (UK Met Office). Za pridobivanje letalskih podatkov EUMETNET uporablja dva načina: AMDAR (angl. Aircraft Meteorological Data Relay) in MODE-S (angl. Mode – Select). S sistemom AMDAR za zbiranje in posredovanje meteoroloških podatkov je EUMETNET opremil več kot 800 letal štirinajstih letalskih družb in pokriva približno 110 letališč v Evropi. Dnevno E-ABO program na ta način pridobi več kot 50.000 meritev temperature zraka in vetra na območju EUCOS. V zadnjem času pa se za pridobivanje podatkov z letal vse več uporablja komunikacija radarjev zračne kontrole z letali v njihovem dosegu, v tako imenovanem selektivnem načinu MODE-S. Tako pridobljeni podatki so mnogo številčnejši in cenovno

ugodnejši, zato predstavljajo pomembno dopolnitev podatkov AMDAR, oziroma jih bodo v prihodnje vsaj deloma nadomestili. Evropski center za podatke pridobljene z letal (angl. European Meteorological Aircraft Derived Data Center), ki ga v okviru E-ABO programa za EUMETNET upravlja Nizozemski kraljevi meteorološki inštitut (KNMI), dnevno obdelava več deset milijonov podatkov vrste MODE-S.

S skupnimi opazovanji nad območji s pomankanjem podatkov in izmenjavo že razpoložljivih podatkov EUMETNET prispeva k boljši pokritosti z meteorološkimi opazovanji na območju Severnega Atlantika in Evrope, kar je osnova za kakovostne vremenske in podnebne storitve Evropskih državnih meteoroloških služb.

Izzivi uporabe meritev v numeričnih meteoroloških modelih

Benedikt Strajnar, Agencija Republike Slovenije za okolje



V prispevku predstavimo pomen meteoroloških meritev v numeričnem napovedovanju vremena s postopkom asimilacije, ki predstavlja most med dejansko dinamiko ozračja, kot ga opisujejo razmeroma redke meritve ozračja, in prostorsko gosto idealizirano modelsko simulacijo.

Za modeliranje vremena so v osnovi uporabne vse meritve meteoroloških spremenljivk v modelu in tudi tiste, ki se jih da simulirati na podlagi modelskih spremenljivk. V praksi pa se poleg tega zahteva dovolj velik obseg podatkov, predvidljivost glede prostorske in časovne pokritosti ter homogena kontrola kvalitete. Poleg tega se preverja vpliv na napoved, ki mora biti statistično vsaj nevtralen.

V modeliranju vremena se uporabljajo zelo raznovrstni viri meritev, poleg klasičnih prizemnih meritev ter vertikalnih sondaž tudi različne vrste letalskih in satelitskih meritev. Pri lokalnem modeliranju v visoki ločljivosti so še posebej pomembne meritve z visoko časovno in krajevno ločljivostjo ter meritve, ki lahko opišejo podrobno razporeditev vlage v ozračju. Pogosto lahko pomagajo tudi meritve, ki primarno niso namenjene uporabi v meteorologiji. Poleg uvajanja novih vrst opazovanj je, glede na spremembe fizikalnih opisov in ločljivosti meteoroloških modelov, pomembno tudi prilagajanje uporabe obstoječih opazovanj.

Poleg čim boljše raznovrstnosti in prostorske ter časovne pokritosti sta pomembni kakovost in še

posebej reprezentativnost meritev v primerjavi z zglajenim in poenostavljenim modelskim opisom ozračja in njegove dinamike. Morebitne sistematske napake meritev in postopkov asimilacije lahko s časom privedejo do sistematsko neoptimalnih napovedi. Približki pri propagaciji informacije meritev v modelski prostor po drugi strani povzročijo fizikalne nekonsistentnosti in numerične težave. Tako je eden izmed glavnih trenutnih izzivov ansambelsko-variacijske asimilacije za visoko ločljive modele, kot je tudi ALADIN/ACCORD, da bi bilo širjenje informacije opazovanj v prostoru in med različnimi spremenljivkami v skladu z vremensko situacijo (angl. flow-dependent) in ne zgolj statistično.

Svojevrsten izziv za operativno numerično modeliranje predstavlja tudi zbiranje in diseminacija opazovanj v realnem času ter s tem povezane možnosti sprotne kontrole kvalitete. Pri tem je bistven tudi monitoring uporabe opazovanj in njihovih statistik, saj se v kontinuiranem procesu asimilacije napake akumulirajo v času.

Način uporabe opazovanj za napovedovanje vremena že spreminja hiter razvoj metod umetne inteligence. Te metode se bodo morda že v bližnji prihodnosti sposobne naučiti ne samo emulacije fizikalnih simulacij vremena v času, na podlagi tradicionalno pripravljenih začetnih stanj v pravilnih mrežah, ampak tudi napovedovanja izključno na podlagi meteoroloških meritev, kar bo njihovo vrednost le še povečalo.

Pomen kakovostnih podatkov za kakovostne storitve za uporabnike

Boštjan Muri, Agencija Republike Slovenije za okolje



Kakovostni podatki so ključnega pomena za pripravo kakovostnih storitev za uporabnike. Na Arsu smo za zagotavljanje storitev za pogodbene uporabnike vzpostavili lastno dejavnostjo, ki nam je omogočila pomembne razvojne korake.

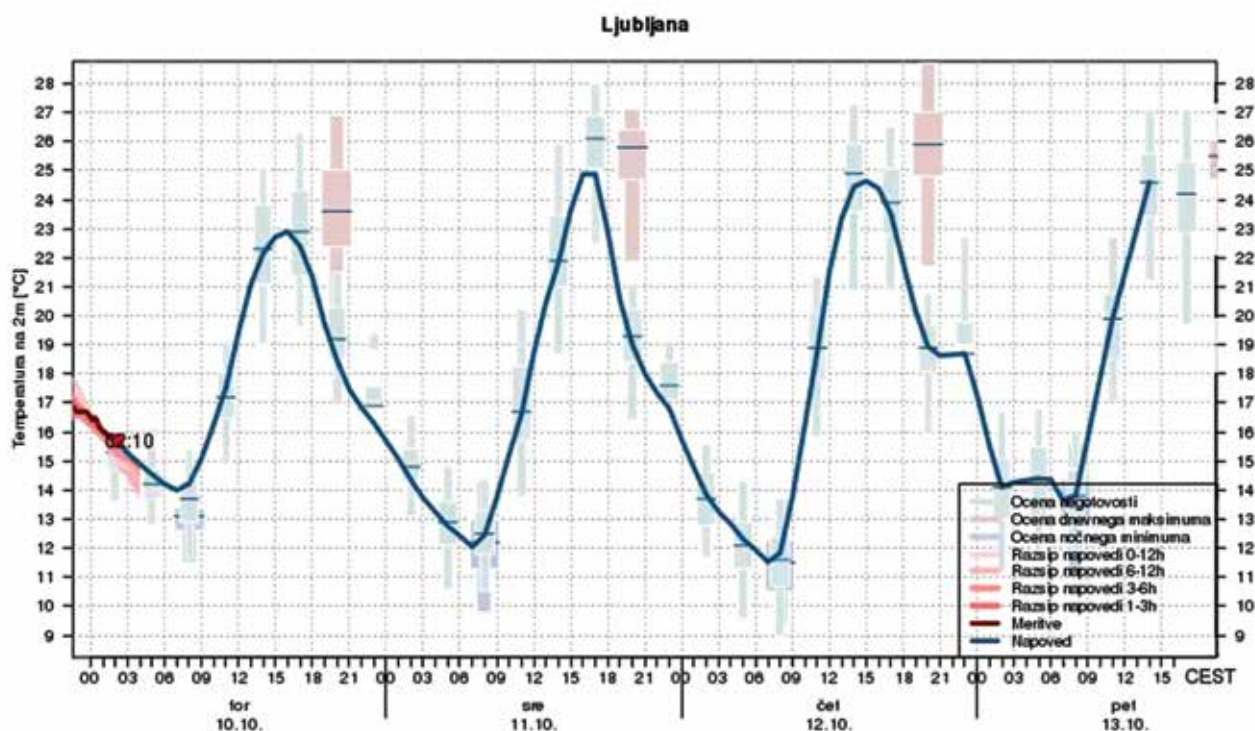
Financiranje lastne dejavnosti se ne zagotavlja iz proračunskih sredstev. V zadnjih letih smo v njenih okvirih razvili in okrepili naprednejše storitve za posebne uporabnike ter omogočili nove zaposlitve na Arsu. Iz pridobljenih sredstev lahko zagotavljamo razvojno in operativno podporo na Arsu.

Deležniki so različne panoge gospodarstva, predvsem velja izpostaviti promet in energetiko, v delo so na Arsu vključene različne notranje organizacijske enote in izvajalci. Od leta 2017 smo okrepili razvojno in operativno dejavnost v zvezi z zdajšnjo napovedjo (to je napovedovanje vremena za nekaj ur vnaprej), razvijali namenske uporabniku prilagojene storitve in

uporabljali naprednejše računske metode za pripravo verjetnostnih napovedi.

Za navedene napovedi so ključne kakovostne meritve v čim bolj gosti prostorski mreži. Moduli za zdajšnjo napoved izhajajo iz trenutnega stanja, kjer modelsko napoved v skoraj realnem času prilagajajo glede na razpoložljiva nova opazovanja (glej primer za temperaturo zraka na sliki 1). Metodo lahko nadgradimo z naprednejšimi računskimi metodami (na primer statistične metode z naknadno obdelavo podatkov ali strojno učenje). Uporaba radarskih slik in razelektritev omogoča prepoznavanje nevihtnih območij in razvoj izdelkov, ki opozarjajo na prihajajoče nevihte. S pomočjo vektorjev premika lahko predvidimo gibanje neviht v bližnji prihodnosti.

Podrobnejši pregled storitev je na voljo na: <https://www.youtube.com/watch?v=qV2zF2tVOVA>



Slika 1. Uporabniku prilagojena verjetnostna napoved temperature zraka, ki se v skladno s trenutno razpoložljivimi meritvami sproti obnavlja

Pomen meteoroloških meritev za obveščanje javnosti in izdelavo vremenske napovedi



Branko Gregorčič, Agencija Republike Slovenije za okolje

Istočasne meritve vremenskih parametrov kot so temperatura in vlažnost zraka, zračni tlak, smer in hitrost vetra, jakost sončnega sevanja, količina in vrsta oblakov, vremenski pojavi ipd. povsod po Zemlji so osnova tako za spremljanje trenutnega stanja vremena kot tudi za njegovo napovedovanje (slika 1).

Verjetno javnost najbolj spremlja rezultate prizemnih meteoroloških opazovanj in meritev. To so podatki o trenutnem stanju vremena v krajih, kjer so bodisi prisotni meteorološki opazovalci, oziroma so tam nameščene samodejne meteorološke postaje. Včasih gre tudi za kombinacijo obeh vrst meritev.

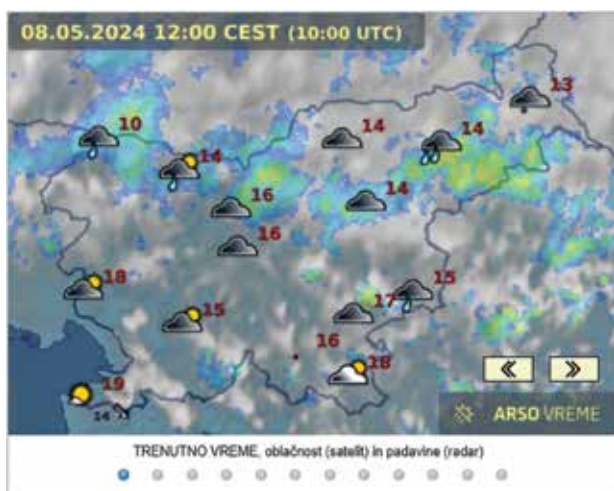
Kot medij za posredovanje vremenskih podatkov še vedno služijo tako radijski programi kot tudi vsi mediji, ki so dostopni v realnem času (spletne strani, družabna omrežja, TV, Teletekst, telefonski odzivnik ...). Prednost radia je v tem, da ga lahko poslušamo ob istočasnem opravljanju drugih dejavnosti.

Povpraševanje po vremenskih podatkih je največje v jutranjem času, ko se ljudje odpravljajo v službe in šole. Vremenske razmere namreč vplivajo tudi na prevoznost cest in nasploh prometno varnost.

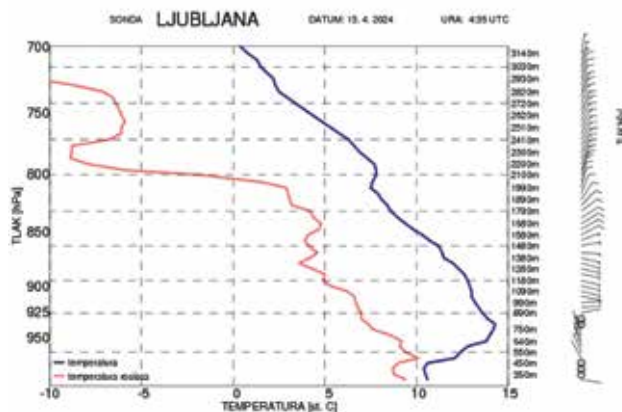
Vsako jutro dežurni meteorolog v živih javljanjih v programe glavnih radijskih postaj najprej poda pregled trenutnega vremenskega dogajanja po Sloveniji, pri čemer upošteva tako prizemna opazovanja in meritve kot tudi radarske meritve padavin in satelitske posnetke oblačnosti.

Za oceno prisotnosti temperaturnih inverzij in s tem možnosti za akumulacijo onesnaženja zraka je zelo uporabna radiosondažna meritev (slika 2). Slednja je zelo pomembna tudi za oceno stabilnosti atmosfere in napoved možnega razvoja neviht v topli polovici leta. Prav tako nam pozimi lahko pomaga pri odločitvi, kako visoko se je iz meglenih nižin potrebno povzpeti, da zagledamo sonce.

Za izračun vremenske napovedi s pomočjo računskih modelov so pomembne prav vse že našteje meritve, ki se dopolnjujejo še z meritvami z letal in oceanskih boj. Podatki izmerjeni kjerkoli na Zemlji morajo biti čim hitreje (najkasneje v nekaj urah) na voljo v meteoroloških centrih, kjer nato zmogljivi računalniki izvedejo naprej ustrezno kontrolo in asimilacijo, nato pa izračun bodočih vrednosti meteoroloških spremenljivk. Najpomembnejši veliki tovrstni centri so ECMWF, NCEP, Meteo France, DWD, MET Office ...



Slika 1. Prikaz trenutnega stanja vremena po Sloveniji na spletni strani www.meteo.si



Slika 2. Prikaz rezultatov radiosondažne meritve nad Ljubljano

Od začetkov merjenja padavin do vpliva celotne okoljemetrije na upravljanje kritične infrastrukture



Samo Čarman, CGS Labs Slovenija

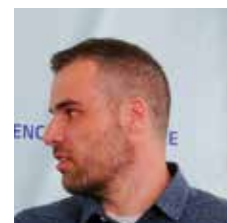
Človek je skozi zgodovino razvil različne metode za merjenje veličin, npr. sončne ure za čas, zvezdne karte za navigacijo, preproste posode za zbiranje dežja. Prvo zabeleženo spremljanje količine dežja je bilo že pred približno 2400 leti.

Z razvojem znanosti so se pojavili vedno boljši instrumenti za merjenje padavin. Padavine v vseh agregatnih stanjih se danes natančno izmerijo in omogočajo zanesljiv vhodni podatek za modeliranje in napovedovanje vremena. Državne mreže samodejnih vremenskih postaj uporabljajo zrele tehnologije za kakovostno in verodostojno spremljanje ne le padavin, ampak vseh okoljskih veličin. Razvoj okoljemetrije,

interdisciplinarne vede, ki združuje različne metode in tehnike za merjenje in analizo okoljskih veličin, bogatijo tudi novi pristopi in sveže razvojne ideje.

Nabor merjenih veličin, ki jih omogočajo državne mreže vremenskih postaj, so v veliko pomoč pri upravljanju kritične infrastrukture. Vzdrževanje cestnega omrežja v Sloveniji je lažje tudi zaradi namensko postavljenih cestnovremenskih postaj. Skupaj s podatki iz državne mreže je ne le spremljanje, ampak tudi napovedovanje temperature in stanja ceste v zelo kratkoročnih napovedih zanesljivo ter omogoča trajnostno upravljanje cestne infrastrukture.

Project METMONIC – Modernisation of the National Meteorological Measurements Network in Croatia



Vjeran Magjarević, Državni hidrometeorološki zavod (DHMZ)

To be able to respond to the challenges of climate change and to build an effective extreme weather events warning system it is necessary to have accurate, on-time measurements. In that sense, the spatial and temporal density of the measured data plays an important role.

In the autumn of 2017, the Croatian Meteorological and Hydrological Service (DHMZ) started the modernization of the national meteorological measurements network in Croatia. The project named METMONIC is the largest modernization of the national meteorological monitoring network since the establishment of DHMZ (1947).

Among other things, METMONIC included building the infrastructure and the automation of surface meteorological stations, installation and replacement of weather radars, installation of meteorological & oceanographic buoys, improvement of the calibration laboratory, etc (Figure 1).

After a few prolongations, the very end of the project is approaching (end of 2024). What were the main challenges? What has been done so far? Which activities are still in progress? What else has to be done? Answers to some of these questions have been given in the presentation.

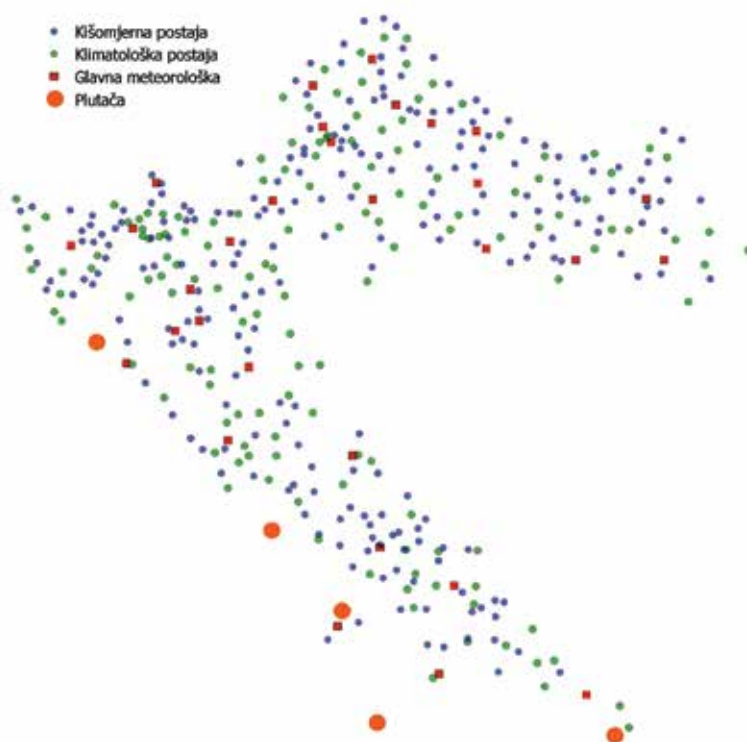


Figure 1. Map of meteorological and buoy stations after modernisation in project METMONIC

Primerjalno testiranje vremenskih ohišij v Vidmu – Udine (Italija)

Furio Pieri, Osservatorio Meteorologico Regionale Osmer ARPA-FVG



Ohišja (radiacijski ščiti), ki ščitijo tipala za temperaturo oziroma vlago pred sončnim sevanjem in padavinami, igrajo ključno vlogo pri merjenju temperature z avtomatskimi vremenskimi postajami.

Svetovna meteorološka organizacija predpisuje metodologijo merjenja v publikaciji WMO Doc. 8, Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation (WMO, 2008). Trenutno še ni predpisan točno določen referenčni tip ščitnika (2) (glej tudi normativ ISO 17714 (ISO, 2007)). S to študijo bomo primerjali različna ohišja in testirali njihovo delovanje v različnih vremenskih razmerah (brezveterje, močno sončno sevanje itd.).

V tem prispevku predstavljamo preliminarne rezultate medsebojne primerjave različnih tipov ohišij, ki smo jih uporabili na testnem polju pri Vidmu (Udine, Italija), kjer od leta 1990 na isti lokaciji deluje

sinoptična postaja Deželne meteorološke službe Arpa-Osmer, ki je del Deželne opazovalne meteorološke mreže FVG.

Ob koncu leta 2023 smo postavili temperaturno opazovalno polje (slika 1), pri katerem smo uporabili šest različnih ohišij iz posebne UV stabilne plastike; tri ohišja (bodisi s pasivnim prezračevanjem kot tudi nekatere z aspiratorjem), ki jih uporabljamo že nekaj let, je izdelala firma Siap+Micros. Ostala ohišja so različnih proizvajalcev – Barani, Comet in Metspec (slika 2). Raziskovalno polje smo dokončno uredili marca 2024, zato bomo vrednotili in preliminarно analizirali le podatke po tem obdobju.

Zanimalo nas je obnašanje novega ohišja SmartCellino firme Siap+Micros (SM new), katerega idejno zamisel je zasnoval naš sodelavec, prognostik M. Salvador.



Slika 1. Testno polje blizu sinoptične postaje z različnimi ščitniki v Vidmu (Udine) S.O.

Kot vemo, mora ščitnik omogočiti, da so v njegovi notranjosti idealni pogoji, da merimo "realno" temperaturo zraka, ne da bi na meritev negativno vplivali naravni dejavniki kot so (4):

1. neposredno in posredno kratkovalovno sevanje
2. neposredno in posredno infrardeče sevanje
3. nezadostno naravno ali umetno prezračevanje zraka znotraj zaslona
4. psihrometrično hlajenje zaradi mokrih površin na zaslonu

Poleg temperature smo na vremenskem polju merili še druge parametre, kot so relativna vlažnost, hitrost vetra, sončno sevanje in padavine.

Merilni sistem je sestavljen iz sledečih aparatov: datalogger tipa CR1000 X Campbell Scientific, Hygrovue 10 Temp and RH probe, CNR4 NET Radiometer, RM Zoung Tipping Bucket Rain gauge in Wind Sonic Gill Ultrasonic anemometer. Interval meritev je 10 sekund, vsako minuto pa se podatek shrani v datoteko.



Slika 2. Različna ohišja štirih proizvajalcev

Merilna postaja je bila postavljena v furlanski nižini, na nadmorski višini 91 m, v predmestju Vidma (Udine S. Osvaldo - Cod. 6, koordinate: 46,03512° N, 13,22667° E) in je primerna za meteorološke meritve, ker je dovolj oddaljena od stavb in v ruralnem okolju. Merilno polje je na travnati površini in ni zasenčeno od dreves ter je redno vzdrževano. Srednja letna temperatura na merilnem polju je 13,6 °C, letna količina padavin znaša 1466 mm (ref. obdobje 1991–2023).

Analiza meritev

Rezultati meritev 30. 4. 2024 (sončen in toplel dan)

Iz enostavne statistične analize, kjer smo izračunali srednjo temperaturo v šestih različnih ohišjih ter odklon v primerjavi z referenčnim ohišjem Siap Micros Mnew, je razvidno, da se je slednji dobro obnesel pri visoki obsevanosti in kazal nižjo temperaturo od ostalih, pri katerih je bilo srednjo odstopanje tudi okrog 0,5 °C (preglednica 1). (starejši pasivni Siap-Micros ščitnik). Tudi pri maksimalni temperaturi je bilo stanje precej podobno.

Preglednica 1. Srednje vrednosti in odstopanja pri temperaturi v primerjavi z referenčnim ohišjem Slap_M new

Shield type	Barani	Slap_M_air	Comet	Metspec	Slap_M pas	Slap_M new
max	26,52	26,77	26,63	26,45	27	26,41
delta	-0,11	-0,36	-0,22	-0,04	-0,59	
min	21,11	21,12	21,45	21,2	21,35	21,39
delta	0,28	0,27	-0,06	0,19	0,04	
mean	25,53	25,76	25,70	25,56	26,03	25,51
delta	-0,02	-0,24	-0,19	-0,05	-0,51	

Analiza podatkov od 25. 4. 2024 do 2. 5. 2024 i

Pri preliminarni analizi podatkov tega obdobja je potrjeno, da novo ohišje Siap Micros SM (SmartCellino) dobro ščiti pred sončnimi žarki (preglednica 2). Le pri starejšem ohišju Siap Micros z enostavnim ščitnikom s pasivnim prezračevanjem, ki je sestavljen iz petih plastičnih krožnikov in notranjim

manjšim ščitom, je odsopanje nekoliko večje (+0.22 °C). Druga ohišja so primerljiva z novim ohišjem Siap-Micros SM new (SmartCellino). Nekoliko odstopa še SM z vgrajenim aspiratorjem (odklon +0,14 °C). Vremenske razmere v tem obdobju so prikazane na sliki 3.

Preglednica 2. Srednje vrednosti temperature in odstopanja v primerjavi z referenčnim ohišjem SM new

Shield type	Barani	SM vent	Comet	Metspec	SM base	SM new
T min	2,08	1,98	2,2	2,22	2,2	2,13
T max	20,03	28,48	28,2	28	28,21	27,94
T mean	14,69	14,85	14,78	14,76	14,93	14,71
delta SC	0,02	-0,14	-0,07	-0,05	-0,22	



Slika 3. Potek temperature zraka, sončnega sevanja (oranžno), hitrosti vetra (rdeče) in višine padavin (črno) na merilnem mestu Udine S.O.

Tudi ob močnem sončnem sevanju in brezvetrju (hitrost vetra < 1 m/s) je stanje precej podobno (SM base s pasivnim prezračevanjem (+0,55 °C) in SM

vent (+0,36 °C) (preglednica 3). Tudi ohišje Comet je imelo nekoliko večje odstopanje (+0,21 °C).

Preglednica 3. Maksimalna temperatura in odstopanja ob brezvetrju (< 1 m/s) glede na referenčno ohišje SM new

Shield type	Barani	SM vent	Comet	Metaspec	Slap_M pas	Slap_M new
T max	26,52	26,72	26,62	26,45	26,96	26,41
delta T	-0,11	-0,36	-0,21	-0,04	-0,55	

Ugotovitve bo treba seveda preveriti na dolgoročnem nizu meritev in eventuelno vključiti še dodatne analize, npr. razliko v temperaturi v primeru jasnih/oblačnih noči, glede na višino Sonca nad obzorjem itd. Za to bo primerna študija na enoletnem nizu podatkov.

Viri:

ISO, 2007: ISO 17714:2007, Meteorology – Air temperature measurements – Test methods for comparing the performance of thermometer shields/screens and defining important characteristics. 19. str.

Sotelino, L. G., De Coster, N., Beirinckx, P., and Peeters, P., 2018: Intercomparison of Shelters in the RMI AWS Network (IOM Report, Vol. 132). WMO, Ženeva, 13. str.

WMO, 2008: Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation, Seventh Edition (WMO-No. 8). Ženeva, 681 str.

WMO, 2011: Field intercomparison of thermometer screens/shields and humidity measuring instruments (Instruments and observing methods report No. 106, avtorji: Lacombe, M., Bousri, D., Leroy, M., Mezred, M.). Ženeva, 515 str.

Kakovostni dolgoletni nizi podatkov in pomen homogenizacije

Gregor Vertačnik, Agencija Republike Slovenije za okolje



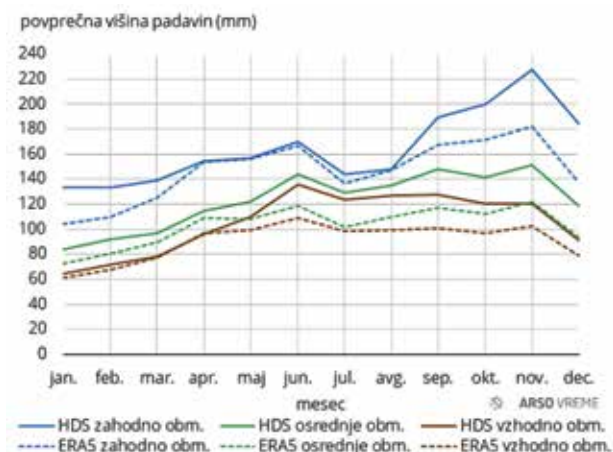
Kakovostne analize podnebnih sprememb temeljijo na kakovostnih dolgoletnih nizih podatkov. Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO) razpolaga z dolgoletnimi nizi meritev meteoroloških postaj, a za uporabo teh meritev v podnebnih analizah je potrebna skrbna obdelava meritev. S kontrolo najprej izločimo posamezne napačne meritve ali obdobja slabih meritev, nato homogeniziramo prečiščene časovne nize meritev in dopolnimo manjkajoče podatke.

V projektu Homogenizacija in dopolnitev slovenskih podnebnih nizov (HDS), ki je potekal v zadnjih letih na ARSO, smo pripravili večdesetletne časovne nize podnebnih podatkov. Obravnavali smo pet temperaturnih spremenljivk, višino padavin, višini novega in skupnega snega ter trajanje sončnega obsevanja (Vertačnik, 2023a). V obdelavo smo zajeli od nekaj deset do več kot 200 časovnih nizov, odvisno od spremenljivke. Postopek homogenizacije in dopolnitve manjkajočih podatkov je bil za različne spremenljivke različen (Vertačnik, 2023a).

Homogenizacija časovnih nizov je postopek izločanja umetnih vplivov iz časovnih meritev, na primer selitve meteorološke postaje ali urbanizacije. Cilj tega postopka je časovni niz podatkov, ki odraža dejansko podnebno spremenljivost določenega kraja ali območja. S statistično primerjavo s podnebno podobnimi nizi bližnjih postaj in uporabo metapodatkov poiščemo nenadne skoke (prelome) ali postopne spremembe, ki niso odraz podnebne spremenljivosti. Podatke pred prelomi ustrezno popravimo, da ustrezajo zadnjemu homogenemu obdobju. Pri temperaturi zraka so v posameznih primerih popravki večji od 1 °C, kar pomembno vpliva na analizo podnebnih sprememb, zato so homogenizacijski popravki nujni.

Primerjava podatkovne zbirke HDS z drugimi podatkovnimi zbirkami kaže na dobro ujemanje pri temperaturi zraka, a na slabše pri višini padavin (Vertačnik, 2023b). Mesečna višina padavin se v treh izbranih območjih Slovenije v HDS in reanalizi ERA5 v nekaterih statističnih pogledih pomembno

razlikuje. Sezonsko nihanje višine padavin je v ERA5 bistveno manj izrazito, višina padavin je podcenjena (slika 1). Zaradi nepopolnosti globalnih meteoroloških modelov pri simulaciji konvektivnih in orografskih padavin prihaja zlasti poleti do velikega odstopanja v posameznih mesecih. Tako se lestvici najbolj suhih



Slika 1. Medletni potek povprečne mesečne višine padavin po območjih za celotno obdobje (1950–2020) v podatkovnih nizih HDS in ERA5. Vir: Vertačnik, 2023b

poletij v vzhodnem analiziranem območju med ERA5 in HDS povsem razlikujeta. Koeficient determinacije znaša le 0,5, kar pomeni, da podatki ERA5 pojasnjujejo le polovico variance v podatkih HDS.

Navedeni primer kaže na velik pomen obsežne statistične obdelave meritev, del katere je tudi homogenizacija. Kljub naglemu razvoju meteoroloških modelov in asimilaciji meritev so kakovostni dolgoletni nizi meritev še vedno eden od temeljev analize podnebnih sprememb in umeščanja tekočih vremenskih ekstremov v zgodovinski okvir vremenske spremenljivosti.

Viri:

Vertačnik, G., 2023a. Homogenizacija in dopolnitev časovnih nizov temperature zraka in višine padavin slovenskih meteoroloških postaj v obdobju 1950–2020. Vetrnica 15/23, str. 54–78

Vertačnik, G., 2023b. Primerjava mesečnih mrežnih podatkov ARSO o temperaturi zraka in višini padavin v Sloveniji z reanalizami ERA5 v obdobju 1950–2020. Vetrnica 15/23, str. 44–53

Uporaba meteoroloških podatkov za vodno bilanco

Peter Frantar, Agencija Republike Slovenije za okolje



Voda je eden najpomembnejših naravnih virov, potrebe družbe po tem naravnem viru pa so vedno večje. Za zagotavljanje trajnostnega družbenega razvoja je nujno poznavanje vodnega kroga in s tem vodnih količin, saj v vodni krog vedno bolj posega družba – posredno s posegi v porečju in neposredno z rabo vode. Poznavanje geografske in časovne razporeditve je tako podlaga ocenam razpoložljivih količin vode kot osnova upravljanju voda oziroma porečja.

Vodna bilanca je sistemska analiza vhodnih in izhodnih količin vode v modelu vodnega kroga. Ta princip (slika 1) je tudi osnova vodno bilančnega modela mGROWA-SI, ki smo ga razvili skupaj z znanstveno raziskovalnim centrom Jülich v Nemčiji. Vrednosti vodnobilančnih elementov v modelu se izračunavajo na osnovi statičnih in dinamičnih vhodnih podatkov. Osnova so vhodni klimatološki podatki, ki jih

verificiramo z dolgoročnimi hidrološki nizi. V modelu so tako ključni trije dinamični vhodni podatki, ki so same meteorološke meritve oziroma iz njih izhajajo: temperatura zraka, količina padavin in potencialna evapotranspiracija. Poleg pravilne postavitve modela in uporabe ustreznih znanstveno podprtih metodologij in relacij v modelu so za kakovost izdelane vodne bilance ključni zanesljivi in dostopni merjeni meteorološki podatki.

Podnebne spremembe kažejo, da voda ne bo vedno razpoložljiva. Večanje ekstremov nam že danes preko visokih voda in suš sporoča, da smo v že času podnebnih sprememb. Prilagajanje na predvideno novo realnost vodnih količin je možno tudi z analizo scenarijev vpliva podnebnih sprememb na vodno bilanco in primerjavo teh rezultatov z današnjimi realnimi merjenimi podatki.



Slika 1. Osnova za modeliranje vodne bilance so merjeni meteorološki in hidrološki podatki. Vir sheme: USGS.

Uporaba umetne inteligence v meteorologiji in oceanografiji na Agenciji RS za okolje

Matjaž Ličer, Agencija Republike Slovenije za okolje



Na simpoziju smo predstavili globoko nevronska mrežo ANet za poprocesiranje vremenskih napovedi, ki uporablja podatke meteorološkega modela ECMWF (IFS) in meritve za tvorbo verjetnostnih napovedi popravkov napovedi. Mreža ANet je sodelovala na mednarodnem projektu EUPPBench, kjer je dosegla izjemne rezultate pri napovedovanju temperature, kar je bilo prepoznano kot eden najboljših raziskovalnih dosežkov Univerze v Ljubljani za leto 2023. Drugi primer uporabe umetne inteligence na ARSO predstavlja nevronska mreža za poprocesiranje satelitskih meritev kratkovalovnega sevanja, ki omogoča natančno analizo satelitskih podatkov, kar prispeva k boljšemu razumevanju in oceni sevalne bilance.

Pomemben prispevek predstavljajo tudi globoke nevronske mreže projektov HIDRA za napovedovanje gladin morja in obalnih poplav, ki so ključne za zaščito obalnega prebivalstva in gospodarstva. HIDRA omogoča natančnejše napovedi gladin morja, kar pripomore k boljšemu odzivu pristojnih služb, kot so civilna zaščita in gasilci. Projekti HIDRA1, HIDRA2 in

HIDRA-T so postali operativni na ARSO in so vključeni v mednarodne napovedovalne sisteme, vključno z ECMWF.

Nazadnje smo predstavili model za napovedovanje resonančnih visokofrekvenčnih oscilacij v pristaniščih in ozkih zalivih. To je problem, ki se trenutno izmika numeričnim modelom, saj zahteva visokoločljive simulacije, ki so izjemno numerično drage (zahtevajo veliko računske moči in časa) in močno odvisne od začetnih in robnih pogojev, pa tudi od uporabljenih parametризacij. Rešitve so pomembne za boljši odziv na obalne poplave, saj omogočajo natančnejše napovedi in pripravo na ekstremne vremenske razmere, kar je bistvenega pomena za varnost in zaščito obalnih območij in pristanišč.

Zaključimo lahko z mislijo, da uporaba umetne inteligence, zlasti globokih nevronske mreže, bistveno izboljšuje natančnost vremenskih in morskih napovedi. To ima ključen pomen za zaščito okolja, prebivalstva in gospodarskih dejavnosti.

Določanje deleža oblačnosti s pomočjo satelitskih meritev in strojnega učenja



Urban Žagar, Agencija Republike Slovenije za okolje

Opazovanje oblakov in oblačnosti je po eni strani eno bolj preprostih opazovanj. Za opazovanje ne potrebujemo nobenih instrumentov, zgolj človeške oči. Po drugi strani pa je v zadnjih letih človeških oči, ki bi to opravljale, čedalje manj, s tem pa določanje deleža oblačnosti postaja težja naloga. Opazovalce nadomeščajo različni instrumenti, na ARSO so to predvsem ceilometri. Natančnost slednjih je zaradi njihove narave delovanja manjša. Instrumenti te vrste spremljajo spreminjanje oblačnosti zgolj navpično nad sabo v krajšem časovnem oknu, medtem ko opazovalci opazujejo praktično celotno nebo. To privede do večjih odstopanj med opazovalcem in ceilometrom. Naslednja alternativa opazovalcem je satelitsko opazovanje oblačnosti. Območje Slovenije pokrivajo sateliti EUMETSAT in v tej organizaciji so v okviru NWCSAF pripravili več produktov, ki so v pomoč predvsem operativnim službam za spremljanje oblačnosti. Za namene naše naloge smo se odločili uporabljati produkt tip oblačnosti (angl. cloud type, CT), in sicer za določanje deleža oblačnosti nad želeno točko, kar bi nadomestilo opazovanja opazovalcev. Z analizo podatkov oblačnosti iz satelita (privzeli smo radij 20 km), klasičnih opazovanj in sončnega obsevanja smo določili vrednosti količine oblačnosti glede na posamezen tip oblačnosti v CT.

Sprva smo razvijali algoritem tako, da smo glede na ostale meritve s samodejnih postaj (meteorološka vidnost, višina baze oblačnosti, stopnja oblačnosti iz ceilometra) postavili omejitve, osnovno količino oblačnosti pa smo preračunali iz satelitskih podatkov. Že s tem pristopom smo dosegli izboljšanje rezultatov v primerjavi z meritvami ceilometra. Nato smo algoritem začeli nadgrajevati z uporabo strojnega učenja. Testirali smo različne metode in na koncu uporabili gosto povezano nevronske mreže. Med

vhodne podatke smo poleg povprečja deleža oblačnosti iz CT dodali še meritve samodejnih postaj (enake kot pred tem omenjene) in število točk (pikslov) znotraj radija glede na tip oblačnosti.

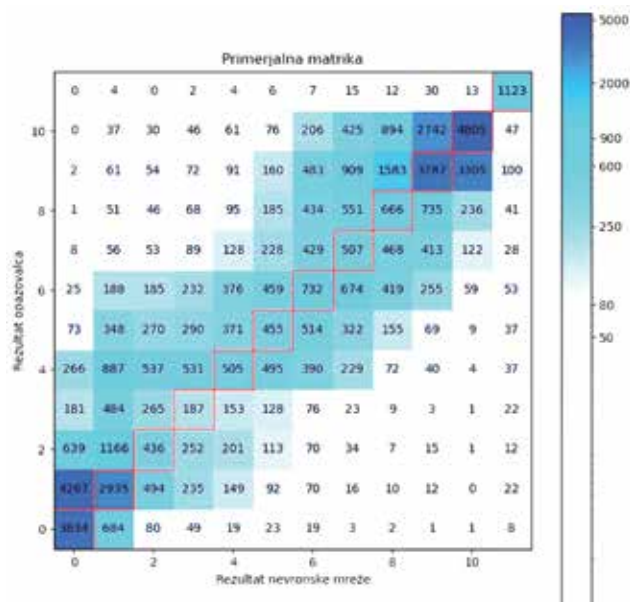
Glavni instrument satelita druge generacije (angl. Meteosat Second Generation MSG) je SEVIRI (angl. Spinning Enhanced Visible and InfraRed Imager). SEVIRI je optični slikovni radiometer. Zagotavlja meritve v dvanajstih spektralnih kanalih, v območju med 0,6 in 14 μm . SEVIRI pokriva območje skoraj od južnega pola do severa Skandinavije in ima na območju Slovenije resolucijo v smeri vzhod-zahod 3,3 km, v smeri jug-sever pa 5,5 km. Vzorčenje območja poteka od juga proti severu in traja dobrih 12 minut. Satelitsko opazovanje ima svoje pomanjkljivosti. Prva in največja je ta, da merimo vrh oblačnosti. Kaj je pod vrhom, ne vemo zagotovo, zato si pomagamo z različnimi algoritmi, ki povezujejo meritve v različnih kanalih instrumenta. Algoritem za določanje tipa oblačnosti (CT) poleg neposrednih satelitskih meritev iz instrumenta SEVIRI uporablja tudi modelske vrednosti temperature na različnih višinah v atmosferi, s čimer bolje določa nivo oblačnosti. Ob uporabi modelskih vrednosti lahko pride do napačne interpretacije nivoja, predvsem nizke oblačnosti ob temperaturni inverziji. Satelit pogosto slabo zaznava nizko oblačnost v času okoli vzida ali zaida Sonca, ko je gostota toka sončnega sevanje še premajhna. Poleg zelo nizkih oblakov satelitskemu instrumentu SEVIRI izziv predstavljajo tudi visoki prosojni oblaki, ki prepuščajo kratkovalovno sevanje s tal. Tak tip oblačnosti satelit lahko spregleda ali napačno interpretira.

Rezultate napak deleža oblačnosti treh različnih metod smo združili v preglednico 1. V prvem stolpcu

Preglednica 1. Rezultati različnih metod, povzeti z različnimi metrikami

metrika \ metoda	ceilometer (posamezni termin)	cellometer (povprečje treh terminov)	nevronska mreža
povprečna absolutna napaka (MAE)	16,10 %	14,90 %	9,30 %
korelacijski koeficient	0,85	0,87	0,93
delež velikih napak (MAE > 40%)	9,40 %	8,40 %	2,10 %

so podatki o meritvi ceilometra ob posameznem terminu, v drugem povprečje treh terminov ceilometra in v zadnjem stolpcu rezultati nevronske mreže. Zmanjšanje povprečne absolutne napake (MAE) z



Slika 1. Primerjalna matrika deleža oblačnosti: na vodoravni osi je rezultat nevronske mreže, na navpični ocena opazovalca

nevronske mreže je glede na ceilometer okoli 40%. Bistvena razlika je tudi v deležu rezultatov z velikimi napakami, z nevronske mreže je delež vsaj štirikrat manjši. Največja odstopanja se pojavijo ob talni megli, saj opazovalci vidijo nebo in uvrstijo takšne situacije (v primeru jasnega ali pretežno jasnega vremena) med tiste z nizkim deležem oblačnosti, medtem ko algoritem na podlagi podatkov iz ceilometra, vidnosti in tudi satelita lahko kot rezultat poda meglo. Takšni primeri so vidni v primerjalni matriki (slika 1, rezultati so zaokroženi v desetine, meglo klasificiramo pod številko 11), kjer je v najbolj desnem stolpcu prikazana megla kot rezultat nevronske mreže. Višje po stolpcu kot gremo, večji je delež oblačnosti, ki ga je ocenil opazovalec. Vseh primerov z meglo, ki so bili v analizi našega algoritma, je 1530; od teh jih je algoritem pravilno zabeležil 1123, »spregledal« pa 407.

V splošnem smo z nevronske mreže dobili algoritem, ki daje rezultate primerljive opazovalčevim opazovanjem. Algoritem sicer ni idealen, vendar smo iz analize meritev ugotovili, da tudi opazovalci naredijo napake, predvsem pa je subjektivnost tista, ki dopušča tudi algoritmu nekaj manevrskega prostora.

Proučevanje padavinskega gradienta v južnih Julijskih Alpah

Jaka Ortar, Agencija Republike Slovenije za okolje



Relief južnih Julijskih Alp ima velik vpliv na gibanje zraka, kar se med drugim kaže v izrazitem lokalnem višku padavin. Dolgoletne meritve uradne mreže meteoroloških postaj kažejo, da je to najbolj namočen del celotnih evropskih Alp – na merilnih mestih (totalizatorji) med Krnom in Voglom je povprečna letna vsota padavin okoli 4000 l/m².

Razporeditev padavin v neposredni okolici glavne orografske pregrade v bližini Vogla je bila pred 20 leti proučevana z občasnimi meritvami vodnatosti snežne odeje (Sluga in Vrhovec l. 1998 (Sluga, 2000), Ogrin in Ortar l. 2006 (Ogrin in Ortar, 2007), Kogovšek l. 2007 (Kogovšek, 2008), Ortar l. 2009 (Ortar, 2009)) na severni strani pregrade. Količina padavin se povečuje z bližanjem grebenu, kjer lahko pade tudi 30–40 % več padavin kot na najbližji uradni postaji z rednimi meritvami padavin (nekoč podnebna postaja Vogel, danes tudi samodejna meteorološka postaja Vogel). Za bolj podroben vpogled v razporeditev padavin na

tem območju je bila leta 2006 vzpostavljena mreža devetih merilnih mest padavin. Merilna mesta so razporejena na dveh profilih prečno na glavni greben. V prvem obdobju (2006–2014) so meritve potekale z doma razvitim »Hellmanovim totalizatorjem«, ki združuje zajemno posodo z lastnostmi klasičnega Hellmanovega dežemera in posodo zbiranje padavin prek cele kopne sezone (slika 1). Ta metoda merjenja je primerna samo za tekoče padavine, zato so meritve potekale v toplejšem delu leta – običajno med majem in novembrom. Ob koncu merilne sezone je bil s tehtanjem zbrane deževnice pridobljen podatek o sezonski višini padavin za vsako merilno mesto. Merjenje s Hellmanovim totalizatorjem je terjalo precej časa in truda za eno samo meritev za vsako merilno mesto na sezono, merilna oprema je bila v najbolj sneženih zimah (2008/2009, 2013/2014) v veliki meri tudi uničena. Zato je bila merilna mreža leta 2015 nadgrajena z elektronskimi dežemeri, ki omogočajo zelo podroben vpogled v časovni



Slika 1. Merilno mesto v obdobju 2006 – 2014 (Hellmanov totalizator)

potek padavin, bolje prestanejo snežne razmere in jih je vsako sezono lažje spomladi namestiti in jeseni pospraviti (slika 2). Te meritve kažejo, da je razporeditev padavin v neposredni okolici glavne orografske pregrade močno spremenljiva in je v vsaki vremenski situaciji nekoliko drugačna. Skoraj vedno pa je največ padavin blizu grebenu – predvsem na severni strani grebena. Padavine na več merilnih mestih nastopijo hkrati in trajajo podobno dolgo, do razlike v višini padavin pride zaradi različne intenzitete. Predstavljen prostočasni projekt merjenja padavin še poteka, a bo v prihodnje omejen na en merilni profil čez greben.

Viri:

Kogovšek, P. 2008: Meritve vodnatosti snežne odeje na Voglu v zimi 2006/07, kot kazalec količine padavin. Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Oddelek za geografijo. URL: <https://repozitorij.uni-lj.si/Dokument.php?id=109926&lang=sl>



Slika 2. Merilno mesto od leta 2015 (elektronski dežemer)

Ogrin, M., Ortar, J. 2007: The importance of water accumulation of snow cover measurements in mountainous regions of Slovenia. *Acta geographica Slovenica*, 47(1), 47-71. URL: <https://doi.org/10.3986/AGS47103>

Ortar, J., 2009: Meritve vodnatosti 2009 (osebni vir, 1. 6. 2009). Ljubljana.

Sluga, G., 2000: Prostorska razporeditev akumulacije snežnih padavin vzdolž grebena Spodnjih Bohinjskih gora v zimi 1997-1998. *Razprave – Papers SMD 32* (2000). URL <https://drive.google.com/file/d/1TnEQd5VReV5Y0dBmBF53dgCRtjIOFrkq/view>



Med odmorom na simpoziju

Digitalni arhiv Hidrometeorološkega zavoda Slovenije

Duško Marčetič, Agencija Republike Slovenije za okolje



Sem Dušan Marčetič, matematik in priučen meteorolog. Združujem delo v našem kolektivu več kot 40 let. Delo arhivarja sem opravljal skoraj 30 let. Trenutno delam umerjevalnem laboratoriju.

Ob mojem prihodu na Hidrometeorološki zavod Slovenije (HMZ) sem si svoje novo delovno okolje predstavljal kot organizacijo, ki zadolžena in odgovorna (in za to tudi ustrezno plačana) za ZBIRANJE, KONTROLO, OBDELAVO, POSREDOVANJE in HRANJENJE podatkov. ARHIV pa sem dojemal kot skupek kontroliranih podatkov, ki se ne spreminjajo več in so shranjeni na ustreznih medijih in odlagališčih.

Konec osemdesetih let prejšnjega stoletja so se podatki zbirali na različnih postajah (nekaj sto): klimatoloških, padavinskih, hidroloških s klasičnimi inštrumenti (termometri, termografi, higrografi, totalizatorji, heliografi, vetrnicami...) in na koncu še na AMP (avtomatske meteorološke postaje). Prenos podatkov je potekal osebno, po pošti, telefonsko, po radijski zvezi in z različnimi omrežji (MUX, Yupack...) Podatki so se nadalje zajemali iz različnih obrazcev, poročil, dnevnikov in depeš ter pozneje tudi digitalizirali. Sledila je kontrola vseh tako zajetih podatkov. Kontrolirani podatki so bili odloženi na karticah za zajem podatkov, v klimatoloških dnevnikih, letnih ali mesečnih poročilih, na trdih diskih, magnetnih trakovih in raznih računalnikih (HP (Hewlett Packard), DELTA (Digital-PDP-1140)). Kot zanimivost: ko smo dobili novi trdi disk, smo končno lahko ločili meteorološke in hidrološke podatke. Vsi sodelavci smo bili izredno veseli. Zmogljivost tega diska je bila 200.000 blokov, kar je približno 500Mb in manj od zmogljivosti CD (700Mb).

Na začetku dolgoletnega arhiviranja podatkov smo se zmenili za naslednja pravila. Podatki so se pripravljali v osnovni obliki (zapis ascii). Začetki zapisov so bili poenoteni (LLMMDD kot leto, mesec, dan, (ura), podatki...). Podatke smo zapisovali z vsaj dvema različnima programoma, in sicer na tri različne medije (magnetni trakovi, kasete, pozneje pa na CD, MOD (magnetno-optične diske), DVD, diske pri lokalnih skrbnikih, prenosne diske...). Odlagališča arhivskih podatkov naj bi bila na treh lokacijah: v kovinski omari za magnetne trakove v Računalniškem centru in zaklonišču, na trdih diskih pri lokalnih skrbnikih

in pozneje v bančnem sefu na oddaljeni lokaciji. V kovinskih omarah za magnetne trakove in kasneje v bančnem sefu je bilo zadoščeno pogojem arhiviranja glede temperature in vlažnosti zraka ter raznih sevanj. S tem smo ugodili zahtevam iz Zakona o hranjenju podatkov.

Arhivski mediji, na katerih so se zapisovali arhivski podatki, so bili: MT (magnetni trakovi), kasete, MOD (magnetno-optični diski), pozneje pa CD, DVD in začasne arhive prenosni diski in DLT (ang. digital linear tape, magnetni medij za zapis podatkov, ki je bil zmogljivejši od magnetnih trakov; slika 1). Magnetni trakovi so bili dolgi do 6250 čevljev (1900 m), kasetni trakovi 90 m. Zmogljivost medijev je bila naslednja: MT nekaj 100Mb, kasete do 4 Gb, MOD 2 Gb, CD 0.7 Gb, DVD do 8Gb, prenosni disk in DLT >30Gb. Magnetni trakovi so bili v uporabi do leta 1995.



Slika 1. Arhivski mediji: zgornja vrstica (z leve): magnetni trak (MT), CD in DLT; spodnja vrstica (z leve): kasete, MOD (magnetnooptični disk) in DVD

Posnetih je bilo, z dvojniki vred, skoraj 200 magnetnih trakov.

Temeljito arhiviranje se je začelo s pojavom AMP postaj. Arhiv je bil razdeljen na meteorološke, hidrološke in ekološke podatke, podatke z AMP postaj (kombinirani), sinoptične podatke in ostale arhive. Nastalo je več kot 50 arhivov. Večina arhivov ima smiselna imena, in sicer 3 črke (števke). Primeri: AFO = agrometeorološki podatki, fenologija in občasne vrednosti; VE6 = veter, podatki z elektronskega anemografa, razdeljeni v 36 smeri neba; HPU =

hidrološki podatki, urne vrednosti. Seznam nekaj arhivov z navedeno letnico začetka v oklepaju :

Meteorologija: AFO (1980), KIM, KKD (1850), PIM (1895), PO5, PPD, RFL, RVU, SDU, SDP, SGD (1960), SGU, SGP, STU, SUP, SUU, TMK, TTK (1974), TZU, V1A, V10, V6A, VE6, VE2(1975), VKU, VM6, VM2, V55, VS2, VS6, VXD...

Hidrologija: BHP HIDMON HM(1985), HMR(osnovni podatki (1950), HPD (1907), HPU, KAL, KATASTER, MORJE, PODTALNICA, TRF-KRIVULJE, ELEKTRARNE: SAVSKE, SOŠKE, DRAVSKE, EKOLOGIJA: SO2-POLURNE, DIMSO2 (1968), IZVIRI, JEZERA (1985), KARTE, MEDRZAVNE, MORJE, PODTALNICA, POROČILA, POVRŠINSKE, SAPROBIO, SIFRE eb, SLEDENJE, TITRINO, KVAVOD...

Sinoptični podatki: SATELIT (1995/03), RADAR (1990/05), BILTENI, SONDE, TOČKE IN TRAJEKTORIJE ZA LJ IN KRŠKO, NAPOVEDI (tekstovne), LORES, ROBNi pogoji-ALADIN...

Podatki z AMP postaj (naše postaje in 4x PODSISTEMI (drugi lastniki)): KLIMA, AGRO, LETALIŠKI, POSEGI, STATUSI (9102), NAROČNIŠKI (9404), EIMV (9603), RUJV(9604), Brnik(9602)...

Podsistemi so zajemali štiri lokacije: Šoštanj, Trbovlje, Vnajarje in Krško. Nuklearno elektrarno Krško so začeli graditi 1974 in dokončali leta 1984. Mi smo zbirali podatke že od junija 1977. Na petih lokacijah (Nuklearka, stolp (štiri višine), Brežice, Papirnica in Cerklje) so podatki zapisani na AMP kasete. Merjene so relativne koncentracije radioaktivnosti, vetrovne razmere, temperature zraka, relativne vlažnosti zraka, sončnega sevanja in padavine. Podatke smo na HMZ dekodirali in zapisali v arhivski obliki. Arhiv smo zaključili leta 1994.

Ostali arhivi: ACC (accounting), logi, REG (registracija ur), ODPISANI (službena elektronska pošta bivših sodelavcev), PROSTORSKI PLANI...

Najstarejši podatki v arhivu so meteorološki iz leta 1850 in hidrološki iz leta 1907 (so pa v hidrološki bazi vsi podatki v obdobju 1896–2023).

Trenutno se podatki (ne arhiv) nahajajo v meteorološki bazi AMEBA (PostgreSQL) in hidrološki bazi HIDROLOG (Oracle) in tudi v podatkovnem oblaku.

Kako so nastajali arhivi? Večina arhivov se je začela ustvarjati spontano na pogovoru ob kavi, pregledu omar, čiščenju diskov itn. Arhiv slik s kamer se je začel z fotografijo "neznane" snemalca (kamera) s terase na Vojkovi 1B, na kateri smo sodelavci ob kavici opazovali nebo. Nadaljevanje je sledilo pri skrbniku podatkov. Stekel je pogovor, pregled dosedanjih slik, organizacija podatkov, dostop do strežnika, prenos ogromnega števila podatkov (čez vikend), »peka« in zapis na arhivske medije. Zaradi velika števila neuporabnih in enakih slik se je pojavila ideja o filmanju slik (le uporabne slike v zaporedju), a na žalost ni zaživela. V nekaj letih je bilo arhiviranih več kot pet milijonov slik.

Žal se je leta 2014 iz meni neznanih razlogov prenehalo s klasičnim arhiviranjem. Odnos odločevalcev do arhivskih podatkov oziroma arhiviranja podatkov je bil skozi moje dolgoletno službovanje večkrat neustrezen, včasih pa nerazumen. Prepogosto je bilo pozabljeno na našo osnovno poslanstvo (glej poslanstvo HMZ). Tudi z zakonskimi predpisi s tega področja smo bili nekajkrat v neskladju. Usoda bančnega sefa kot stabilne in oddaljene lokacije je trenutno negotov. Samo zahvaljujoč skrbi mnogih sodelavcev so marsikateri podatki ohranjeni, a žal ne vsi. Vrednost teh podatkov je zgodovinska in navsezadnje uporabna. Tudi poskus organiziranja celotnega arhiva na skupnem odlagališču s takojšnjim dostopom je žal propadel. Upam, da bo mladim sodelavcem, ki bodo nadaljevali naše arhivsko delo, uspelo ohranjati naše arhivsko bogastvo. Varujte arhiv. Je ena redkih stvari, ki bo ostala za nami.

Spomini iz vojske se nanašajo na moje prvo srečanje z meteorologijo, zbiranjem in arhiviranjem podatkov. Kot vojaški meteorološki opazovalec sem 250 dni zapored (brez nedelj) od 4. ure zjutraj do 19. ure zvečer na višinski postaji Fruška Gora v Vojvodini (Srbija) sestavljal, posredoval in arhiviral SYNOP-depeše po ključu METEOR. Od inštrumentov sem imel le navadni stekleni živosrebrni termometer. Vojaška razlaga: človek je senzor. Pomen meteorologije sem spoznal po uvodnih besedah vojaškega učitelja na prvi uri usposabljanja. Vojaška formacija je naslednja: globoko v ozadju je generalštab, pred njim so poveljniki, tanki, navadni vojaki, izvidnica in daleč spredaj meteorologi. Zpomnil sem si tudi nasvet mladim prognostikom na kratkem tečaju prognostike ob koncu šolanja. Vremensko napoved je treba sestaviti oziroma posredovati tako, da bo VSAK, ob VSAKEM VREMENU šel z VESELJEM ven in UŽIVAL v VREMENSKIH DOGAJANJih oziroma DAROVih NARAVE.

Arhiv meteoroloških opazovanj s postaj

Mateja Nadbah, Agencija Republike Slovenije za okolje



Med strokovnimi arhivi na Agenciji RS za okolje (ARSO) je meteorološki arhiv najobsežnejši. V njem najdemo meteorološka poročila in podatke z meteoroloških postaj, meteorološke napovedi, radarske in satelitske slike, podnebne in agrometeorološke analize, fenološka opazovanja... (slika 1). Razlog za obsežen arhiv je dolga zgodovina opravljanja meteoroloških opazovanj in njihova velika raznolikost ter hiter razvoj znanosti.

V prispevku je predstavljen arhiv meteoroloških poročil in podatkov z meteoroloških postaj. Papirnat arhiv meteoroloških poročil s postaj obsega več kot 500 tekočih metrov gradiva, digitalni arhiv pa trenutno 700 GB podatkov in 360 GB digitiziranih, a se ne preneha več.



Slika 1. Del meteorološkega arhiva v prostorih ARSO

V papirnem arhivu hranimo poročila s podnebnih, padavinskih, glavnih (sinoptičnih), lavinskih, fenoloških in agrometeoroloških postaj, dodatna poročila o trajanju sončnega obsevanja, stanju snežne odeje, izhlapevanju, temperaturi morja, temperaturi tal, množico registriranih trakov... Poleg tega so v arhivu ohranjena tudi navodila za opazovanja, instrumenti in njihovi opisi, kartoteke postaj in vsa dokumentacija o postajah kot so skice, fotografije, zemljevidi in opisi postaj, meteorološki letopisi in ostale objave, članki in publikacije...

Ob meteoroloških poročilih so pomembni tudi metapodatkovni zapisi o postajah, instrumentih, opazovalcih, načinih opazovanj ipd., saj bi brez

Slika 2. Izrez prvega poročila s postaje v Ljubljani od 23. marca do 7. aprila 1850. Meritve so opravljali na telegrafskem uradu železniške postaje (arhiv ARSO)

njih stari izmerki meteoroloških opazovanj imeli le zgodovinsko vrednost, nemogoče pa bi jih bilo uporabiti v podnebnih analizah.

Prvo ohranjeno meteorološko poročilo z ozemlja Slovenije je s postaje v Postojni, iz junija 1849, poročilo hrani arhiv GeoSphere Austria¹ na Dunaju, na ARSO pa hranimo digitalno različico poročila. V arhivu na Agenciji za okolje je prvo meteorološko poročilo iz marca 1850, s postaje v Ljubljani (slika 2).

Zaradi dolge zgodovine opazovanj v meteoroloških poročilih poleg stanja vremena in podnebja najdemo še marsikatero zanimivost o zgodovini meteorologije in Slovenije:

- Prva meteorološka poročila so napisana v gotici in nemščini. Kasneje še v italijanščini, srbo-hrvaščini in cirilici.
- Merske enote so pred letom 1871 druge; Réaumurjeva lestvica ima ničlo pri tališču ledu pri običajnem zračnem tlaku in 80 stopinj pri vrelišču vode pri enakih pogojih. Temperaturo iz Réaumurjevih stopinj se pretvori v Celzijeve po enačbi: $T (^{\circ}\text{C}) = T (^{\circ}\text{R}) \times 5/4$.
- Pariška linija je mera za dolžino, ki so jo pred uvedbo metričnega sistema, uporabljali po Evropi, predvsem v Franciji. En meter je enak 443,266 pariške linije, obratno je ena pariška linija enaka 2,256 milimetra.

1 Zentral-Anstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus, kasneje Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) in od leta 2023 GeoSphere Austria

2 Réaumurjeva lestvica ima ničlo pri tališču ledu pri običajnem zračnem tlaku in 80 stopinj pri vrelišču vode pri enakih pogojih. Temperaturo iz Réaumurjevih stopinj se pretvori v Celzijeve po enačbi: $T (^{\circ}\text{C}) = T (^{\circ}\text{R}) \times 5/4$.

3 Pariška linija je mera za dolžino, ki so jo pred uvedbo metričnega sistema, uporabljali po Evropi, predvsem v Franciji. En meter je enak 443,266 pariške linije, obratno je ena pariška linija enaka 2,256 milimetra.

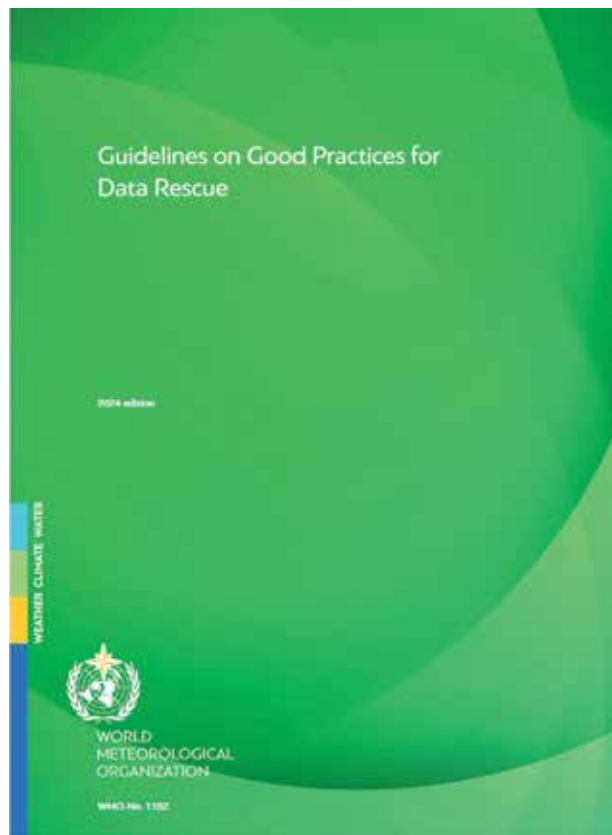
je bila geografska dolžina podana z izhodiščem od otoka Ferro (El Hierro - najzahodnejši Kanarski otok), v času Kraljevine Italije pa od Rima.

- Instrumenti in njihova namestitve so bili v preteklosti lahko drugačni od današnjih standardov (termometer je bil denimo na oknu v prvem nadstropju hiše)
- Imena krajev so se spreminjala v skladu z uradnim poimenovanjem, ki ga je uvedla vsakokratna država. Tako imajo kraji nemške, na Primorskem tudi italijanske različice imen npr. Kobarid – Caporetto – Karfreit, imena krajev so se po 2. svetovni vojni in nastanku Republike Slovenije spremenila npr. Sv. Primož nad Muto – Podlipje – Sv. Primož nad Muto...
- Meteorološka opazovanja so potekala in bila pomembna tudi v času prve in druge svetovne vojne (slika 3), na poročilih iz tistega časa so zapisani tudi premiki ur na poletni čas, ki so ga uvedli med vojnoma.

Slika 3. Del meteorološkega poročila s "frontne vremenske postaje" Krn, iz februarja 1917 (arhiv ARSO), kjer zasledimo zapis "Armezeit"- vojni čas, ki nas opomni na premik ur v času 1. svetovne vojne. Poročilo s Krna za februar 1917 je zanimiv dokument tistega časa, osvetljuje zimo 1916/17 in v kakšnih vremenskih razmerah so se borili vojaki na Soški fronti. Prvih trinajst dni februarja 1917 je bilo mrzlih, najtopleje je bilo 11. februarja ob 14. uri, ko so namerili $-1,5^{\circ}\text{C}$. Dve desetinki manj kot -20°C pa so namerili 8. dne, ob 21. uri. Še bolj kot nizka temperatura, izstopa obilna snežna odeja; vseh deset dni je bila debelejša od 5 m.

Meteorološka poročila z ozemlja Slovenije niso vsa hranjena v arhivu ARSO, nekaj jih hrani že Arhiv RS, kar nekaj pa jih je shranjenih v tujih arhivih. Razlog za slednje je zgodovina Slovenije in organiziranost vsakokratne meteorološke službe. Poročila za 63 meteoroloških postaj pred 1. svetovno vojno z območja Slovenije smo našli v arhivu GeoSphere Austria na Dunaju in v arhivu Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale - ISPRA v Benetkah za 71 primorskih postaj iz obdobja med obema svetovnima vojnoma. Vsa najdena poročila smo digitizirali, digitizati so shranjeni v digitalnem arhivu ARSO. Poročila padavinskih postaj z območja

Primorske, Podravja in Prekmurja iz obdobja pred 1. svetovno vojno še iščemo.



Slika 4. Naslovnica Smernice najboljših praks za reševanje podnebnih podatkov, izdaja iz leta 2024

Podobno kot smo digitizirali gradivo v tujih arhivih, nameravamo v okviru projekta SOVIR (2024–2029) digitalno zajeti del poročil hranjenih v arhivu ARSO. Ob tem bomo digitalno zajeli še podatke s poročil, s katerih tega do sedaj še nismo naredili. Namen tega je zaščita papirnatega gradiva pred propadanjem, enostavnejša dostopnost do poročil in podatkov ter pridobitev digitiziranih dolgih nizov podatkov prepotrebni za analize podnebja. Po digitizaciji bomo vse meteorološko arhivsko gradivo, starejše od 30 let predali v hrambo Arhivu RS. K temu nas zavezuje zakonodaja Zakon o varstvu dokumentarnega in arhivskega gradiva ter arhivih⁴ in Zakon o državni meteorološki, hidrološki, oceanografski in seizmološki službi⁵. Svetovna meteorološka organizacija je za ohranjanje arhivskega gradiva meteoroloških opazovanj izdala Smernice najboljših praks za reševanje podnebnih podatkov⁶ (slika 4), ustanovila

4 Zakon o varstvu dokumentarnega in arhivskega gradiva ter arhivih (ZVDAGA), Uradni list RS, št. 30/06 in 51/14 in podzakonski akti

5 Zakon o državni meteorološki, hidrološki, oceanografski in seizmološki službi ((ZDMHS), Uradni list RS, št. 60/17

6 Guidelines on Best Practices for Climate Data Rescue, WMO-No.1182, 2024

je tudi spletni portal International Data Rescue portal, I-DARE⁷.

Z digitizacijo papirnatega arhivskega gradiva dopolnjujemo digitalni arhiv. V digitalni bazi z meteoroloških postaj tako hranimo digitizate poročil, navodil, skic postaj... vse kar smo že digitalno zajeli. Večji del obstoječega digitalnega arhiva predstavljajo digitizirani in digitalni podatki z meteoroloških postaj. Digitizirani meteorološki podatki so podatki, ki smo jih "pretipkali" v digitalno bazo podatkov s papirnatih poročil. Podatke smo digitizirali z večine meteoroloških poročil iz obdobja od 1948 do danes. Digitalni so podatki, ki izvirno nastanejo v digitalni obliki, to je na samodejnih postajah; tovrstne podatke imamo za obdobje po decembru 1989, ko smo v Mariboru postavili prvo samodejno postajo. Meteorološki podatki v digitalni obliki so javno dostopni v spletnem arhivu na straneh ARSO⁸.

Varovanje papirnatega kot digitalnega arhiva je naloga ARSO. Do predaje arhivskega gradiva pristojnemu arhivu moramo, ne glede na njegovo

⁷ <https://www.idare-portal.org/>

⁸ ARSO spletni arhiv meteoroloških podatkov: <https://meteo.arso.gov.si/met/sl/archive/>

obliko, zagotavljati ustrezno opremljene prostore, ki so varovani pred požari, poplavami, glodavci, imajo ustrezno vlažnost in temperaturo v prostoru, onemogočen dostop nepooblaščenim... Papirno gradivo mora biti ustrezno urejeno, popisano, tehnično zaščiteno... Za digitalno gradivo je potrebno zagotoviti digitalno hrambo po načelih dostopnosti, uporabnosti, celovitosti, avtentičnosti in trajnosti, stalno posodabljanje programske in strojne opreme, zagotavljanje informacijske varnosti, zagotavljanje dve dodatni oddaljeni lokaciji za varnostne kopije... Za delo z arhivskim gradivom mora ARSO zagotoviti ustrezno število primerno izobraženih uslužbencev, ki imajo znanje o delu z dokumentarnim in arhivskim gradivom, informatiki, informacijski varnosti... ARSO mora sodelovati s pristojnim arhivom.

Arhiv podatkov z meteoroloških postaj je obsežna zbirka podatkov o vremenu in podnebjju ter zbirka metapodatkov o načinu opazovanj, instrumentih, opazovalcih, opazovalnih prostorih meteoroloških postaj, krajih... in tudi odsev razvoja meteorologije, zgodovine naroda, njegove kulture in znanja. Meteorološki arhiv je vreden našega spoštovanja in ponosa. A je tudi naša odgovornost, da delo in znanje preteklih in sedanjih generacij meteorologov predamo prihodnjim rodovom.

Kontrola podatkov s samodejnih postaj

Miha Demšar, Agencija Republike Slovenije za okolje



Začetek meteoroloških meritev s samodejnimi postajami na območju Slovenije sega v leto 1989. Takrat so samodejne postaje najprej postavili v okolico večjih energetskih objektov, kot sta Termoelektrarna Šoštanj in Jedrska elektrarna Krško, nato pa so jih začeli postavljati tudi v večja urbana središča, kasneje pa tudi drugod (slika 1).

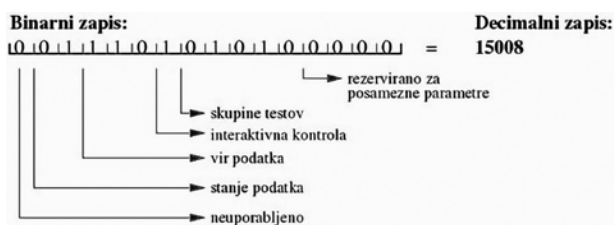
Prve samodejne meteorološke postaje so bile enostavne in so merile osnovne meteorološke parametre, kot so temperatura in vlažnost zraka, zračni tlak in hitrost vetra. S časom se je nabor senzorjev, ki so merili različne parametre, zelo povečal. Danes s samodejnimi postajami merimo že blizu 30 meteoroloških spremenljivk. V današnjem času podatke s postaj dobivamo v realnem času, s časovnim korakom izpisa 10 ali 30 minut. Pri zbiranju podatkov se pojavijo različne napake, bodisi zaradi tehničnih okvar bodisi motenj v delovanju senzorjev



Slika 1. Število samodejnih postaj z meteorološkimi meritvami med letom 1989 in 2024

bodisi vpliva ekstremnih vremenskih razmer. Pri kontroli podatkov je naša naloga, da okvare senzorjev čim hitreje zaznamo in to informacijo posredujemo vzdrževalcem, zaustavimo tok napačnih podatkov do uporabnikov, v bazi podatkov pa napačne vrednosti

označimo ali pa tudi popravimo. Nad podatki se izvaja dvostopenjska kontrola. Prvostopenjska kontrola se izvaja v realnem času, ko se preverja podatke s pomočjo vnaprej nastavljenih kriterijev. Na novejših postajah, ki pošiljajo podatke na 10 minut, se to preverja že kar na sami postaji, ki nato veljavnost podatkov pošilja skupaj s podatki. Pri starejših postajah se to izvaja pred vpisom podatkov v bazo. Drugostopenjska kontrola se izvaja s časovnim zamikom, podatke se navzkrižno primerja med sabo, prostorsko se analizira njihovo smiselnost (slika 2). Končno veljavnost podatkov potrdi kontrolor, ki vsakodnevno s pomočjo aplikacij, razvitih pri nas na oddelku, bdi nad tokom podatkov. Pri obeh stopnjah kontrole je bil vpeljan indeks verodostojnosti, v katerem je zapisana informacija o zanesljivosti podatka, njegovem viru ter katere kontrole je preстал. Indeks verodostojnosti je v osnovni obliki v binarnem zapisu, v podatkovno bazo pa je shranjen v desetiškem zapisu.



Slika 2. Binaren zapis indeksa verodostojnosti na drugostopenjski kontroli.

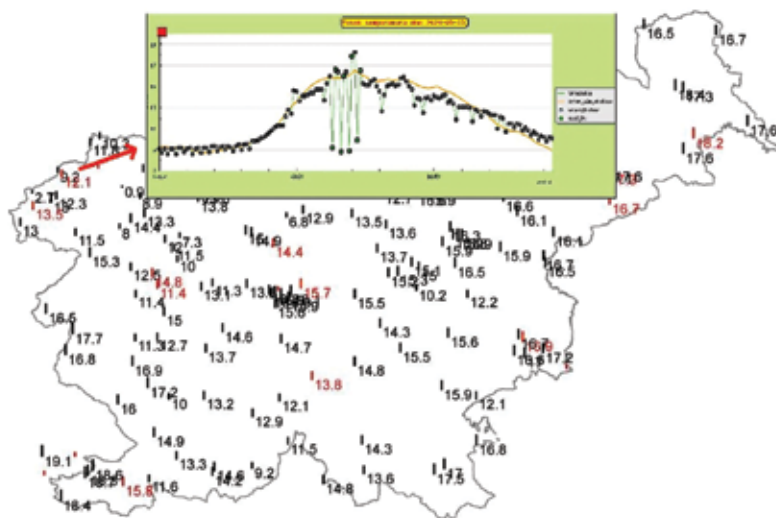
Skupina bitov od 8. mesta naprej v indeksu verodostojnosti predstavlja skupino testov, ki se jih opravi na podatku. Tako se preveri podatek glede na trdo in mehko mejo, notranjo, časovno in prostorsko konsistentnost podatka; opravi se

še nekateri drugi testi, ki so odvisni predvsem od posameznega parametra. Če je podatek preстал test, se posameznemu bitu pripiše vrednost 0, sicer 1. Na koncu dobimo binarno število, ki jo prepišemo v desetiški sistem. Manjše kot je število, bolj zanesljiv je podatek.

Kontrolor vsakodnevno posredno ali neposredno kontrolira podatke temperature zraka, relativne vlažnosti, zračnega pritiska, padavine, sedanje vreme, višino snega, trajanje sončnega sevanja in padavin. Avtomatsko pa se pa kontrolira še veter, globalno, difuzno in UVB sevanje.

Sama kontrola podatkov poteka tako, da se kontrolorju v aplikaciji na zemljevidu prostorsko izrišejo dnevna povprečja ali vsote, z barvo pa se nakaže ali je bila v postopku avtomatske kontrole zaznana kakšna morebitna težava oziroma ali kateri podatek ni preстал vseh testov. Sumljive in napačne podatke se označi z rdečo barvo, tako da se kontrolorju že hitro vizualno določi, katere postaje so s potencialnimi težavami. Če se izkaže, da so podatki napačni ali manjkajoči, jih kontrolor interpolira. Delež popravljenih oziroma interpoliranih meritev je v povprečju nekje med 1 do 2 %, predvsem na račun izpada podatkov, nekaj pa tudi zaradi napačnih meritev. Pri tem izstopa delež popravljenih meritev pri višini snega, saj le-ta znaša okoli 5 %. Delež napak je pri snegu večji predvsem na račun zmrznjenih tal, ki dvignejo snegomerno desko na kateri se izvajajo meritve, posledično pa se lahko navidezno pojavi višina snega tudi do 4 cm.

Vsi kontrolirani podatki so nato na voljo v uporabniških tabelah, ki so dostopne našim uporabnikom tako znotraj ARSO kot tudi preko spletnega arhiva na meteo.si.



Slika 3. Prikaz zemljevida Slovenije s povprečnimi temperaturami zraka na postajah. Z rdečo so označene postaje, ki so bile v postopku avtomatske kontrole označene kot sumljive. Prikazan je primer sumljivega poteka temperature na postaji Roja Log pod Mangrtom.

Kontrola klasičnih meteoroloških podatkov in velik pomen le teh za uporabnike



Metka Roethel Kovač in Zorko Vičar, Agencija Republike Slovenije za okolje

Uvodne misli

Delati bi morali tako, kot da bomo jutri mi potrebovali podatke.

Prispevek temelji na preprosti predpostavki, da so meteorološka opazovanja in meritve namenjena vsem uporabnikom in izboljšanju kvalitete življenja nas vseh.

Poudarka bosta torej na:

- uporabnikov (uporabnik je »zakon«, saj tako so nas učili v mladosti), ki dajejo končni smisel našemu strokovnemu delu,
- in na vprašanju, kje je Slovenija v dostopnosti meteorološkega arhiva v primerjavi z EU in s svetom?

Odgovor na zadnje vprašanje je presenetljiv. A gremo po vrsti.

Kdo so uporabniki podatkov meteoroloških meritev in opazovanj, daljinskih meritev (meteorološki radarji, sateliti...) ter končnih obdelav podatkov:

- Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO), torej v prvi vrsti meteorologiji, klimatologiji in hidrologiji pri analizah vremena, modeliranju in napovedovanju vremena, posebej visokih voda, pri ostalih obdelavah, spremljanju podnebja, statistik...,

- ostale javne in strokovne službe (šole, univerze, inštituti, Slovenska akademija znanosti in umetnosti, zdravstvene ustanove, parlament, vladne službe – inšpekcije, urbanisti, agronomi, občine, ekonomisti, gasilci, policija, vojska, civilna zaščita, mediji, astronomi, sodišča, narodni parki)
- podjetja (načrtovanje v gradbeništvu, pri prometni infrastrukturi – ceste, železnice, letalstvo, pomorstvo, vesoljska izstrelišča, turistične destinacije),
- fizične osebe (podatke rabimo za lastne projekte, lahko za pedagoške namene, za načrtovanje vodnih zbiralnikov, v kmetijstvu, za uveljavljanje odškodninskih zahtev pri zavarovalnicah, na sodiščih ali pa nas zgolj zanimajo statistike, tudi ekstremni dogodki).

Od kdaj potekajo neprekinjene meteorološke meritve in opazovanja na ozemlju Slovenije?

Od leta 1850 (23. marca) naprej ni minil niti dan – tudi med vojnami in ujmami ne – da v Sloveniji vsaj nekaj meteoroloških postaj ne bi beležilo vremena (slika 1). Poglejmo si odziv stranke, ki to lepo ilustrira:

“Zadeva (21.07.2004 08:53): Re: Klimatski podatki za leti 1941_42 / Hi! Odlično, zares impresivno - niti približno si nisem predstavljal kako uporaben arhiv ste ustvarili! Zares hvala za pomoč in izredne podatke g. Vičar. In seveda prošnja, da jih nekaj smem navesti v knjigi (Elektronika v domači delavnici 2).



Datum		Ura		Temperatur		Wind		Niederschlag		Witterung
Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	föhn und Windstille 25 föhn 25 föhn und Windstille 25 föhn und Windstille 25 föhn und Windstille 25
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	

Slika 1. Opazovalec Joža Stare v Bohinjski Češnjici avgusta 2022 (levo) in poročilo z začetka rednih meteoroloških opazovanj in meritev na območju Slovenije, 23. marca 1850 v Ljubljani. Postojna je sicer začela meriti že leta 1849, a teh poročil ni v arhivu ARSO. (desno). Vir: Arhiv ARSO

Gre za strokovno (hobi) literaturo (verjetno TZS). V dodatku skušam s teh. vidika opisati radijsko postajo Kričič. Če mi objavo dovolite, prosim še za pomoč pri imenovanju literature. Lep in prijeten dan! J.B."

Prve trenutno znane meritve so potekale že leta 1785 v Piranu, 1818–1850 in naprej tudi že v Ljubljani (slika 1, desno), 1849 v Postojni (Adelsberg), 1852 v Celju in Zgornjih Gorjah, 1858 v Novem mestu, 1864 v Mariboru, na Ptuju, v Kranju ... Kot zanimivost, tudi naš eminentni pisatelj Fran Saleški Finžgar je marljivo beležil pojave in meril padavine ter sneg na padavinski postaji Želimlje (slika 2).



Slika 2. Fran Saleški Finžgar, slovenski pisatelj, dramatik, prevajalec in duhovnik * 9. februar 1871, Doslovče, † 2. junij 1962, Ljubljana. Poznamo ga po ljudskih igrah (recimo *Divji lovec, Veriga*) in zgodovinskem romanu *Pod svobodnim soncem*, a bil je nekaj časa tudi meteorološki opazovalec na padavinski postaji Želimlje (1902–1904). Vir: svetovni splet

Globoko se moramo pokloniti vsem generacijam opazovalcev in opazovalcev, ki so od leta 1850 naprej neprekinjeno beležili vremenske pojave in dan za dnem marljivo opravljali meritve meteoroloških spremenljivk. Hvala tudi vsem, ki so ohranili in skrbeli za arhiv in digitalizirali podatke. Danes je to ena najdaljših kontinuiranih zbirk okoljskih podatkov v Sloveniji.

Kljub mnogim zgodovinskim pretresom, krizam, vojnem, menjavanjem držav, smo v Sloveniji ohranili ali iz tujine pridobili večino meteoroloških meritev in opazovanj. Okrog 60 % smo jih že prenesli v digitalno obliko, najprej v datotečni sistem ASCII, in sicer v desetinkah merjene spremenljivke preko le celih števil (recimo 32,7 °C se vpiše kot »integer« 327, tako se je prihranilo na diskovnem prostoru, začetek v sedemdesetih letih 20. stoletja), pozneje v relacijsko bazo (takoj po letu 2000) in leta 2008 že na svetovni splet, kot prvi v EU.

Da do uporabnika pride verodostojen podatek, je kar nekaj korakov in pogojev, ki so nujni v verigi od meritev, opazovanj, kontrole, do urejene baze

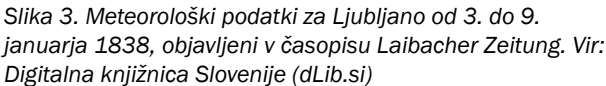
podatkov in na koncu do prijaznih orodij za dostop do osnovnih podatkov in statistik:

- Prvi pogoj so strokovno usposobljeni kadri, opazovalci in ažurni tehniki vzdrževalci ter kvalitetni in umerjeni ter vzdrževani inštrumenti. Pomembna je tudi zagotovitev redundance – ob izpadih samodejnih postaj se pričakuje vsaj beleženje osnovnih količin (padavin, temperatur, vetra, lahko tudi z opazovalci, z dodatnimi registratorji). Vsekakor pa je potrebna dovolj gosta mreža klasičnih in samodejnih postaj z vso senzoriko za verodostojno pokritje podnebno tako ranljive in raznolike države, kot je Slovenija.
- Drugi pogoj je kvaliteten in hiter prenos podatkov v bazne tabele in varnostne kopije baz. Velja tako za samodejne postaje, kot za klasične podnebne in padavinske postaje ter za vse podtipe. Enako velja za urejen papirnat arhiv meteoroloških poročil in dnevnikov v sodelovanju z Arhivom Republike Slovenije.
- Tretji pogoj je dobro strokovno kadrovske (tukaj smo podhranjeni) podprta kontrola podatkov in učinkovit računalniško informacijski nabor kontrolnih orodij (hitre baze podatkov, pregledna programska oprema, ki samodejno izloči očitne napake, protislovja in sumljive vrednosti, ter kontrolorjem ponudi tudi ustrezne preračune za popravilo podatkov ali za polnjenje vrzeli),
- Četrty pogoj pa je, da se strankam (odjemalcem podatkov, tudi internim na ARSO) ponudi kar se da enostaven dostop do podatkov. Pomembno je tudi vedeti, kako so dostop do podatkov reševali naši predniki v zadnjih (skoraj) častitljivih 200 letih.
- Peti pogoj je sodelovanje s tujino, z razvitimi državami, upoštevanje tujih dobrih praks in izkušenj. Sodelovanje z razvitimi tujimi meteorološkimi službami je in bo ključnega pomena za bodoči razvoj slovenske meteorološke službe. A pri tem je potrebno upoštevati tudi posebnosti velike podnebne raznolikosti Slovenije.

Kratek pregled dostopnosti meteoroloških podatkov za širšo javnost skozi čas

Pred letom 1849 na ozemlju današnje Slovenije še ni bilo uradnih meteoroloških meritev, je bil pa vsaj del meritev objavljen v časopisih ali strokovnih publikacijah (slika 3).

23. marec 1850 je datum začetka rednih sistematičnih meteoroloških meritev in opazovanj na ozemlju Slovenije (Ljubljana, Telegrafski urad). Datum 23. 3. slučajno sovpada s svetovnim dnevom meteorologije (+100 let = 23. 3. 1950 je bila ustanovljena tudi Svetovna meteorološka organizacija, WMO). A zgolj dnevnik z meritvami in opazovanji



Übersicht der Witterung im Mai 1857.																
Beobachtungsart.	Mittlere Temperatur Barometer	Maximum		Minimum		Mittlere Luft- druck Per. Lin.	Maximum		Minimum		Mittlere Dunst- druck Per. Lin.	Nieder- schlag Per. Lin.	Herr- scheider Wind	Anmerkungen und secundäre Extreme.	Beobachtungs- ort nach der mittlere Temp. geordn.	Mittlere Tem- peratur Barometer
		Tag	Temp.	Tag	Temp.		Tag	Luftdr.	Tag	Luftdr.						
Kronstadt . . .	+ 9°21	30-5	+16°2	4-3	+ 2°7	314°62	11-1	317°27	31-0	311°05	—	49°61	—	Am 26. 14°6, am 16-0. 316°68, am 27-9. 311°91, am 4-3. 316°12.	Wallendorf . .	+11-01
Laibach . . .	+11-50	21-6	+21-1	3-3	+ 4-8	325-60	16-3	328-95	31-6	322-00	3°78	22-50	SW.	Am 29. 19°2.	Kremsier . . .	+10-86
Lemberg . . .	+10-18	23-6	+19-7	3-3	+ 2-2	325-83	16-6	328-47	27-6	321-84	3°72	35-98	W. S.	Am 21. u. 30. 18°6.	Schönl . . .	+10-60
Leutschau . .	+ 9-15	24-6	+18-4	3-9	+ 2-4	315-77	11-1	318-04	27-6	312-36	—	18-82	NW.	Am 20. 16°2, am 22. 18°3.	Ödenberg . .	+10-56
Lienz . . .	+11-07	11-1	+19-8	6-3	+ 3-2	310-84	16-3	312-87	11-1	308-27	3-18	11-34	NW.	Am 30-3. 19°0.	Trüpolach . .	+10-55
Lust . . .	+11-32	23-6	+20-8	2-3	+ 5-0	322-27	15-3	325-38	26-6	318-22	3-58	49-10	O. W.	Am 30-3. 319°87.	Pilsen . . .	+10-52
Lissa . . .	+14-07	22-6	+18-6	1-3	+ 8-5	336-61	16-3	339-76	31-3	332-34	4°71	22-60	W.	Am 28. 18°4.	Herrmannstadt	+10-50
Luino . . .	+11-41	31-6	+19-0	3-3	+ 3-0	328-93	16-3	332-63	26-6	326-93	—	—	—	Am 18. 19°0.	Frauenberg . .	+10-49
St. Magdalena .	+ 9-17	21-6	+17-5	1-1	+ 3-4	303-84	15-9	307-52	31-3	301-81	3-16	35-36	NO.	Am 30. 17°2.	Kremsdünster .	+10-46

STAZIONE	Pagina in cui ne sono date le caratteri- stiche		STAZIONE	Pagina in cui ne sono date le caratteri- stiche	STAZIONE
Fontanelle P	30		Grezzana Pu	36	Liga (Maria Zell)
Fontigo G	106		Grigno Pu	30	Limena
Formeniga Pu	27		Grotte di Oliero I Jr-M	88	Longare
Fornaci Anzil (R. Cusana). I	87		Grotte di Postumia I	86	Longare
Fornaci Anzil (Stella). M-I	87		Grumes Pa	35	Longarone
Fornaci Mangilli I	88				Longiarù
Forni Avoltri Pr.	26				Lonigo
Forni di Sopra Pr	26				Lonigo
Forni di Sotto Pu	26		I		Loqua
Forno di Zoldo Pr	28		Idria Pr	24	Lorenzago
Fortogna Pr	28		Idria inferiore I	86	Loria
Fossà Pr	30		Investitura Gr	106	Lova
Fosse di S. Anna. Pu	36		Isola della Scala P	38	Lovadina
Fozza Pr	31		Isola Vicentina P	31	Lozzo Atestino
			Istrana Pr	37	

Del Slovenije, ki je med obema svetovnima vojnama pod Italijo, ima dostop do statistik preko italijanskih letopisov Bollettino Annuale, mesečnih biltenov

Bollettino Mensile (na sliki 5 prepoznamo postaje: Idrija - Idria, Postojnska jama – Grotte di Postumia, Lig – Liga (Maria Zell), Lokve – Loqua.

Ljubljana in Slovenija po 2. svetovni vojni

Leta 1948 je bil najprej postavljen opazovalni prostor na Celjski 1a za Bežigradom, kjer je še danes. Konec leta 1949 so dogradili stavbo na Celjski 1a, v kateri se je nato naselila meteorološka služba. Število postaj počasi spet doseže in preseže tisto izpred 2. svetovne vojne.

Po drugi svetovni vojni se počasi začne sistematično izdajati klimatografije, recimo Klimatografija Slovenije (Padavine 1951–1980, Temperatura zraka 1961–1990 ...). Tukaj so še redne publikacije na zveznem nivoju, recimo Meteorološki godišnjak. Zadnji, ki ga hranimo na ARSO, je iz leta 1984. Tako časopisi kot radijske postaje so tudi pomemben del obveščanja javnosti o trenutnem vremenu in kratkoročnih napovedih, pozneje pa tudi televizija.

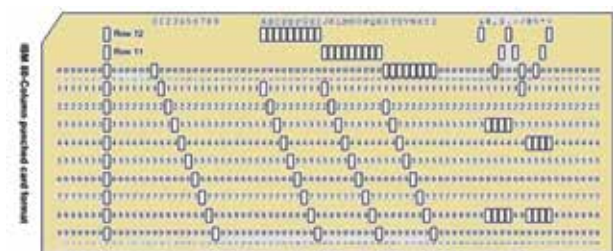
Kako pa z digitalizacijo – z vnosom meteoroloških meritev in opazovanj v digitalni format?

Računalniška doba v slovenski meteorološki službi se je pravzaprav začela leta 1969 s prenosom klimatoloških podatkov na luknjane kartice na računalniku Cyber v Republiškem računskem centru. Leta 1977 je Hidrometeorološki zavod SRS že dobil prvi računalnik DEC, Digital PDP 11/34 (slika 6). Za njim pa že „domač“ računalnik Delta. Od nekje konec osemdesetih, začetek devetdesetih let, preidemo na VAX (operacijski sistem VMS – Virtual Memory System).

Na Hidrometeorološkem zavodu Republike Slovenije je prvi program za obdelavo in nadzor klimatoloških podatkov napisal leta 1972 matematik Jožef Roškar. Takrat je bilo okrog 40 kontrolnih pogojev, danes je število kontrol narastlo na 170. Republiški računski center je imel v Iskri v Stegnah v Ljubljani nameščen računalnik CDC (Control Data Corporation), model 2300. Hidrometeorološki zavod je kot republiški upravni organ imel pravico do uporabe računalnika. Več lahko preberete v članku J. Roškarja (2008).



Slika 6. Dve tipkalni enoti za luknjanje kartic – luknjači (levo) in računalnik DEC Digital PDP 11/34 (desno). Vir: Roškar, 2008



Slika 7. Kode na luknjani kartici, ki je imela 80 stolpcev in 12 vrstic

Podatki se zapisujejo v ASCII letne datoteke – v obliki celih števil, da se prihrani na diskovnem prostoru prvih računalnikov. Ta format je osnova obdelav nekje do leta 2000. Programski jeziki sta bila Fortran in Pascal, tudi na osebnih računalnikih.

Samostojna Slovenija po letu 1991

Po osamosvojitvi Slovenije 1991 se počasi prehaja na digitalne meteorološke letopise in mesečne biltene (od leta 1996 urednica mag. Tanja Cegnar) z zbranimi statistikami okoljskih spremenljivk v formatu pdf, ki se objavljajo na svetovnem spletu HMZ, danes ARSO. Časopisom, radijskim in TV postajam pa

se leta 1995 priključi še svetovni splet, ki poleg trenutnega vremena in napovedi počasi ponuja zmeraj več podnebnih statistik. Tako se žal vse bolj manjša pomen knjižnic in tiskanih brošur pri podnebnih statistikah. Mesečne, letne in ostale daljše preglede podnebja se torej po letu 2000 večinoma prenaša na svetovni splet (HMZ, od 2001 pa na ARSO). A praktično nobena država v Evropi do leta 2008 nima na svetovnem spletu tudi interaktivnega dostopa do arhiva meteoroloških meritev in opazovanj.

Vnos podatkov za nazaj – zelo naporen postopek

V letih po 1990 smo, poleg sprotnega dela, vnesli (zajeli) večji del klimatoloških in padavinskih podatkov merjenih po 1961–1969, precej nizov pa še po drugi svetovni vojni ali celo med in pred vojno. Posebej se je vnašalo tudi precej zbranih urnih vrednosti, kot so temperatura zraka, relativna vlažnost zraka, zračni tlak, meritve vetra z različnimi instrumenti in seveda tudi meritve temperature tal v različnih globinah v zemlji za vse obdobje beleženja za nazaj. Podatke je vnašalo veliko notranjih in zunanjih vnašalk in vnašalcev. Projekt je vestno vodila Metka Roethel Kovač, informacijsko podporo je nudil Boris Zupančič, kontrolo pa sta izvajala Vera Smrdelj in Zorko Vičar, ki je uvedel prvo računalniško prostorsko kontrolo podatkov.

Seveda so bili vsi zajeti podatki sproti kontrolirani v digitalnih okoljih takratnega časa (ASCII datoteke kontrolirane večinoma s programi napisanimi v programskem jeziku fortran). Tako se je z leti nabralo vsaj 170 kontrol, ki so jih morali prestati vneseni podatki. To so bile kontrole trdih meja in notranje konsistence (recimo: dnevna maksimalna temperatura mora biti večja ali enaka od terminskih temperatur in minimalne temperature; če je zaznan pojav padavin, mora biti izmerjena tudi količina padavin; ali napaka je, če ima stanje tal status suhih tal (0), čeprav so zabeležene padavine ...). Prostorska kontrola se na začetku izvaja preko tiskanja podatkov na papir in subjektivnega pregleda kontrolorja. V devetdesetih letih 20. stoletja smo prešli na računalniško metodo »1/R2« (prinesli iz Francije – mladi torej morajo v tujino) in na ostale bolj sofisticirane metode (na evklidske razdalje, razlike, primerjava s podnebno podobnimi postajami). S prehodom na grafična orodja v operacijskem sistemu Windows smo začeli z aplikacijami GIS (geografski informacijski sistem) za prostorsko kontrolo. Prostorska kontrola se vrši tako na terminskih kot na dnevni, mesečni in letni podatkih (velja za klasične in samodejne meritve).

Po letu 1995 so se pojavile lokalne mreže osebnih računalnikov. Tudi pri našem delu s podatki smo takrat zajem, kontrolo in obdelavo podatkov začeli izvajati na izbranem osebnem računalniku. Podatkov

ni bilo treba ves čas prenašati z disketami med posameznimi delovnimi osebni računalniki, kot je bila to dotedanja praksa. S pojavom svetovnega spleta smo podatke na strežnike začeli prenašati s protokolom FTP (leta 1996) in tako tudi neposredno s postaj preko vnosa opazovalcev. Takrat so že zaživele nekatere prve samodejne postaje (npr. leta 1989 v Mariboru, 1993 v Ljubljani; vse je tudi v digitalnem arhivu) – a porodne težave samodejnih postaj so bile velike.

Zapuščina obdobja 1970–2000

Seznam zgolj nekaterih kratic, s katerimi so poimenovane arhivske mape – z letnimi datotekami formata ASCII (VAX/VMS – v uporabi nekje do leta 2003):

- KKD.DIR Klimatološki dnevni podatki (Linux, računalnik Virga, Postgres, baza ameba, tabela klima_vhodna) [* po letu 2008 na linuxu, virga /db/base_home/VNOS/KKD]
- KIM.DIR # Klimatološki izvedeni mesečni podatki (vsote, povprečja)
- PO5.DIR Padavine – ombrografski 5-minutni podatki [* po letu 2008 na linuxu, virga /db/base_home/VNOS/PO5]
- PA5.DIR Padavine – avtomatske postaje, 5-minutni podatki (registratorji padavin - datalogerji) [* po letu 2008 na linuxu, virga /db/base_home/VNOS/PA5]
- PPD.DIR Padavinski dnevni podatki . [* po letu 2008 na linuxu, virga /db/base_home/VNOS/PPD]
- PIM.DIR # Padavinski izvedeni mesečni podatki (vsote, povprečja)
- RVU.DIR Relativna vlažnost zraka, urni podatki [* po letu 2008 na linuxu, virga /db/base_home/VNOS/RVU]
- SDP.DIR Difuzno sončno obsevanje, polurne vrednosti
- SDU.DIR Difuzno sončno obsevanje, urni in dnevni podatki
- SGP.DIR Globalno sončno obsevanje, polurne vrednosti
- SGU.DIR Globalno sončno obsevanje, urni podatki (na koncu dnevne vsote in status)
- STU.DIR Trajanje Sončnega obsevanja, urni podatki [* po letu 2008 na linuxu, virga /db/base_home/VNOS/STU]
- SUP.DIR UVB sevanje, polurne vrednosti
- SUU.DIR UVB sevanje, urni in dnevni podatki
- TMK.DIR Temperatura morja ob klimatoloških terminih (7h, 14h, 21h po sončnem času)
- TTK.DIR Temperatura tal, klimatološki termini
- TZU.DIR Temperatura zraka, urni podatki [* po letu 2008 na linuxu, virga /db/base_home/VNOS/TZU]

- V10.DIR Veter – podatki o 10-minutnih poteh vetra
- V1A.DIR Veter – Ames, 10-minutni podatki

Veliko poimenovanj smo iz VAX leta 2000 prenesli tudi v relacijsko bazo postgres na linuxu.

Še nenavadna zanimivost: okrog leta 2004 ali 2005 nam je bilo rečeno, da še malo pretipkamo podatke za nazaj in papirnat arhiv kar zavržemo. Vedeli smo, da so v tujini arhivi ena najbolj dragocenih strokovnih vsebin – na ARSO pa ravno obratno. V oddelku za kontrolo podatkov, kjer smo skrbeli tudi za papirnat arhiv od 1850 naprej nas je bila groza. A po spletu srečnega sosledja dogodkov in zgražanja nekaterih med nami se ta najhujši scenarij ni zgodil. Nedavno se je začel projekt SOVIR, kjer je skeniranje in digitalizacija papirnatega arhivskega gradiva ena glavnih nalog.

Leta 2006 smo z zadnjimi močmi v zakon o meteorološki službi dodali člen o arhivskem gradivu. Zakon o meteorološki dejavnosti (ZMetD: <https://www.uradni-list.si/glasilo-uradni-list-rs/vsebina/2006-01-2089>) je vseboval naslednje določilo (27. člen):

(5) Izvajalec državne meteorološke službe hrani dokumentarno gradivo s podatki iz prejšnjih odstavkov skladno s predpisi o arstvu dokumentarnega in arhivskega gradiva ter arhivih.

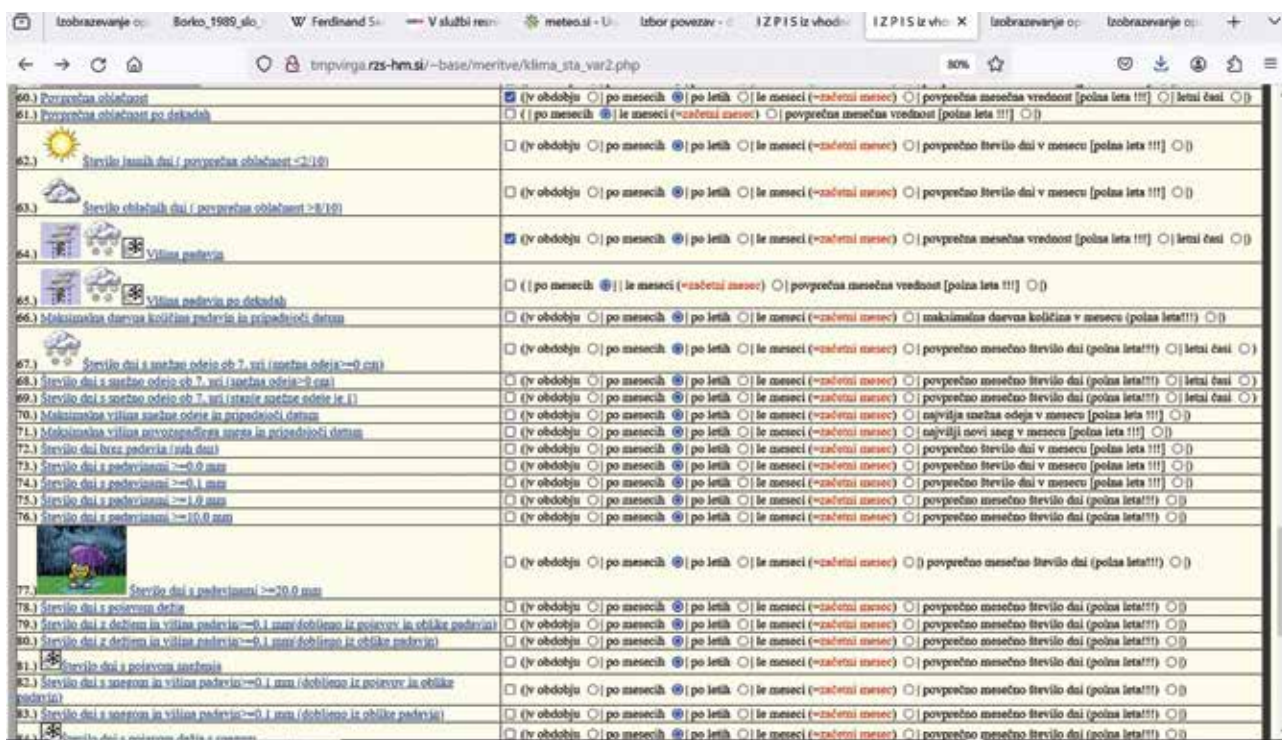
Nato se je zakon 2017 spremenil – danes še velja Zakon o državni meteorološki, hidrološki, oceanografski in seizmološki službi (ZDMHS), <https://www.uradni-list.si/glasilo-uradni-list-rs/vsebina/2017-01-2879>, * Kjer arhiv ni več omenjen, ampak v 12. členu piše:

Pristojni organ vzpostavi, vodi in vzdržuje zbirko podatkov meteorološkega, hidrološkega, oceanografskega in seizmološkega opazovanja (v nadaljnjem besedilu: zbirka podatkov . opazovanja).

Prehod na relacijsko bazo v letih 2000 in 2001

To sta bili odločilni leti za prehod na relacijske baze – baza postgres, jezik SQL. Zelo pomembno vlogo je odigral tudi informatik Iztok Daneu. To je bil velik korak za stroko in še večji za iskalce napak.

Structured Query Language (SQL) je jezik za upravljanje baz podatkov kot so Postgres, Oracle, MySQL ..., seveda tudi za črpanje podatkov, za statistike, popravke. V letih 2000 in 2001 smo začeli prenašati meteorološke podatke v relacijsko bazo (Postgres na Linuxu; računalniki po kronološkem zaporedju do 2024 so bili sapa, virga, tmpvirga). Uporabo baz in seveda jezika SQL je podprl takratni direktor urada za meteorologijo Jožef Roškar in pri tem tudi aktivno sodeloval.



Slika 8. Izsek iz interaktivnega orodja za črpanje podnebnih podatkov

Sledi veliko olajšanje za ARSO, saj se od tedaj lahko do podatkov dostopamo s pomočjo spletnih aplikacij (primer na sliki 8), napisanih v računalniških jezikih PHP, CGI, HTML, Perl, JavaScript, SQL ... Do leta 2007 so bili podatki dostopni zgolj lokalno, s pomočjo intraneta. Naša baza namreč ni bila zaprta za uporabnike – ampak smo jih celo vabili, da se nam priključijo kot uporabniki ali celo aktivni snovalci tabel in orodij – pri neki drugi bazi temu ni bilo tako. Vsi

uslužbenci (meteorologi, hidrologi, ekologi – varstvo narave ...) so čez noč dobili dostop do podatkov, statistik, jezika SQL, spletnih form CGI in PHP.

Interaktivno uporabo SQL-a preko intraneta uvedemo tako že leta 2002. To hkrati pomeni popolno svobodo pri črpanju iz poljubnih baz in tabel (primer na sliki 9) za vse zaposlene v agenciji. Podobne aplikacije so nam kazali Francozi komaj leta 2022, v »času kovida« ... 20 let po naših orodjih. Če se kaj zalomi –

V tekstovno polje (spodaj) vpisi psql poizvedbo (pomoč - pod vnosnim poljem je SQL sintaksa, imena spremenljivk itn pa med primeri).

Izberi dbname: testk, klima_rdb (..... ameba)
-lahko izberes ali vpises dbname ameba Izvedi

IP: ivje.arso.sigov.si

Izberi ze pripravljen SQL Mesečne pov. temperature - uporab. tab. terminska_par (kot pomoč)

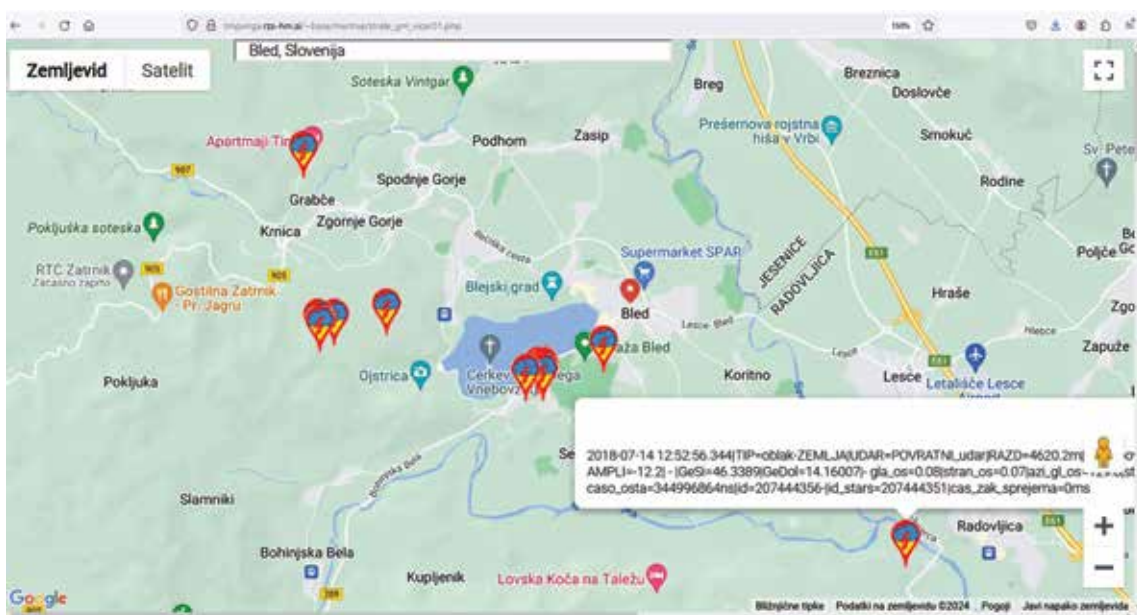
```
-- Mesečne pov. temperature - uporab. tab. terminska_par
SELECT b.st_postaje, EXTRACT(year FROM (a.datum)) as leto,
EXTRACT(month FROM (a.datum)) as mesec, round(avg(cast(a.t2m as numeric)),1) as
pov_mes_tem,
b.ime_postaje
from terminska_par a, idmm b, id_obs c
where
a.id=c.id and b.idmm=c.idmm and
a.datum>='2014-01-01' and a.datum<='2015-05-31'
and b.st_postaje in (776) and c.tip=4
group by b.st_postaje, leto, mesec, b.ime_postaje
order by b.st_postaje, leto, mesec
```

pobrisi_vnos Izvedi Klikni samo enkrat !!!

Izberi ste naslednje spremenljivke :
st_postaje, leto, mesec, pov_mes_tem, ime_postaje.
Sledi izpis v tabelo.

st_postaje	leto	mesec	pov_mes_tem	ime_postaje
776	2014	1	2.4	Sotinski breg
776	2014	2	3.0	Sotinski breg
776	2014	3	9.4	Sotinski breg
776	2014	4	11.8	Sotinski breg
776	2014	5	13.8	Sotinski breg
776	2014	6	18.6	Sotinski breg
776	2014	7	20.1	Sotinski breg
776	2014	8	18.1	Sotinski breg
776	2014	9	15.0	Sotinski breg
776	2014	10	12.3	Sotinski breg
776	2014	11	7.4	Sotinski breg
776	2014	12	2.4	Sotinski breg
776	2015	1	2.0	Sotinski breg
776	2015	2	1.3	Sotinski breg
776	2015	3	6.3	Sotinski breg

Slika 9. Primer ukaza za črpanje podatkov iz podatkovne baze ameba – izračun mesečne povprečne temperature



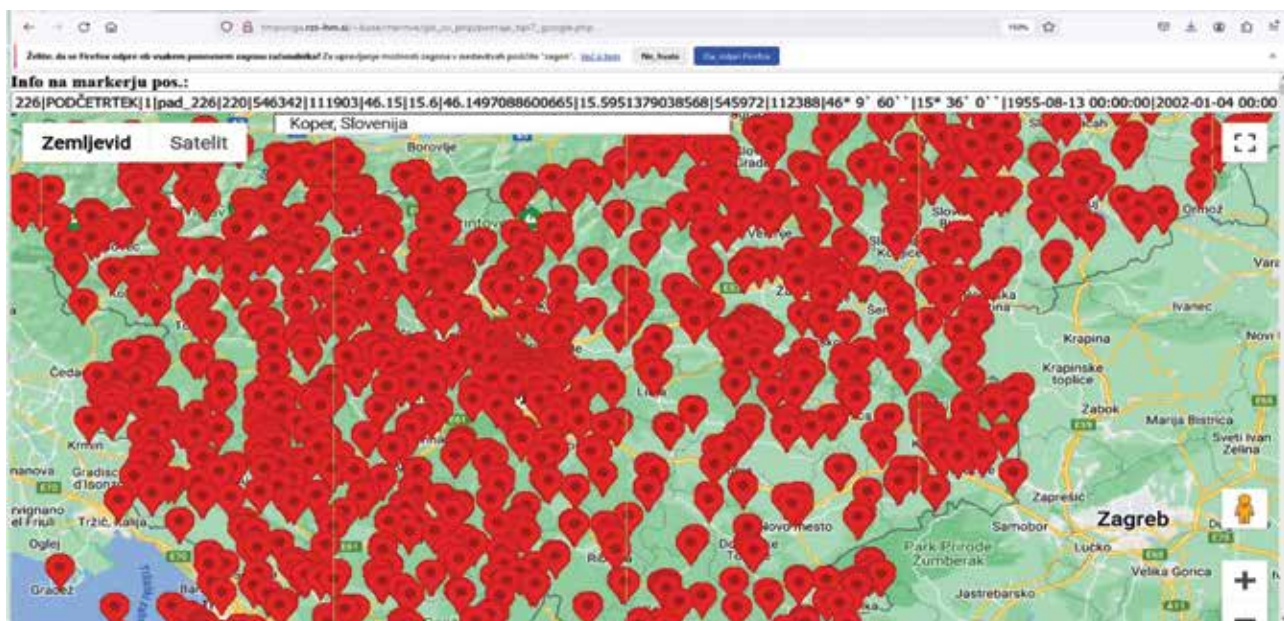
Slika 10. Primer uporabe aplikacije za iskanje razelektritev (klik na območje, vpis datuma, vplivnega radija, vpis hišne

recimo neustrezni pogoji v stavku SQL – lahko zmeraj prekinemo proces črpanja!

Poleg omenjene uporabe meteoroloških podatkov, ki jih meri in beleži ARSO, smo razvili tudi aplikacijo za interno uporabo podatkov o udarih strel, ki jih beleži sistem SCALAR (primer na sliki 10).

Metapodatki o meteoroloških postajah

Meta podatki (kako, kdaj, kje ... se meri) v relacijski bazi so nam vzeli precej časa in razmišljanja (kako jih organizirati), a sedaj lahko že dve desetletji zelo enostavno poiščemo postaje, recimo po tipih, času delovanja ...



Slika 11. Zemljevid vseh postaj, ki jih imamo v metatabeli

Na sliki 11 je primer izrisa postaj vseh tipov (z meteorološkimi meritvami), ki so delovale na območju Slovenije. Imamo blizu 900 merilnih mest in na njih kar 3253 kombinacij tipov postaj, vrste meritev in epizod delovanja.

Na zemljevidu (slika 11) so vse postaje iz metatabel, ki so trenutno zabeležene v Sloveniji in so delovale kadar koli od leta 1850 naprej – aplikacija z vpisom kraja ali koordinat omogoča zelo nazorno prostorsko analizo razvoja meteorološke mreže. Za tako metatabelo in za aplikacije za analizo je potrebno ogromno truda naše in seveda vseh prejšnji generacij. Trenutno deluje 147 padavinskih, 20 podnebnih, 96 meteoroloških samodejnih postaj z meritvami temperature in vlažnosti zraka ter višine padavin, 27 pluviografov, 18 heliografov in še kar nekaj postaj drugih podtipov (elektronski registratorji, nepopolne samodejne postaje, ekološke in hidrološke postaje, ki merijo meteorološke spremenljivke, a ne zmeraj po standardih Svetovne meteorološke organizacije).

Odzivi »od zgoraj« na naše delo na relacijskih bazah in spletnih orodjih – vroče/ledeno

Po dveh letih dela (in navdušenju notranjih uporabnikov) je bilo prvič in zadnjič, da nas je kak

generalni direktor (bila je direktorica) pohvalil in ne boste verjeli – celo objela.

Motivacija v službi je zmeraj zaželeno – vsaj pohvale nadrejenih (a te so redke) – a najpomembnejši so odzivi strank; če so pozitivni, je to najboljša nagrada. Velja tudi, da sama pohvala nadrejenih ne šteje nič, če so stranke »zgubljene« in nimajo časa primernege dostopa do podatkov.

Torej – v resnici nismo živeli od pohval nadrejenih, ampak večinoma od pozitivnih odzivov strank – ti so nam pomagali skozi težave pri prenosu podatkov v relacijske baze in na svetovni splet. Ne boste verjeli, pomagali so nam tudi odjemalci iz tujine ... Najprej nam urad ni dovolil odprtja daljšega niza podatkov, ampak le tekoče osem mesecev dolge nize klasičnih podatkov, medtem ko podatkov samodejnih postaj sploh ne. A ko so iz tujine potrebovali določene podatke, ki smo jih bili dolžni posredovati, je vodstvo sklenilo – pa odprite, da ne zgublamo resursov. Pri »odpiranju« podatkov samodejnih postaj leta 2012 je bila podobna zgodba: zaradi upokojitvev in nič zaposlitev ni bilo več kadrov in sedaj ni bilo več zadržkov.

Bivši generalni direktor nas je tako nekoč (leta 2016) slučajno vprašal, ali se da dobiti na spletu

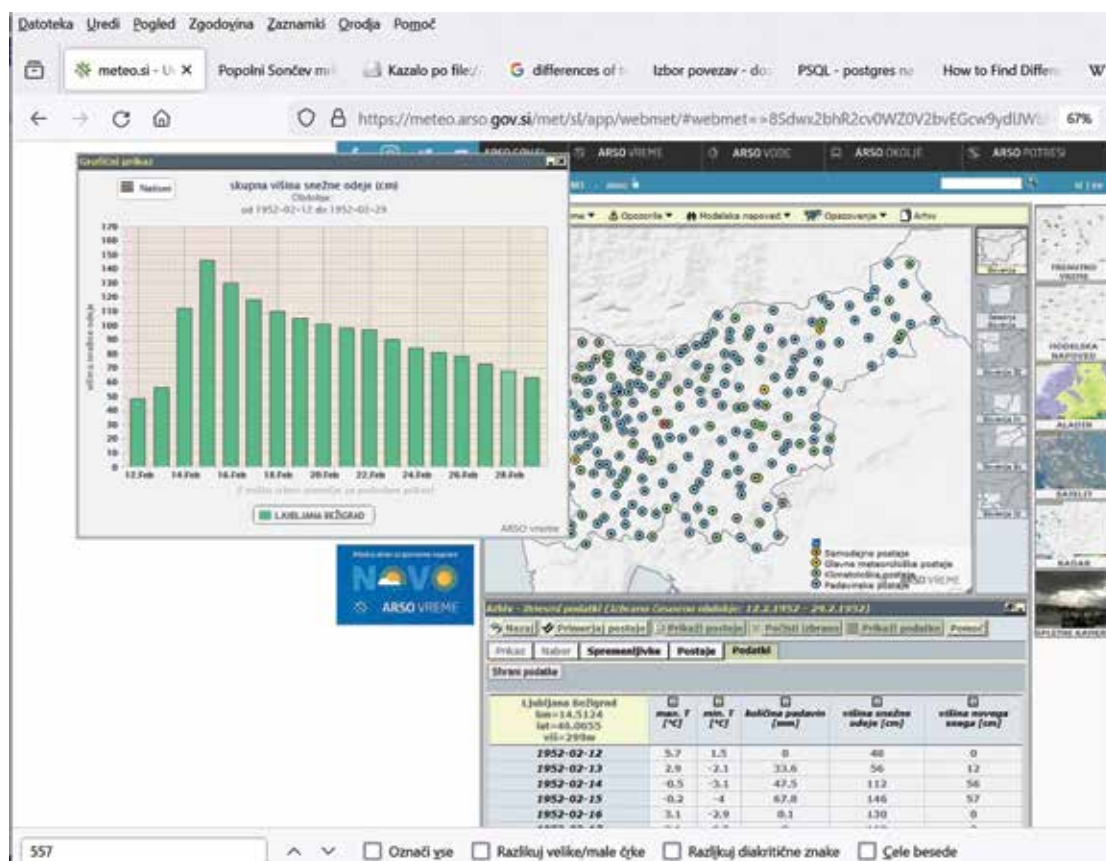
vsaj kaj arhivskih podatkov – in ko smo mu pokazali, kaj naša orodja omogočajo strankam (odprta baza na splet, delno tudi v njegovem mandatu, ogrodje informacijskega sistema pa seveda že pod prejšnjimi vodstvi) – je bil domala pozitivno šokiran ... mi pa še bolj začudeni, kako da te možnosti ne pozna ...

Relacijske baze so preko jezika SQL izjemno enostavne za uporabo – a zgodi se tudi določena zadrega. Ali veste katera? Odkrije se veliko več napak – kar je dobro, a le če odziv ni destruktiven ... Preprost SQL stavek, ki vrne napako, če temperatura zraka ob 14. uri preseže dnevno najvišjo temperaturo, najde okrog 50 napak v tabeli klima_vhodna. Glede na 2530615 podatkov je to le 0,002 % delež in še to gre za majhno odstopanje maksimalne temperature od temperature ob 14. uri (v okviru natančnosti termometrov).

Take in podobne napake v resnici niso bile zelo pogoste in malo je bilo zares ekstremnih napak – tako, da se vse skupaj na večini statistik praktično ni poznalo, pa vendar. Eksperti, ki so s starimi datotekami ASCII in takratnimi orodji »veselo« delali letopise ali podnebne statistike, jih takrat te iste napake niso motile. A ti isti sodelavci so po nekaj letih uporabe novih orodij (veliko bolj praktičnih relacijskih

baz) naenkrat postali zaskrbljeni – in tako se je marsikaj zapletlo. A s časom je stekel dialog in v naših arhivih je vedno manj napak!

A na drugi strani je vedno več negotovosti zaradi samodejnih postaj, ki imajo težave z beleženjem vremenskih pojavov (s točo, snegom, vidnostjo, beleženjem sledi padavin ..., določenih spremenljivk sploh ne merijo ...). Največjih problem pa je, da ob ekstremnih vremenskih dogodkih samodejne postaje večinoma odpovejo – kar pa je zelo slabo za podnebne statistike. Problem smo delno rešili že leta 2012, ko smo izdelali podatkovno tabelo amp_klima, kamor vpisujemo podatke z vseh samodejnih postaj v obliki klimatološkega formata. A problem so pojavi (sneg, toča, megla, rosa, poledica ...), stanje tal in sama oblika padavin. Tako smo sklopili časovne nize klasičnih opazovalnih postaj, stare tudi 150 let, z nizi samodejnih postaj. A težave radikalne ukinitve regionalnih centrov (klasičnih glavnih postaj) so velike, zmeraj več je interpolacij, ocen, ko izpadejo samodejne postaje, ko ocenjujemo količino padavin, višino snežne odeje ali pojav toče, meglo, vidnost, poledico, žled ... Trenutno nam še nekako uspeva, ker še imamo nekaj pluviografov, heliografov in klasičnih padavinskih postaj. A politika ARSO je žal taka, da se klasika ukine.



Slika 12. Prikaz zaslona, kako enostavno tabelarično in grafično stranke dostopajo do slovenskega meteorološkega arhiva preko svetovnega spleta: podatki za Ljubljano za februar, ko smo v precejšnjem delu Slovenije izmerili rekordno višino snežne odeje

In še odgovor na začetno vprašanje – kje je Slovenija v dostopnosti do meteorološkega arhiva glede na EU in svet?

Ko smo leta 2008 odprli arhiv klasičnih (ročno izmerjenih) podatkov na splet (podnebne in padavinske postaje), leta 2013 pa še arhiv podatkov samodejnih postaj, so bili komentarji iz tujine izjemno pozitivni, recimo: »Če je Slovenija kje najboljša v Evropi, je to pri delu z bazami podatkov in odpiranju meteorološkega arhiva na svetovni splet.« Tudi uporabniki iz Slovenije so večinoma bili navdušeni in kar niso mogli verjeti, da je kaj takega sploh mogoče. Vemo namreč, da ne samo, da mnogi arhivi niso dostopni na spletu, ampak so jih tudi kje žal zavržili, uničili.

Bili smo prvi v EU in še danes ni veliko služb, ki bi tako širokogrudno odprli več kot 75 let meteorološkega arhiva na svetovni splet v veliko zadovoljstvo odjemalcev, ki nas navsezadnje tudi preko proračuna financirajo (slika 12).

Spletna aplikacija za dostop do arhivskih podatkov (ZAMG, DZMG, HMZ, ARSO) je na naslovu: <https://meteo.arso.gov.si/met/sl/app/webmet/>

In kaj bomo pustili zanamcem? Upajmo, da več kot le izjemne baze podatkov naših prednikov.

Odpiranje na svetovni splet – nekaj odzivov

V letih 2007 in 2008 smo podatke klasičnih postaj od leta 1961 prenesli na svetovni splet. Pri tem nas je motiviralo to, da nas davkoplačevalci v večji meri financirajo in naj imajo torej tudi odprt dostop do meteorološkega arhiva preko svetovnega spleta, saj delamo za njih. Na ARSO je tudi zmeraj manj zaposlenih na področju dela s strankami – tako je bila naša pot v relacijske baze in odpiranje meteorološkega arhiva na splet tudi nujna in hkrati velik korak k promociji ARSO. Torej z našo spletno aplikacijo so stranke večinoma zelo zadovoljne (so izjeme). Tudi v tujini (Nizozemci) pravijo, če kje, je Slovenija prav na področju digitalizacije podatkov, relacijskih baz in odprtosti podatkov na svetovni splet, prva v Evropi.

Sledijo odzivi po spletni pošti

A)

Iz leta 2008

Prepričan sem, da podatke imate v vaših bazah, saj vaše baze slovijo kot ene izmed najboljših v Sloveniji.

B)

Iz leta 2019, od: ab@net.hr

Za: xy Datum: 11. 06. 2019 11:21 Zadeva:

Re: Podatki za Kredaricu

Pozdrav. Puno hvala za podatke koje ste mi poslali.

Na Vašim stranicama (koje su najbolje) našao sam sve ostale podatke ...

Još jednom puno hvala na podacima koje ste mi poslali. Lep pozdrav, ab

C)

Iz leta 2019, ob novici o podaljšanju časovnih nizov

– klasične podatke je mogoče črpati od 1948 naprej.

Odziv na spletu, na družbenem omrežju Facebook:

To je zame najboljša novica dneva. K svojim analizam bom lahko dodal kar 13 novih let. Res zakon in najlepša hvala za to darilo! :-)

D)

Iz leta 2020

Datum: 06. 08. 2020 20:22

Zadeva: Re: Thank you

Hi XY, I wanted to say a big thank you to you for all of your help with those books and webdata. They have underpinned all of my research. You have been much more helpful than the meteorologists in the other regions.

Hkratno delo s strankami, arhivi in digitalnimi bazami podatkov je najboljša kombinacija za uspešno razumevanje kompleksnega procesa, ki določa podnebje nekega območja. Je najboljša kombinacija za razumevanje celotnega postopka, od merjenj vremenskih spremenljivk, do kontrole, arhiviranja in končne pomoči uporabnikom.

Podatke o zadovoljstvu uporabnikov in pritožbah vodimo že od leta 2003, ko je ARSO sprejel standard ISO 9001 (kjer je kontrolna točka o zadovoljstvu uporabnikov bistveni del samega procesa beleženja kakovosti). Od takrat smo prejeli več kot 500 pohval in seveda nekaj graj, sploh ker se je klasična merilna mreža glavnih meteoroloških postaj »čez noč« skrčila zgolj na nekaj postaj. Regionalni centri so se kar ukinili, stranke pa so ostale brez stabilnih in verodostojnih podatkov, sploh kar se tiče atmosferskih pojavov. Naš oddelek za kontrolo meteoroloških podatkov in arhiv ter digitalne baze podatkov je v zadnjih 30 letih šel skozi številne organizacijske sheme – zavod, agencijo, urade. A nekako smo ostali skupaj skoraj v isti zasedbi – in ta kadrovska stabilnost je bila za razvoj dela s podatki (kontrola, prehod na relacijske baze podatkov, delo s strankami, odpiranje na splet) izjemno koristna. Seveda, starejše generacije so počasi odhajale v zaslužen pokoj – novih zaposlitev pa žal praktično ni bilo – in to nas je sililo v inovativne informacijske rešitve.



Najteže nam je bilo, ko je zelo hudo zbolela sodelavka in to prav v letih prehoda na relacijske baze in spletna orodja. A medicina, zdravniki ter sodelavkina izjemna volja ter naše dobre misli so naredile čudež. Bolezen je bila na veliko srečo sodelavke, njene družine, otrok in vseh nas, čez dve leti premagana in tako smo ostali (in postali še bolj) trdna in človeška ekipa še naslednjih 20 let – in to šteje.

Povejmo še, da je bil prehod na relacijske baze naknadno nadgrajen s projektom Ameba, znotraj katerega smo posodobili vnos in kontrolo podatkov, tudi delno s pomočjo zunanjega izvajalca (izdelava vnosnega orodja in sheme za odpiranje podatkov na svetovni splet). Pri prehodu na relacijske baze smo na začetku sodelovali trije (Jožef Roškar, Zorko Vičar in informatik Iztok Daneu), pozneje sta se priključila Gregor Gregorič in Metka Roethel Kovač, še pozneje Miha Demšar, naknadno se je ekipi pridružil tudi informatik Petar Hitij. Nov informacijski sistem sta najprej uporabljala še kontrolor Milan Braniselj in sodelavka, ki je skrbela za delo s strankami, Aleška Bernot Pernarčič. Prednost novega informacijskega se je najprej pokazala pri delu s strankami, pri kontroli in pri podnebnih obdelavah podatkov. Kmalu pa so se uporabi priključili še sodelavci iz oddelkov za klimatologijo in mrežo postaj, hidrologi, prognostiki in ostale službe ter širša strokovna in ostala zainteresirana javnost, saj smo baze podatkov odprli na svetovni splet.

Kako naprej?

Eno so **baze podatkov in orodja**, bistvena zgodba pa je **vsečina, kakovost meritev in opazovanj**!

Problem našega arhiva je velik preskok med opazovanji in merjenji atmosferskih pojavov predvsem zaradi hitre ukinitve klasike in forsiranja samodejnih postaj na področju senzorjev sedanjega vremena. Tudi v tujini niso ravno zadovoljni s senzorji sedanjega vremena. Ti senzorji žal niso dorasli zahtevam stroke – človek je tukaj še zmeraj boljši od elektronike. Prav tako so problem meritve snega, ki ne ustrezajo klasičnemu standardu meritev v treh točkah. Problem je tudi s kontinuiteto merilnih mest in posledično s konsistentnimi statistikami (homogenostjo časovnih nizov).

V vsakem primeru bi potrebovali redundantne meritve vsaj za padavine, temperaturo in veter (lahko tudi preko opazovalcev, z dodatnimi registratorji). Pomembno bo tudi, da bomo nabor merjenih spremenljivk za vse samodejne postaje poenotili (kot je to praksa v Avstriji) in izboljšali senzorje za

beleženje atmosferskih pojavov, oblike padavin in višino snežne odeje.

Še enkrat o problemu, da nimamo enotnega nabora spremenljivk na samodejnih postajah. Stranke so namreč v zelo težkem položaju in nas velikokrat sprašujejo, recimo, zakaj na Ptuj nimate več meritev globalnega obsevanja, zakaj v Slovenskih Konjicah nimate meritev zračnega tlaka in vetra, zakaj na Jeruzalemu ne merite vetra ... Pametnega odgovora na ta vprašanja nimamo, razen da upamo, da se kdaj taka zmešnjava konča in se postaje dopolnijo z manjkajočimi senzorji.

Razvoj podatkovnih baz – napredek in izzivi za prihodnost

Z odprtjem podatkovne baze na splet smo šele zadihali na kontroli in arhivu – prej smo imeli tudi do pet klicev na uro za meteorološke podatke, analize. Pozneje, po odprtju arhiva na splet se je pritisk strank na arhiv bistveno zmanjšal!

Seveda, čas je, da mladi naredijo še kaj boljšega, a do takrat morajo živeti s trenutnimi rešitvami. A kot je naša generacija gradila na 30 let starem datotečnem sistemu ASCII in tudi ne takoj ukinila dela z njim, tako bodo nove rešitve morale graditi na naših podatkovnih nizih in rešitvah. Svet se nadgrajuje, če ne, se izgubi dragocena dediščina – delo in znanje naši predhodnikov.

Stroka se zmeraj prepleta z osebnim življenjem in to je potrebno upoštevati in se človeško prilagoditi in zoreti skupaj s preizkušnjami. Službe, ki gojijo to prakso, so zmeraj uspešne, sodelavci pa pripadni stroki in kolektivu. In za konec, še ljudska modrost o vremenu in kruhu: »Suša požre en hlebec kruha, moča pa dva.« (slika 13)



Slika 13. Hlebec kruha

Urad za meteorologijo, hidrologijo in oceanografijo na družbenih omrežjih kot ARSO vreme in ARSO vode

Matija Klančar, Agencija Republike Slovenije za okolje

Družbena omrežja so del našega vsakdana. Po nekaterih podatkih vsak drugi Zemljan uporablja vsaj eno od številnih spletnih platform, ki so namenjene za povezovanje ljudi, deljenje vsebin, komuniciranje in izražanje osebnih mnenj, informiranje, promocijo podjetij, mreženje, ustvarjanje osebnih blagovnih znamk in drugo.

Prve ideje glede vključevanja Agencije Republike Slovenije za okolje na družbena omrežja segajo dobro desetletje nazaj. Najprej smo se pridružili omrežju Twitter (prva objava 9. januarja 2014), ki je v zadnjem letu spremenil svoje ime v X. Sčasoma

smo se pridružili tudi omrežjem Facebook, YouTube, Instagram in Threads. Vsako izmed naštetih omrežij ima svoje zakonitosti, svoje načine za objavljanje različne vsebine in konec koncev tudi svojo ciljno publiko.

Na Uradu za meteorologijo, hidrologijo in oceanografijo upravljamo s sedmimi različnimi kanali (slika 1). Število sledilcev na teh kanalih vztrajno raste, predvsem pa so največji porasti v številu povezani z ekstremnimi vremenskimi in hidrološkimi dogodki. Ob koncu avgusta 2024 je skupno število vseh sledilcev ARSO Vreme skoraj 80 tisoč in ARSO Vode 11 tisoč (slika 2).



Slika 1. Časovnica pridružitve Urada za meteorologijo, hidrologijo in oceanografijo družbenim omrežjem

ŠTEVILO SLEDILCEV NA DRUŽBENIH OMREŽJIH			
ARSO VREME	ŠTEVILO SLEDILCEV	ARSO VODE	ŠTEVILO SLEDILCEV
	52 414		8 096
	18 033		3 408
	5 806		
	1 454		
	1 480		

Slika 2. Število sledilcev ARSO Vreme in ARSO Vode na družbenih omrežjih, stanje ob koncu avgusta 2024



Slika 3. Raznoverstnost objav Urada za meteorologijo, hidrologijo in oceanografijo na družbenih omrežjih

Naša vsebina je pestra in raznolika (slika 3). Pripravljamo poglobljene vremenske napovedi, povzetke mesečnih podnebnih poročil doma in po svetu, delimo poročila izrednih vremenskih dogodkov, informacije o prostih delovnih mestih. Najbolj pomembne pa so objave ob izdanih oranžnih ali rdečih vremenskih in hidroloških opozorilih. Takrat je naša glavna naloga obveščanje javnosti in aktivno spremljanje vremenskega in hidrološkega dogajanja.

Na doseg naših objav na družbenih omrežjih vplivajo tudi novinarski prispevki, v katere vključijo tudi

povzetke objav in pripravljene grafike. Prizadevamo si, da bodo naši kanali vstopna točka za novinarje, ki iščejo pomembne informacije s področja vremena in voda.

Ključni cilj naše prisotnosti na družbenih omrežjih je postati glavna referenčna točka v državi za strokovne vsebine s področja meteorologije in hidrologije. Poskušamo biti čim bolj aktualni, dostopni in odzivni, z veseljem se odzovemo na vprašanja naših sledilcev. Prav tako si na naših kanalih želimo delovati izobraževalno.

Družbena omrežja in poletje 2023

Pestrega dogajanja na vremenskem in hidrološkem področju je bilo lani poleti res veliko. Julijska neurja so si vrstila kot po tekočem traku, v tem času je bilo pripravljenih kar šest izrednih vremenskih poročil. Nič kaj drugače ni bilo v začetku avgusta, najprej z zelo dobro dokumentiranim tornadom v Ilirski Bistrici, nato z najobsežnejšimi poplavami na območju Slovenije v moderni zgodovini.

Pestro in zelo obsežno delo je bilo povezano tudi z objavami na družbenih omrežjih. Naš delovnik se je v času poletnih mesecev pogosto podaljšal in zavlekel tudi pozno v noč.

Skupaj smo v dveh mesecih pripravili kar 921 objav – na dan v povprečju več kot 15 (slika 4). Takšno pogostost objavljanja bi nam verjetno zavidal marsikdo od novodobnih vplivnežev na družbenih omrežjih. Objave so bile razporejene po različnih kanalih. Ker ima vsak izmed teh svoje zakonitosti objavljanja, je to pomenilo, da smo morali objave večkrat ustrezno prirediti.

Pri ocenjevanju uspešnosti objav se pogosto zatečemo k različnim številskim metrikam. Dostop do analitičnih podatkov se spreminja iz leta v leto, družbeno omrežje X podatke od letošnjega leta ponuja proti plačilu. V lanskem poletju so bile številске metrike impresivne, še posebej v dosegu naših objav (slika 5). Skupaj je naše objave v juliju in avgustu 2023 doseglo kar 4,7 milijona uporabnikov.

ŠTEVILO OBJAV V JULIJU IN AVGUSTU 2023					
ARSO VREME	ŠTEVILO OBJAV		ARSO VODE	ŠTEVILO OBJAV	
	JULIJ	AVGUST		JULIJ	AVGUST
	190	130		27	52
				49	129
	187	157	SKUPAJ	76	181
SKUPAJ	377	287	JULIJ	AVGUST	SKUPAJ
			453	468	921

Slika 4. Število objav julija in avgusta 2023 po kanalih, posebej za ARSO Vreme in ARSO Vode

DOSEG OBJAV V JULIJU IN AVGUSTU 2023					
ARSO VREME	DOSEG OBJAV		ARSO VODE	DOSEG OBJAV	
	JULIJ	AVGUST		JULIJ	AVGUST
	516 tisoč	1,5 milijona		33 tisoč	315 tisoč
	10 tisoč	16,5 tisoč		76 tisoč	351 tisoč
	926 tisoč	885 tisoč	SKUPAJ	109 tisoč	667 tisoč
SKUPAJ	1,5 milijona	2,4 milijona	JULIJ	AVGUST	SKUPAJ
			1,6 milijona	3,1 milijona	4,7 milijona

Slika 5. Doseg objav julija in avgusta 2023

V tem obdobju se je občutno povečalo število sledilcev. Na Facebookovi strani ARSO vreme, ki je naš največji kanal, je našim objavam začelo slediti 13500 novih uporabnikov. Skoraj 3000 uporabnikov je pričelo slediti Facebookovi strani ARSO vode.

Prvega avgusta 2023 okoli 20. ure je na območju Ilirske Bistrice nastal tornado. Za slovenske razmere zelo redek pojav je bil tokrat zelo dobro posnet in dokumentiran. Enega izmed posnetkov smo v zasebno sporočilo kmalu po nastanku dobili tudi mi. Čeprav

posnetki na naših kanalih niso glavni vir deljene vsebine in ponavadi dosežejo malo ciljne publike, je bilo tokrat drugače. Posnetek je postal viralen ne samo pri nas, temveč tudi izven naših meja. Dosegel je skoraj 1,5 milijona uporabnikov Facebooka, od tega 300 tisoč na območju naše države, na objavo pa se je odzvalo dobrih 14 tisoč uporabnikov.

Za zanimive in pestre vsebine tako na meteorološkem kot na hidrološkem področju nam lahko sledite na povezah, prikazanih na sliki 7.



Slika 6. Statistika objav o tornadu 1. avgusta 2023 v Ilirski Bistrica



Slika 7. Kode QR za povezavo na objave Urada za meteorologijo, hidrologijo in oceanografijo na družbenih omrežjih

Vloga meteorologije v medijih

Matija Klančar, Agencija Republike Slovenije za okolje

Vreme in z njim povezane vsebine so del medijev že vrsto let. Zanesljive in pravočasne vremenske napovedi, ki se pojavljajo tako v tradicionalnih kot v novejših medijih, so nepogrešljivo orodje za načrtovanje vsakodnevnih dejavnosti, v skrajnem primeru pa tudi za zaščito premoženja in varnost prebivalstva.

Med delovne naloge meteorologov spada tudi nastopanje v javnosti. Od rednih javljanj v jutranje radijske programe, izrednih intervjujev za dnevno-informativni program, do večernih nastopov v vremenskih oddajah na Radioteleviziji Slovenija. Poleg nastopov v rednih oddajah, se meteorologi občasno pojavijo tudi v oddajah z izobraževalno vsebino ter intervjujih za mnoge tiskane kot tudi digitalne medije.

Meteorologi na televiziji

Prva sodelovanja z Radiotelevizijo Slovenijo segajo v šestdeseta in sedemdeseta leta prejšnjega stoletja. Ledino vremenskih napovedi na TV ekranih je pri nas orala Majda Vida, sploh prva diplomirana meteorologinja pri nas, kasneje je to vlogo zelo uspešno prevzel pokojni Miran Trontelj. Z osamosvojitvijo se je oblikovala ekipa petih meteorologov (Andrej Pečenko, Andrej Velkavrh, Brane Gregorčič, Janez Markošek in Tanja Cegnar), ki nas je s svojimi nastopi navduševala skoraj 30 let (slika 1). Andrej Velkavrh in Tanja Cegnar sta nepogrešljiv del ekipe tudi v letošnjem letu. Ekipa se sicer pomlajuje, trenutno pa šteje osem članov, poleg Tanje in Andreja nastopamo še Anže Medved, Blaž Šter, Eva Bezek, Jana Banko, Katja Kozjek Mihelec in Matija Klančar. Zelo pozitivno smo sprejeli tudi letošnjo grafično prenovo TV vremena, ki je po slabih desetih letih doživela občutno spremembo.



Slika 1. Ekipa petih vremenskih napovedovalcev na TV Slovenija (vir: RTV Slovenija)

Večino leta 2023 smo imeli na RTV Slovenija možnost soustvarjati oddajo v živo namenjeno vremenu. V triminutnem sklopu smo predstavljali zanimive vremenske dogodke, razlagali meteorološke pojave, predstavljali mesečna podnebna poročila in še kaj (slika 2).



Slika 2. Vremenska oddaja v živo (malo pred 17. uro), zajem posnetka zaslona, 3. avgust 2023

Že leta sodelujemo pri soustvarjanju oddaje Dobro jutro na RTV Slovenija. Sprva so nas gostili v ljubljanskem studiu, od marca 2022 pa vsak teden gostujemo v Kopru. Za razliko od klasične vremenske napovedi v Kopru sodelujejo in predstavljajo hidrološke teme tudi kolegi hidrologi. Vremenski sklop oddaje z naslovom »Vremenski obet za vikend potep« je zelo dobro sprejet in skupaj smo ustvarili že 102 oddaji. V zadovoljstvo nam je, da v tej oddaji nimamo strogo odmerjenega časovnega okna in tako lahko marsikatero meteorološko ali hidrološko tematiko bolj podrobno razložimo (slika 3).



Slika 3. Oddaja Vremenski obet za vikend potep, zajem posnetka zaslona, 22. marec 2024

Glede na potrebe medijev se občasno udeležujemo tudi nastopov v ostalih dnevno-informativnih oddajah (TV Dnevnik, Odmevi), prav tako pa tudi nastopov v izobraževalnih oddajah (npr. Ugriznimo znanost, Fircbologi in podobne) (slika 4 – Odmevi, zajem posnetka, 18. avgust 2023)



Slika 4. Odmevi, zajem posnetka, 18. avgust 2023

Meteorologi na radiu

Meteorologi se ne pojavljamo samo na televiziji ampak nas pogosto slišite tudi na različnih radijskih postajah, tako nacionalnih kot regionalnih. Predvsem v jutranjem programu dežurni meteorolog predstavi vremensko dogajanje tega in naslednjih dni. V zadnjih letih smo redno sodelovali tudi z Radiom Prvi (prvi program Radia Slovenija). Med poletjem smo vsak petek pripravili posebno napoved za gore in morje, med letom pa smo sodelovali v oddaji Jutranja vremenska fronta, kjer smo v kratkih oddajah razlagali vremenske pojave in odgovarjali na druga vprašanja s področja vremena in podnebja. Večina vseh oddaj je dosegljivih na spletni strani, lahko pa se na oddajo naročite tudi v vaši priljubljeni podkast aplikaciji (slika 5).

Podobno kot pri izrednih televizijskih nastopih se občasno udeležujemo tudi nastopov na radijskih

postajah, tako v dnevno-informativnih oddajah kot v izobraževalnih oddajah (npr. Frekvenca X, Radiovedni, Intelakta in druge).

ARSO podkast

V zadnjih letih opažamo porast novih oblik medijskih vsebin. Ena izmed teh je tudi podkast. To je oblika digitalne vsebine, ki je običajno v obliki serije zvočnih ali video epizod, dostopnih preko interneta. Podkasti so običajno dostopni na različnih platformah in aplikacijah, kjer jih lahko poslušalci prenesejo ali pretočno predvajajo na svojih pametnih napravah. Ena od prednosti podkastov je, da omogočajo poslušanje vsebin kadarkoli in kjerkoli.

Decembra 2018 smo na ARSO pričeli z izdajanjem svojega podkasta. Večina vsebine je povezane z vremenom in podnebjem, se pa v osrednjih temah dotaknemo raznolike vsebine, ki jo pokrivamo na Agenciji za okolje. Epizode izdajam vsakih 14 dni, v šestih sezonah pa sem jih posnel 124.

Vse oddaje lahko najdete na spletni strani ARSO; podobno kot pri ostalih oddajah na zahtevo, se lahko tudi na ARSO podkast naročite v vaši priljubljeni podkast aplikaciji (slika 6).

Meteorologi se zavedamo pomena nastopanja v medijih in se na veliko število prošenj tudi pozitivno odzovemo. Želimo delovati strokovno, profesionalno in izobraževalno ter deliti svoje znanje meteorologije s širšo javnostjo. To bomo izpolnjevali tudi v prihodnje.



Slika 5. QR-koda do spletne strani oddaje Jutranja vremenska fronta



Slika 6. Koda QR do spletne strani ARSO podkasta

Spremembe (posodobitve) pri napovedovanju vremena na Agenciji Republike Slovenije za okolje od 2004 do 2024

Brank Gregorčič, Agencija Republike Slovenije za okolje

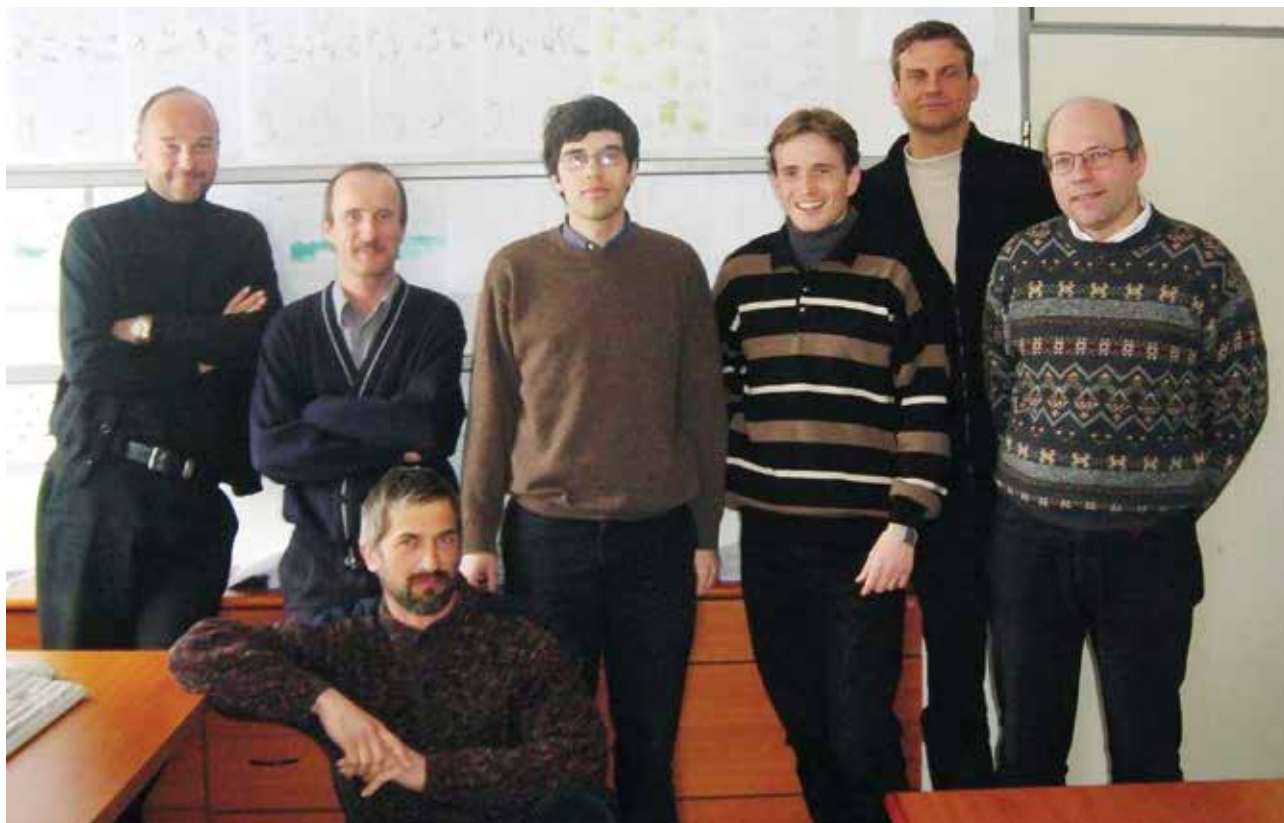
Dežurna meteorološka prognostična dejavnost v okviru državne meteorološke službe je tudi zadnjih 20 let potekala vse dni v letu. Namesto dveh 7-urnih izmen je bila leta 2018 uvedena ena 12-urna (med 6. in 18. uro), leta 2024 pa se čas dežurstva premaknil na 5. do 17. uro. Ekipa dežurnih meteorologov se je v zadnjih letih precej pomladila in tudi številčno povečala (sliki 1 in 2). Še naprej pa operativno delo v dežurstvu opravlja ena oseba. Zasedba se številčno okrepi le ob visoki stopnji vremenske ogroženosti, deluje tudi sistem stalne pripravljenosti.

Komunikacija z uporabniki se je postopno širila na nove platforme. Poleg živih javljanj v programe različnih radijskih postaj (v letu 2024 so to jutranji program Radia Slovenija, Val202, radio Ognjišče,

radio Univox Kočevje, radio Krka Novo mesto, radio Koper) in rednih večernih nastopov meteorologov na TV Slovenija so se meteorološke vsebine vse bolj selile na svetovni splet in v zadnjih letih tudi na družbena omrežja (Facebook, Twitter, Instagram).

Leta 2008 smo pričeli meteorološke podatke, analize in napovedi objavljati na spletnem portalu www.meteo.si. Istega leta smo se pridružili tudi evropskemu opozorilnemu portalu www.meteoalarm.eu, ki se je razvil iz Interreg projekta Meteorisk, v katerem smo tudi aktivno sodelovali.

Leta 2014 smo začeli uporabljati meritve novega dopplerjevega vremenskega radarja, postavljenega na Pasji Ravni v Polhograjskih dolomitih.



Slika 1. Ekipa dežurnih prognostikov 2004 – od leve proti desni: Brane Gregorčič, Janez Markošek, Andrej Velkavrh, Uroš Strajnar, Janko Merše, Aleš Poredoš, Andrej Pečenko

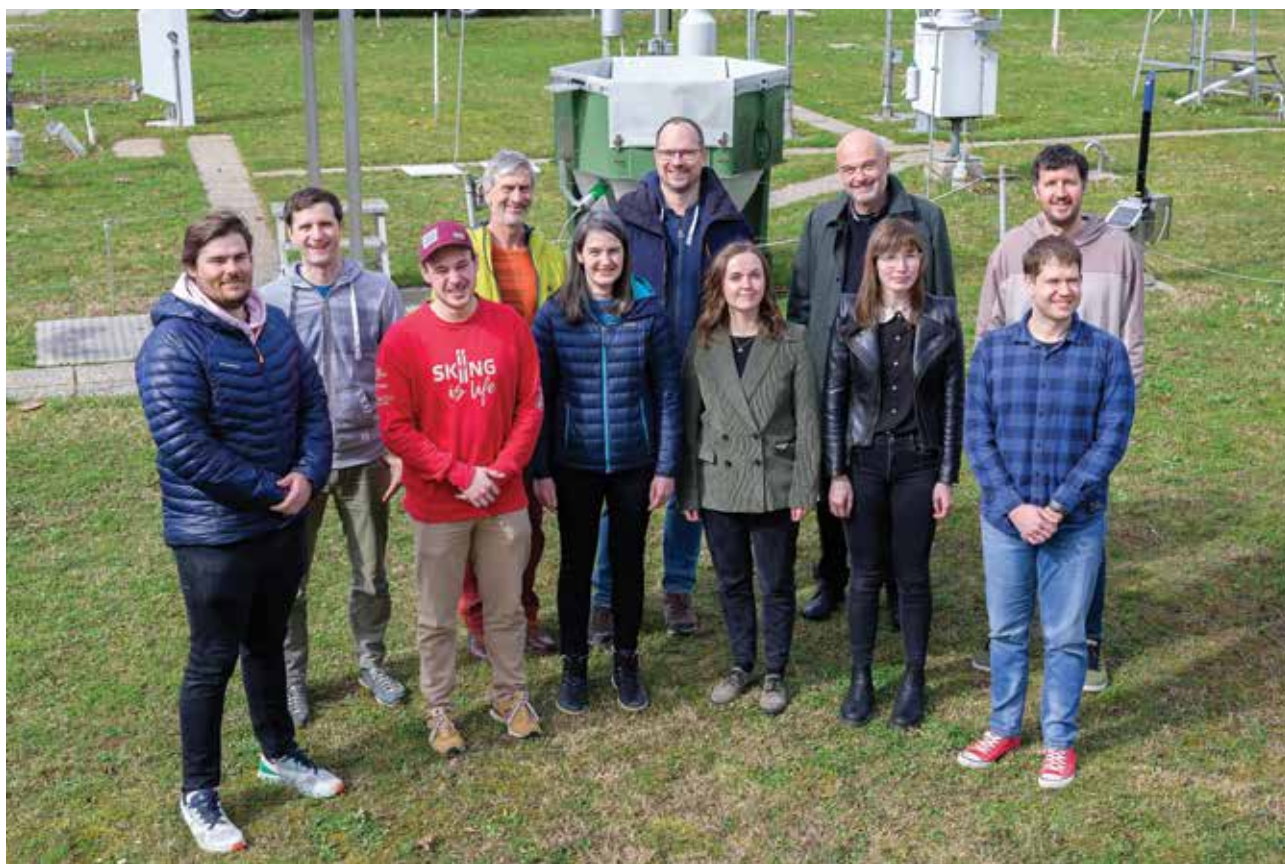
Leta 2015 se je operativna meteorološka prognoza preselila v nove prostore laboratorijskega prizidka ARSO, ki je bil zgrajen v okviru razvojnega projekta BOBER in kar v 85 % financiran iz kohezijskih sredstev EU. Tudi omenjeni radar na Pasji Ravni je bil del tega projekta. Prav tako se je v okviru projekta BOBER močno povečalo število samodejnih meteoroloških in hidroloških postaj. Časovna ločljivost meritev se je s 30 skrajšala na 10 minut.

Grafični prikaz meteoroloških napovedi na TVS je bil jeseni 2015 posodobljen, nato pa tudi spomladi leta 2024. Ob tem smo postopno pomladili tudi ekipo nastopajočih meteorologov.

Leta 2018 smo vzpostavili spletno stran www.vreme.si, kjer je prikaz vremenskih informacij prilagojen mobilnim napravam. Napovedi se posodablja

samodejno vsako uro, upoštevajoč modelske izračune in dejanske meritve.

Za spremljanje vremenskega dogajanja v realnem času ima dežurni meteorolog na razpolago 15-minutne satelitske slike oblačnosti v različnih spektrih, 5-minutne radarske slike intenzitete padavin, sprotne meritve atmosferskih razelektritev (zagotavlja Elektroinštitut Milan Vidmar), 10-minutne meritve samodejnih meteoroloških postaj, urne meritve opazovalnih meteoroloških postaj, meritve sodarja in lidarja, vsakodnevno radiosondažne meritve. Pri izdelavi vremenskih napovedi uporabljamo izračune globalnega modela ECMWF (operativni zagon na 6 ur in ansambelska napoved na 12 ur), modela ALADIN (izračun na 3 ure), pa tudi rezultate modelov DWD (ICON) in NCEP (GFS).



Slika 2. Ekipo dežurnih prognostikov 2024 – od leve proti desni: Timotej Kozelj, Blaž Šter, Urban Žagar, Andrej Velkavrh, Veronika Hladnik Zakotnik, Jure Cedilnik, Eva Bezek, Brane Gregorčič, Katja Kozjek Mihelec, Luka Ravnik, Anže Medved

Razvoj Katedre za meteorologijo po prelomu tisočletja

Gregor Skok, Jože Rakovec, Fakulteta za matematiko in fiziko, Univerza v Ljubljani

Uvod

Na Univerzi v Ljubljani (UL) je meteorologija na tak ali drugačen način obstajala že od samega začetka univerze leta 1919. Najprej je bila na Filozofski, potem na Prirodoslovno-matematični fakulteti, nato na Fakulteti za naravoslovje in tehnologijo in nazadnje na Fakulteti za matematiko in fiziko (FMF), kjer je še danes. Dober pregled razvoja meteorologije na UL od samega začetka univerze naprej je pripravil že prof. Jože Rakovec v knjigi Prvih 100 let, ki jo je leta 2019 izdala FMF UL, tukaj pa se bomo osredotočili na obdobje po prelomu tisočletja.

Prostori in knjižnica

Ob prelomu tisočletja je bila Katedra za meteorologijo sicer formalno del FMF, a je še vedno imela prostore v 4. nadstropju Filozofske Fakultete (FF) na Aškerčevi 2. Prostori katedre, ki so bili že od gradnje te stavbe namenjeni tudi meteorologiji, so obsegali dve pisarni in predavalnico. Študentje so tako meteorološke predmete poslušali v tej stavbi, (krajši čas pa tudi v leseni stavbi ob Stari tehniki, kjer je bil dekanat prejšnje FNT), večino ostalih predmetov pa na FMF na Jadranski cesti.

Ko je bil leta 2005 dograjen prizidek k stavbi na Jadranski 19, se je Katedra za meteorologijo preselila v nove prostore na FMF, kjer je še danes. Prostora je bilo več, poleg tega pa študentom meteorologije ni bilo več treba hoditi na del predavanj na Aškerčevo.

Pomemben del Katedre za meteorologijo je tudi Meteorološka knjižnica, ki predstavlja matično knjižnico za področje meteorologije v Sloveniji. Ob prelomu tisočletja je bilo knjižnično gradivo shranjeno v omarah v meteorološki predavalnici na FF, ob selitvi katedre na FMF pa se je gradivo preselilo v prostore Fizikalne knjižnice v 1. nadstropju stavbe na Jadranski 19. Leta 2020 so se Fizikalna, Astronomska in Meteorološka knjižnica preselile v nove prostore v pritličju stavbe na Jadranski 21, leto pozneje pa so se tudi formalno združile v enotno Fizikalno, astronomsko in meteorološko knjižnico.

Osebe

Ob začetku tisočletja sta bila na katedri zaposlena dva visokošolska učitelja, prof. Jože Rakovec, ki je bil predstojnik katedre, ter doc. Tomaž Vrhovec. Prof.

Zdravko Petkovšek, ki se je sicer upokojil že leta 1992, je kot član katedre še vedno poučeval meteorološke vsebine za druge fakultete vse do leta 2000 (umrl pa je leta 2018). Pri pedagoškem procesu je kot učitelj sodeloval ob prelomu tisočletja tudi doc. Mark Žagar, ki je leta 2000 doktoriral na UL v povezavi z Univerzo Paul Sabatier Toulouse, a sicer ni bil zaposlen na UL.

Decembra 2004 je pod snežnim plazom na Voglu tragično umrl Tomaž Vrhovec, kar je katedro pahnilo v precejšno krizo, saj je bilo vseh pedagoških obveznosti za več kot dva učitelja, nadomestnega učitelja pa ni bilo preprosto najti. Na srečo je v tem obdobju v Slovenijo prišla Nedjeljka Žagar, ki je leta 2004 na Univerzi v Stockholmu zaključila doktorat. V docentko je bila izvoljena leta 2005 in je lahko že jeseni 2005 prevzela predavanja pri nekaterih meteoroloških predmetih. Leta 2012 je postala izredna in leta 2017 še redna profesorica. Ob upokojitvi Jožeta Rakovca leta 2014 je prevzela tudi vodenje katedre. Na FMF je ostala vse do leta 2019, ko je odšla na Univerzo v Hamburgu v Nemčiji.

Leta 2014 je docent postal tudi Gregor Skok, ki je na FMF doktoriral leta 2009. Bil je sicer zaposlen na katedri že vse od zaključka dodiplomskega študija leta 2002, najprej kot raziskovalec, nato kot asistent, pozneje pa še kot visokošolski učitelj. Ob upokojitvi Jožeta Rakovca je prevzel njegove meteorološke predmete, leta 2021 pa je pridobil še naziv izredni profesor. Ob odhodu Nedjeljke Žagar je prevzel tudi vodenje katedre. Njen odhod je katedro ponovno pahnil v podobno krizo kot smrt Tomaža Vrhovca, saj je bilo predavanj še vedno za dva učitelja, novega učitelja pa ni bilo lahko najti. Na srečo je bil del predavanj pripravljen izvesti sicer že upokojeni Jože Rakovec.

Leta 2019 je iz Irana na katedro prišel Khalil Karami, ki je pred tem leta 2016 dokončal doktorat na Inštitutu za tehnologijo v Karlsruheju v Nemčiji. Najprej se je zaposlil kot raziskovalec, ko pa je leta 2020 pridobil naziv višjega predavatelja, pa je začel predavati tudi nekatere meteorološke predmete. Katedro je zapustil leta 2021, ko je odšel na Univerzo v Leipzigu v Nemčiji.

Leta 2014 se je na katedri kot raziskovalec zaposlil Žiga Zaplotnik, ki je na FMF leta 2018 tudi doktoriral. Ko je leta 2022 pridobil naziv višjega predavatelja, je začel predavati tudi nekatere meteorološke predmete.

Leta 2022 je odšel na podoktorsko izpolnjevanje na Evropski center za srednjeročne vremenske napovedi v Bonnu v Nemčiji, kjer je zaposlen še danes, a je še vedno tesno vpet v raziskovalno delo katedre, izvaja pa tudi predavanja pri nekaterih meteoroloških predmetih. Leta 2023 je pridobil še naziv docenta. Je tudi predsednik Podnebnega sveta, vladnega posvetovalnega telesa za ukrepe podnebne politike

Poleg zgoraj omenjenih visokošolskih učiteljev je bilo v obdobju od preloma tisočletja do sedaj na katedri zaposlenih tudi nemalo raziskovalcev, asistentov in strokovnih sodelavcev. V prvih letih so to bili Gregor Gregorič, Rahela Žabkar in Saša Gaberšek, pozneje Boštjan Muri, Vanja Blažica, Marko Rus, Luka Honzak, Damjan Jelič, Veronika Hladnik, Blaž Jesenko, Matic Šavli, Katarina Kosovelj in Marten Blaauw, v zadnjem obdobju pa še Doruntina Hoxha, Matic Pikovnik, Boštjan Melinc, Uroš Perkan in Marco Stefanelli.

Pedagoško delo

Ob prelomu tisočletja je dodiplomski študij meteorologije potekal v okviru meteorološke smeri na univerzitetnem študijskem programu Fizika, po zaključku katerega so študenti pridobili naziv univerzitetni diplomirani fizik / fizičarka, od leta 2001 naprej pa univerzitetni diplomirani meteorolog / meteorologinja. Študij je trajal štiri leta. Prva dva letnika študija na meteorološki smeri sta bila skoraj enaka ostalim smerem, s čimer so študenti pridobili trdne temelje v fiziki in matematiki, ki so jim še kako prav prišli v višjih letnikih. Zadnja dva letnika sta bila za različne smeri bolj raznolika. Od predmetov z meteorološkimi vsebinami so bili v 2. letniku Osnove meteorologije, v 3. letniku Dinamična meteorologija, Opazovanja in instrumenti in Meteorološki praktikum, v 4. letniku pa Analiza in prognoza vremena, Fizikalna meteorologija, Klimatologija in Meteorološki seminar. Dejansko pa so se v višjih letnikih meteorološki predmeti izvajali na dve leti ciklično, tako da so jih skupaj poslušali študenti 3. in 4. letnika. Do uvedbe bolonjskega sistema študija je dodiplomski študij meteorologije končalo okoli 115 študentov, od tega 47 po prelomu tisočletja. Po končanju dodiplomskega študija je bilo tega možno nadaljevati tudi na podiplomskem študiju, ki je prav tako potekal v okviru meteorološke smeri in se končal z magistriranjem oziroma doktoratom. Skupno je bilo meteoroloških znanstvenih magistriranj 17, od tega 8 po prelomu tisočletja.

Ob uvedbi bolonjskega sistema študija se je študij meteorologije na obeh stopnjah na pobudo takratnega predstojnika Oddelka za fiziko odcepil od študijskega programa Fizika. Na 1. stopnji je prešel na program Meteorologija z geofiziko, ki se je prvič izvajal v šolskem letu 2008/2009 in je trajal tri leta in na katerem so ob zaključku študenti

pridobili naziv diplomirani meteorolog geofizik / meteorologinja geofizičarka. Na drugi stopnji je študij meteorologije prešel pod interdisciplinarni študijski program Geofizika, ki so ga skupaj s FMF izvajale še Naravoslovnotehniška fakulteta in Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, kjer je potekal v okviru modula Meteorologija. Študij je trajal dve leti in ob zaključku so študenti prejeli naziv magister / magistrica geofizike. Študij meteorologije je bil v svojem bistvu precej podoben študiju na starem univerzitetnem programu, s tem, da se je s štirih podaljšal na skupno pet let in da so se dodale nekatere nove meteorološke in geofizikalne vsebine. Na primer, uvedli so se novi predmeti Vremenski sistemi, Klimatske spremembe, Klimatski modeli, Zrak in onesnaženost, Zaznavanje ozračja in Fizikalna oceanografija, nekateri obsežnejši obstoječi predmeti pa so se razdelili na dva dela. Meteorološki modul magistrskega študija Geofizika je sicer končalo skupno 8 študentov.

Predvsem zaradi sorazmerno majhnega števila študentov, ki jih ni bilo dovolj, da bi lahko upravičili dolgoročni obstoj samostojnih študijskih programov, se je študij meteorologije v študijskem letu 2016/2017 zopet vrnil nazaj v okvir programa Fizike – na obeh stopnjah kot samostojna meteorološka smer, kjer je še danes. Ob tem prehodu se je nabor meteoroloških predmetov zopet nekoliko zmanjšal, na podobno raven kot je bil pred uvedbo bolonjskega študija; so se pa dodali nekateri bolj praktično usmerjeni predmeti, na primer Praktično usposabljanje iz meteorologije in Računalniška orodja v meteorologiji. Ob zaključku 1. stopnje študenti vseh smeri pridobijo naziv diplomirani fizik / fizičarka, ob zaključku 2. stopnje pa študentje meteorološke smeri pridobijo naziv magister / magistrica meteorologije. V zadnjih letih je študij meteorologije na 2. stopnji postal tudi bolj samostojen in manj odvisen od predznanja na 1. stopnji, saj so se iz 1. na 2. stopnjo prestavili nekateri ključni meteorološki predmeti. Tako se lahko sedaj študent vpiše na študij meteorologije na 2. stopnji, tudi če nima nobenega meteorološkega predznanja, saj bo lahko vsa ključna znanja pridobil na magistrski stopnji, kar olajša vpis na meteorološko smer za tiste študente, ki jih meteorologija začne zanimati šele med študijem na 1. stopnji. Meteorološko smer na magistrskem študiju Fizike je sicer do sedaj končalo skupno 8 študentov. Na 3. stopnji študij meteorologije poteka v obliki meteorološkega modula na fizikalni smeri, ki se izvaja v okviru doktorskega programa Matematika in fizika. V obdobju od preloma tisočletja do sedaj je bilo sicer zaključenih okoli 10 meteoroloških doktoratov na FMF, z meteorološko vsebino pa nekaj še drugod.

Zaposleni na katedri za meteorologijo uvodne meteorološke predmete redno izvajajo tudi na nekaterih drugih fakultetah; na Fakulteti za strojništvo

(visokošolski strokovni študijski program 1. stopnje Strojništvo, smer Prometni pilot letala/helikopterja), Filozofski fakulteti (visokošolski univerzitetni program 1. stopnje Geografija), Zdravstveni fakulteti (visokošolski univerzitetni program 1. stopnje Sanitarne inženirstvo) in na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo (magistrski študijski program Vodarstvo in okoljsko inženirstvo, modul Okoljsko inženirstvo). Poleg tega v manjšem obsegu sodelujejo pri izvedbi nekaterih drugih predmetov, npr. pri dveh predmetih v okviru interdisciplinarnega doktorskega programa Varstvo okolja, pri katerem sodeluje 13 fakultet, in enem predmetu v okviru magistrskega programa na Ekonomski fakulteti. V šolskem letu 2023/2024 se je v okviru visokošolskega strokovnega študijskega programa 1. stopnje Aplikativna fizika na FMF prvič izvedel tudi predmet Podnebne spremembe, ki ga je zasnoval Žiga Zaplotnik in pri katerem sodeluje več kot petnajst različnih predavateljev, ki zelo celovito pokrijejo to tematiko.

Pomemben del pedagoškega dela predstavlja tudi skrb za kvalitetno študijsko literaturo. Ob prelomu tisočletja so študentje pri uvodnih meteoroloških predmetih uporabljali predvsem učbenik Osnove meteorologije za naravoslovce in tehnike, ki sta ga napisala Jože Rakovec in Tomaž Vrhovec. Ta je prvič izšel leta 1998, potem pa so sledili še ponatise in/ali nove izdaje vse do leta 2017, sedaj pa je na razpolago tudi brezplačno na spletu. Saša Gaberšek, Gregor Skok in Rahela Žabkar so leta 2007 izdali še zbirko nalog Rešene naloge iz osnov meteorologije, leta 2017 pa še angleški prevod te zbirke z naslovom Introduction to meteorology: solved problems. Gregor Skok je leta 2020 izdal učbenik Uvod v meteorologijo, ki je bil kmalu po izdaji objavljen tudi v odprtem dostopu, leta 2022 pa je izdal še angleški prevod tega učbenika z naslovom Introduction to meteorology.

Raziskovalno in strokovno delo

Raziskovalno delo članov katedre zajema zelo širok spekter meteoroloških področij od numeričnega modeliranja ozračja in napovedovanja vremena do mikroklima podzemnih jam. Glavni nosilci oziroma vodje raziskovalnega dela na katedri so večinoma visokošolski učitelji, a le to pogosto izvajajo v tesnem sodelovanju z ostalimi zaposlenimi.

Pregled znanstvenih člankov Jožeta Rakovca kaže, da se je po prelomu tisočletja ukvarjal s preučevanjem in modeliranjem padavin, predvsem v Alpah, jezeri hladnega zraka, kakovostjo zraka, padavinskimi indeksi, povečevanjem ločljivosti modelskih simulacij, preučevanjem lokalnih vetrov, obnovljivimi viri energije, regionalnim klimatskim modeliranjem, vplivom vegetacije na padavine in jamsko mikroklimo.

Tomaž Vrhovec se je ukvarjal z vremensko tipizacijo, preučevanjem in modeliranjem padavin v Alpah in interpolacijo padavin, medtem ko se je Mark Žagar ukvarjal s preučevanjem in modeliranjem padavin v Alpah, dogajanjem v mejni plasti, povečevanjem ločljivosti modelskih simulacij, kakovostjo zraka in lokalnimi vetrovi.

V času, ko je bila zaposlena na katedri, se je Nedjeljka Žagar ukvarjala z razvojem metod za asimilacijo podatkov, z globalno dinamiko in tropsko meteorologijo, s povečevanjem ločljivosti modelskih simulacij, z razvojem modelov za napovedovanje vremena, z lokalnimi vetrovi, normalnimi načini nihanja atmosfere, intertropsko konvergenčno cono, preučevanjem oscilacij na veliki skali in različnih vrst valov, regionalnim klimatskim modeliranjem, ansambelskim modeliranjem, reanalizami vremena, vpeljavo novih vrst opazovanj v proces napovedovanja vremena, kakovostjo zraka, jezeri hladnega zraka ter napovedljivostjo in spremenljivostjo ozračja.

Gregor Skok se je ukvarjal s preučevanjem, modeliranjem in interpolacijo padavin, razvojem metod za verifikacijo modelskih napovedi, klimatsko regionalizacijo, jezeri hladnega zraka, indeksi toplotnega stresa, kakovostjo zraka, regionalnim klimatskim modeliranjem, vizualizacijo klimatskih podatkov, intertropsko konvergenčno cono, radarsko detekcijo toče in uporabo metod strojnega učenja v meteorologiji.

V času, ko je bil zaposlen na katedri, se je Khalil Karami ukvarjal z dogajanjem v višjih plasteh ozračja, geoenžiniringom in spremenljivostjo cirkulacije ozračja.

Žiga Zaplotnik se je ukvarjal z napovedljivostjo in spremenljivostjo ozračja, razvojem metod za asimilacijo podatkov in uporabo novih vrst opazovanj za ta namen, uporabo metod strojnega učenja v meteorologiji ter preučevanjem oscilacij na veliki skali in različnih vrst valov.

Raziskovalno delo je potekalo v okviru rednega dela in številnih raziskovalnih projektov in programov, ki so se zvrstili v tem obdobju. Posebej velja izpostaviti raziskovalni program Astrofizika in fizika atmosfere, financiran s strani Javne agencije za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije (ARIS, prej Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS), v katerem poleg meteorologov sodelujejo tudi astrofiziki, ter projekt MODES, financiran s strani Evropskega raziskovalnega sveta (European Research Council, ERC), ki ga je leta 2011 pridobila Nedjeljka Žagar, kot prvi takšen projekt v Sloveniji. Poleg teh se je zvrstilo še več projektov, financiranih s strani Evropske vesoljske agencije, ARIS

in Evropske unije, pri katerih je bila katedra vodilni partner ali pa sodelovala.

Poleg znanstveno raziskovalnega dela so bili člani katedre aktivni tudi na strokovnem področju. Predvsem Jože Rakovec je avtor številnih strokovnih elaboratov, študij in ekspertiz. Člani katedre so imeli tudi pomembne vloge v različnih strokovnih združenjih v Sloveniji in tujini. Na primer Jože Rakovec je predstavljal Slovenijo v Tehničnem komiteju COST za meteorologijo, kateremu je tri mandate tudi predsedoval. Člani katedre so aktivni pri Slovenskem združenju za geodezijo in geofiziko (predsedstvo in vodstvo meteorološke sekcije), Slovenskem meteorološkem društvu (članstvo v upravnem odboru) in Mednarodni konferenci za alpsko meteorologijo – ICAM (članstvo v izvršnem odboru). Objavili pa so tudi

številne strokovne in poljudne članke ter intervjuje v slovenskih revijah, časopisih in spletnih medijih, pomembno pa je izpostaviti tudi številne prispevke v radijskih ali televizijskih oddajah.

Zaključki

Tako kot nekoč Katedra za meteorologijo še naprej ostaja pomemben del meteorološke skupnosti v Sloveniji. V obdobju od preloma tisočletja do sedaj je sicer doživela nekatere spremembe in pretrese, a še naprej uspešno skrbi za izobraževanje bodočih meteorologov, zaposleni pa skrbijo za znanstvenoraziskovalni napredek na različnih področjih meteorologije, aktivni pa so tudi na strokovnem področju ter skrbijo za promocijo, ugled in prepoznavnost meteorologije v javnosti.

Popolni Sončev mrk 8. aprila 2024 v Bogati (Teksas, ZDA) in temperaturna primerjava štirih popolnih Sončevih mrkov

Zorko Vičar, Slovensko meteorološko društvo

Uvod

Začnimo kar z izjemno zanimivo vajo, primerjavo štirih mrkov (dva iz naše družine, sam in dr. Mitja Rosina, sva uspešno opazovala vse spodaj našteje popolne Sončeve mrke). Primerjava nas bo pripeljala kar do védenja Babiloncev izpred skoraj 2800 let, torej do periode ponovitve mrkov saros. Koliko traja ta cikel ponovitve mrkov in kje se ponovijo? Imajo popolni Sončevi 11. 8. 1999 (Slovenija – Goričko ali Madžarska, trajanje popolne faze približno 2 minuti), 29. marca 2006 (Turčija, 4 min), 21. avgusta 2017 (Casper, Wyoming, ZDA, 2 min) in 8. aprila 2024 (Bogata, Teksas, ZDA, 4 min) časovno kaj skupnega? Poglejmo časovno razliko v letih in dnevih parov mrkov, ki trajajo približno enako časa:

21. avgust 2017 – 11. avgust 1999 = 18 let in 10 dni
8. april 2024 – 29. marec 2006 = 18 let in 10 dni

To je 6585 dni, bolj točno pa je perioda mrkov, ki je pravimo saros, dolga 6585,321 dni – torej okoli 8 ur več od 6585 dni, zato se mrk »ponovi« približno 120 °

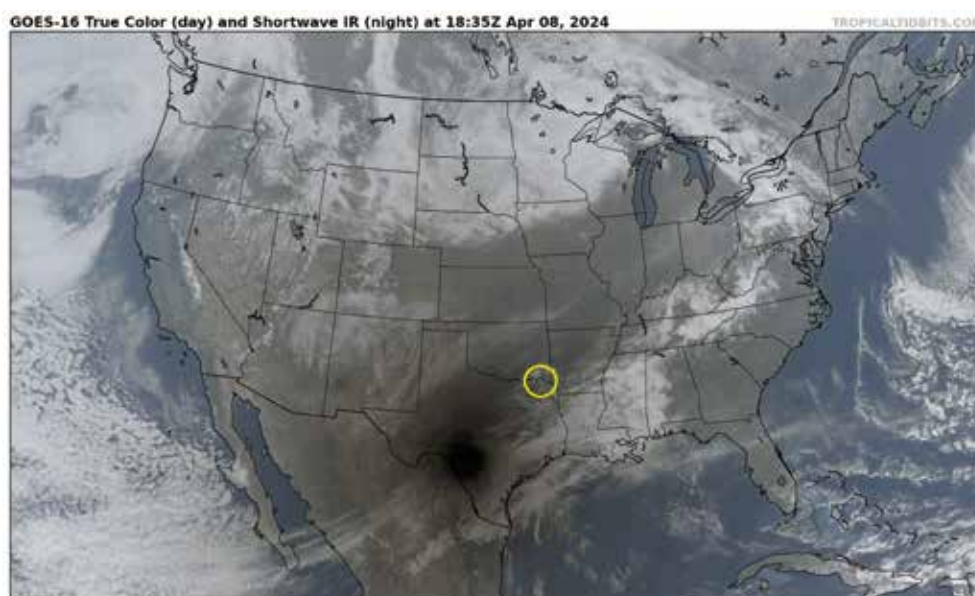
zahodno (recimo po vrsti: Evropa, ZDA, severna Azija in spet Evropa). V dobrih $54 = 3 \times 18$ letih se nam spet ponovi mrk iz mladosti. Glede števila dodatnih dni (10, 11 ali 12) nad 18 let, odloča število prestopnih let v periodi saros. Tako nas spremljanje pojavljanja mrkov lahko pripelje do pomembnih zakonitosti – do periode ponovitev (letošnji mrk 2024 pripada sarosu 139, mrk 2017 pa sarosu 145). Trenutno je aktivnih nekaj deset sarosov, v katerih je število ponovitev mrkov približno tako, kot je dolžina našega življenja v letih.

Ko Luna na svoji poti zaide med Zemljo in Sonce, vidimo iz določenih krajev Zemlje popolni ali delni Sončev mrk (odvisno od položaja Zemlje in Lune na eliptičnih tirnicah). To se ne zgodi vsak mesec, saj je ravnina Lunine orbite okrog Zemlje nagnjena za $5,145^\circ$ glede na ekliptiko (na ravnino potovanja Zemlje okrog Sonca), hkrati pa orbita Lune še precesira s periodo 18,612 let. Če poiščemo najmanjši skupni večkratnik period gibanja Lune okrog Zemlje, z upoštevanjem periode precesije Lunine orbite, letnega gibanja in dnevne rotacije Zemlje, dobimo zgoraj ocenjeno periodo saros 18 let in 10, 11 ali 12 dni in okoli 8 ur.

Opazovanje popolnega Sončevega mrka 8. aprila v Teksasu

Prvič po treh uspešnih ogledih Sončevih mrkov (še odpovedanega »koronskega« leta 2020 v Južni Ameriki sem načrtoval v kraju z lepim vremenom, Piedra del Aguila, a smo nato spremljali le spletni prenos...) sem bil tokrat v velikih dvomih – nam bo aprilsko vreme omogočilo ogled mrka v Teksasu? Napovedi vremenskih modelov dva tedna pred mrkom so bile porazne, tudi na dan mrka, to kaže tudi satelitska

slika (slika 1). A s stalnim spremljanjem vremenskih modelov in tudi z veliko sreče, dolgo vožnjo, nam je tokrat uspela misija nemogoče in na veliko veselje 30 udeležencev smo tudi tokrat ujeli čarobni popolni Sončev mrk in uživali v magičnih koronskih barvah, vidnih Sončevih »izbruhih« med popolno fazo, v diamantnih prstanih, v presenetljivih odzivih narave na (skoraj) noč sredi dneva, v ohlajenem ozračju v rahlem vetriču (slika 2). Ob izjemnosti popolne faze Sončevega mrka noben opazovalec ne ostane ravnodušen!



Slika 1. Satelitski posnetek popolnega Sončevega mrka 8. aprila 2024 na jugozahodu Teksasa – 10 minut pred popolno fazo mrka v Bogati, ki leži v središču rumenega kroga (popolna faza je na sliki od Bogate oddaljena okrog 670 km). Tam so vremenski modeli napovedovali najmanj oblakov in, niso se zmotili, tudi mi ne. Vir slike: <https://www.storm2k.org/phpbb2/viewtopic.php?t=119527&start=140>



Slika 2. Med popolno fazo Sončevega mrka 8. aprila 2024 v Bogati, ZDA. Oblaki grozijo, a ne sežejo do mrka, izjemna svetloba in izjemno vzdušje (foto: Veronika Vičar)



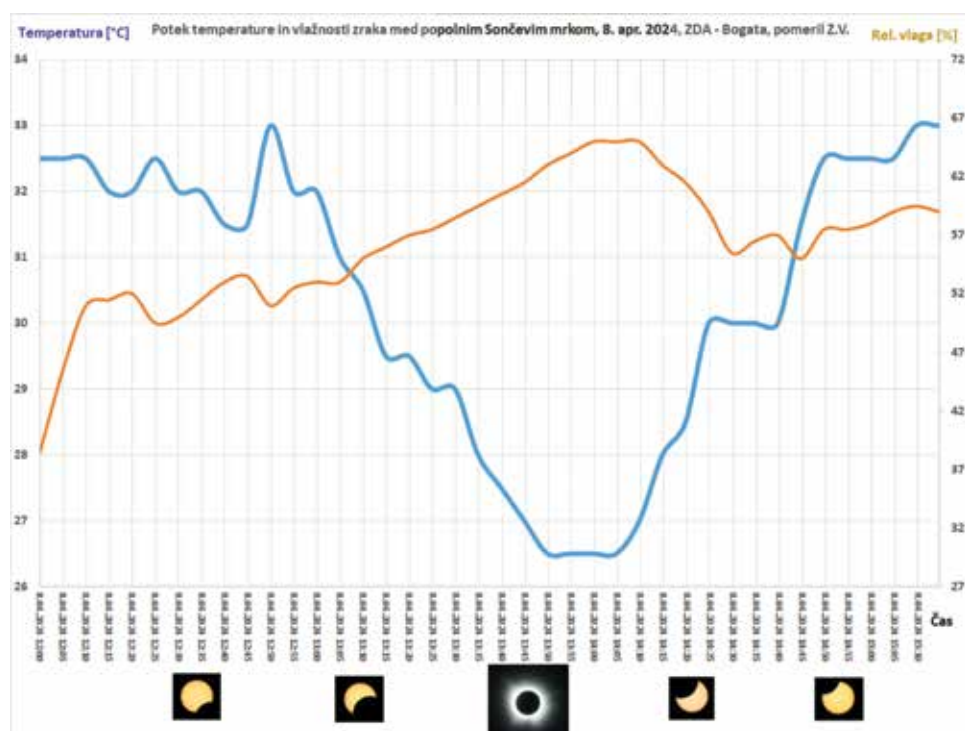
Slika 3. Diamantna prstana in različne podrobnosti popolne faze Sončevega mrka 8. aprila 2024 v kraju Bogata, Teksas, ZDA, od 13:44:06 do 13:48:27. Korona je bila izjemno bogata, morebiti pa smo pričakovali več prominenc – a že te, ki smo jih videli, so za mnoge udeležence bile pravo odkritje in to šteje. (foto: Zorko Vičar)

Na fotografijah lahko razberemo, da so oblaki na obzorju cel čas grozili, da nam ukradejo ta lep pogled (slika 2) – a Sonce in Luna sta bila zelo visoko in varno v nebeškem oknu (bili smo namreč na geografski širini 33,47°). Med popolno fazo mrka smo brez težav blizu Sončeve korone opazili potepuha Jupitra in potepinko Venero. A komet 12P/Pons-Brooks je bil, za toliko sipane in odbite svetlobe v senco mrka (povsod okrog oblaki in kar nekaj več vodne pare v zraku kot med prejšnjimi mrki), prešibek. A to ni bila naša skrb, vedeli smo, da je tam, blizu Jupitra. Videti komet ob Sončevi koroni ali celo dva, bi bilo pa že preveč..., bilo pa bi lepo, seveda se nismo branili.

Merjenje temperature in vlažnosti zraka med popolnimi Sončevimi mrki

Sedaj pa podrobneje o »najdaljši fizikalni vaji«, ki traja že 25 let – merjenjem temperature in vlažnosti zraka med popolnimi Sončevimi mrki v letih 1999,

2006, 2017, 2024. Kaj nas pouči primerjava, padci temperature med mrkom, znamo razložiti razlike? Na Madžarskem sem temperaturo meril s senzorjem TESTO, v Turčiji pa z registratorjem temperature in vlažnosti Vaisala, ki jih uporabljamo na ARSO. V Turčiji sem meril v parku okrog 30 m od plaže, na dveh metrih in v senci drevesa, dodatno sem naredil še blokado morebitnega sonca z dežnikom. V Casperju leta 2017 in v Bogati leta 2024 (oboje ZDA) pa sem uporabljal ARSO registrator EasyLog USB (znamka Lascar / EL21CFR2LCD, natančnost 0,5 °C in 0,5 %). V vseh primerih so meritve potekale dva metra nad travnatimi tlemi in v senci. Žal mi ni nikjer uspelo meriti celotnega dnevnega poteka temperatur, kjer bi lahko določil tudi minimalno temperaturo pred mrkom. Med letošnjim mrkom v Teksasu sem pred popolno fazo izmeril daleč najvišjo temperaturo zraka dosedaj, to je 33 °C. Zakaj že temperatura med Sončevimi mrki pada? Ker nam Luna počasi zastira in na koncu popolnoma zakrije vir sevalne energije – to je naše Sonce.



Slika 4. Graf poteka temperature in relativne vlažnosti zraka med Sončevim mrkom v kraju Bogata, Teksas, ZDA. Čas na grafu je lokalni uradni čas (Central Daylight Time).

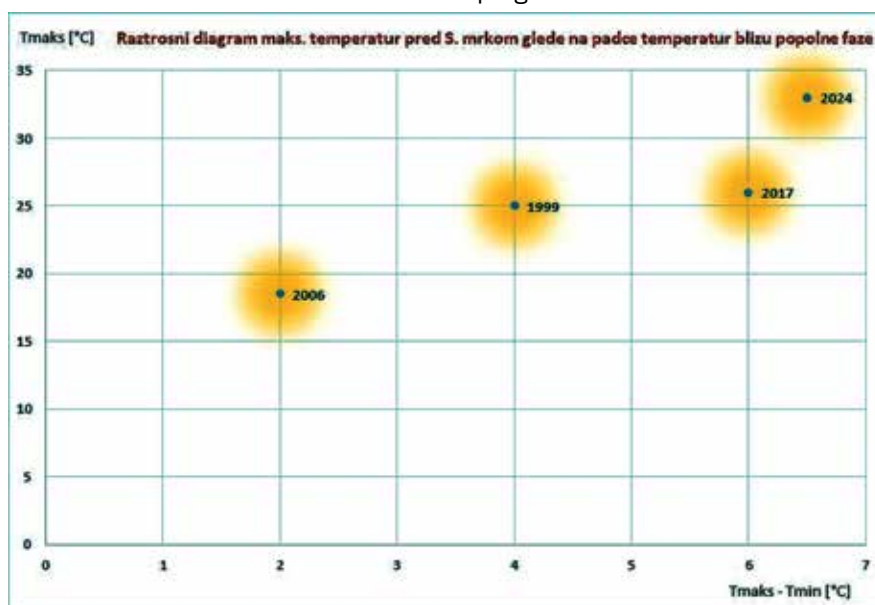
Preglednica 1. Primerjalna preglednica mrkov glede na temperaturo in relativno vlažnost zraka ter gostoto vodne pare pri tleh. Gostota vodne pare je izračunana iz meritev temperature in relativne vlažnosti. Meritve so seveda potekale v senci praktično pod enakimi pogoji na vseh mrkih.

	Sončev mrk 8. aprila 2024	Sončev mrk 21. avgusta 2017	Sončev mrk 11. avgusta 1999	Sončev mrk 29. marca 2006
opombe	Teksas, ZDA	Wyoming, ZDA, na nadmorski višini 1600 m	Madžarska	Turčija, ob morju
najnižja temperatura zraka (°C)	26,5	20	21	16,5
najvišja temperatura zraka (°C)	33	26	25	18,5
najnižja relativna vlažnost zraka (%)	51	26	52	62
najvišja relativna vlažnost zraka (%)	65	35,5	65	71
najmanjša gostota vodne pare (g/m ³)	16,3	6	12	10
največja gostota vodne pare (g/m ³)	18,2	6	12	10

Letošnji Sončev mrk se je začel ob 12:26:52. Temperatura zraka se je zaradi pozitivne energijske bilance (Bogata je na začetku mrka še zmeraj prejela nekaj več energije od delno zastrtega Sonca, kot je je oddala s sevanjem, prevajanjem toplote...) pričakovano višala še 25 minut, tja do 12:50, ko je dosegla 33 °C (to je najvišje med štirimi mrki, slika 4). Nato je temperatura padala do konca popolne faze, ob 13:49, ko j dosegla 26,5 °C. Na tej vrednosti je temperatura vztrajala tja do 14:05 (torej še 15 minut po popolni fazi – pričakovani fazni zamiki, kot dnevni ali letni hod temperature, ki ne sledi višini Sonca).

Nato je temperatura naraščala do maksimuma pred mrkom (podobno kot med prejšnjimi mrki), a nadaljnje naraščanje se je ustavilo zaradi oblačnosti. Razlika med temperaturnim maksimum zraka pred popolno fazo Sončevega mrka in temperaturnim minimumom po popolni fazi je bila torej 6,5 °C. To je največji padec temperature med mrki (a tudi pri najvišjem temperaturnem maksimumu pred mrkom), ki sem jih do sedaj pomeril – to so bili mrki v letih 1999, 2006, 2017 in 2024 (preglednica 1).

Ali znamo razložiti vzorec, ki ga razberemo iz preglednice 1?



Slika 5. Raztrosni diagram maksimalnih temperatur pred Sončevimi mrki glede na padce temperatur blizu popolne faze mrkov za mrke v letih 1999, 2006, 2017 in 2024. Padci temperatur med Sončevimi mrki so bili veliko izrazitejši pri višjih maksimalnih temperaturah.

1. Da je pri višjih temperaturah pred mrkom tudi večji padec med mrkom?
2. Zakaj je bil v Turčiji padec temperature najmanjši (2 °C)?
3. Da je bil v Wyomingu (ZDA), leta 2017, padec (6 °C) skoraj tak kot letos (6,5 °C), pri mrku leta 1999 (Madžarska) pa je bil padec pri maksimumu 25 °C nekje vmes, 4 °C?

Pri odgovorih na zgoraj našeta vprašanja bomo upoštevali geografsko lego – ob morju je temperatura zraka spomladi nižja kot v celinskem delu, da o pomembnem toplogrednem plinu, to je o količini vodne pare v zraku, odloča tudi nadmorska višina in seveda, da večja količina vodne pare pomeni počasnejše ohlajanje zraka in obratno. Pri odgovoru na prvo vprašanje pa bomo ponovili Stefanov zakon o toplotnem sevanju teles in Newtonov zakon ohlajanja.

Najprej si iz preglednice 1 izračunajmo razliko med maksimalnimi temperaturami pred mrkom in minimalnimi temperaturami med mrkom, ter maksimalne temperature in nato izrišimo raztrosni diagram (slika 5).

Za mrk v Turčiji leta 2006 je kolega Gregor Vertačnik na spletu našel meritve tik ob morju, na peščeni plaži – tam je bil padec temperature 5 °C (Pleijel, 2009). Za mrk v Casperju (ZDA) leta 2017 pa sem sam našel na spletu padec temperature za 8,7 °C. A te meritve so bile narejene v drugačni mikroklimi in pod drugačnimi pogoji. Tisto, kar je značilno za meritve na zgornjem grafu je, da so bile vse narejene pod enakimi pogoji, v senci in dva metra nad travnatimi tlemi.

V resnici se Zemlja kot celota ohlaja s sevanjem v mrzlo vesolje, segreva pa nas Sonce (Zemlja sicer ima nekaj malega lastnih zalog energije, a za razvoj visoko razvitih oblik življenja še zdaleč premalo). V samem ozračju pa so razmere glede prenosa toplote precej bolj zapletene, v veliki meri jih določajo toplogredni plini, ki absorbirajo dolge valove sevanja naših tal, ki jih v večji meri segreva energija elektromagnetnega valovanja s Sonca (svetloba). S Sonca na vrh ozračja (pravokotno na vpadlo sevanje) prispe vsako sekundo gostota energijskega toka blizu 1400 J/(sm²). Nekaj te energije se seveda odbije – in to dragoceno zalogo fuzijske energije nam zastoj pošilja Sonce na razdalji astronomske enote že milijarde let. In to je vir našega življenja.

Povejmo, da se tla in zrak ohlajata tako zaradi sevanja kot zaradi prevajanja toplote in tudi zaradi vertikalne konvekcije (vzgon) ter advekcije – zaradi vetrov (mešanje zraka zaradi tlačnih razlik). Pomembna je tudi sistemska Coriolisova sila zaradi rotacije Zemlje

(vrtinčenje ozračja in oceanov) in seveda sami oceani, morja z ogromno toplotno kapaciteto in s tokovi, ki prenašajo notranjo energijo, ter vsekakor geografska širina (vpadni kot Sončeve svetlobe, čas v dnevu) in položaj Zemlje na tirnici okrog Sonca (to so letni časi, saj je os rotacije Zemlje nagnjena na normalo ekliptike za okrog 23,5°).

Po Stefanovem zakonu velja, da je pri višji temperaturi izsev izrazitejši ($j \approx \sigma T^4$). Če bi neko telo sevalo direktno v vesolje, kjer je temperatura le nekaj K, potem bi lahko predpostavili, da se padec temperature telesa s časom (dT/dt) manjša na četrto potenco same temperature, saj velja znana povezava za toplotni tok in Stefanov zakon:

$$dQ/dt = -mcdT/dt = -Se\sigma T^4,$$

kjer je e emisivnost, S površina telesa, σ Stefanova konstanta, m masa telesa in c specifična toplota.

A pri tleh se telesa ne ohlajajo direktno v vesolje. Če zelo poenostavimo, gre večinoma za kombinacijo ohlajanja (ali segrevanja) zaradi prevajanja in tudi zaradi sevanja.

Izguba toplote telesa s temperaturo T zaradi prevajanja toplote (izmenjava energije med atomi in molekulami telesa in okolice) v okolico, ki ima seveda nižjo temperaturo T_0 , je sorazmerna s temperaturno razliko $\Delta T = T - T_0$ in seveda s toplotno kapaciteto samega telesa in okolice, oziroma s toplotno prevodnostjo. Učili smo se, da se toplotni tok (dQ/dt) s telesa z maso m zapiše kot $dQ/dt = mcdT/dt$ (c je specifična toplota, dT je sprememba temperature v času dt). Tako velja za časovno spremembo temperature (to je nižanje temperature telesa) kar sorazmernost:

$$-dT/dt \approx T - T_0.$$

Ta načba nas torej pripelje do Newtonovega zakona hlajenja, ki pravi, da je hitrost izgube toplote iz telesa sorazmerna temperaturni razliki med telesom in okolico. Ta formulacija predpostavlja homogeni medij (okolico) in telo, okoliški medij pa naj ima konstantno temperaturo T_0 . Tako velja

$$-dT/dt = (T - T_0)/\tau.$$

V časovni konstanti τ se izražajo lastnosti telesa, toplotna kapaciteta, prevodnost telesa in okolice.

Kako pa je s sevanjem prek Stefanovega zakona? Pod določenimi pogoji lahko podobno enačbo zapišemo tudi za toplotno sevanje, kakaj?

Vemo, da je neto izguba toplote telesa zaradi (infrardečega) sevanja po Stefanu sorazmerna z

razliko ($T^4 - T_0^4$) in da torej velja enačba za izsev telesa napram okolici

$$L = \text{Seo}(T^4 - T_0^4),$$

kjer je e emisivnost telesa (ta je realno malo manj kot 1), S njegova površina, σ je Stefanova konstanta. Če predpostavimo da je $T = T_0 + \Delta T$ in če je razlika temperatur sevajočega telesa in okolice ΔT zelo majhna (ko je torej $\Delta T/T_0 \ll 1$), potem dokaj dobro velja približek

$$T^4 - T_0^4 = (T_0 + \Delta T)^4 - T_0^4 = T_0^4(1 + \Delta T/T_0)^4 - T_0^4 \approx T_0^4(1 + 4\Delta T/T_0) - T_0^4 = 4T_0^3(T - T_0).$$

To je snov iz srednje šole, računanje z majhnimi vrednostmi (bolj učeno se temu reče razvoj v Taylorjevo vrsto). Tako velja pri majhnih temperaturnih razlikah za izsev telesa (L) dober približek:

$$L \approx 4\text{Seo}T_0^3(T - T_0)$$

Ker iščemo izsev pri majhni temperaturni razliki, lahko člen $4\text{Seo}T_0^3$ privzamemo kot konstanto k in spet bomo dobili podobno odvisnost kot pri prevajanju, velja:

$$L \approx 4\text{Seo}T_0^3(T - T_0) = k(T - T_0)$$

Vemo, da je izsev L povezan z izgubo toplote dQ/dt in le ta je sorazmerna s časovnim odvodom temperature $-dT/dt$, spet pridemo do podobne odvisnosti kot pri prevajanju toplote:

$$-dT/dt \approx T - T_0.$$

Takšno enačbo zapišemo s časovno konstanto τ , v kateri se pri prevajanju izražajo lastnosti telesa in okolice, toplotna kapaciteta, prevodnost ali pri sevanju temperatura telesa, oz. okolice, emisivnost, Stefanova konstanta ... in tako spet dobimo znano enačbo:

$$-dT/dt = (T - T_0)/\tau$$

Enačbo preoblikujemo in integriramo od T_z do T in od časa 0 do t .

$$\int dT/(T - T_0) = -\int dt/\tau$$

Rešitev levo je logaritem $\ln(T - T_0)$, desno pa kar $-t/\tau$. Ko vstavimo meje v izveden integral, dobimo enačbo:

$$\ln(T - T_0) - \ln(T_z - T_0) = -t/\tau - 0.$$

Končna enačba za časovno padanje temperature toplejšega telesa z začetno temperaturo T_z glede na temperaturo okolice T_0 je torej kar eksponentna (srednja šola – glejte tudi sliko 6):

$$T = T_0 + (T_z - T_0)e^{-t/\tau}$$

To povezavo je izpeljal že Isaac Newton.

Če narišemo to funkcijo, opazimo, da najbolj strmo pada na začetku pri višjih temperaturah telesa in sama strmina je pričakovano odvisna tudi od temperature okolice T_0 (slika 6). To trditev velja preveriti še s strmino krivulje ali bolj učeno, kar z odvodom, ko velja:

$$dT/dt = -((T_z - T_0)/\tau)e^{-t/\tau}$$

In tako vidimo, da je padec v istem časovnem intervalu, recimo med Sončevim mrkom, kar sorazmeren z velikostjo temperaturne razlike, saj velja gornja enačba in je strmina največja ob času $t=0$ enaka

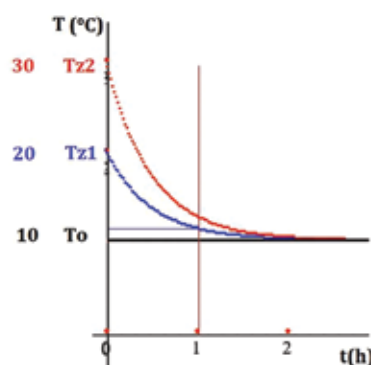
$$dT/dt = -(T_z - T_0)/\tau$$

Če nismo malenkostni, se časovni grafi padca temperatur med mrki dokaj dobro ujemajo s teoretično napovedano obliko krivulj

$$T = T_0 + (T_z - T_0)e^{-t/\tau}$$

Torej bi lahko v grobem rekli, da sta hitrost ohlajanja in temperaturni padec sorazmerna razliki med najvišjo temperaturo pred popolno fazo mrka in »ravnovesno« temperaturo T_0 , katere dober približek bi lahko bila najnižja temperatura v noči in jutru pred mrkom.

Seveda pa je realnost precej bolj zapletena, saj na temperaturni potek med mrkom vplivajo oblaki, vlažnost zraka, veter, konvektivno mešanja zraka pri tleh, višina Sonca nad obzorjem, lastnosti površja (glej npr. Segal in sod., 1996; Founda in sod.,



Slika 6. Idealizirana modelska simulacija ohlajanja v odvisnosti od začetne temperature za izbrano časovno konstantno τ . Telo z modro krivuljo ohlajanja z začetno temperaturo 20 °C (293 K) se ohladi v eni uri za okrog 8 °C, a telo z rdečo krivuljo ohlajanja z višjo začetno temperaturo 30 °C (303 K) se ohladi kar za okrog 16 °C v eni uri. To je kar dobra prispodoba za padec temperature med dvema mrkoma z različnima maksimalnima temperaturama pred popolno fazo, a s podobno dnevno najnižjo temperaturo oziroma »ravnovesno« temperaturo T_0 .

2007; Eugster in sod., 2017). Ti dejavniki ves čas spreminjajo energijsko bilanco nekega dela ozračja in s tem njeno temperaturo kot mero za povprečno kinetično energijo molekul zraka ($kT \approx mv^2$) in kar priznajmo si, modeli so zmeraj zgolj poenostavitve in nič več. Pomembno je, da se trudimo razumeti bistvene mehanizme.

Zakaj je bil v Turčiji padec temperature najmanjši (2 °C)?

Mrk leta 2006 smo datumsko opazovali 10 dni prej kot tega v Teksasu, a je bil padec temperature vseeno več kot trikrat manjši. Za nizko maksimalno temperaturo in majhen padec temperature je v prvi vrsti odgovorna bližina sredozemskega morja (mrk smo opazovali kar na obali – lepo). Morje ima namreč visoko toplotno kapaciteto in se zato spomladi počasi segreva in s tem tudi zrak ob morju, v jeseni pa se k sreči počasi ohlaja.

Odgovorimo še na tretje vprašanje – in sicer, da je bil v Wyomingu (ZDA) med mrkom leta 2017 padec (6 °C) skoraj tak kot letos (6,5 °C), čeprav je bila maksimalna temperatura bistveno nižja (podobno vrednost je izmeril tudi ameriški kolega)?

Zgornja tabela kaže, da je zdaleč najmanj zračne vlažnosti bilo prav med mrkom 21. 8. 2017 v kraju Casper, ZDA, z nadmorsko višino 1600 m (nizka vlažnost je značilna za visoke lege, recimo za Kredarico). Gostota vodne pare (g/m^3) je bila leta 2017 le $6 \text{ g}/\text{m}^3$, na Madžarskem 1999 pa kar $12 \text{ g}/\text{m}^3$ (2x več), letos pa celo okrog $18 \text{ g}/\text{m}^3$. Kot smo že omenili, je vodna para izjemno dober absorber dolgovalovnega sevanja, ki ga seva površina Zemlje (je najvažnejši toplogredni plin v ozračju, ki nam omogoča življenje – toplogredni plini torej niso zmeraj škodljivi, le preveč jih ne sme biti). Če je vodne pare

manj, se torej površina Zemlje in zrak hitreje ohlajata. Na kratko povzeto – med Sončevim mrkom v okolici mesteca Casper, 1600 m nad morjem, so nizka vlažnost, visoka nadmorska lega in suha tla botrovali k veliki dinamiki poteka temperature (padec za kar 6 °C). Na Madžarskem je pri podobni maksimalni temperaturi (25 °C, po prehodu poletne hladne fronte 11. avgusta 1999) temperatura padla za 4 °C, torej manj kot v Wyomingu 2017, saj bila tam tudi gostota pare 2x višja kot v Wyomingu in je bilo zato ohlajanje zraka počasnejše.

Viri:

Eugster, W., Emmel, C., Wolf, S., Buchmann, N., McFadden, J., Whiteman, C., 2017. Effects of vernal equinox solar eclipse on temperature and wind direction in Switzerland. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 17, str. 14887–14904, DOI: 10.5194/acp-17-14887-2017

Founda, D., Melas, D., Lykoudis, S., Liaridis, I., Gerasopoulos, E., Kouvarakis, G., Petrakis, M., in Zerefos, C., 2007. The effect of the total solar eclipse of 29 March 2006 on meteorological variables in Greece. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 7, DOI: 10.5194/acpd-7-10631-2007

Pleijel, H., 2009. Observations of temperature and air humidity during the total solar eclipse 29 March 2006 at Side, Turkey. *Meteorologische Zeitschrift*, 18, str. 107–109. DOI: 10.1127/0941-2948/2008/0324

Segal, M., Turner, R., Prusa, J., Bitzer, R., in Finley, S., 1996. Solar Eclipse Effect on Shelter Air Temperature. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 77, DOI: 10.1175/1520-0477(1996)077<0089:SEEOSA>2.0.CO;2

Zgodovina izdajanja glasil Slovenskega meteorološkega društva

Jožef Roškar, Slovensko meteorološko društvo

Ob visokem 70. jubileju, ki ga letos praznuje Slovensko meteorološko društvo, je vredno osvetliti pomen izdajateljske dejavnosti, ki ima že dolgo tradicijo.

Meteorološki zbornik

Že kmalu po ustanovitvi društva leta 1954, ki se je takrat imenovalo "Društvo meteorologov Slovenije", so člani čutili potrebo po strokovnem glasilu, kjer bi lahko doma v slovenskem jeziku objavljali strokovne članke. To je bilo še toliko bolj pomembno, ker je bil študij fizikalne meteorologije na Univerzi v Ljubljani takrat relativno mlad, društvo pa so ustanovili prav prvi diplomanti tega študija. Tako so že leta 1957, tri leta po ustanovitvi društva, začeli izdajati glasilo "Meteorološki zbornik", namenjen strokovnim člankom, ki so vsebovali rezultate znanstvenega in strokovnega dela avtorjev na področju meteorologije. Že v prvem snopu je svoje prispevke objavilo 8 avtorjev na 111 straneh.

Meteorološki zbornik, prvi snop, Ljubljana, 1957:

- Marjan Čadež: O stabilnosti atmosfere - Stability of the atmosphere,
- Miran Borko: Periodogramatska analiza višine 500 mb površine za poletna obdobja 1954 in 1955 - A periodogramatic analysis of the altitude of 500 mb level for summer 1954 and 1955,
- Vital Manohin: Kratko poročilo o metodi dolgoročnih prognoz na osnovi lokalnih klimatoloških podatkov - A short report about the method of prognoses for a longer period on the basis of the local climatological particulars,
- Majda Vida: Vpliv kaplje hladnega zraka na vreme v Sloveniji - The influence of the cold pool on Slovenia,
- Zdravko Petkovšek: Doprinos k prognozi pomladanskih pozeb v Sloveniji - Contribution to the prognosis of spring frost in Slovenia,
- Janko Pristov: Vremenska dogajanja v zvezi s prodrom hladnega zraka preko Alp in vpliv orografije na padavine - Weather occurrences in connection with the advance of cold air over the Alps and the orographical on the precipitations,
- Oskar Reya: Gibanje temperature v tleh - The temperature changes in ground,
- Janko Pučnik: Močne otoplitve v Jugoslaviji v dneh od 1. do 6. julija 1950 - The increase of temperature in Yugoslavia from 1st to 6th July 1950,

Naslednji snop Meteorološkega zbornika je izšel leta 1959, kjer je prav tako 8 avtorjev svoje prispevke objavilo na 89 straneh.

Meteorološki zbornik, II. snop, Ljubljana, 1959:

- Vital Manohin: Vprašanje Monsunov - The origin of Monsoons,
- Janko Pristov: Meteorološki podatki Kredarice v primerjavi z bližnjimi višinskimi observatoriji - Meteorological data for Kredarica in comparison with the high-altitude observatories in vicinity,
- Zdravko Petkovšek: Meritve in primerjave v zvezi z velikostjo meglenih kapljic v Ljubljani - Measurements and comparisons of the drop diameters in Ljubljana fog,
- Miran Borko: Odvisnost sušnih razdobij v Sloveniji od splošne cirkulacije atmosfere - The general circulation of the atmosphere and the dry periods in Slovenia,
- Andrej Hočevár: Poiskus ocene prognostične karte - An attempt of the assessment of the forecasting map,
- Janko Pučnik: Analiza nekaterih Fickerjevih pravil v primerjavi s sinoptičnimi situacijami v Sloveniji - An analysis of some Ficker's rules in comparison with the synoptics situations in Slovenia,
- Majda Vida: Poročilo o padavinah pri visokem zračnem pritisku v Sloveniji (od 1. 1. 1954 do 31. 12. 1958) - Report on the precipitations in Slovenia occurring at the high air pressure (from January 1954 to December 1958),
- France Bernot: Prispevek k proučevanju zraka nad morjem - Contribution to the investigation of the air temperature above sea surface,

Razprave — Papers

Leta 1962 so časopis preimenovali v "Razprave — Papers", ki je bolj ali manj redno izhajal do leta 2000. Poleg rednih števil je izšlo tudi nekaj izrednih,

Redne številke

Razprave — Papers III, Ljubljana, 1962:

- Zdravko Petkovšek: Vlaga v stanovanjih s centralnim ogrevanjem in ovlaževanje prostorov - Humidity in the Flats with Central Heating and Moistening of the Rooms,
- Andrej Hočevár: Primerjava temperaturnih razmer v goli zemlji in zemlji z rastlinsko odejo - A

Comparison of the Temperatures Within the Bare Soil and the Vegetation Covered Soil.

Razprave — Papers IV, Ljubljana, 1964:

- Andrej Hočevár: Lokalni vremenski tipi v Sloveniji pozimi - Local weather types in Slovenia in winter,
- France Bernot: Prispevek k poznavanju klime Kankana - Contribution to the knowledge of the climate of Kankan,
- Zdravko Petkovšek: Padavine ob hladnih frontah v Sloveniji - Cold-front precipitations in Slovenia,

Razprave — Papers so praviloma izhajale vsaj enkrat letno, v nekaterih letih pa so izdali tudi dve številki. Sprva so v naslovu dodajali rimske številke, ki naj bi predstavljale številko snopa, kasneje se tega niso držali.

Razprave — Papers V, Ljubljana, 1965:

- Vital Manohin: Deset let opazovanj na visokogorski postaji Kredarici (2515 m) - Ten year observation on the mountain station Kredarica,
- Andrej Hočevár: Lokalni vremenski tipi v Sloveniji v letih 1957 in 1958 - Local weather types in Slovenia in the years 1957 and 1958.
- Zdravko Petkovšek: Regionalni vremenski tipi Slovenije v letih 1957-1958 - Regional weather types of Slovenia in the years 1957-1958.
- France Bernot: Temperatura morske vode pri Trstu in Kopru - Sea water temperature at Trieste and Koper.

Razprave — Papers VI, Ljubljana, 1965:

- Vlado Žitnik: Aplikacije Whitingove metode za prognozo neviht na alpsko področje Slovenije - Application of Whiting's method of thunderstorm forecast on alpine region of Slovenia.
- Andrej Hočevár: Značilnosti nekaterih meteoroloških elementov pri generaliziranih lokalnih vremenskih tipih,
- Zdravko Petkovšek: Oblačnost, vetrovi in megla ob hladnih frontah v Sloveniji - Cloudiness, winds and fog at cold fronts in Slovenia,
- France Bernot: Ladijska opazovanja ob prehodu hladne fronte čez severni Jadran 25. - 27. februarja 1965 - Ship's observations during the cold front passing the North Adria in the days 25th - 27th February 1965,
- Vital Manohin: Nekatere značilnosti zimskih temperatur v Ljubljani v zadnjih 115 letih - Some characteristics of winter temperatures in Ljubljana in last 115 years.

Razprave — Papers VII, Ljubljana, 1966:

- Zdravko Petkovšek: Nevihtna karta in nevihtna pogostnost v Sloveniji za dobo 1951-1960 - Thunderstorm map and frequency of thunderstorms in Slovenia for the period 1951-1960,
- Andrej Hočevár: Prikaz vremena nekaterih

krajev Slovenije z lokalnimi vremenskimi tipi - Presentation of weather with local weather types for some places of Slovenia,

- France Bernot: Ekstremne temperature morja pri Kopru v obdobju 1958-1965 - Extreme sea-water temperatures at Koper during the period 1958-1965,
- Vital Manohin: 83-letno kolebanje zimskih temperatur v Ljubljani - The 83-years rhythm of winter temperatures in Ljubljana,

Razprave — Papers VIII, Ljubljana, 1967:

- Andrej Hočevár: Globalno sevanje v Ljubljani - Global radiation at Ljubljana,
- Zdravko Petkovšek: Vreme v Sloveniji in njegov razvoj po regionalnih vremenskih tipih - Weather in Slovenia and its development by regional weather types,
- Majda Vida: Nekatere značilnosti vremena v Sloveniji v ciklonih na poti V. b - Some characteristics of the weather over Slovenia in the cyclones on the track No. 5 b,
- Vlado Žitnik: Prognoza megle na letališču Ljubljana na osnovi razporeditve pritiska pri tleh in cirkulacije na višini 700 mb ploskve - Forecast of fog on the Ljubljana airport on the basis of pressure distribution at the ground and circulation on 700mb level,
- Janko Pristov: Neobičajna razporeditev orografskih padavin - Uncommon distribution of orographic precipitations,
- Mile Tovornik: Meteorološki pogoji zaledenitve letal - Meteorologic conditions of iceing on aircraft,

Razprave — Papers IX, Ljubljana, 1967:

- Vital Manohin: Hipoteza o vplivu sončne svetlobe na efektivno sevanje zemeljske površine - Hypothesis of influence of solar radiation on an effective terrestrial radiation,
- France Bernot: Prispevek k spoznavanju morja ob slovenskem obrežju - Contribution to the understanding of the sea water temperature along the Slovene coast,
- Andrej Hočevár: Lokalni vremenski tipi ob padavinskih situacijah v Sloveniji v obdobju 1955 — 1959 - Local weather types at weather situations with precipitation in Slovenia during the period 1955 — 1959,
- Janko Pristov: Odvisnost med padavinsko razporeditvijo v Sloveniji in temeperaturo in vetrovi na višinah - Relation between precipitation distribution in Slovenia and temperature and wind characteristics aloft,

Razprave - Papers X, Ljubljana, 1968:

- Ervin Pirtovšek: Občutljivost foto celice in človeškega očesa pri Regnaultovi metodi določevanja rosišča - Sensibility of the photocell

and the human eye with Regnault's method for determination of dew point,

- Miran Borko: Nekaj ugotovitev v zvezi s pojavom neviht na Brniku - Some statements about thunderstorm phenomena at Brnik (Ljubljana-airport),
- Mirko Kovač: Temperatura 300 metrske prizemne plasti zraka v Ljubljanski kotlini - Some temperature data of the planetary boundary layer - first 300 meters - of Ljubljana basin,
- Zdravko Petkovšek: Temperatura polja v adiabatnih tokovih čez gorske grebene - Temperature fields in adiabatic flow over mountain ridges,
- Danilo Furlan: Zona maksimalnih padavin v Julijskih Alpah in njena utemeljitev - On the problem of the zone of maximum amounts of precipitations in Julian Alps,
- Edita Lončar, Nada Pleško, Nadežda Šinik: Jedna možnost prikaza klime za potrebe zdravstva i turizma - A climatological description suitable for medical and touristic purposes,

Razprave — Papers XI, Ljubljana, 1969:

- Vlado Žitnik: Poskus prognoziranja ciklogeneze s kombinacijo nekaterih znanih parametrov - An attempt of forecasting cyclogenesis by means of some known parameters,
- Miran Trontelj: Redukcija zračnega pritiska na morski nivo in njen vpliv na analizo polja pritiska nad Jugoslavijo - Reduction of air pressure on mean sea level and its influence on the analysis of pressure field above Yugoslavia,
- Andrej Hočevar, Zdravko Petkovšek: Koncept kompleksne meteorološke obdelave z elektronskim računalnikom in nekaj rezultatov za meglo na letališču Ljubljana-Brnik - An outline of complex meteorological research by means of computer and some results for fog at the Ljubljana - Brnik airport,
- Mirko Kovač: Nekaj ugotovitev o nastanku radiacijske megle na letališču Ljubljana - Brnik - Some findings about the formation of fog at the Ljubljana - Brnik airport,
- Zdravko Petkovšek: Pogostnost megle v nižinah in kotlinah Slovenije - Frequency of fog in the lowlands of Slovenia,

Razprave — Papers XII, Ljubljana, 1970:

- France Bernot: Vzroki poplav v Slovenskem primorju - Causes of floods in the coastal region of Slovenia,
- Zdravko Petkovšek: Preprosta obravnava razkroja radiacijske megle - A simple treatment of radiation fog clearance,
- Miran Trontelj: Prognoza neviht nad Slovenijo s pomočjo empiričnih parametrov - Thunderstorm forecast over Slovenia (Yugoslavia) by means of empirical parameters,

- Janko Pristov: Uporabnost labilnostnih faktorjev za prognozo neviht in toče v Sloveniji - Usefulness of lability factors for thunderstorm and hail forecast in Slovenia,
- Bojan Paradiž: Nekaj karakteristik onesnaženja zraka v Ljubljani - Some characteristics about atmospheric pollution at Ljubljana,
- Slavko Verhovnik: Onesnaženje mesta Maribora s SO₂ in dimom - Pollution of atmosphere with sulphur dioxide and smoke in Maribor,
- Andrej Hočevar, Marko Jurgele, Zdravko Petkovšek: Metoda prenosa velike množice vektorjev vremena na hitre medije računalnikov - A method for transfer of large weather vectors population to high speed input media of computer

Razprave — Papers XIII, Ljubljana, 1971:

- Andrej Hočevar, Zdravko Petkovšek: Doprinos k poznavanju razmer v jezeru hladnega zraka v Ljubljanski kotlini - A contribution to the knowledge of cold air lake characteristics of the Ljubljana basin,
- Mirko Kovač: Nekateri značilnosti vremena v Sloveniji v odvisnosti od barične razporeditve - Some weather characteristics in Slovenia in connection with pressure distribution,
- Zdravko Petkovšek: Celodnevne megle v Ljubljani - All-day fog in Ljubljana,
- Branko Weissbacher: Gibanje nevihtnih področij in intenzivnost padavin odvisnih od višinskih vetrov nad Slovenijo - Movements of thunderstorms and precipitation intensity regarding upper level winds over Slovenia,

Razprave — Papers XIV, Ljubljana, 1972:

- Jože Rakovec: Vertikalni profil vetra v prizemni turbulentni plasti - Vertical wind profiles in the turbulent boundary layer,
- Miran Borko: Prispevek k prognozi neviht v Sloveniji - A contribution to the thunderstorm forecast in Slovenia,
- Janko Pristov: Objektivni kriteriji za prognozo neviht in toče - Objective criteria for thunderstorm and hail forecast,
- Janko Pučnik: Temperaturne inverzije v Ljubljanski kotlini - Temperature inversions in Ljubljana basin,

Razprave — Papers XV, Ljubljana, 1973:

- France Bernot: Smeri gibanja nevihtne aktivnosti na področju SR Slovenije - Directions of thunderstorm activity movements across the region of Republic Slovenia,
- Branko Weissbacher: Ocena vpliva srebrovega jodida na nevihtne oblake - Estimation of silver iodide influence on thunderstorm clouds,
- Janko Pristov: Poizkusna obramba pred točo v Sloveniji - Experimental hail protection in Slovenia,
- Jože Rakovec, Andrej Hočevar: Primerjava meritev cirkumglobalnega in globalnega obsevanja v

Ljubljani (1971-1973) - Comparison between circumglobal and global radiation data measured at Ljubljana (1971-1973),

- Danilo Furlan: Okvirne vrednosti sončnega obsevanja na Balkanskem polotoku - Rough values of radiation at Balkanian peninsula,
- Zdravko Petkovšek: Ugotovitve ob maršrutnih temperaturnih meritvah v Sloveniji - Statements on traverse temperature measurements in Slovenia,

Razprave — Papers XVI, Ljubljana 1974:

- Vlado Žitnik: Velikost toče v odvisnosti od nekaterih oblakovih parametrov - Hail size in relation of some cloud parameters,
- Zdravko Petkovšek: Temperature pod salonitnimi kritinami raznih barv - Temperatures under roof covers of different colours,
- Vlasta Stergar: Meteorološki parametri - osnova za preventivna škropljenja proti krompirjevi plesni - Meteorological parameters - basis for preventive sprinkling against potato blight.
- Ciril Zrnc: Vplivi in posledice onesnaženja ozračja na vegetacijo industrijskega rajona v Zasavju v letu 1973 - Influences and effects of air pollution on vegetation at industrial basin Zasavje during the year 1973,

Razprave — Papers XVII, Ljubljana, 1974:

- Jože Roškar: Neka metoda za objektivno kontrolo parametrov vremena - A method for objective control of weather parameters,
- Zdravko Petkovšek: Ocena transkontinentalnega transporta onesnaženja zraka v Slovenijo in iz nje - Estimation of transcontinental transport of air pollution to Slovenia and out it,
- Danilo Furlan: Orientacijski podatki o izhlapevanju v Jugoslaviji - Some data on evaporation in Yugoslavia,
- Milena Paradiž: Ocena 500 mb prognostičnih kart - Estimation of prognostic maps of 500 mb surface,
- Majda Vida: Poskus ocene vremenskih procesov v Sloveniji z ozirom na vremenske situacije - Attempt to estimate weather processes in Slovenia with regard to weather situations,

Razprave — Papers XVIII, Ljubljana, 1975:

- Andrej Hočevar, Jože Rakovec: Komponente sončnega obsevanja na hribu pravilne oblike ob jasnem vremenu - Components of solar radiation on a cone-shaped hill at clear sky,
- Janko Pristov, Miran Trontelj: Megla v nekaterih slovenskih alpskih dolinah glede na višinske vetrove in na posamezne vremenske situacije - Fog in some Slovene Alpine valleys according to upper level winds and particular weather situations,
- Jože Rakovec, Zdravko Petkovšek: Približno

določanje višine nizkih in srednje visokih dimnikov v Sloveniji - A rough estimation of the height of small and middle high stacks in Slovenia,

- Jože Roškar: O porazdelitvi letnih ekstremov nalivov v Sloveniji - About the distribution of yearly extremes of showers in Slovenia,

Razprave — Papers XIX, Ljubljana, 1975:

- Janko Pristov, Miran Trontelj: Zimski temperaturni ekstremi - Winter temperature extremes,
- Zdravko Petkovšek: Uporabnost pilotbalonskih opazovanj na določitev gibanj in stratifikacije zraka v kotlinah - Utility of pilot-balloon observation for determination of air movements and air stratification in basins,
- Andrej Hočevar: Analiza podatkov o trajanju sončnega obsevanja v treh vinorodnih območjih Slovenije (1965-1974),

Razprave — Papers, Letnik 20, št. 1, Ljubljana, september 1976:

- Branko Weissbacher: Statistična obdelava in primerjava števila dni s snežno odejo s srednjimi zimskimi temperaturami za Ljubljano - Statistical treatment and comparison between the number of days with snow cover and mean temperatures in Ljubljana,
- Dušan Hrček: Meritve padavin v okolici hladilnih stolpov termoelektrarne Šoštanj - Measurements of precipitation in the surrounding of cooling towers of thermoelectric power station Šoštanj,
- Marija Bonač, Zalika Rajh-Alatič: Primerjava rezultatov analiz padavin treh različnih krajev v Sloveniji - The comparison of results of analyses of precipitations among three different places in Slovenia,

Razprave — Papers, Letnik 20, št. 2, Ljubljana, december 1976:

- Jože Roškar: Poskus določitve klime s faktorsko analizo in taksonomijo - An attempt to determine the climate by using factor analysis and taxonomy,
- Zdravko Petkovšek: Periodičnost sunkov burje - Periodicity of bora gusts,
- Danilo Furlan: Vpliv reliefa na meglo v nekaterih predelih Slovenije - Influence of relief on fog in some regions of Slovenia,
- Andrej Šegula: Hladne fronte v območju Alp - Cold fronts in the region of the Alps

Razprave — Papers, Letnik 21, št. 1-2, Ljubljana, december 1977:

- Boris Zupančič: Presoja metod za računanje povprečne dnevne temperature - Estimation of methods for the calculation of mean daily temperature,
- Jelko Urbančič: Vpliv akumulacijskih jezer na pojavljanje megle v okolici - Influence of

accumulation lakes on the occurrence of fog in the surroundings,

- Zdravko Petkovšek: Določanje emisije SO₂ in izračun emisijskega potenciala za nekatere kotline v Sloveniji - SO₂ emission determination and calculations of emission potential for some basins of Slovenia,
- Janko Pristov: Vremenski pogoji ob visokem onesnaženju zraka - Weather conditions for the pollution of air,

Razprave — Papers, Letnik 22, št. 1, Ljubljana, november 1978:

- Jože Rakovec: Onesnaženje zraka od linijskega vira, dvo- in trodimenzionalni pristop - Air pollution from line source, a two- and a three-dimensional approach,
- Janko Pristov: Dnevni hod koncentracij onesnaženosti zraka v kotlinah - The day course of air pollution concentrations in basins,
- Vesna Jurčec, Danko Papišta: Interpretacija lokalne srednje mesečne temperature pomoću parametra makro-razmjera - Interpretation of local mean monthly temperature by means of large-scale parameters,

Razprave — Papers, Letnik 22, št. 2, Ljubljana, december 1978:

- Majda Vida: Soupadanje cerebrovaskularnih insultov (CVI) in astmatičnih napadov otrok (AN) z vremenskimi dogajanjem v Sloveniji - Relation of cerebrovascular insults (CVI) and asthmatic attacks (AN) of children with weather phenomena in Slovenia,
- Miran Trontelj: Visoke snežne odeje v Sloveniji in vzrok za njihov nastanek - Deep snow covers in Slovenia and reasons for their formations,

Razprave — Papers, Letnik 23, št. 1, Ljubljana, november 1979:

- Jože Rakovec: Numerična napoved temperature tal in zraka pri tleh - Numerical prediction of ground - and surface-air temperature,
- Bojan Logar, Jože Roškar, Boris Zupančič: Numerično filtriranje temperaturnih podatkov s Kredarice - Numerical filtering of temperature data from Kredarica,
- Zdravko Petkovšek: Emisijski potencial SO₂ za večino kotlin Slovenije - Emission potential of SO₂ for majority of basins in Slovenia,
- Igor Mezgec: Nevihte na Primorskem - Thunderstorms in coastal region of Slovenia,

Razprave — Papers, Letnik 23, št. 2, Ljubljana, december 1979:

- Branko Weissbacher, Vlado Žitnik: Relativna pogostost prehodov vremenskih stanj v Sloveniji od 1974. do 1978. leta - The relative frequency of transition of weather pattern in Slovenia in the

period 1974 — 1978,

- Jože Rakovec, Andrej Hočvar: Vpliv reliefa na numerično napovedan dnevni hod temperature prizemne plasti zraka - The influence of relief on the numerically predicted daily course of the temperature near the ground,
- Andrej Hočvar, Zdravko Petkovšek, Jože Rakovec: Ocena primarnih polutantov in numerični eksperiment ocene oksidantov v Ljubljani in Mariboru,

Razprave — Papers, Letnik 24, št. 1, Ljubljana, oktober 1980:

- Zdravko Petkovšek: Preizkus metode stagnacijskih obdobij za prognozo period visokega onesnaženja zraka - Test of the method of stagnation periods for forecasting high air pollution episodes,
- Milan Sijerković: Istraživanje nastupa lokalnog vjetro bure metodom mezoanalize - Investigation of the beginning of the local wind, the bora, by the mesoanalysis method,
- Lučka Kajfež-Bogataj: Pogostnost in razkroj talnih in dvignjenih temperaturnih inverzij v treh krajih Jugoslavije - Frequency and destruction of ground-based and lifted inversions at three places in Yugoslavia,
- Jože Rakovec: Oblačnost in nekateri drugi parametri na štirih postajah v Evropi - Cloud amount and some other parameters at four stations in Europe,

Razprave — Papers, Letnik 24, št. 2, Ljubljana, december 1980:

- Bojan Logar: Časovne in prostorske korelacije med temperaturami zraka v Ljubljani in nad njo - Temporal and spatial correlations between air temperatures in and above Ljubljana,
- Zdravko Petkovšek: Klimatski model za oceno zmanjšanja energije sončnega obsevanja v kotlinah zaradi megle in onesnaženja zraka - Climatic model for estimation of insolation energy reduction in basins by fog and air pollution,
- Vlado Žitnik, Bojan Logar: Klasifikacija vremenskih tipov s posebnim ozirom na lokalni razvoj vremena - Classification of weather patterns with special reference to local weather development,
- Marjana Gajić-Čapka: Utjecaj promjene termina motrenja na mjesečni srednjak temperature zraka - The effect of changes of observation hours on mean monthly air temperature,

Razprave — Papers, Letnik 25, št. 1, Ljubljana, oktober 1981:

- Bojan Logar: Časovne in prostorske korelacije med temperaturami zraka na raznih višinah ter oblačnostjo in z upoštevanjem stanja tal v Ljubljani ob 14. uri - Time and space correlation among air temperatures on different levels and cloudiness - with ground state considered at

Ljubljana at 14.00,

- Krešo Pandžić: Prikaz polja vjetra na Jadranu za vrijeme bure i juga - Presentation of wind field at the Adriatic Sea during Bora and Scirocco conditions,
- Majda Vida, Bojan Logar, Janez Žumer, Peter Kartin, Miloš Perović: Izsledki povezav med objektivnimi prognozičnimi biometeorološkimi parametri in nastanki cerebrovaskularnih bolezni (CVI) - The indications of correlations between objective prognostic biometeorological parameters and the onset of cerebrovascular diseases (CVI),

Razprave — Papers, Letnik 25, št. 2, Ljubljana, december 1981:

- Janko Pristov, Bojan Logar: Analiza temperatur zunanjega zraka za potrebe ogrevanja stavb - The analysis of outside air temperatures for needs of building heating,
- Milan Hodžić: Ciklonalni valovi na Jadranu - Storm surges on the Adriatic,
- Andrej Kranjc: Obramba pred točo v Sloveniji danes - Hail protection in Slovenia today,

Razprave — Papers, Letnik 26, št. 1-2, Ljubljana, december 1982:

- Milan Sijerković, Vlasta Švast: Lokalna analiza prodora hladnog zraka 12. — 13. 1. 1982. godine - Local analysis of the air invasion on 12th — 13th January 1982,
- Zdravko Petkovšek: Veter v Sloveniji z vidika vpliva na zbiralnik sončne energije - Wind in Slovenia regarding its influence on sun-energy collector,
- Janko Pristov, Boris Zupančič, Filip Štucin: Najvišje dnevne padavine za porečje Save do Krškega - Maximal daily precipitations in the basin of the Sava,
- Tomaž Vrhovec: Gravitacijski valovi v jezerih hladnega zraka - Gravity waves in the cold air lakes,
- Tone Zupančič, Boris Zupančič: Vpliv mesta Celja na prizemno cirkulacijo zraka v zimskih mesecih - Influence of the city of Celje on ground level circulation in the winter months,
- Dušan Hrček: Preprost model onesnaženosti zraka za Celje - The simple urban air pollution model for Celje,
- Tone Planinšek: Transport onesnaženja zraka v okolico TE Trbovlje - Transport of air pollution from the Trbovlje coal-fired power plant,

Razprave — Papers, Letnik 27, št. 1, Ljubljana, oktober 1983:

- Jože Rakovec, Zdravko Petkovšek: Ocena vpliva jezera na meteorološke količine z modeli - Estimation of the influence of lake on meteorological variables by models,
- Tomaž Vrhovec: Model za oceno orografskega dodatka k verjetni največji količini padavin - Model

for estimation of orographic part of the maximal possible precipitation,

- Jelko Urbančič: Poskus simuliranja burje s pomočjo numeričnega modela - Simulation of the bora wind by means of numerical model,

Razprave — Papers, Letnik 27, št. 2, Ljubljana, december 1983:

- Janko Pristov: Klimatski opis in ocena vpliva ojezeritve Cerkniškega in Planinskega polja na spremembo mikroklima - Climatic description and an assessment of the influence of water accumulations on the microclimate of Cerkniško and Planinsko polje,
- Zdravko Petkovšek, Jože Rakovec: Modeliranje razkroja jezera hladnega zraka - Modelling of cool pool dissipation,
- Marjan Divjak: Določevanje vertikalnih hitrosti zračnih tokov v oblakih - The evaluation of vertical air velocities in clouds,

Razprave — Papers, Letnik 28, št. 1, Ljubljana, oktober 1984:

- Janko Pristov: Ekstremno močni vetrovi pod Karavankami - An extremely strong wind below the Karavanke,
- Alica Bajić: Strujanje u gornjem dijelu doline Save prema modelu Wippermanna - Airflow in the upper part of the Sava valley according to Wippermann's model,
- Jože Rakovec, Zdravko Petkovšek: Polja meteoroloških spremenljivk za potrebe določanja disperzije v zraku na srednjih razdaljah - Fields of meteorological variables for use in studies of medium-scale dispersion in air,

Razprave — Papers, Letnik 28, št. 2, Ljubljana, december 1984:

- Zdravko Petkovšek: Klimatski model skupnega vpliva okolja na zbiralnik sončne energije - A climatic model of the net influence of the environment on a flat-plate solar energy collector,
- Janko Pristov, Boris Zupančič, Karel Škerjanc, Alenka Stele: Prikaz izdelave vodne bilance na Savi Dolinki - Water budget calculation method for Sava Dolinka river basin,

Razprave — Papers, Letnik 29, št. 1, Ljubljana, december 1987:

- Boris Zupančič, Janko Pristov: Metoda in izbor referenčnega meteorološkega leta - Method and selection of test reference year,
- Samo Rink, Tanja Cegnar: Primerjava statističnih metod za oceno ekstremnih vrednosti padavin - Comparison of statistical methods for estimation extreme values of precipitation amounts,
- Tomaž Vrhovec: Primerjava nekaterih zimskih klimatskih količin v vzhodnem delu Ljubljanske kotline - Comparison of some winter climatic parameters in the eastern part of the Ljubljana

basin,

- Andrej Kranjc: Obramba pred točo v Sloveniji danes - Hail protection in Slovenia,

Razprave — Papers, Letnik 29, št. 2, Ljubljana, december 1987:

- Jože Rakovec: Metoda ocenjevanja vpliva hladilnega stolpa na naravni vlek na okolje - A method of Estimation of the Influence of a Cooling Tower with Natural Ventilation on the Environment,
- Zdravko Petkovšek: Zmanjšanje osončenja zaradi oblaka iz hladilnega stolpa - Reduction of Insolation due to the Cloud from a Cooling Tower,
- Tomaž Vrhovec: Simulacija dvodimenzionalnega toka zraka po pobočju - Simulation of a Two Dimensional Air Flow along a Slope,

Razprave — Papers, Letnik 30, št. 1, Ljubljana, november 1989:

- Samo Rink: Prispevek h klimatologiji neviht v Sloveniji - A contribution to the climatology of thunderstorms in Slovenia,
- Lučka Kajfež-Bogataj, Jože Rakovec: Toča in sodra v Sloveniji - Hail and graupel in Slovenia,
- Neva Pristov, Zdravko Petkovšek, Jasna Zaveršek: Nekatere značilnosti burje in njenih začetkov v Sloveniji,

Razprave — Papers, Letnik 31, št. 1, Ljubljana, december 1994:

- Jože Rakovec: The Time Evolution of Cb Clouds in Northeastern Slovenia,
- Marjan Divjak: Radarsko merjenje padavin: Uporaba vertikalnih profilov odbojnosti,
- Andreja Sušnik: Uporabnost raznih metod prikaza fenološkega razvoja koruze (Zea Mays L.) za Slovenijo,
- Ana Žust: Zveze med dolžinami medfaznih obdobij vinske trte (Vitis vinifera) in vsotami temperatur nad izbranimi temperaturnimi pragovi v Sloveniji,
- Ciril Zrnc: Značilnosti cvetenja nekaterih vrst rastlin in njihova uporabnost v agrometeorologiji,
- Bogdan Lalić: Visokovodni valovi v odvisnosti od padavin, vegetacije in predhodne namočenosti za reko Savinjo,
- Silvo Žlebir: Avtomatizacija meteoroloških meritev na letališču Ljubljana-Brnik.

Razprave — Papers, Letnik 32, št. 1-2, Ljubljana, december 2000:

- Marjeta Gerjevič: Analiza pojavljanja zadnjih pomladanskih in prvih jesenskih negativnih temperatur v Sloveniji,
- Mateja Gjerek: Tipizacija vremena za potrebe optimalne interpolacije,
- Marko Uršič: Merilni sistem za merjenje fluktuacij vetra,
- Mark Žagar: Dinamična analiza dogajanj ob meji

različnih zračnih mas,

- Saša Gaberšek: Analiza pogostnosti različnih vremenskih tipov v Sloveniji z vidika klimatskih sprememb,
- Jure Jerman: Sistematične neinstrumentalne napake pri merjenju padavin z meteorološkim radarjem,
- Gregor Gregorič: Statistična napoved temperature s Kalman Bucyjevim filtrom,
- Uroš Strajnar: Diagnoza lege frontalnih con v vertikalnih presekih troposfere nad Evropo,
- Andrej Hrabar: Numerična simulacija nastanka in razkroja jezer hladnega zraka,
- Sandra Turk: Vodna bilanca tal v Sloveniji in v bližnji okolici v zadnjem stoletju,
- Mojca Dolinar: Vstopanje okolišnjega zraka v kumulusni oblak,
- Špela Pirnat: Ugotavljanje virov onesnaženja z ozonom s pomočjo trajektorij,
- Klemen Bergant: Merjenje in modeliranje UV-B obsevanja,
- Petra Golob: Napovedovanje količine naravnega UV-B sevanja,
- Anton Zgonc: Časovna ekstrapolacija radarskih odbojev iz ozračja,
- Metod Koželj: Uporaba prognoziranih polj potencialne vrtinčnosti za izboljšanje napovedovanja intenzivnih padavin,
- Gregor Sluga: Prostorska razporeditev akumulacije snežnih padavin vzdolž grebena Spodnjih Bohinjskih gora v zimi 1997-1998,
- Mateja Iršič: Vzroki za močne padavine,
- Joško Knez: Napovedovanje temperature in meteorološkega stanja cestišča,
- Uroš Bergant: Napovedovanje megle na letališču Ljubljana z metodami statistične interpretacije opazovanj in rezultatov numeričnih modelov,
- Boris Žorž: Verifikacija napovedi višine baze oblakov na letališču Ljubljana-Brnik,
- Janko Merše: Simulacija turbulentnega razkroja jezera hladnega zraka z modelom MM5,
- Rahela Žabkar: Preučevanje spreminjanja koncentracij SO₂ v Zasavju s pomočjo trajektorij,

Leta 2000 je izšla zadnja dvojna številka časopisa Razprave — Papers. V zadnjih dveh številkah lahko opazimo odsotnost avtorjev iz meteorološke katedre. Razlog je v tem, da objavljanje v tem časopisu ni prinašalo potrebnih točk pri reelekciji in so univerzitetni učitelji in raziskovalci morali svoje članke začeti pošiljati v tuje revije. Je pa v zadnjih treh številkah opaziti prihod mlajše generacije meteorologov.

Razen rednih števil je izšlo tudi nekaj izrednih, ki so tudi pokazale vse večje zanimanje gospodarstva za meteorološke podatke in analize.

Posebne številke

Razprave — Posebna številka, Simpozij, Meteorologija - Gospodarstvo, št. 1, Ljubljana 1975:

- Andrej Hočevar: Meteorološki vidiki smotrne rabe prostora,
- Albin Stritar: Meteorologija v luči prostorskega planiranja,
- Ivan Urh: Meteorologija in zemljiški sistem,
- Andrej Martinčič: Vpliv človeka na nastanek nekaterih mrazišč v Trnovskem gozdu,
- Ivan Marušič, Andrej Hočevar: Poskus vključevanja meteoroloških parametrov v planersko analizo prostora,
- Anton Lesar: Digitalni model reliefa,
- Bojan Paradiž: Vloga in naloge meteorologije pri skrbi za čist zrak,
- Bogdan Babšek: Cena čistega zraka,
- Dušan Vukmirovič: Granični sloj atmosfere i problemi primenjene meteorologije,
- Edita Lončar: Prognoza razbijanja inverzije na področju grada Zagreba,
- Zvonimir Katušin: Odredjivanje parametra širenja dima iz dimnjaka EL-TO u Zagrebu na osnovu snimanja jednom kamerom,

Razprave — Posebna številka, Simpozij, Meteorologija - Gospodarstvo, št. 2, Ljubljana 1975:

- Zdravko Petkovšek: Pomoč meteorologije pri optimizaciji načrtovanja zgradb in gradnje,
- Dušan Gregorka: Meteorološki podatki za gradbeništvo,
- Nadežda Šinik: Zavjetrine zgrada kao specifične akumulacije aerotagadjenja,
- Miran Marussig: Meteorološki podatki kot element projektiranja, gradnje in vzdrževanja cest,
- Janko Pristov: Meteorologija in elektrogospodarstvo,
- Milan Vidmar: Hidrometeorologija in projektiranje energetske objekto,
- Danilo Furlan: Meteorologija in vodno gospodarstvo,
- Stjepan Diklić: Generalizacija kratkotrajnih kiša,

Razprave — Posebna številka, Simpozij, Meteorologija - Gospodarstvo, št. 3, Ljubljana 1975,

- Vlasta Stergar: Kaj lahko agrometeorologija nudi kmetijstvu,
- Ivan Penzar: Pomoč meteorologije u planiranju poljoprivrednih kultura,
- Momirka Vukmirovič: Agrometeorološke prognoze za potrebe vočarstva,
- Miloje Radosavljevič: Prognoziranje minimalne temperature po metodu H. Reutera,
- Ivan Gams: Nekateri posebnosti kraške klime,
- Vlado Žitnik: Radarske meritve oblakovih parametrov značilnih za pojav toče,
- Jože Maček: O ogroženosti kmetijskih rastlin od

žveplovega dvokisa in orientacijska ocena od industrijskih emisij prizadetega areala kmetijskih zemljišč v Sloveniji,

- Tone Wagner: Vpliv temperature na proizvodnjo hmelja v Sloveniji,
- Željko Cindrić: Preventivne prognoze stupnja opasnosti od šumskih požara,
- Božo Kristan: Nove tehnike aero snemanje (Remote Sensing) in meteorologija,

Razprave — Papers, Letnik 21, Posebna številka, Simpozij, Avtomatizacija v meteorologiji, Ljubljana, december 1977:

- Bojan Paradiž: Avtomatizacija v meteorologiji,
- Jože Šnajder: Možnosti uporabe mikroračunalnikov pri avtomatskih merilnih postajah,
- Martin Lesjak: Domača avtomatska postaja z mikroračunalnikom,
- Emil Mandeljic: Prenos podatkov v mreži hidrometeoroloških postaj,
- Bojan Paradiž, Dušan Hrček, Andrej Šegula: Programske zahteve za avtomatsko meteorološko postajo,
- Andrej Hočevar: Senzorji - ključni problem avtomatskih meteoroloških opazovanj,
- Božo Glavič: Elektronski telemetrijski sistem za sakupljanje meteoroloških podatka EMP 11,
- Jože Rakovec: Meritve razporeditve temperature in vlage v atmosferi s satelitov,
- Jože Roškar: Uporaba radarsko-računalniškega sistema v meteorologiji,
- Zdravko Petkovšek: Zvočni radar,
- Janko Pristov: Kontrola meteoroloških podatkov v zvezi z avtomatsko obdelavo podatkov,
- Petar Gburčik: Objektivna analiza,
- Tone Planinšek, Bojan Paradiž, Hilda Solomun: Obdelava vetra z avtomatsko meteorološko postajo,
- Verica Gburčik: Automatizovana obrada podatka o sunčevom zračenju,
- Zvonka Herbst, Dušan Hrček: Avtomatska obdelava podatkov o onesnaženju zraka,
- Pepca Pristov: Avtomatska obdelava podatkov na padavinskih postajah,
- Momirka Vukmirovič: Rezultati rada na avtomatizovanoj obradi agrometeoroloških podatka,

Razprave — Papers, Posebna številka - Special issue, Ljubljana, december 1999:

- Klemen Bergant, Lučka Kajfež-Bogataj: Prostorska interpolacija fenoloških podatkov - cvetenje robinije (*Robinia pseudoacacia* L.) v Sloveniji - Spatial interpolation of phenological data of locust tree (*Robinia pseudoacacia* L.) in Slovenia,
- Marjan Jarnjak, Ana Tretjak: Satelitsko skenirani podatki za kartiranje vegetacije - Satellite scanned data in the function of vegetation mapping,

- Simone Orlandini, Marco Bindi, Marco Mancini, Marco Moriondo, Lucca Fibbi: Prostorski prikaz fenoloških podatkov za vinsko trto v različnih skalah z uporabo nevronske mreže - Spatialisation of grapevine phenological data at different scales by using an artificial neural network,
- Lučka Kajfež-Bogataj, Klemen Bergant: Primerjava napovedovanja splošnega cvetenja bobovca (*Malus domestica* Borkh) in domače češnje (*Prunus domestica* L.) v Ljubljani - Comparison of predicting full flowering dates of apple tree (*Malus domestica* Borkh) and plum tree (*Prunus domestica* L.) in Ljubljana,
- Andreja Sušnik, Andreja Kofol-Seliger: Uporaba fenoloških podatkov pri določanju prašenja alergenih rastlin - Usage of phenological data by determination of allergenic plants pollination,
- Attila Bussay: Vrednotenje WMO RA VI.
- agrometeorološke ankete - fenološka opazovanja in mreže - Evaluation of WMO RA VI. Agrometeorological questionnaire related to phenological observations and networks,
- Andrea Cicogna, Marco Gani: Življenjski cikel koruze na območju regije Furlanije Julijske krajine in Slovenije - Life cycle of the maize in Friuli-Venezia Giulia and Slovenia,
- Jaroslav Valter, Ivan Kott: Monitoring sezone prirasti vegetacije na podlagi standardnih fenoloških podatkov - Monitoring of the seasonal progress of vegetation by the normalised phenological data,
- Pavol Nejedlik: Izmenjava fenoloških podatkov za gojene rastline med državami osrednje Evrope (CEC) - Phenological data exchange of cultural plants of Central European Countries (CEC),
- Ana Žust: Fenološki arhiv in uporaba fenoloških podatkov v Sloveniji - Phenological archive survey

Vetrnica

V devetdesetih letih 20. stoletja je izdajanje časopisa *Razprave — Papers* zamrlo, saj je izšla samo ena številka leta 1994. Leta 2000 je izšla še ena, zadnja dvojna številka, kjer so prvič objavljali nekateri mlajši avtorji nove generacije meteorologov.

Po nekaj letnem premoru so v okviru Upravnega odbora sprožili idejo, da bi začeli izdajati novi časopis, kjer bi lahko objavljali vsebine, ki niso samo strokovne in znanstvene.

Na občnem zboru 28. januarja 2009 so izvolili nove organe društva. Na prvi seji Upravnega odbora društva 18. februarja 2009 so sprejeli osnovne usmeritve našega delovanja s ciljem, da bi sčasoma postalo društvo bolj prepoznavno in morda tudi bolj zanimivo. S tem ciljem so postavili v središče programa dela izdajanje društvenega glasila, ki bi imelo informativno vlogo za širšo javnost, povezovalno za člane društva, hkrati pa bi predstavljalo tudi medij za objave strokovnih in poljudnih člankov, ki bi bili za nimivi tako za meteorologe kot širšo javnost. Imenovali so začasni Uredniški odbor glasila v sestavi Mojca Dolinar, Matjaž Česen in Iztok Sinjur, ki je pripravil predlog časopisa z naslednjimi vsebinami:

- *Uvodnik*
Uvodoma odgovorni urednik, Uredniški odbor ali Upravni odbor zapiše nekaj o vsebini vsakokratne številke.
- *V Spomin*
objavljali bomo nekrologe preminulih članov Slovenskega meteorološkega društva.
- *Pod drobnogledom*
V tej rubriki bomo objavljali zanimivosti o posebnih ali izrednih vremenskih dogodkih. Sem

spadajo tudi objave o aktivnostih meteorologov pri svojem delu, ki so praviloma povezane z gospodarstvom in okoljem. Sem bomo vključevali tudi zapise o rezultatih dela članov društva, ki so strokovne narave, ne moremo jih pa uvrstiti med znanstvene članke.

- *Zanimivosti*
Sem spadajo objave o udeležbi članov društva na različnih mednarodnih dogodkih, ki jih organizira Svetovna meteorološka organizacija ali Zveza Evropskih meteoroloških društev, kjer je član tudi naše društvo, in mednarodnih strokovnih konferencah in simpozijih.
- *Iz življenja društva*
Tukaj bomo zapisovali opise naših društvenih dogodkov, kot so občni zbori društva, letna družabna srečanja, opisi strokovnih izletov in podobno.
- *Študentski kotiček*
V tej rubriki objavljamo povzetke diplomskih nalog, magistrskih nalog in doktorskih tez študentov, ki so člani društva.
- *Razprave*
Ta rubrika je neposredni naslednik prvotnega časopisa *Razprave — Papers*. Objavljali bomo torej članke z znanstveno in strokovno vsebino.
- *Napovednik*
Tukaj bomo objavljali znane napovedi mednarodnih srečanj s področja meteorologije.

V nadaljevanju bomo objavili naslovnice vseh 16 Vetrnic, ki so izšle do sedaj. Poleg naslovnice bomo opisali tudi vodilno temo vsakokratne izdaje.



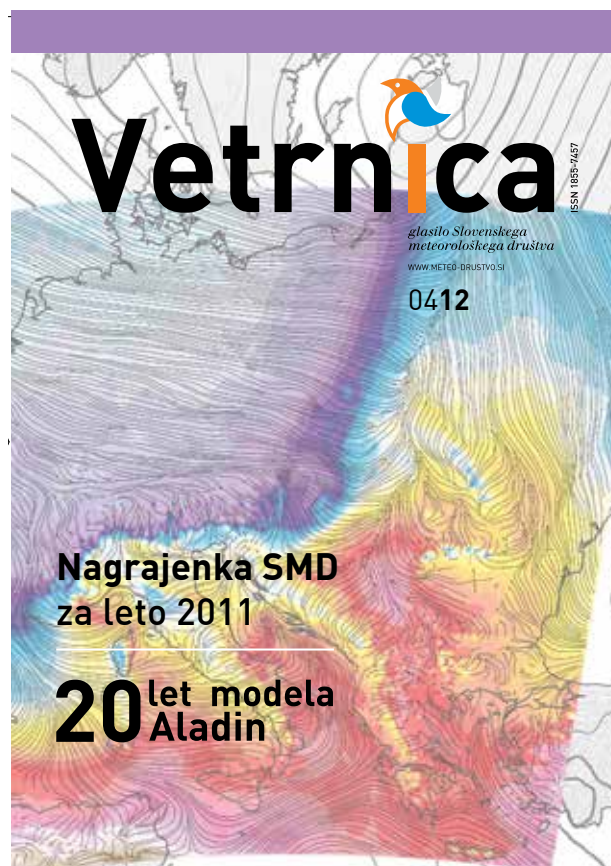
Prva številka je bila posvečena raziskovanju mrazišč v Sloveniji.



Vodilna tema druge številke je bila modeliranje vetra v prizemni plasti z vidika podnebnih sprememb.



Tretja številka je bila posvečena podnebnim spremembam. Objavili smo stališče SMD o podnebnih spremembah.



Osrednja tema te številke je model ALADIN, ki je leto prej slavil 20. obletnico.



Razen vzdrževanja in upravljanja merilnih postaj so nekateri ljubiteljski meteorologi izvrstni fotografi.



V tej posebni številki smo objavili prevod povzetka petega poročila IPCC za odločevalce politik.



Vodilna tema številke, ki obeležuje 60-letnico društva, je varstvo zraka pred onesnaženjem.



V osmi številki smo za vodilno temo izbrali hidrometeorologijo in obširnejši opis sistema BOBER.



Vodilna tema v tej številki je veter in analize vetrnega potenciala.



Posebna številka s prispevki iz dveh dogodkov: Znanstvenega posveta o vročinskih valovih in 8. EKO konference



Vodilna tema 11. številke: Fotografije in intervjuji z zmagovalci natečaja za najlepše fotografije oblakov.



Intervjuja z A. Hočevarjem in D. Hrčkom ter kratke zgodbe zmagovalcev natečaja so rdeča nit 12. številke.



Posebna številka s prispevki z državnega tekmovanja osnovnih in srednjih šol "Zeleno pero"!



Obširen prispevek o poplavih v avgustu 2023 in o homogenizaciji časovnih nizov meteoroloških podatkov.



70 let SMD in povzetki simpozija z naslovom Meteorološke meritve nekoč, danes in jutri.



**Invites
European Meteorological
Society**





Slovensko
meteorološko
društvo

1954 — 2024