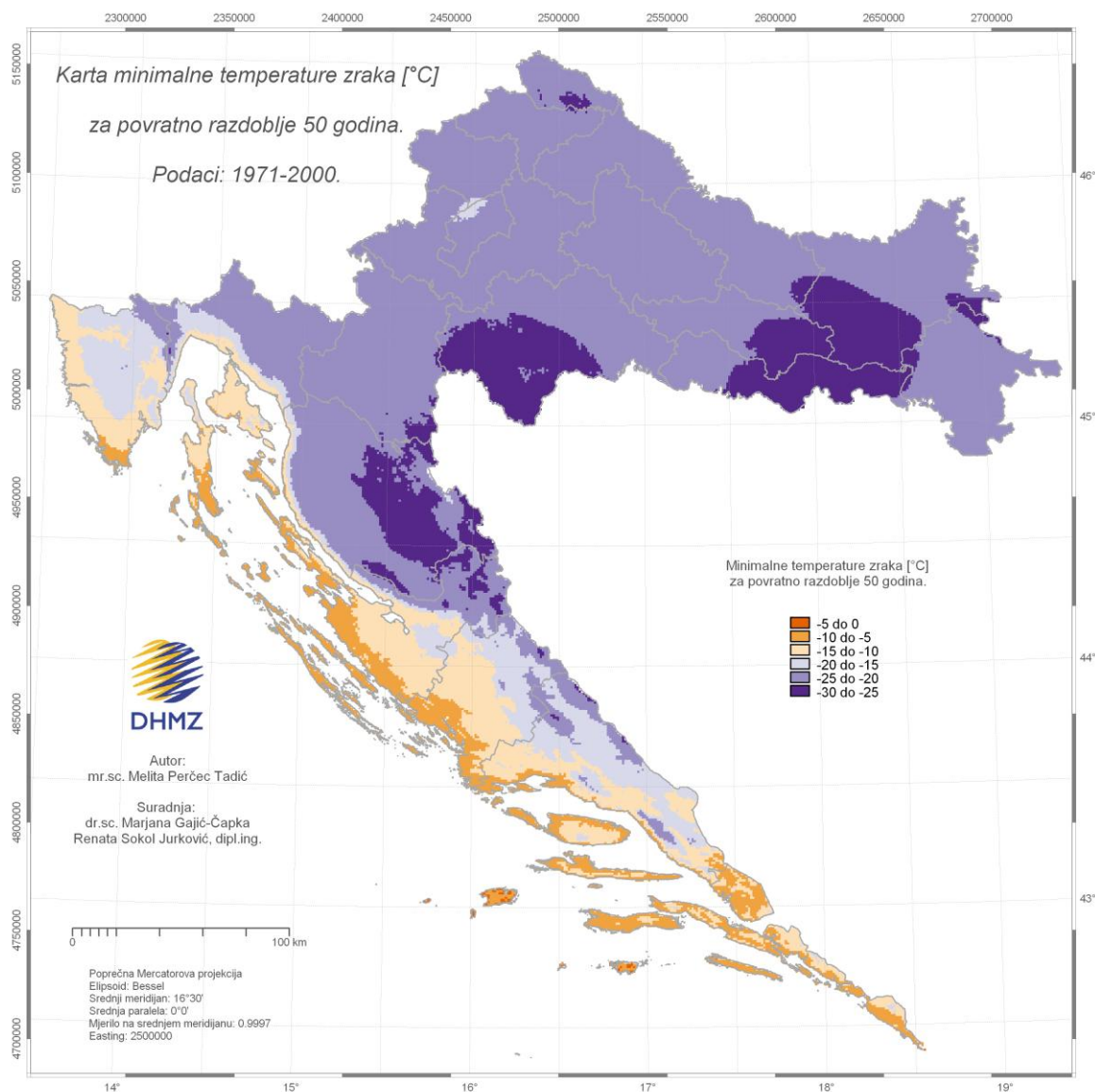


Dokumentacija o digitalnim klimatskim kartama

Karta minimalne temperature zraka za povratno razdoblje 50 godina



Klimatski parametar

Minimalna temperatura zraka za povratno razdoblje 50 godina za područje Republike Hrvatske.

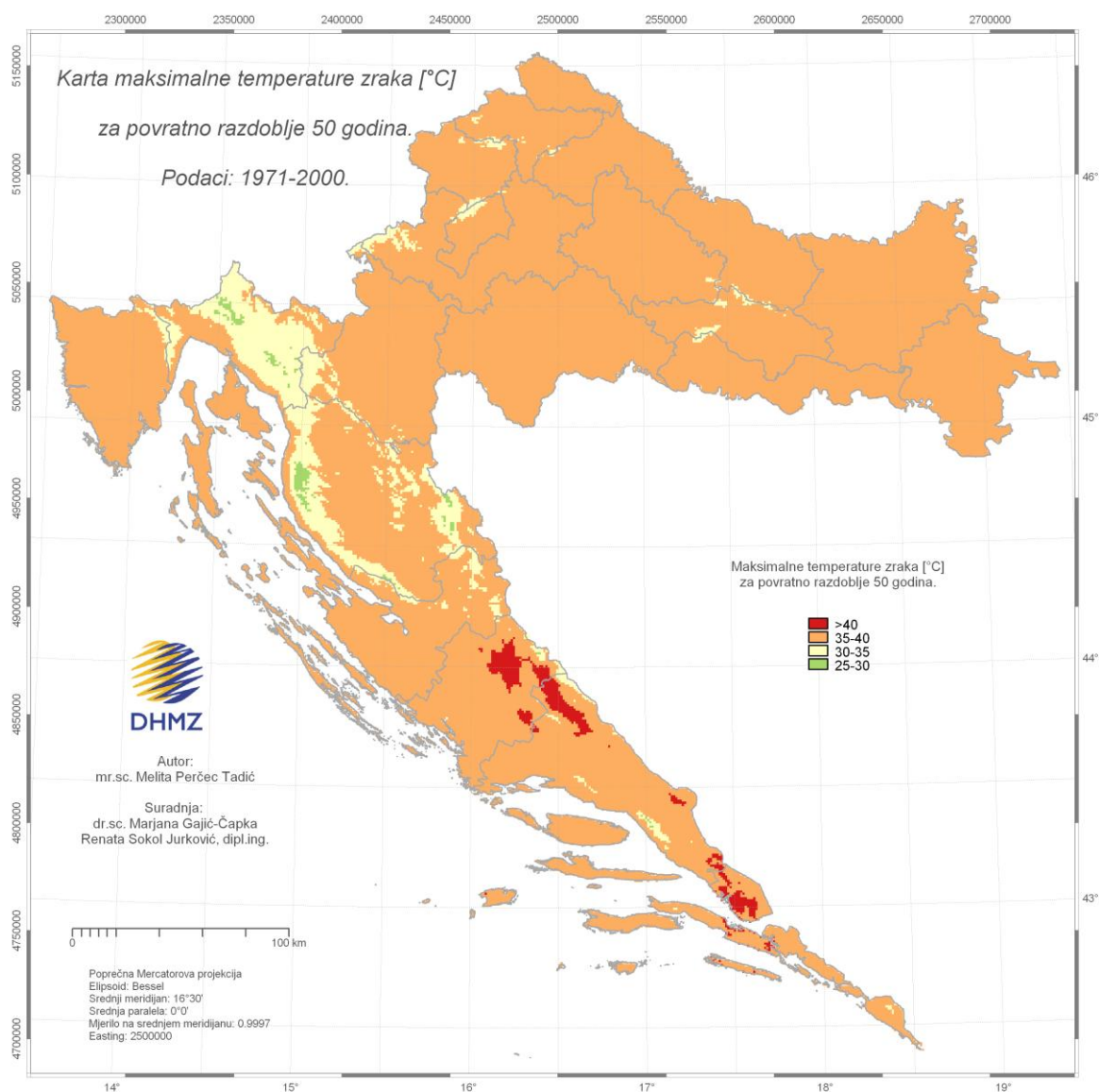
Ključne riječi

karta, apsolutna minimalna, temperatura zraka, teorija ekstrema, regresija, kriging

Podaci	Minimalna temperatura zraka za razdoblje 1971-2000. analizirana je na osnovu podataka dnevnih minimalnih temperatura zraka sa 109 postaja iz mreže postaja Državnog hidrometeorološkog zavoda. Iz ovih mjerenja utvrđene su vrijednosti godišnjih apsolutnih minimalnih temperatura zraka za svaku godinu promatranog razdoblja 1971-2000. i svaku od 109 postaja. Ovi 30-godišnji nizovi minimalnih temperatura zraka na postajama osnova su za proračun očekivanih minimalnih temperatura zraka za povratni period 50 godina ($T_{\min 50}$), korištenjem generalizirane razdiobe ekstremnih vrijednosti (GEV).
Metoda kartiranja	Za procjenu vrijednosti na lokacijama na kojima nema mjerenja korišten je regresijski kriging. Kao prediktori u regresijskom modelu odabrane su glavne komponente (Principal Components) izvedene na temelju visine digitalnog modela terena, otežane udaljenosti od mora, geografske širine i dužine. $T_{\min 50}$ uglavnom ovisi o promjeni otežane udaljenosti od morske granice te o promjeni nadmorske visine. U usporedbi s maksimalnom temperaturom zraka za povratni period 50 godina, ovaj temperaturni parametar ne pokazuje izrazitu ovisnost o nadmorskoj visini, osobito u kontinentalnom dijelu Hrvatske, što je posljedica čestih zimskih temperaturnih inverzija kod kojih su temperatura zraka najniže u prizemnom sloju, a na većim visinama je toplije. Sljedeći korak u prostornoj procjeni $T_{\min 50}$ je kriging reziduala pri čemu eksperimentalni variogram reziduala najbolje modelira sferni izotropni model. Korištena je varijanta lokaliziranog kriginga s pri čemu je za procjenu reziduala u točki mreže korišteno najviše 40 vrijednosti reziduala s najbližih postaja. Nakon definiranja regresijskog modela i variograma reziduala, metodom regresijskog kriginga proračunata je prostorna razdioba minimalnih temperatura zraka za povratni period 50 godina za razdoblje 1971-2000.
Pouzdanost procjene	Regresijskim modelom objašnjeno je 85% prostorne varijabilnosti u podacima. Sveukupno je preciznost predviđanja regresijskog kriginga testirana metodom poprečne validacije izostavljanjem po jednog elementa (Leave-one-out cross-validation, LOOCV link). Računaju se srednja pogreška procjene (ME), normalizirani korijen srednje kvadratne pogreške procjene (RMSEr) i pouzdanost ($1 - \text{RMSEr}^2$). Korišteni model daje $\text{ME} = -0.07^\circ\text{C}$ i $\text{RMSEr} = 0.3$ što odgovara pouzdanosti do 91% na validacijskim točkama.
Opis karte	Za prikaz je odabrano šest temperaturnih klasa širine 5°C i raspona od najnižih -30°C do najtoplijih 0°C . Najviše minimalne temperature zraka s povratnim periodom 50 godina, od -5°C do 0°C , očekuju se na vrlo malim dijelovima otoka najudaljenijim od kopna, dok se $T_{\min 50}$ između -10 i -5°C očekuje na 8.1% kopnene površine uglavnom na otocima i dalmatinskoj obali. Relativno visoke minimalne temperature su uz obalu i na otocima posljedica su utjecaja mora, koje u hladnom dijelu godine djeluje kao spremnik topline i ublažava hladnoću. Na 11.2% kopnene površine koja obuhvaća obalu Istre i Kvarnera, kvarnerske otoke, Ravne kotare, Zagoru i više dijelove srednjedalmatinskih otoka može se očekivati $T_{\min 50}$ u rasponu -15 do -10°C . U unutrašnjosti Istre, primorju, Zagori, te na području Zagreba i Stubičkoj gori, mogu se očekivati $T_{\min 50}$ od -20 do -15°C . To čini područje od oko 8.5% ukupne kopnene površine. Na većem dijelu nizinske kontinentalne Hrvatske i gorske Hrvatske (udjela površine od 59.3%), očekivana $T_{\min 50}$ je od -25 do -20°C . $T_{\min 50}$ niže od -25°C moguće su u Lici, Banovini, Slavoniji i na krajnjem sjeveru Hrvatske što čini udio od 12.7% ukupne kopnene površine.
Rezolucija digitalne karte	$1 \times 1 \text{ km}^2$
Referenca	Perčec Tadić M, Gajić Čapka M, Sokol Jurković R (2012) Karta minimalne temperature zraka. Državni hidrometeorološki zavod.

Dokumentacija o digitalnim klimatskim kartama

Karta maksimalne temperature zraka za povratno razdoblje 50 godina



Klimatski parametar

Maksimalna temperatura zraka za povratno razdoblje 50 godina za područje Republike Hrvatske.

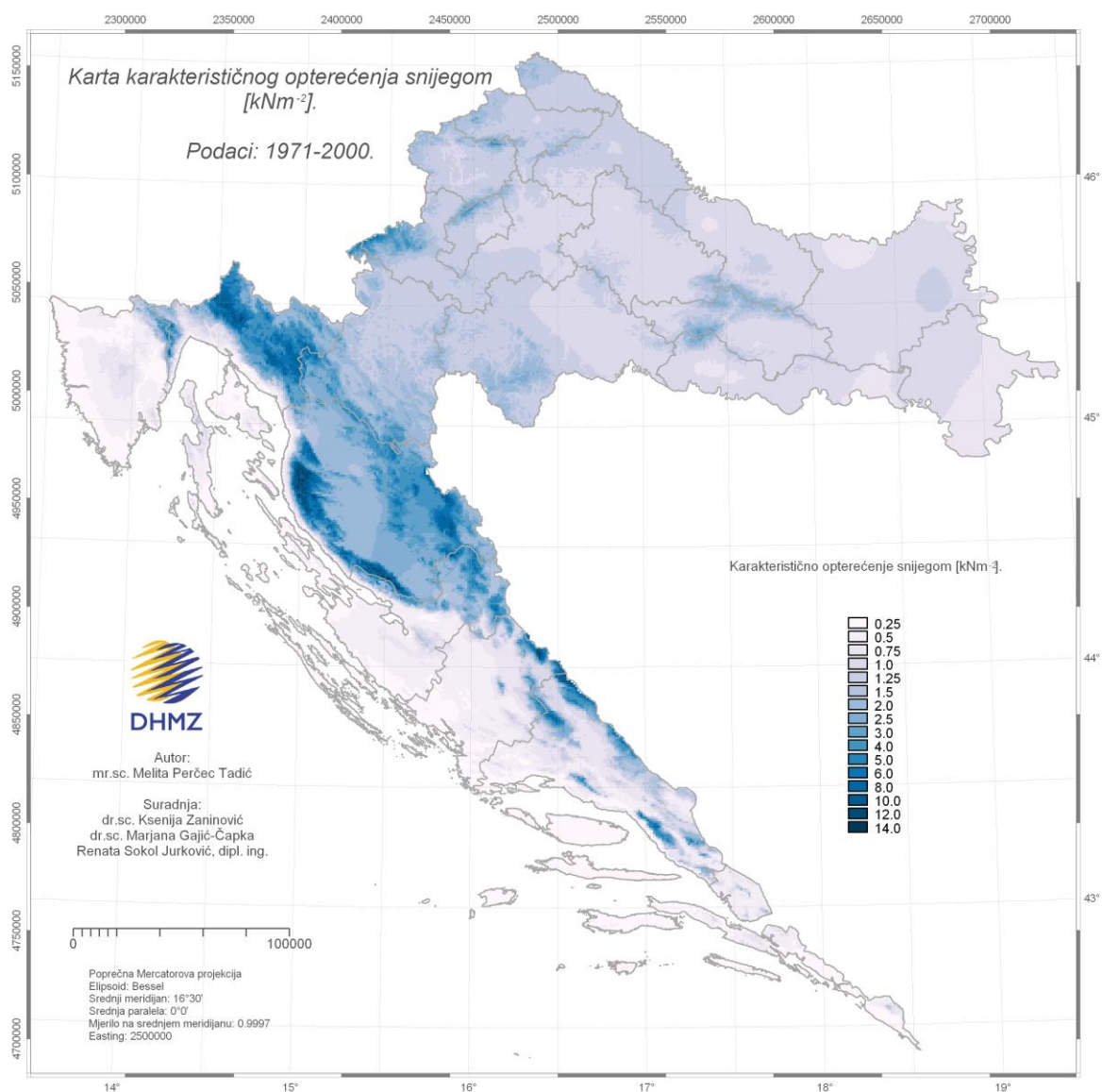
Ključne riječi

karta, apsolutna maksimalna, temperatura zraka, teorija ekstrema, regresija, kriging

Podaci	Maksimalna temperatura zraka za razdoblje 1971-2000. analizirana je na osnovu podataka mjerenja dnevnih maksimalnih temperatura zraka sa 112 postaja iz mreže postaja Državnog hidrometeorološkog zavoda. Iz ovih mjerenja utvrđene su vrijednosti godišnjih apsolutnih maksimalnih temperatura zraka za svaku godinu promatranog razdoblja 1971-2000. i svaku od 112 postaja. Ovi 30-godišnji nizovi maksimalnih temperatura zraka na postajama osnova su za proračun očekivanih maksimalnih temperatura zraka za povratno razdoblje 50 godina ($T_{\max 50}$), korištenjem opće razdiobe ekstremnih vrijednosti (GEV distribution).
Metoda kartiranja	Za procjenu vrijednosti na lokacijama na kojima nema mjerenja korišten je regresijski kriging. Kao prediktori u regresijskom modelu odabrane su glavne komponente (Principal Components) izvedene na temelju visine digitalnog modela terena, otežane udaljenosti od mora, geografske širine i dužine. $T_{\max 50}$ uglavnom ovisi o promjenama nadmorske visine, a dijelom i o promjeni otežane udaljenosti od morske granice. Sljedeći korak u prostornoj procjeni $T_{\max 50}$ je kriging reziduala pri čemu variogram regresijskih reziduala najbolje aproksimira eksponencijalni izotropni model. Korištena je varijanta lokaliziranog kriginga pri čemu je za procjenu reziduala u točki mreže korišteno najviše 50 vrijednosti reziduala s najbližih postaja. Nakon definiranja regresijskog modela i variograma reziduala, metodom regresijskog kriginga proračunata je prostorna razdioba maksimalnih temperatura zraka za povratno razdoblje 50 godina.
Pouzdanost procjene	Regresijskim modelom objašnjeno je 53% prostorne varijabilnosti u podacima prema vrijednosti koeficijenta determinacije. Sveukupno je preciznost predviđanja regresijskog kriginga testirana metodom poprečne validacije izostavljanjem po jednog elementa (Leave-one-out cross-validation, LOOCV link). Računaju se srednja pogreška procjene (ME), normalizirani korijen srednje kvadratne pogreške procjene (RMSEr) i pouzdanost ($1 - \text{RMSEr}^2$). Korišteni model daje $\text{ME} = 0.02^\circ\text{C}$ i $\text{RMSEr} = 0.53$ što odgovara pouzdanosti do 72% na validacijskim točkama.
Opis karte	Za prikaz su odabrane četiri temperaturne klase širine 5°C . Velik dio područja Republike Hrvatske (90.9% kopnene površine) može očekivati maksimalnu temperaturu zraka s povratnim periodom 50 godina između 35°C i 40°C . Vrijednosti $T_{\max 50}$ više od 40°C mogu se očekivati samo na 1.8% kopnene površine uglavnog krškog dijela Hrvatske (Kninska, Vrlička, Cetinska, Sinjska, Imotska i Vrgoračka krajina) i na pojedinim lokacijama Pelješka i Korčule. Niže vrijednosti $T_{\max 50}$ između 30°C i 35°C može se očekivati na 6.9% kopnene površine na područjima višim od približno 400 m kontinentalne Hrvatske i područjima višim od 600 m primorske Hrvatske. $T_{\max 50}$ od 25 – 30°C može se očekivati tek iznad približno 1300 m što su vršna područja planina Gorskog kotara, Velebita, Plješevice, Dinare i Biokova.
Rezolucija digitalne karte	$1 \times 1 \text{ km}^2$
Referenca	Perčec Tadić M, Gajić Čapka M, Sokol Jurković R (2012) Karta maksimalne temperature zraka. Državni hidrometeorološki zavod.

Dokumentacija o digitalnim klimatskim kartama

Karta karakterističnog opterećenja snijegom



Klimatski parametar

Maksimalno godišnje opterećenje snijegom za povratno razdoblje 50 godina za područje Republike Hrvatske.

Ključne riječi

karta, opterećenje snijegom, visina snježnog pokrivača, gustoća snijega, teorija ekstrema, regresija, kriging

Podaci

Opterećenje snijegom računa se iz mjerenja visine snježnog pokrivača i gustoće snijega. Visina snježnog pokrivača mjeri se stalnim ili pokretnim snjegomjerom u 7 sati po lokalnom vremenu. Gustoća snijega određuje se snjegomjernom vagonom, ili izuzetno Hellmannovom vadicom, i mjeri se svakih pet dana i u danima s novim snježnim pokrivačem poslije mjerenja visine snježnog pokrivača u 7 sati po lokalnom vremenu. Dok se visine snježnog pokrivača mjere na većem broju postaja (118), gustoće snijega za razdoblje 1971-2000. raspoložive su na svega 13 meteoroloških postaja. Stoga bi se opterećenje snijegom na osnovi raspoloživih mjerenja visina snijega i gustoća moglo proračunati samo na 13 postaja koje mjere oba parametra, što je nedovoljno za potrebe kartiranja opterećenja i procjenu njegove vrijednosti za područje Hrvatske. Kako bi se prevladala ova poteškoća, provedena je analiza dnevnih podataka gustoće snijega i visine snježnog pokrivača na 13 postaja koje mjere oba klimatološka parametra kako bi se utvrdilo postoji li veza između ovih parametara. Definiranjem regresijskih jednadžbi kojima se procjenjuje ovisnost gustoće snijega o visini snježnog pokrivača, moguće je iz maksimalnih mjesečnih visina snijega proračunati gustoće snijega i dalje mjesečna opterećenja, a iz nizova mjesečnih opterećenja i najveće godišnje opterećenje snijegom. Time je za 105 postaja (uz 13 postaja na kojima se godišnje opterećenje računa izravno) dobiven dovoljan broj nizova godišnjih opterećenja za procjenu maksimalnog opterećenja za povratni period 50 godina. Karakteristično opterećenje snijegom (s_k) definira se kao opterećenje snijegom za koje je vjerojatnost premašaja te vrijednosti 0.02, i isključuje izuzetna opterećenja snijegom. Ova vjerojatnost premašaja odgovara maksimalnom opterećenju snijegom koje se može očekivati jednom u 50 godina. Za procjenu opterećenja snijegom koje se može očekivati jednom u 50 godina korištena je generalizirana razdioba ekstremnih vrijednosti (GEV) za sve meteorološke postaje koje raspolaze potpunim nizom podataka maksimalnih godišnjih opterećenja snijegom u 30-godišnjem razdoblju 1971-2000. Budući da je za analizu prostorne raspodjele potrebno raspolagati što gušćom mrežom postaja, broj postaja s potpunim nizom podataka nadopunjen je i postajama koje raspolaze s barem 20-godišnjim nizom podataka u razdoblju 1971-2000. Izuzetno su u analizu uključeni i podaci osam postaja s manje od 20 godina podataka koji su ipak dragocjeni jer se nalaze na područjima gdje nema drugih postaja ili su to postaje na većim nadmorskim visinama kojih također ima malo. Ove procijenjene vrijednosti, sada za 118 postaja, dovoljna su baza podataka za daljnju geostatističku analizu i kartiranje.

Metoda kartiranja

Za procjenu vrijednosti na lokacijama na kojima nema mjerenja korišten je regresijski kriging. Kao prediktori u regresijskom modelu odabrane su glavne komponente (Principal Components) izvedene na temelju visine digitalnog modela terena, otežane udaljenosti od mora, geografske širine i dužine. Ukoliko statistička razdioba podataka, kao što je slučaj s podacima karakterističnog opterećenja snijegom, odstupa od normalne razdiobe, preporučljivo je podatke prije regresijske analize transformirati korištenjem logaritamske transformacije. Ovo je opravdano i stoga što drugi autori koriste funkciju potencija za definiranje ovisnosti opterećenja o nadmorskoj visini. Logaritmiranjem funkcije potencija dolazi se do jednadžbe u kojoj $\ln(s_k)$ linearno ovisi o nadmorskoj visini. Regresijska analiza pokazala je da su otežana udaljenost od morske granice i nadmorska visina najvažniji prediktori u regresijskoj jednadžbi. Sljedeći korak u prostornoj procjeni s_k je kriging reziduala pri čemu je utvrđeno da variogram reziduala najbolje modelira eksponencijalni izotropni model. Za proračun vrijednosti s_k u točki mreže korišten je lokalizirani kriging, s najviše 90 procjena s najbližih postaja. Nakon definiranja regresijskog modela i variograma reziduala, metodom regresijskog kriginga proračunata je prostorna razdioba maksimalnog opterećenja snijegom za povratni period 50 godina, tzv. karakteristično opterećenje snijegom.

Pouzdanost procjene

Regresijski model objašnjava 75% varijabilnosti podataka. Sveukupno je

preciznost predviđanja regresijskog kriginga testirana metodom poprečne validacije izostavljanjem po jednog elementa (Leave-one-out cross-validation, LOOCV link). Računaju se srednja pogreška procjene (ME), normalizirani korijen srednje kvadratne pogreške procjene (RMSEr) i pouzdanost ($1 - \text{RMSEr}^2$). Korišteni model daje $\text{ME} = 0.02 \text{ kNm}^{-2}$ i $\text{RMSEr} = 0.31$ što odgovara pouzdanosti do 91% na validacijskim točkama.

Opis karte

Za kartu karakterističnog opterećenja snijegom odabrano je 14 klasa opterećenja. Najniže vrijednosti karakterističnog opterećenja snijegom do 0.25 kNm^{-2} tipične su za 10% ukupne kopnene površine Hrvatske. To su područja na otocima i obali do 300 m nadmorske visine gdje se samo rijetko može očekivati snježni pokrivač debljine nekoliko ili desetak centimetara. Izuzetak su kvarnerski otoci koji na dijelovima otoka višim od 300 m mogu imati opterećenja do 1 kNm^{-2} , a Mali Lošinj na visinama iznad približno 500 m i do 1.5 kNm^{-2} . Zona karakterističnog opterećenja snijegom od $0.25 - 0.5 \text{ kNm}^{-2}$ obuhvaća 9.5% ukupne kopnene površine i nalazi se na obali, na visinama uglavnom od 100–300 m. Najveći udio od 33.3% kopnene površine pripada zoni opterećenja od $0.5 - 1.0 \text{ kNm}^{-2}$ i većim dijelom obuhvaća područja istočne i središnje nizinske kontinentalne Hrvatske na visinama do 200 m, a manjim dijelom i primorska područja na visinama od približno 300–500 m. Nizinski zapadni dio kontinentalne Hrvatske do 200 m visine uglavnom je u zoni opterećenja do 1.25 kNm^{-2} dok su područja na visinama od 200–300 m visine uglavnom u zoni opterećenja od $1.25 - 1.5 \text{ kNm}^{-2}$. Zone opterećenja od $1 - 1.5 \text{ kNm}^{-2}$ nalaze se i u primorju, na obroncima planina, ali uglavnom na visinama iznad 500 m. Ukupno je u ovoj zoni 26.6% kopnene površine Hrvatske. Zona opterećenja od $1.5 - 2 \text{ kNm}^{-2}$ nalazi se većim dijelom na području Like i gorske Hrvatske. U Lici počinje na približno 500 m visine. Na obroncima kontinentalne Hrvatske počinje od približno 300 m visine. Na obroncima planina uz obalu ovakva opterećenja počinju na visinama od približno 700 m. Ova zona obuhvaća 7.5% kopnene površine Hrvatske. Ukupno gledano, zone opterećenja do 2 kNm^{-2} obuhvaćaju 86.8% kopnene površine Hrvatske dok 13.2% površine ima veća karakteristična opterećenja.

Područja karakterističnog opterećenja od $2 - 4 \text{ kNm}^{-2}$ obuhvaćaju 9.3% kopnene površine i nalaze se na obroncima planina u unutrašnjosti na visinama od 400–800 m nadmorske visine. Na planinama Gorskog kotara i na ličkom platou iste vrijednosti karakterističnog opterećenja se zbog maritimnog utjecaja protežu do visina od približno 900 m, a na Velebitu i planinama uz more južno od Velebita ovakva opterećenja počinju na približno 700 m, a protežu se do 1100 m nadmorske visine.

Na svega 3.9% kopnene površine očekivana karakteristična opterećenja snijegom veća su od 4 kNm^{-2} . U sjeverozapadnoj Hrvatskoj su opterećenja od $4 - 5 \text{ kNm}^{-2}$ moguća na samom vrhu Medvednice i na vršnim dijelovima Žumberačkog gorja. Ovakva opterećenja su zastupljenija na visinama iznad 800–1200 m na planinama gorske Hrvatske, Velebita i planinama južnog dijela Dinarskog lanca. Visinske granice ove zone se prema obali i prema jugu pomiču prema višim nadmorskim visinama, a ukupni udio površine koju obuhvaća zona je 1.6%. Karakteristično opterećenje od $5 - 6 \text{ kNm}^{-2}$ očekuje se na 1% kopnene površine, uglavnom na visinama od 1000–1300 m. Na 0.8% kopnene površine očekuje se opterećenje od $6 - 8 \text{ kNm}^{-2}$ počevši od 1100–1300 m nadmorske visine na planinama Gorskog kotara i penjući se do 1400 m na Velebitu.

Samo 0.5% kopnene površine Hrvatske (277 km²) može očekivati karakteristična opterećenja veća od 8 kNm^{-2} . Karakteristično opterećenje od $8 - 10 \text{ kNm}^{-2}$ moguće je na vrhovima Gorskog kotara od 1200–1400 m nadmorske visine, na Velebitu od 1300–1500 m i na Dinari od 1400–1600 m. Karakteristično opterećenje od $10 - 12 \text{ kNm}^{-2}$ u Gorskom kotaru se može očekivati na visinama od 1400–1500 m, na 1400–1600 na Velebitu i na 1500–1800 na Dinari. Najviša, ali najmanja površinom je zona opterećenja od $12 - 14 \text{ kNm}^{-2}$ koja obuhvaća 15 km² velebitskih vrhova

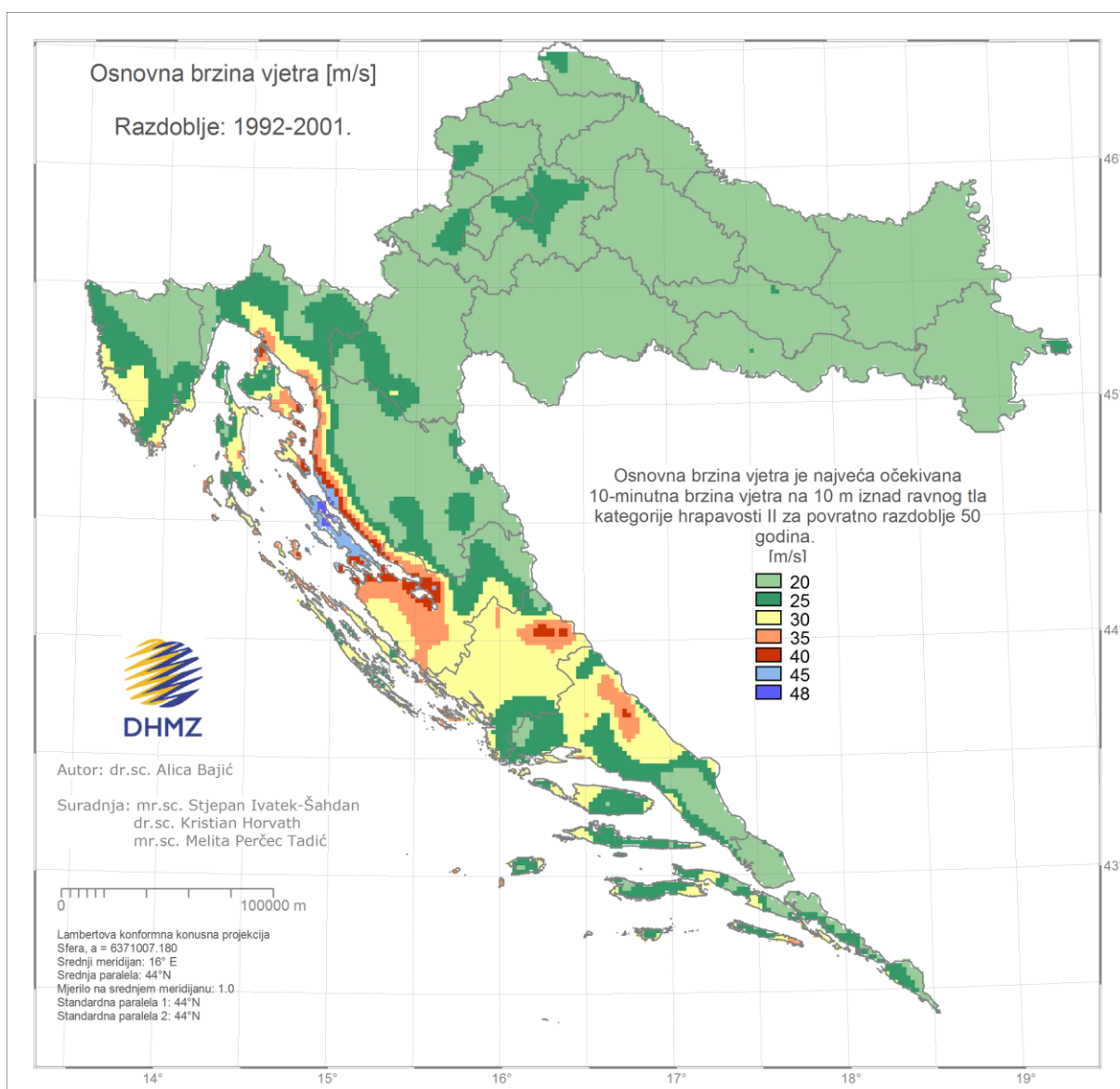
iznad 1400 m nadmorske visine i ova vrijednost opterećenja se slaže s karakterističnim opterećenjem na osnovi podataka visine snijega i gustoće snijega izmjerenih na meteorološkoj postaji Zavižan.

Rezolucija digitalne karte 1 x 1 km²

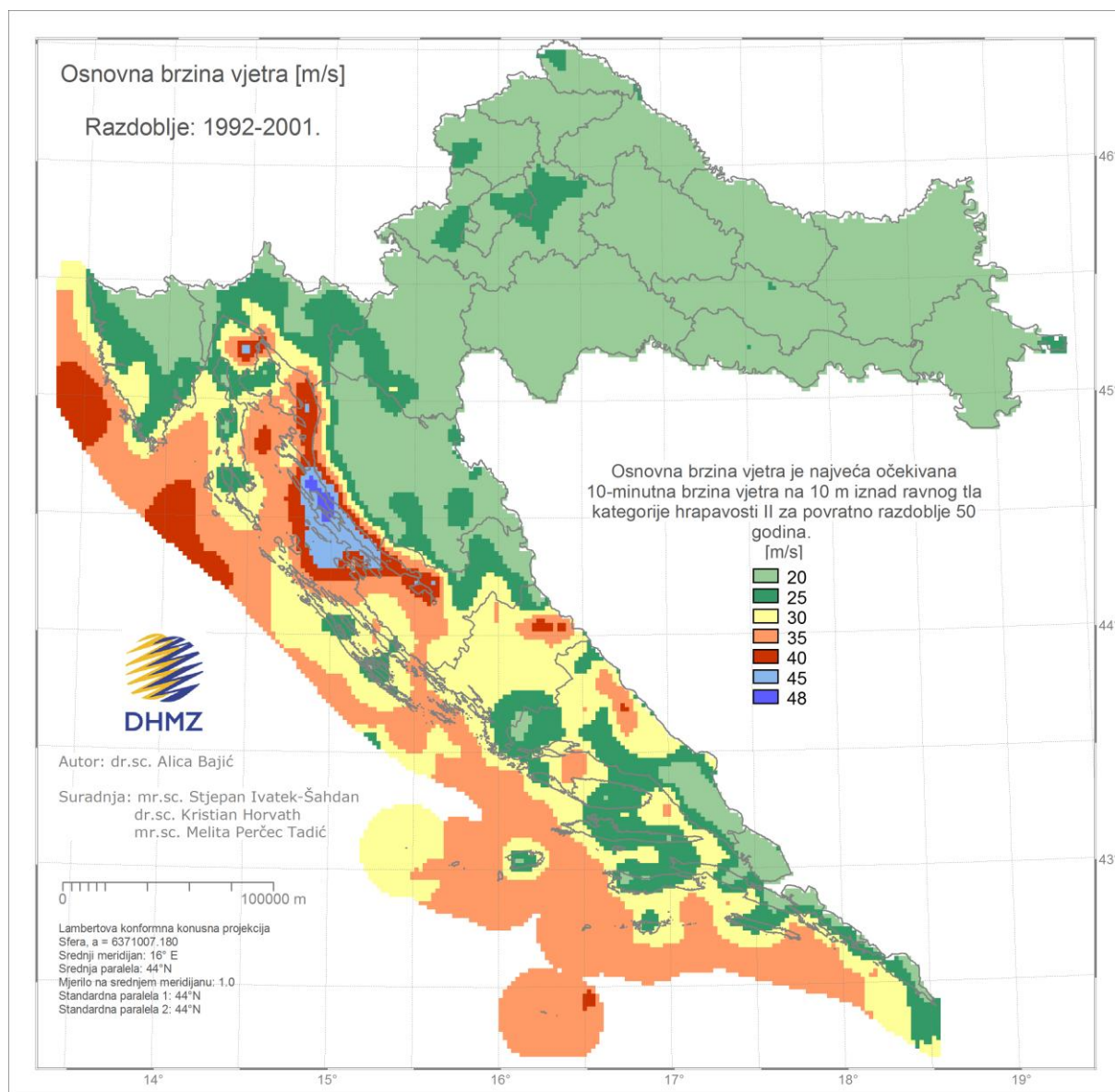
Referenca Perčec Tadić M, Zaninović K, Gajić Čapka M, Sokol Jurković R (2012) Karta karakterističnog opterećenja snijegom. Državni hidrometeorološki zavod.

Dokumentacija o digitalnim klimatskim kartama

Karta osnovne brzine vjetra, kopno



Karta osnovne brzine vjetra, kopno i more



Klimatski parametar

Osnovna brzina vjetra definirana kao maksimalna 10-minutna brzina vjetra na 10 m iznad ravnog tla kategorije hrapavosti II za koju se može očekivati da bude premašena jednom u 50 godina.

Ključne riječi

karta, osnovna brzina vjetra, zone opterećenja vjetrom, teorija ekstrema, numerički modeli atmosfere

Podaci

Osnovna brzina vjetra proračunata je na 25 lokacija s kontinuiranim mjerenjima smjera i brzine vjetra koristeći opću Pareto razdiobu ekstrema na temelju izmjerenih maksimalnih 10-minutnih brzina vjetra svedenih na ravno tlo kategorije hrapavosti II. Iako su proračunate maksimalne očekivane brzine vjetra na meteorološkim postajama dale uvid u opće značajke prostorne raznolikosti ove veličine, broj i položaj postaja pokazao se neadekvatnim za opravdano korištenje statističkih

metoda interpolacije maksimalne očekivane brzine vjetra na područja bez mjerenja. Problem nedovoljne prostorne pokrivenosti podacima prevladan je korištenjem numeričkog modela atmosfere za ograničeno područje. Pri tome je primijenjena metoda dinamičke prilagodbe globalnih reanaliza Europskog centra za srednjoročne prognoze vremena ERA-40 na mrežu točaka horizontalne razlučivosti $2 \times 2 \text{ km}^2$ dinamičkom adaptacijom rezultata spektralnog, prognostičkog modela ALADIN. Klimatologija vjetra u prizemnom graničnom sloju proračunata je za raspoloživo razdoblje od 10 godina (1992-2001.). Koristeći duge nizove modeliranih brzina za svaku točku mreže su proračunate očekivane ekstremne brzine vjetra korsiteći opću Pareto razdiobu ekstrema. Područja pojedinog razreda osnovne brzine vjetra ujedno su i zone opterećenja vjetrom, a karta osnovne brzine vjetra sastavni je dio nacionalnog dodatka norme HRN EN 1991-1-4:2012/NA:2012, Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije -- Dio 1-4: Opća djelovanja-- Djelovanja vjetra -- Nacionalni dodatak (Eurocode 1: Actions on structures -- Part 1-4: General actions -- Wind actions -- National Annex).

Pouzdanost procjene Verifikacija modeliranih vrijednosti brzine vjetra potvrdila je postojanje statistički signifikantne linearne korelacije mjerenih i modeliranih brzina vjetra na svim analiziranim postajama. Pokazano je da model uspješno prepoznaje situacije s olujnim vjetrom, te da sustavno podcjenjuje ekstremnu brzinu vjetra za ~10-15%. Imajući u vidu mnogobrojne moguće razloge za postojanje razlike između mjerenih i modeliranih osnovnih brzina vjetra, pokazalo se da je korištenje numeričkog modela atmosfere za ocjenu prostorne raspodjele očekivanih maksimalnih brzina vjetra na područja bez mjerenja opravdano, osobito za područja kompleksnog terena gdje niti jedna statistička metoda interpolacije ne može dati realne rezultate.

Opis karte Osnovna značajka dobivene prostorne raspodjele osnovne brzine vjetra su znatno veće vrijednosti na području priobalja i otoka u odnosu na kontinentalni dio Hrvatske. Kopneno područje najvećih vrijednosti je primorska strana Velebita. Na tom području se može očekivati da 10-minutna brzina vjetra na 10 m iznad tla u prosjeku jednom u 50 godina premaši vrijednost od 40 m/s. Veći dio Hrvatske, međutim, karakterizira osnovna brzina vjetra do 30 m/s. Prva zona opterećenja vjetrom obuhvaća najveći dio Hrvatske. Zona II obuhvaća dijelom priobalje Istre, obalnu liniju od Kvarnera do Splita i gotovo cijelu Splitsko-dalmatinsku i Šibensko-kninsku županiju. Zone III i IV u kojoj osnovna brzina vjetra prelazi 30 m/s, odnosno 35 m/s, protežu se na priobalju podno Velebita, te u zaleđu Šibenika i Splita. Najveće opterećenje vjetrom možemo očekivati na području gdje se obronci Velebita najstrmije spuštaju k moru, tj. na dijelu obale od Senja do Karlobaga i na otoku Pagu gdje se ekstremne brzine vjetra mjere u situacijama s olujnom burom.

Rezolucija karte digitalne $2 \times 2 \text{ km}^2$

Referenca Bajić, A., 2011: Prostorna raspodjela očekivanih maksimalnih brzina vjetra na složenom terenu Hrvatske kao podloga za ocjenu opterećenja vjetrom, Doktorski rad, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 111 pp.
Bajić A., Ivatek-Šahdan, S., Horvath, K., Perčec Tadić, M. (2012) Karta osnovne brzine vjetra. Državni hidrometeorološki zavod.