

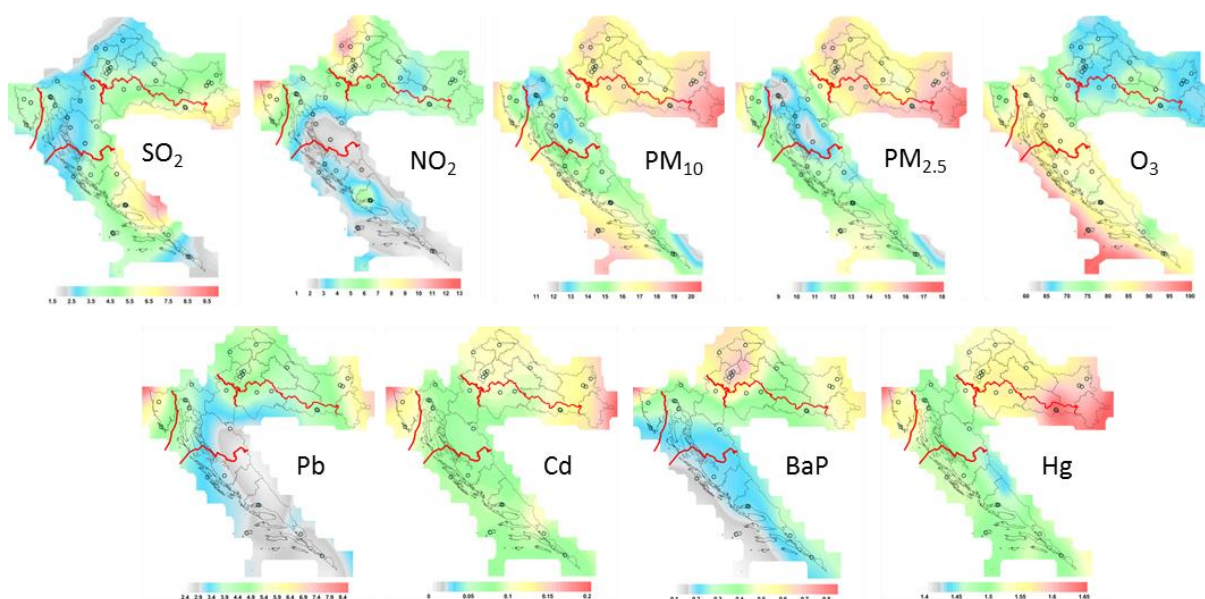


DRŽAVNI HIDROMETEOROLOŠKI ZAVOD

Objektivna ocjena kvalitete zraka u zonama Republike Hrvatske za 2015. godinu

Sonja Vidič

SEKTOR ZA KVALITETU ZRAKA
Odjel za istraživanje kvalitete zraka



Zagreb, kolovoz 2016.



Objektivna ocjena kvalitete zraka u zonama Republike Hrvatske za 2015. godinu

SADRŽAJ

UVOD	5
PODLOGE ZA IZRADU OBJEKTIVNE OCJENE I METODOLOGIJA	5
PROSTORNA RASPODJELA SREDNJIH GODIŠNJIH VRIJEDNOSTI KONCENTRACIJA ONEČIŠĆUJUĆIH TVARI ZA RAZDOBLJE 2001-2013. GODINE (SO ₂ , NO ₂ , PM ₁₀ i PM _{2.5})	7
PROSTORNA RASPODJELA SREDNJIH GODIŠNJIH VRIJEDNOSTI KONCENTRACIJA OZONA	14
PROSTORNA RASPODJELA SREDNJIH GODIŠNJIH VRIJEDNOSTI KONCENTRACIJA TEŠKIH METALA (Pb, Cd, Hg) I POSTOJANIH ORGANSKIH SPOJEVA (B(a)P)	16
SAŽETAK REZULTATA	18
PRILOG 1. Ocjena kvalitete zraka na području Republike Hrvatske temeljem rezultata EMEP modela za 2015. godinu	20

Uvod

Sukladno Zakonu o zaštiti zraka (NN 130/11., NN 47/14) i odgovarajućim podzakonskim propisima, ocjena kvalitete zraka na području država članica Europske unije može se izraditi temeljem

- a) kontinuiranih mjerenja propisanih parametara kvalitete zraka u propisanoj regulatornoj mreži mjernih postaja,
- b) indikativnih mjerenja i/ili modeliranja u područjima gdje nije nužno provoditi kontinuirana mjerenja propisanih parametara kvalitete zraka i/ili
- c) ekspertne/objektivne procjene stručnjaka, koji donosi objektivnu procjenu na osnovi svih relevantnih raspoloživih informacija i podataka i analiza.

Ekspertna ocjena kvalitete zraka provodi se za sva područja (zone) u kojima se ne provode mjerenja kvalitete zraka, mjerenja se provode nekom od nestandardiziranih metoda ili se provode nekom standardiziranom metodom za koju nisu provedeni testovi ekvivalencije s referentnom metodom.

Rezultati proračuna atmosferskim modelima mogu se koristiti u ovisnosti o njihovoj prihvatljivosti s obzirom na propisani raspon „nesigurnosti“ (uncertainty) modeliranja (2008/50/EK direktiva, prilog I., FAIRMODE) na dva načina: neposredno, s jednakom težinom kao i rezultati mjerenja – ukoliko zadovoljavaju kriterije propisane direktivom, i posredno – kao podloga za izradu ekspertne procjene.

Neposredna primjena atmosferskih modela, kao i primjena ekspertne procjene, sukladno člancima 6. i 9. direktive 2008/50/EK prihvatljiva je **u slučajevima kada su izmjerene vrijednosti koncentracija onečišćujućih tvari na razmatranom području ispod gornje i/ili ispod donje granice procjenjivanja** za svaku onečišćujuću tvar koja se razmatra (Prilog II. direktive 2008/50/EK).

U nastavku ćemo dati ekspertnu ocjenu kvalitete zraka uvažavajući propisane kriterije u zonama, odnosno područjima u kojima se mjerenja parametara kvalitete zraka ne provode.

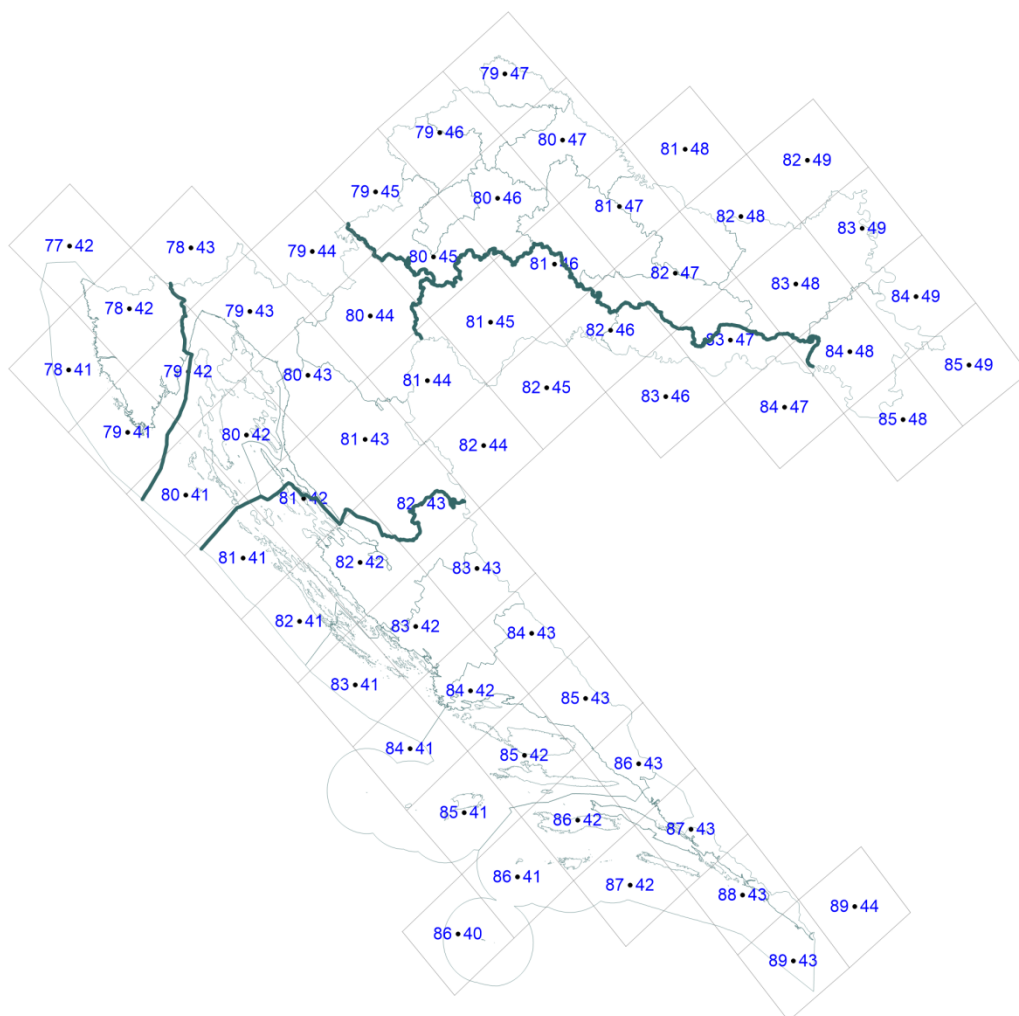
Podloge za izradu objektivne ocjene i metodologija

Objektivna ocjena može se izraditi na osnovi (a) rezultata modeliranja, (b) rezultata indikativnih mjerenja (ukoliko su bila provedena), (c) ekspertne procjene stručnjaka koji na osnovi znanja i iskustva može procijeniti da li je neko područje izloženo razinama onečišćanja koje iziskuju pokretanje odgovarajućih mjera ili aktivnosti i (d) kombinacijom svih gore navedenih metoda.

Budući da za 2015. godinu nije provedeno modeliranje kvalitete zraka za područje Republike Hrvatske, objektivnu ocjenu stanja kvalitete zraka u zonama predložit ćemo na osnovi:

- I. analize rezultata proračuna prizemnih koncentracija SO₂, NO₂, PM₁₀, PM_{2.5} i CO regionalnim modelom „EMEP“ u mreži točaka 50 km x 50 km za razdoblje 2001-2013. godine i pripadajućih trendova, te
- II. analize rezultata mjerenja u gradovima i aglomeracijama u kojima se ista provode.

Mreža točaka u kojima se proračunavaju prizemne koncentracije onečišćujućih tvari prikazana je na slici 1. Raspodjela točaka po pojedinim zonama prikazana je u Tablici 1.



Slika 1. Točke EMEP modela na skali 50 km x 50 km raspoređene po teritoriju RH

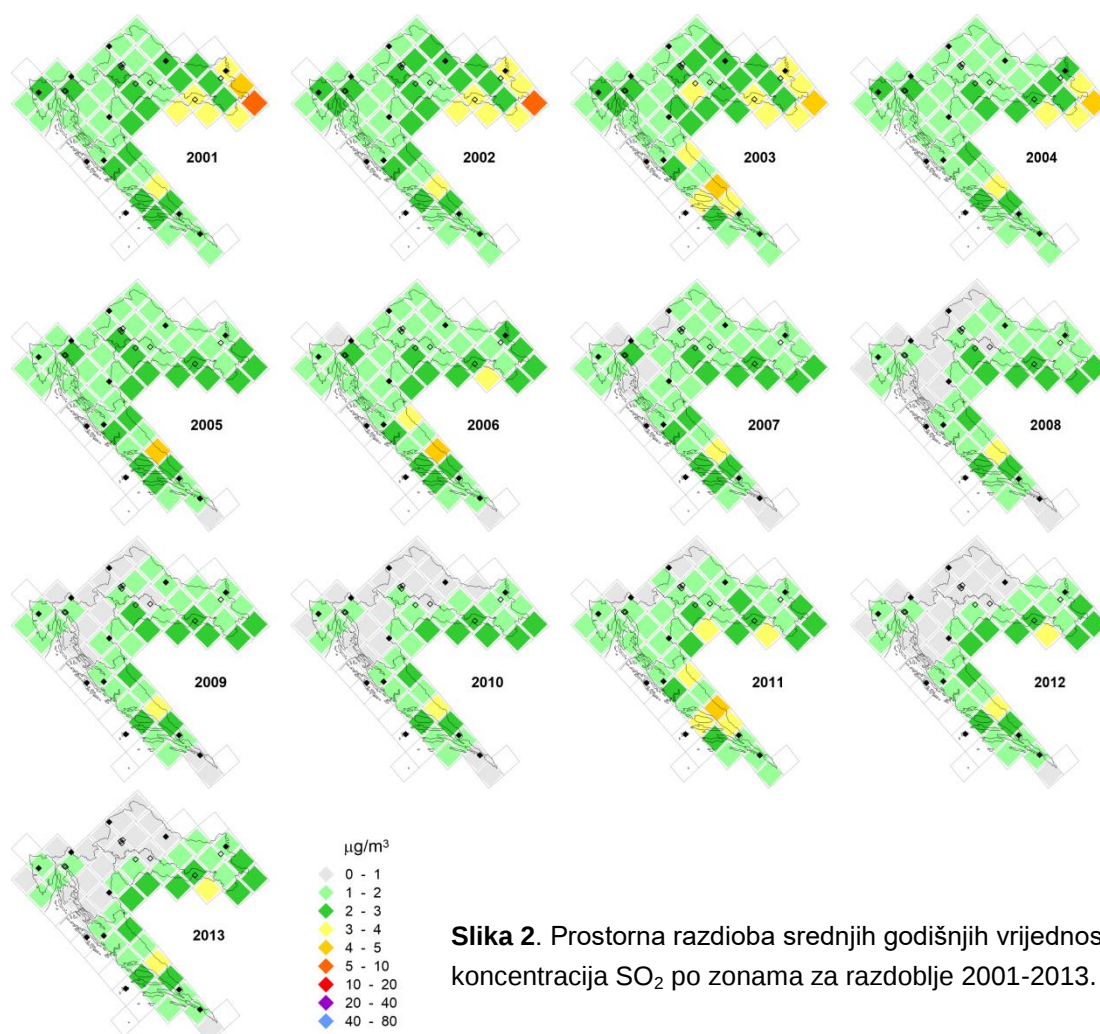
Tablica 1. Točke EMEP modela po zonama u kojima su proračunate vrijednosti koncentracija onečišćujućih tvari

Zona	Točke EMEP modela po zonama											
HR 01	79, 45	79, 46	79, 47	80, 45	80, 46	80, 47	81, 47	81, 48	82, 47	82, 48	82, 49	83, 48
	83, 49	84, 48	84, 49	85, 48	85, 49	17 gridova prostorne mreže						
HR 02	81, 45	81, 46	82, 45	82, 46	83, 46	83, 47	84, 47	7 gridova prostorne mreže				
HR 03	78, 43	79, 43	79, 44	80, 41	80, 42	80, 43	80, 44	81, 42	81, 43	81, 44	82, 43	82, 44
HR 04	77, 42	78, 41	78, 42	79, 41	79, 42	5 gridova prostorne mreže						
HR 05	81, 41	82, 41	82, 42	83, 41	83, 42	83, 43	84, 41	84, 42	84, 43	85, 41	85, 42	85, 43
	86, 40	86, 41	86, 42	86, 43	87, 42	87, 43	88, 43	89, 43	89, 44	21 grid pros. mreže		

Napomena: Koordinate se odnose na točke modela. Točka je u središtu područja površine 50km x 50km, odnosno pokriva područje od 2500 četvornih kilometara.

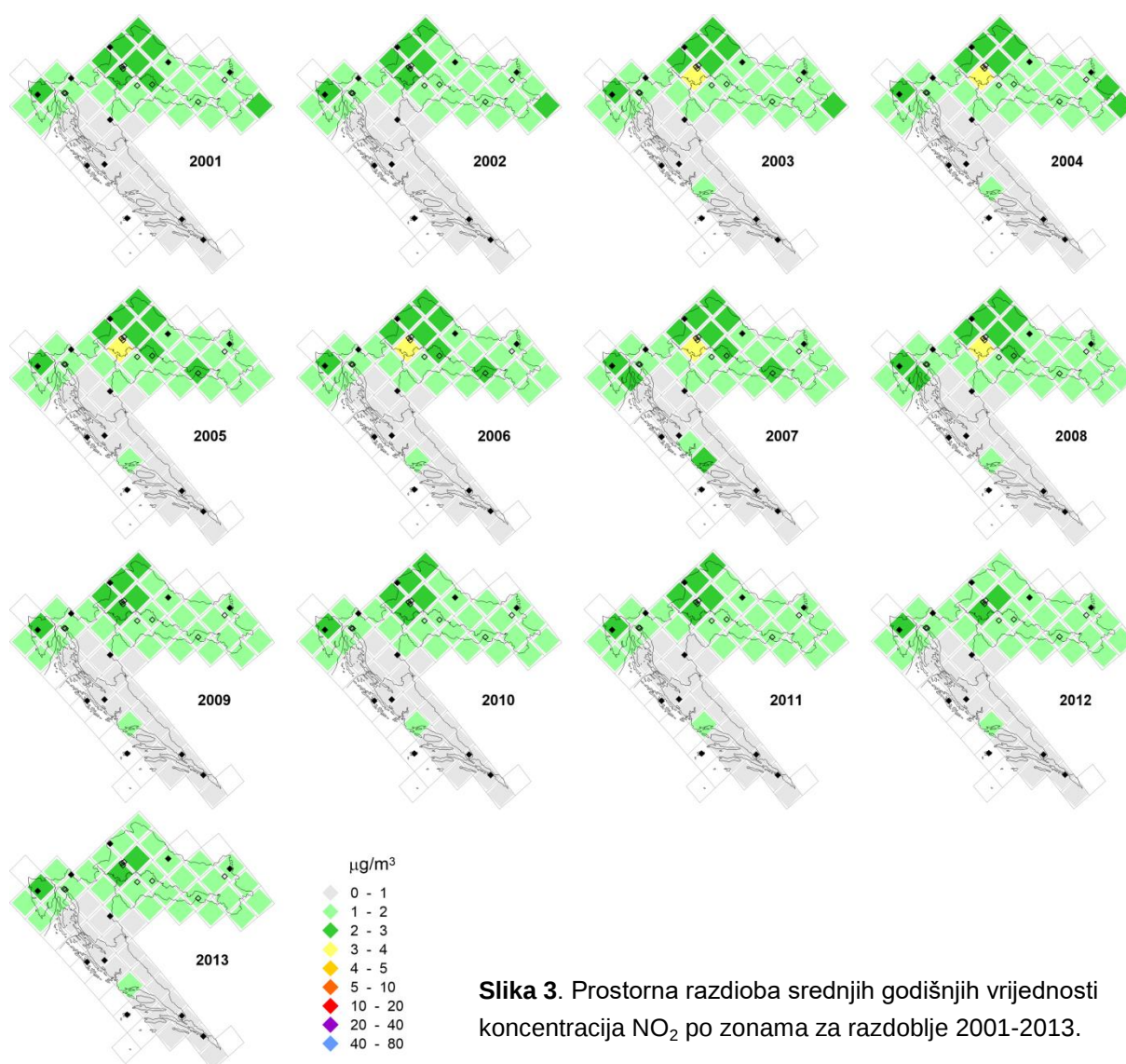
Prostorna raspodjela srednjih godišnjih vrijednosti koncentracija onečišćujućih tvari za razdoblje 2001-2013. godine (SO₂, NO₂, PM₁₀ i PM_{2.5})

Na slikama u nastavku prikazane su srednje godišnje vrijednosti koncentracija modeliranih parametara po godinama. Svi rezultati dobiveni su primjenom posljednje verzije EMEP modela (iz 2014. godine), rezultat su primjene najnovijih znanja u području modeliranja na području Europe („state-of-the-art“). Korišten je model prostornog mjerila 50k m x 50 km koji je namijenjen primarno ocjenjivanju utjecaja regionalnog i daljinskog prijenosa polutanata. Model daje dobru indicaciju područja izloženih jačem utjecaju lokalnih izvora onečišćenja ali nije dovoljno fine rezolucije za procjenu iznosa koncentracija u slučajevima kada dominiraju pojedinačni izvori lokalnog onečišćenja.



Slika 2. Prostorna razdioba srednjih godišnjih vrijednosti koncentracija SO₂ po zonama za razdoblje 2001-2013.

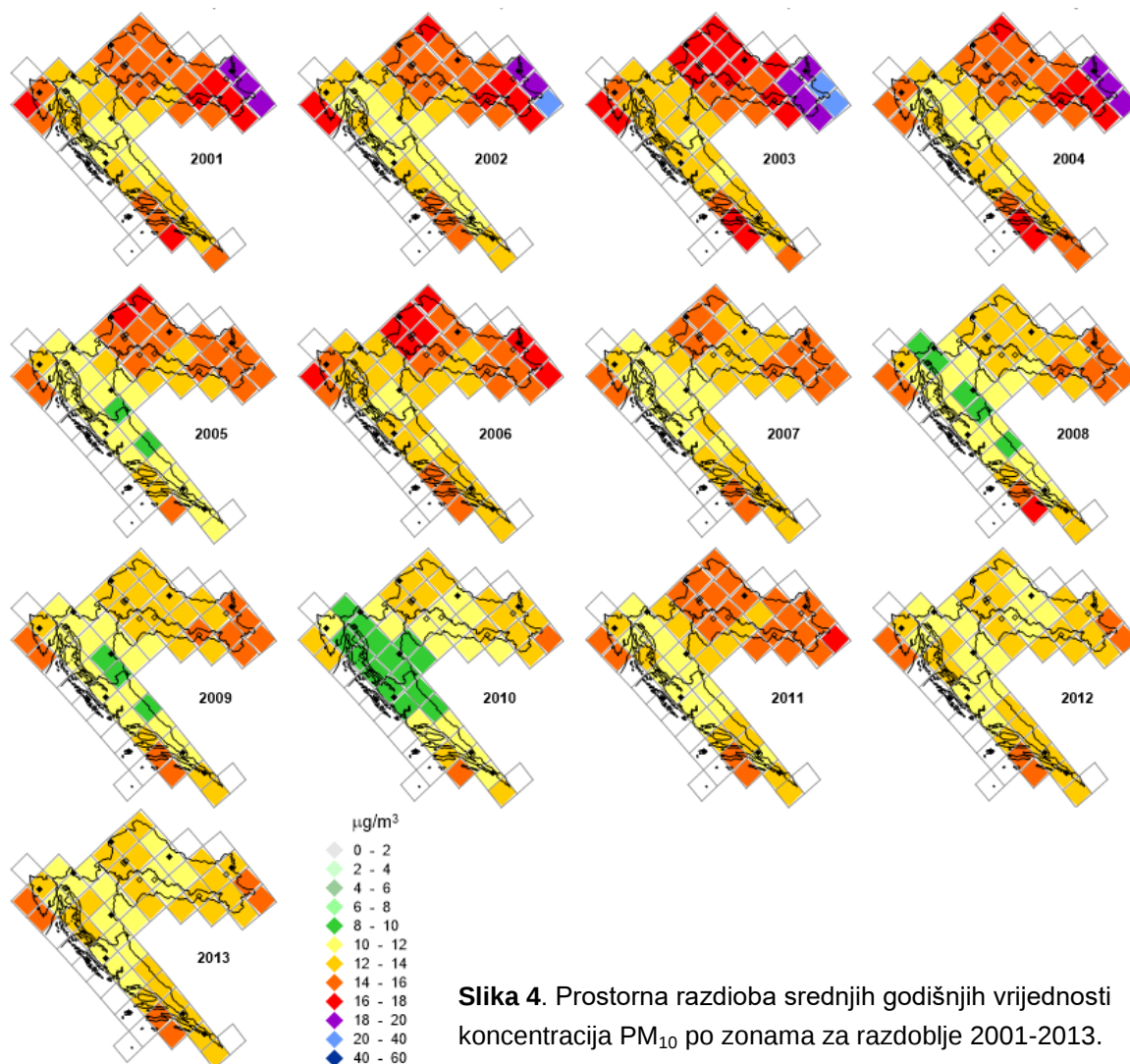
Iz rezultata modela (slika 2.) proizlazi da se koncentracije SO₂ kontinuirano smanjuju od početka do kraja razdoblja analize te da se vrijednosti koncentracija uglavnom kreću u rasponu od 2-6 μg/m³. Najviše vrijednosti koncentracija dobivene su za područja koja graniče s BiH (Republika Srpska) i Republikom Srbijom, što je i očekivano s obzirom na velike izvore emisije sumporovoga dioksida na sjeveru BiH i RS. Međutim, vrijednosti prizemnih koncentracija su niske, odnosno ispod vrijednosti donjeg praga procjene (50 μg/m³) s obzirom na zdravlje ljudi kao i donjeg praga procjene (8 μg/m³) s obzirom na zaštitu vegetacije.



Slika 3. Prostorna razdioba srednjih godišnjih vrijednosti koncentracija NO_2 po zonama za razdoblje 2001-2013.

Prostorna razdioba koncentracija NO_2 (slika 3.) pokazuje da se i vrijednosti dušikovog dioksida na regionalnoj razini postepeno smanjuju. Za razliku od razdiobe koncentracija SO_2 , vrijednosti dušikovog dioksida najviše su u blizini industrijskih izvora i u aglomeracijama. Međutim, kao i u slučaju sumporovog dioksida proračunate vrijednosti kreću se u rasponu od 2-4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ što je ispod propisane donje granice procjene s obzirom na ljudsko zdravlje (26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) kao i donje granice procjene kritične razine dušikovih oksida s obzirom na zaštitu vegetacije i prirodnih ekosustava (19,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Međutim, treba imati u vidu ograničenje koje proizlazi iz prostornog mjerila primijenjenoga modela. Iako su dominantni izvori dušikovih oksida uključeni u emisijske podatke, velika prostorna skala modela ne omogućuje precizno određivanje iznosa koncentracija u sredinama gdje postoje izraženiji pojedinačni ili izolirani izvori emisije dušikovih oksida (cementare, termoelektrane, rafinerije i slično).

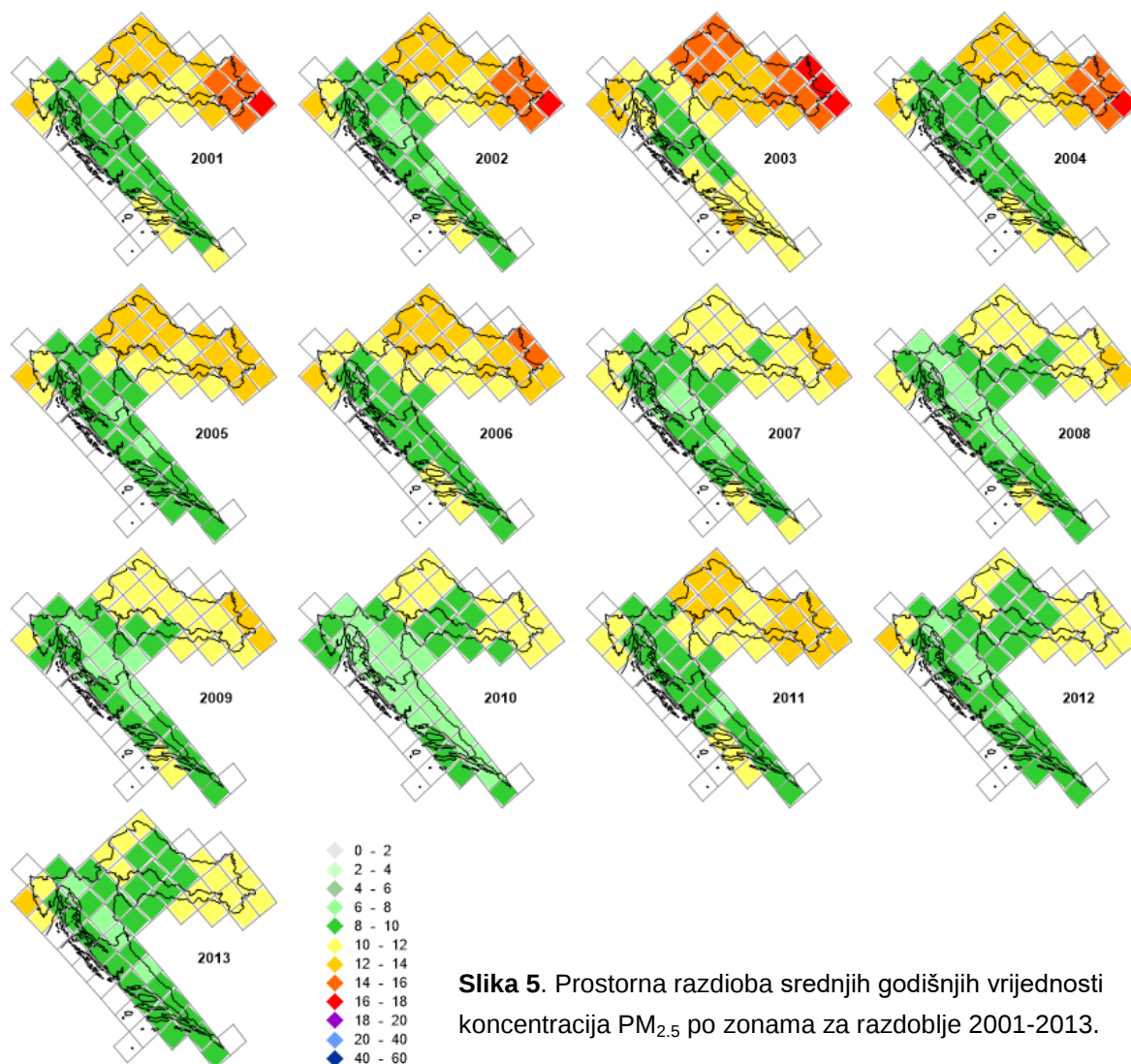


Slika 4. Prostorna razdioba srednjih godišnjih vrijednosti koncentracija PM_{10} po zonama za razdoblje 2001-2013.

Proračuni prizemnih koncentracija lebdećih čestica PM_{10} pokazuje trend smanjivanja koncentracija od 2001. godine. Može se primijetiti da je razdioba koncentracija u razdoblju 2001-2004. godine stabilna i kreće se u rasponu od $10-40 \mu g/m^3$, te da se od 2005. godine do danas postupno smanjuje. Lokalni maksimum u novijem razdoblju vidi se u 2011. godini kada je područje sjeverozapadne i istočne Hrvatske bilo pod povećanim opterećenjem u odnosu na 2012. i 2013. godinu. Raspon koncentracija od 2009. godine do danas kreće se od $8-18 \mu g/m^3$. Proračunate vrijednosti koncentracija ispod su donje granice procjene s obzirom na zdravlje ljudi ($20 \mu g/m^3$) ali je prostorna raspodjela po zonama raznolika i mijenja se iz godine u godinu što uvelike ovisi o meteorološkim uvjetima. Iz slike 4. može se uočiti da je najveće opterećenje lebdećim česticama u zonama HR01, HR04 i HR05 dok su u zoni HR02 koncentracije u pojedinim godinama nešto niže (2010, 2012, 2013).

Sve modelirane vrijednosti koncentracija PM_{10} usporedive su s vrijednostima mjerenima na ruralnim postajama i mogu se smatrati pouzdanima u propisanim granicama nesigurnosti mjerenja/modeliranja za lebdeće čestice PM_{10} (granica nesigurnosti iznosi 50%). Nešto veća odstupanja u odnosu na mjerene vrijednosti dobivena su na mjernoj postaji Kopački rit gdje srednje godišnje vrijednosti koncentracija iznose $22,4 \mu g/m^3$, dok se rezultati proračuna kreću u rasponu od $10-18 \mu g/m^3$ što je još uvijek unutar granica prihvatljivosti rezultata modela. Srednja godišnja vrijednost koncentracija,

dobivena osrednjavanjem mjerenih vrijednosti ne prelazi srednju godišnju vrijednost od $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i broj prekoračenja srednje dnevne vrijednosti je 15, odnosno manji je od propisanog dozvoljenog broja prekoračenja.



Slika 5. Prostorna razdioba srednjih godišnjih vrijednosti koncentracija $\text{PM}_{2.5}$ po zonama za razdoblje 2001-2013.

Modelirane vrijednosti koncentracija $\text{PM}_{2.5}$ kreću se u rasponu od $6\text{--}14 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Donja granica procjene za $\text{PM}_{2.5}$ iznosi $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a gornja $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Od 2005. godine do danas modelirane vrijednosti nisu prešle gornju granicu procjene i najviša vrijednost nije prelazila $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Kao i u slučaju srednjih godišnjih vrijednosti koncentracija PM_{10} , modelirane i mjerene vrijednosti na ruralnim postajama usporedive su i unutar granica prihvatljivosti s obzirom na propisanu nesigurnost. I u slučaju $\text{PM}_{2.5}$ mjerene vrijednosti koncentracija na postaji Kopački rit su više od modeliranih vrijednosti i ukazuju na utjecaj potencijalnog prirodnog izvora emisije. Nadalje, analiza ekvivalencije mjernih metoda pokazuje da podatke treba korigirati prema nižim vrijednostima kako bi se dobila usporedivost s podacima mjerenja dobivenim referentnom metodom.

Procjena i proračun srednjih godišnjih vrijednosti koncentracija dobivenih mjerenjima i modeliranjem na postajama državne mreže po zonama dani su u tablicama 2., 3. 4. i 5.

Tablica 5. Srednje godišnje vrijednosti koncentracija sumporovog dioksida, dušikovog dioksida, ugljikovog monoksida, benzena i koncentracija lebdećih čestica PM₁₀ i PM_{2,5} u µg/m³ te najviše dnevne osmosatne vrijednosti ozona (µg/m³) s brojem prekoračenja (#), dobivene na osnovi mjerenja na pozadinskim i gradskim postajama u 2015. godini

HR Zona	Postaja	SO ₂	NO ₂	C ₆ H ₆	PM ₁₀	PM _{2,5}	CO
HR 01	Kopački rit			***	22,4 DPP prekoračen 105 puta GPP prekoračen 53 puta	17,6 DPP prekoračena GPP prekoračena	
	Desinić				17,7 DPP prekoračen 67 puta GPP prekoračen 22 puta	14,5 DPP prekoračena	***
HR 02	Slavonski Brod 1	13,4 DPP prekoračen 9 puta GPP prekoračen 4 puta	16,1 DPP prekoračen 9 puta	3,4 DPP prekoračena GPP prekoračena	44,4 DPP prekoračen 226 puta GPP prekoračen 162 puta	25,4 DPP prekoračena GPP prekoračena	
	Kutina	2,6	27,9 DPP prekoračen 91 puta GPP prekoračen 25 puta		32,1 DPP prekoračen 190 puta GPP prekoračen 109 puta		0,5
	Sisak	6,5 DPP prekoračen 2 puta GPP prekoračen 2 puta	13,6 DPP prekoračen 2 puta	6,6 DPP prekoračena GPP prekoračena	26,9 DPP prekoračen 145 puta GPP prekoračen 70 puta		0,8
HR 03	Parg				14,4 DPP prekoračen 29 puta GPP prekoračen 4 puta	9,6	
	Plitvička jezera	3,1	4,2 *** (obuhvat 60%)		13,8 DPP prekoračen 31 puta GPP prekoračen 10 puta	8,9	0,23
HR 04	Višnjan				14,7 DPP prekoračen 43 puta GPP prekoračen 12 puta	9,7	

HR Zona	Postaja	SO ₂	NO ₂	C ₆ H ₆	PM ₁₀	PM _{2.5}	CO
HR 05	Polača				13,3 DPP prekoračen 29 puta GPP prekoračen 9 puta	8,2	
	Hum				7,8 DPP prekoračen 2 puta	4,7	
	Žarkovica		3,4 ** (obuhvat 60%)		12,2 DPP prekoračen 16 puta GPP prekoračen 6 puta	7,7	

* podaci na pozadinskim postajama su korigirani na osnovi izvještaja o ekvivalenciji mjernih metoda

** mjerenja NO₂ uspostavljena 27.3.2015; obuhvat podataka manji od 75%

*** obuhvat podataka manji od 75%;

GV – granična vrijednost

DPP – donji prag procjene

GPP – gornji prag procjene

 — nema mjerenja

Tablica 3. Srednje godišnje vrijednosti koncentracija sumporovog dioksida, dušikovog dioksida i lebdećih čestica PM₁₀ i PM_{2,5} u µg/m³. Srednje godišnje koncentracije dane su u rasponu vrijednosti dobivenih na osnovi proračuna u razdoblju 2001-2013. za svaku zonu.

HR Zona	Raspon modeliranih srednjih godišnjih vrijednosti koncentracija po zonama			
	SO ₂	NO ₂	PM ₁₀	PM _{2,5}
HR 01	≤ 4	≤ 4	10-18	8-14
HR 02	≤ 4	≤ 2	10-18	8-14
HR 03	≤ 2	≤ 2	8-14	6-12
HR 04	≤ 2	≤ 4	10-16	8-14
HR 05	≤ 6	≤ 2	10-16	6-12

Tablica 4. Srednje godišnje vrijednosti koncentracija olova, kadmija, arsena, nikla i benzo(a)pirena, dobivene na osnovi mjerenja na pozadinskim i gradskim postajama u 2015. godini, izražene u ng/m³

HR Zona	Postaja	Pb	Hg	Cd	As	Ni	B(a)P
HR 02	Sisak	8,32		0,31	0,68	4,15	2,78
	Slavonski Brod 1	9,59		0,35	1.22	3,72	3,47

Podaci mjerenja pokazuju da nema prekoračenja graničnih vrijednosti (Pb) niti prekoračenja ciljnih vrijednosti za kadmij, arsen i nikal u lebdećim česticama PM₁₀. Nisu prekoračeni donji i gornji pragovi procjene u zoni HR02 temeljem ovih mjerenja.

Prekoračene su ciljne vrijednosti benzo(a)pirena te donji i gornji prag. u zoni HR02.

Mjerenja žive nisu se provodila.

Tablica 5. Srednje godišnje vrijednosti koncentracija olova, kadmija, žive i benzoapirena u 2014 godini prema rezultatima proračuna EMEP modelom. Srednje godišnje koncentracije dane su u rasponu vrijednosti dobivenih na osnovi proračuna za svaku zonu (ng/m³).

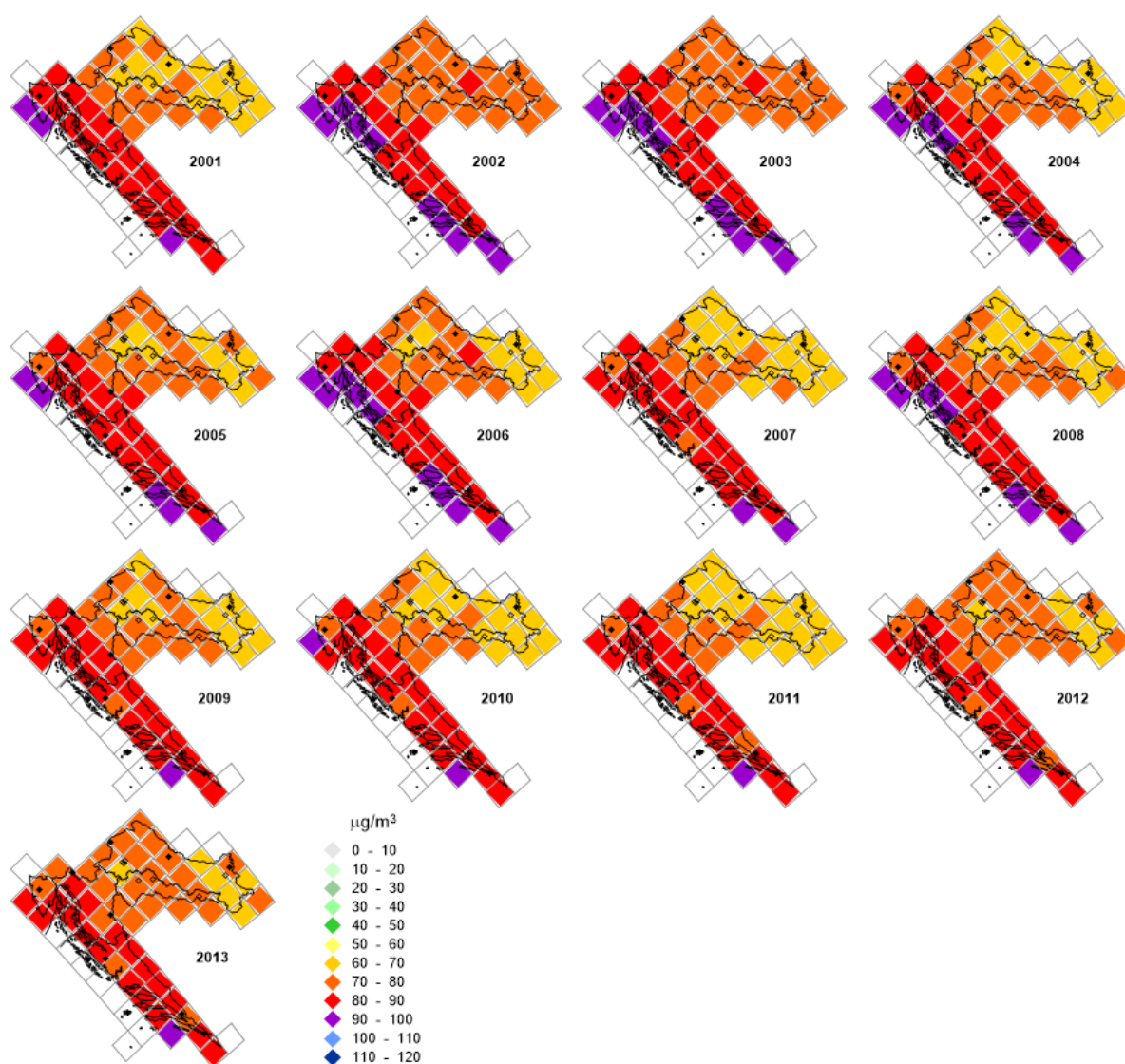
HR Zona	Raspon modeliranih srednjih godišnjih vrijednosti koncentracija po zonama			
	olovo	kadmij	živa	benzo(a)piren
HR 01	3,9 – 6,1	0,12 – 0,2	1,6 – 1,8	0,26 – 0,45
HR 02	4,6 – 6,1	0,12 – 0,2	1,7 – 1,8	0,26 – 0,45
HR 03	2,6 – 3,9	0,08 – 0,12	1,6 – 1,7	0,14 – 0,45
HR 04	3,9 – 6,1	0,09 – 0,2	1,6 – 1,8	0,14 – 0,45
HR 05	2,6 – 2,9	0,08 – 0,15	1,6 – 1,7	0,14 – 0,32

Modelirane vrijednosti koncentracija olova i kadmija usporedive su s mjerenim vrijednostima, dok su vrijednosti benzo(a)pirena značajno podcijenjene. Međutim, mjerenja se provode u središtima s velikim utjecajem lokalnih izvora tako da nije moguće donijeti konačan sud da li su modelirane vrijednosti zaista podcijenjene na područjima zona u kojima mjerenja nisu obavljena. Prostorno mjerilo modela predstavlja najveću prepreku za donošenje konačne procjene. Međutim, uzimajući u obzir činjenicu da su vrijednost B(a)P najviše u gradskim aglomeracijama i industrijskim središtima procjenjujemo da u ruralnim područjima (zone HR01, HR03, HR04 i HR05) ne dolazi do prekoračenja ciljne propisane vrijednosti od 1 ng/m³ za benzo(a)piren.

Prostorna raspodjela srednjih godišnjih vrijednosti koncentracija prizemnog ozona

Objektivnu ocjenu razina onečišćenja s obzirom na prizemni ozon moguće je izraditi na osnovi podataka mjerenja na postajama državne mreže u pojedinim zonama, kao i na osnovi rezultata proračuna EMEP modelom. Rezultati su prikazani na slici 6. i u tablici 6.

Rezultati proračuna koncentracija prizemnog ozona pokazuju da su srednje dnevne vrijednosti ozona visoke te da postoji gradijent povećanja koncentracija idući od kontinentalnog dijela Hrvatske prema Jadranu. Vrijednosti srednjih dnevnih koncentracija kreću se u rasponu od 60-100 što je usporedivo s vrijednostima dobivenim mjerenjima (tablica 5.). Iako postoji blagi trend smanjenja srednjih vrijednosti koncentracija (prvenstveno u priobalnom području) vrijednosti se značajnije ne mijenjaju iz godine u godinu.



Slika 6. Prostorna razdioba srednjih godišnjih vrijednosti koncentracija ozona po zonama za razdoblje 2001-2013.

Tablica 6. Maksimalne dnevne 8-satne i srednje godišnje vrijednosti koncentracija ozona dobivenih na osnovi mjerenja na pozadinskim i gradskim postajama u 2015. godini, te na osnovi modeliranja za razdoblje 2001-2013.

HR Zona	Postaja	O ₃ mjereno ¹ (broj prekoračenja)	O ₃ mjereno ²	O ₃ modelirano ³
HR 01	Kopački rit	118 (0)	38 (141)	70-80
	Desinić	165 (72)	75 (188)	70-80
	Osijek	147 (18)	46 (167)	70-80
HR 02	Slavonski Brod 1	137 (8)	44 (160)	70-80
	Kutina	173 (22)	42 (225)	60-70
HR 03	Parg	155 (38)	80 (163)	80-90
	Plitvička jezera	135 (8)	62 (145)	70-80
HR 04	Višnjan ⁴	174 (50)	- (186)	80-90
HR 05	Hum	161 (92)	96 (165)	90-100
	Žarkovica ⁵	175 (56)	92 (242)	80-90
	Polača ⁶	168 (27)	- (176)	80-90

¹ maksimalna dnevna 8-satna vrijednost i vrijednost za usporedbu s dugoročnim ciljem (120 µg/m³)

² srednja dnevna vrijednost i (maksimalna izmjerena satna vrijednost)

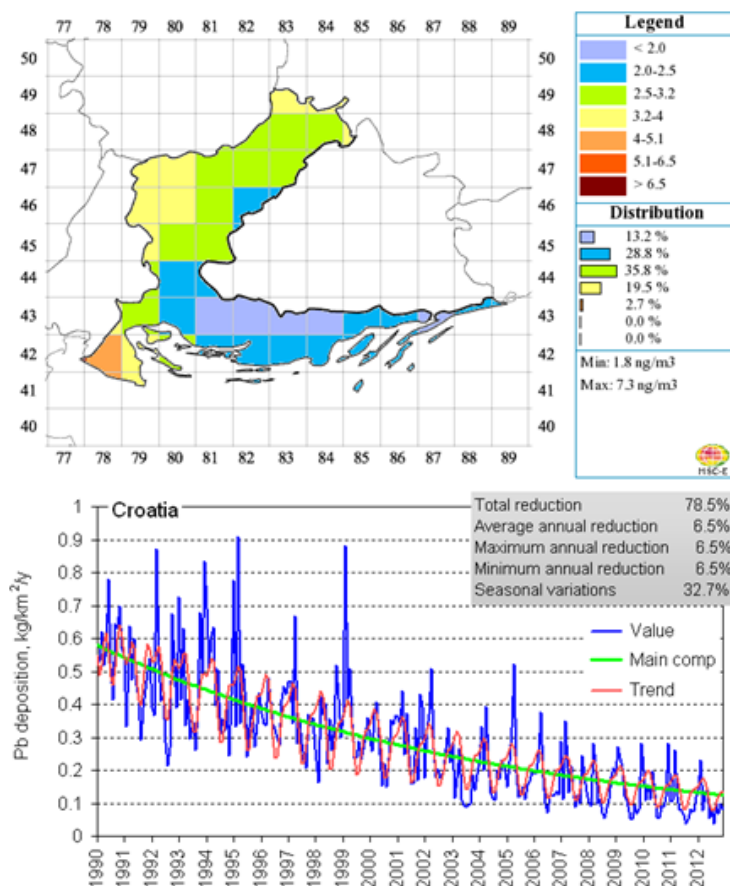
³ srednja dnevna modelirana vrijednost

⁴ mjerenja na Višnjaju započela su 28.5. 2015. Obuhvat podataka je zbog toga oko 48%, ali je veći dio ljetnog perioda obuhvaćen tako da se može smatrati da su vrijednosti maksimalne dnevne koncentracije ozona izmjerene. Broj prekoračenja je najvjerojatnije manji u odnosu na realno stanje budući da su prekoračenja i u travnju i u svibnju moguća, međutim i u ovako smanjenom skupu podataka broj prekoračenja je 50. Maksimalna izmjerena vrijednost je prihvatljiva (izmjerena 18.7.) dok se srednja dnevna vrijednost ne može smatrati prihvatljivom zbog prevelikog broja nedostajućih podataka.

⁵ obuhvat podataka 72%. S obzirom da nedostaje 40 dana mjerenja u ljetnim mjesecima (srpanj, kolovoz) vrijednosti koncentracija su orijentacione. Međutim, i u ovim slučajevima su zabilježena prekoračenja od 56 slučajeva. U usporedbi s postajom Hum može se očekivati da bi broj prekoračenja na Žarkovici bio usporediv s onima na postaji Hum.

⁶ mjerenja na postaji Polača započela su 30.5.2015. Obuhvat podataka je zbog toga oko 48%, ali je veći dio ljetnog perioda obuhvaćen tako da se može smatrati da su vrijednosti maksimalne dnevne koncentracije ozona izmjerene. Broj prekoračenja je najvjerojatnije manji u odnosu na realno stanje budući da su prekoračenja i u travnju i u svibnju moguća, međutim i u ovako smanjenom skupu podataka broj prekoračenja je 27. Maksimalna izmjerena vrijednost je prihvatljiva (izmjerena 18.7.) dok se srednja dnevna vrijednost ne može smatrati prihvatljivom zbog prevelikog broja nedostajućih podataka.

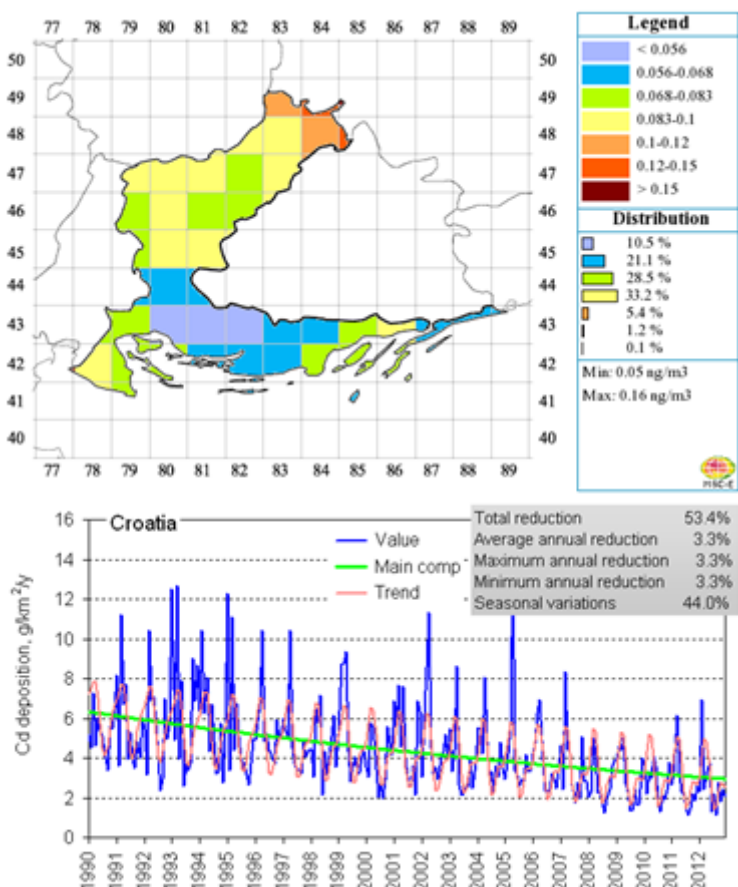
Prostorna raspodjela srednjih godišnjih vrijednosti koncentracija teških metala (Pb, Cd, Hg) i postojanih organskih spojeva (BaP)



Slika 7. Prostorna razdioba srednjih godišnjih vrijednosti koncentracija olova po zonama za 2013. godinu, EMEP model u točkama mreže 50 km x 50 km i trend taloženja olova za razdoblje 1990-2012.

Na slici 7. prikazani su rezultati proračuna EMEP modelom za teške metale (Pb) iz kojih se vidi da su na području Hrvatske koncentracije olova vrlo niske i značajno ispod donje granice procjene (250 ng/m³). Najviša modelirana vrijednost na prelazi 7,3 ng/m³ i dobivena je za područje Istre (zona HR04).

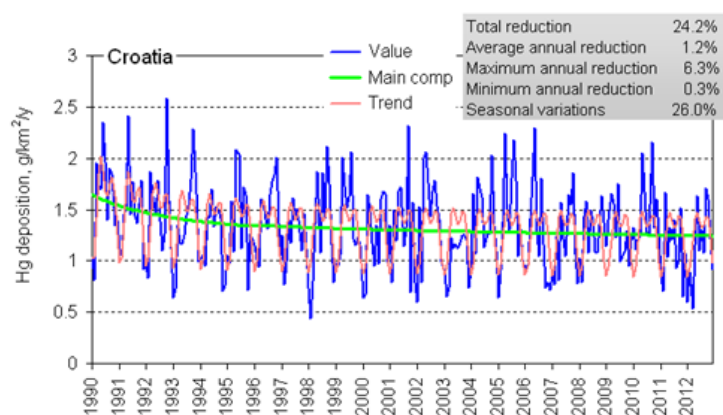
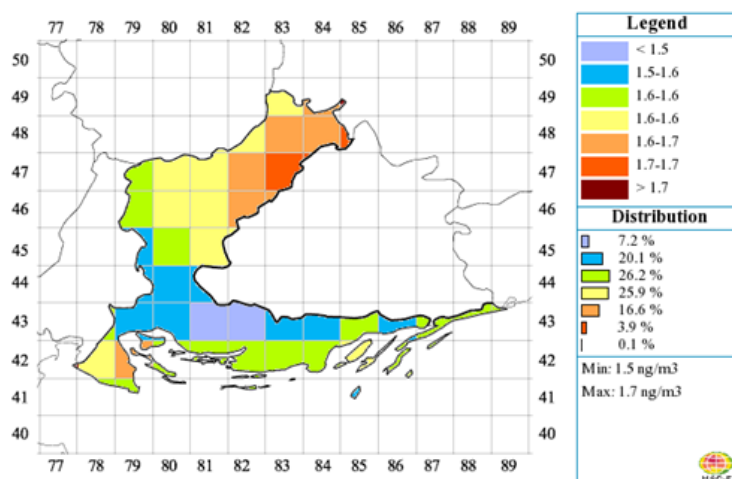
Kontinuirano smanjivanje taloženja Pb vidi se u trendu modeliranih vrijednosti koji je izrađen za razdoblje od 1990-2012. godine.



Slika 8. Prostorna razdioba srednjih godišnjih vrijednosti koncentracija kadmija po zonama za 2013. godinu, EMEP model u točkama mreže 50 km x 50 km i trend taloženja kadmija za razdoblje 1990-2012.

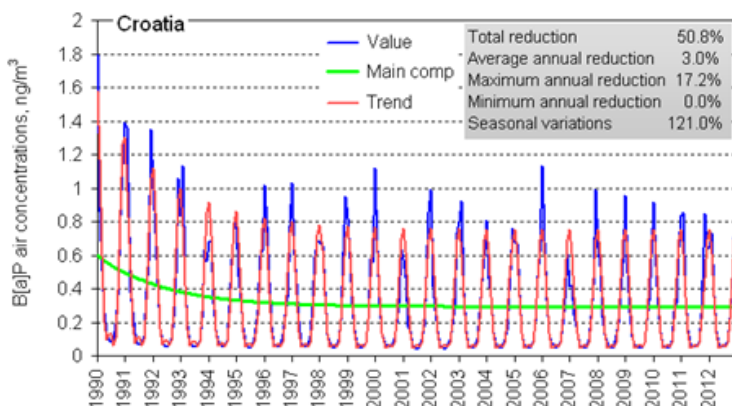
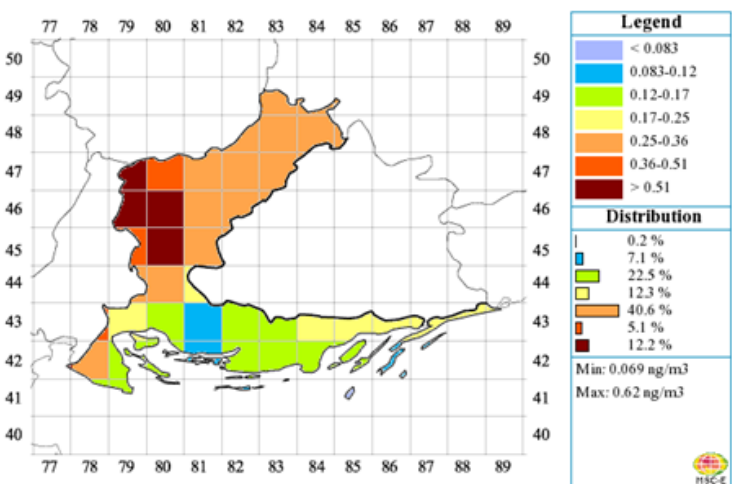
Na slici 8. prikazani su rezultati proračuna EMEP modelom za teške metale (Cd) iz kojih se vidi da su na području Hrvatske koncentracije kadmija vrlo niske i značajno ispod granične vrijednosti. Najviša modelirana vrijednost na prelazi 0,16 ng/m³ i dobivena je za područje Istočne Hrvatske (zona HR01).

Kontinuirano smanjivanje taloženja kadmija vidi se u trendu modeliranih vrijednosti koji je izrađen za razdoblje od 1990-2012. godine.



Slika 9. Prostorna razdioba srednjih godišnjih vrijednosti koncentracija žive po zonama za 2013. godinu, EMEP model u točkama mreže 50 km x 50 km i trend taloženja žive za razdoblje 1990-2012.

Na slici 9. prikazani su rezultati proračuna EMEP modelom za teške metale (Hg) iz kojih se vidi da su na području Hrvatske koncentracije žive vrlo niske i značajno ispod granične vrijednosti. Najviša modelirana vrijednost na prelazi 1,7 ng/m³. Rezultati također pokazuju da je raspon minimalne i maksimalne vrijednosti koncentracija žive mali 1.5-1.7 ng/m³, što ukazuje da se radi o polutantu koji kruži u medijima ekosustava i kontinuirano se obnavlja u atmosferi neovisno o direktnim emisijama u zrak iz poznatih izvora. To se očituje i u trendu taloženja žive gdje je značajnije smanjenje zabilježeno na početku razdoblja analize (u devedesetim godinama), dok je od 1995 godine do danas trend vrlo slabo izražen. Na području Hrvatske je najveće opterećenje živom u zoni HR02.



Slika 10. Prostorna razdioba srednjih godišnjih vrijednosti koncentracija benzo(a)pirena po zonama za 2013. godinu, EMEP model u točkama mreže 50 km x 50 km i trend taloženja benzo(a)pirena za razdoblje 1990-2012.

Prostorna razdioba koncentracija B(a)P pokazuje da su modelirane vrijednosti znatno ispod granično propisane vrijednosti i da su koncentrirane na područja s koncentracijom industrijskih izvora i prometa. Maksimalna modelirana vrijednost iznosi 0,62 ng/m³, a raspon minimalne vrijednost je deset puta niža

Trend taloženja benzo(a)pirena također je slabo izražen (osim u početku perioda) jer se kao postojani organski spoj, B(a)P ponaša na sličan način kao i živa. Maksimalne vrijednosti koncentracija i taloženja ima karakterističan godišnji hod (visoke vrijednosti zimi i niske ljeti) što je u neposrednoj vezi s aktivnošću emisijskih izvora.

Sažetak rezultata

1. Sumporov dioksid

S obzirom na sumporov dioksid nisu izmjerena prekoračenja pragova propisanih vrijednosti u zonama HR01, HR03, HR04 i HR05. Ocjena je donesena na osnovi rezultata EMEP modela (prostorno mjerilo 50x50 km) budući da su u razdoblju 2006-2010 mjerenja pokazala da su srednje vrijednosti koncentracija ispod donjeg praga procjene. U zoni HR03, mjerenja SO₂ mogu se smatrati indikativnima budući da je opseg podataka na postaji Plitvička jezera bio 71%. Mjerenja pokazuju da je srednja vrijednost koncentracija (3,1 µg/m³) usporediva s rasponom vrijednosti dobivenih modeliranjem za to područje (oko 2 µg/m³). Izmjerene vrijednosti u zoni HR03 kretale su se u rasponu od 0-11 µg/m³. Prema rezultatima mjerenja i modeliranja nisu prekoračeni donji i gornji pragovi procjene.

U zoni HR02 mjerenja su provedena na 3 lokacije (Slavonski Brod 1, Kutina 1 i Sisak 1). Granične vrijednosti srednje godišnje vrijednosti koncentracija nisu prekoračene niti na jednoj postaji ali su donji i gornji prag procjene prekoračeni na postajama Slavonski Brod 1 i Sisak, što znači da su mjerenja SO₂ u toj zoni obvezna i u budućnosti.

2. Dušikov dioksid

Prema rezultatima mjerenja (zona HR02) i indikativnih mjerenja (zone HR03 i HR05) srednje godišnje vrijednosti koncentracija niže su od propisane. Međutim mjerenja u zoni HR02 pokazuju da su na lokaciji Slavonski Brod 1 prekoračeni i donji i gornji prag procjene za satne vrijednosti koncentracija više od 18 puta. Na postajama Sisak i Kutina donji prag procjene je prekoračen ali u granicama dozvoljenih vrijednosti (< 18 puta). Mjerenja u zonama HR03 i HR05 imaju obuhvat podataka od oko 60% i zbog toga se mogu smatrati indikativnima. Srednje vrijednosti koncentracija su usporedive s vrijednostima dobivenim primjenom EMEP numeričkog modela.

Prema rezultatima proračuna i mjerenja na postajama državne mreže nema prekoračenja graničnih vrijednosti niti u jednoj zoni. Donji prag procjene za srednju godišnju vrijednost prekoračen je u zoni HR02. Gornji i donji pragovi procjene za satnu vrijednost prekoračeni su također u zoni HR02.

3. Prizemni ozon

Prema rezultatima mjerenja i temeljem proračuna EMEP modelom pragovi propisanih ciljnih vrijednosti (8-satna maksimalna dnevna vrijednost od 120 µg/m³ prekoračena više od 25 puta) prekoračeni su u zonama HR01, HR03, HR04 i HR05. U industrijskoj zoni (HR02) vrijednosti nisu prekoračene više od 25 puta, ali treba imati u vidu da se radi o procesima kemijske titracije i transformacije koji „prikrivaju“ stvarno stanje onečišćenja ozonom. O tome govori i činjenica da su u Kutini izmjerene maksimalne vrijednosti satnih koncentracija od 225 µg/m³, a vrijednost od 180 µg/m³ prekoračena je 2 puta. U svim zonama prekoračeni su dugoročni ciljevi za ozon.

4. Lebdeće čestice PM_{2,5}

Prema rezultatima proračuna i mjerenja na postajama državne mreže nema prekoračenja pragova propisanih srednjih godišnjih vrijednosti niti u jednoj zoni, ali su u zonama HR01 i HR02 prekoračene vrijednosti donjeg praga procjene za srednju godišnju vrijednost.

5. Lebdeće čestice PM₁₀

Prema rezultatima proračuna i mjerenja na postajama državne mreže nema prekoračenja srednje godišnje granične vrijednosti u zonama HR01, HR03, HR04 i HR05. Prekoračenje je izmjereno u zoni HR02. Donji prag procjene za srednju godišnju vrijednost prekoračen je u zonama HR01 i HR02, a

gornji prag procjene u zoni HR02. Donji prag procjene za srednju dnevnu vrijednost prekoračen je u zonama HR01, HR02 i HR04. Gornji prag procjene prekoračen je u zonama HR01 i HR02.

6. Teški metali: Pb, Cd i Hg

Prema rezultatima proračuna EMEP modelom za teške metale u mreži prostorne rezolucije 50 km x 50 km u zonama nisu prekoračene propisane granične/ciljne vrijednosti srednjih godišnjih koncentracija kao niti vrijednosti donjeg praga procjene.

7. Postojani organski spojevi: benzo(a)piren

Prema rezultatima mjerenja u zoni HR02 prekoračene su ciljne vrijednosti koncentracija benzo(a)pirena te donji i gornji pragovi procjene.

Prema rezultatima proračuna EMEP modelom za postojane organske spojeve u mreži prostorne rezolucije 50 km x 50 km u zonama nisu prekoračene propisane granične/ciljne vrijednosti srednjih godišnjih koncentracija za benzo(a)piren kao niti donji i gornji pragovi procjene.

Ekspertne procjene na osnovi mjerenja u aglomeracijama i gradovima

8. Ugljikov monoksid

Analizom podataka mjerenja CO u aglomeracijama utvrđeno je da niti u jednoj aglomeraciji ne dolazi do prekoračenja propisane granične vrijednosti kao niti prekoračenja donjeg praga procjene. S obzirom da su koncentracije CO najveće u gradskim sredinama i aglomeracijama može se procijeniti da u ruralnim područjima (zonama) koncentracije također ne prelaze propisanu graničnu vrijednost te da su ispod donjeg praga procjene.

9. Benzen

Kao i u slučaju ugljikovog monoksida analiza podataka mjerenja u aglomeracijama pokazuje da koncentracije benzena nisu prešle propisanu graničnu vrijednost. Budući da su u aglomeracijama te vrijednosti općenito najviše, procjenjuje se da u ruralnim sredinama (zonama) također ne dolazi do prekoračenja propisane srednje godišnje vrijednosti kao niti vrijednosti donjeg praga procjene.

Prekoračenje srednje godišnje vrijednosti benzena u Sisku ($6,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$) u zoni HR02 pripisuje se utjecaju lokalnog izvora onečišćenja (benzinska pumpa) koji se nalazi na udaljenosti manjoj od 100 m od mjerne postaje. Ovu pojavu potrebno je dodatno istražiti budući da postoje indikacije da uslijed tehničkih razloga (mjerni uređaj) podaci ne ispunjavaju sve kriterije validnosti podataka.

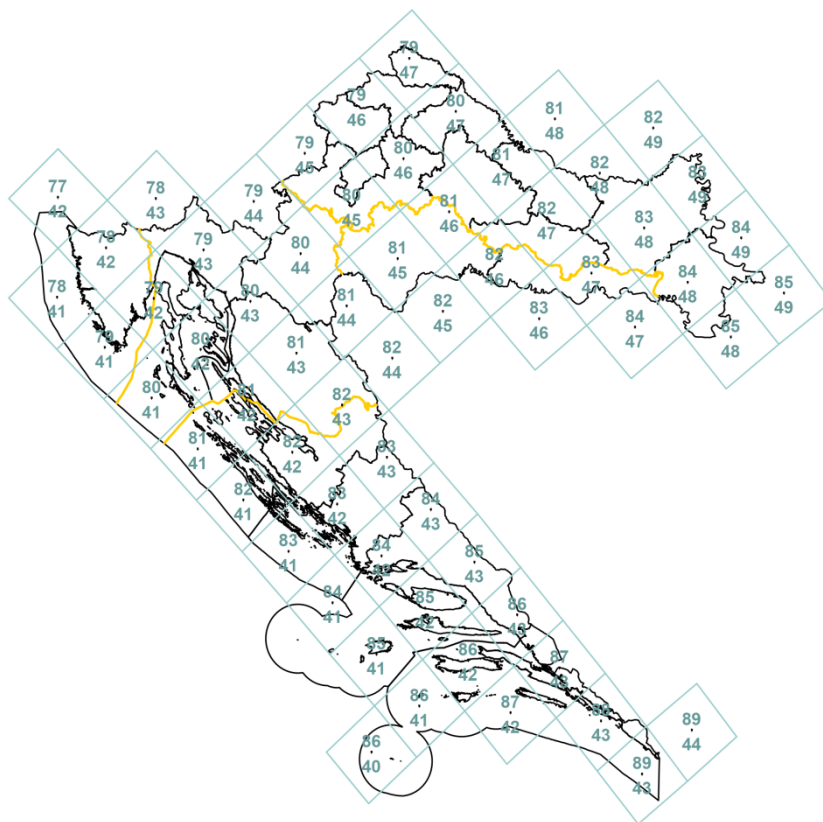
PRILOG 1.

Ocjena kvalitete zraka na području Republike Hrvatske temeljem rezultata EMEP modela za 2015. godinu

Ocjena kvalitete zraka za 2015. godinu izrađena je na osnovi proračuna EMEP modela u mreži točaka 50 km x 50 km (slika 1, tablica 1). Na raspolaganju su nam bili rezultati modela:

- satne vrijednosti koncentracija ozona
- srednje dnevne vrijednosti koncentracija SO₂, NO₂, PM₁₀, PM_{2,5} i ozona
- srednje godišnje vrijednosti SO₂, NO₂, PM₁₀, PM_{2,5} i ozona

Za potrebe ocjene analizirane su sve raspoložive vrijednosti u svim točkama mreže za sve parametre i prikazane numerički i grafički. U nastavku je dan sažetak dobivenih rezultata po zonama.



Slika 1. Točke EMEP modela na skali 50 km x 50 km raspoređene po teritoriju RH

Tablica 1. Točke EMEP modela po zonama u kojima su proračunate vrijednosti koncentracija onečišćujućih tvari

Zona	Točke EMEP modela po zonama											
HR 01	79, 45	79, 46	79, 47	80, 45	80, 46	80, 47	81, 47	81, 48	82, 47	82, 48	82, 49	83, 48
	83, 49	84, 48	84, 49	85, 48	85, 49	17 gridova prostorne mreže						
HR 02	81, 45	81, 46	82, 45	82, 46	83, 46	83, 47	84, 47	7 gridova prostorne mreže				
HR 03	78, 43	79, 43	79, 44	80, 41	80, 42	80, 43	80, 44	81, 42	81, 43	81, 44	82, 43	82, 44
HR 04	77, 42	78, 41	78, 42	79, 41	79, 42	5 gridova prostorne mreže						
HR 05	81, 41	82, 41	82, 42	83, 41	83, 42	83, 43	84, 41	84, 42	84, 43	85, 41	85, 42	85, 43
	86, 40	86, 41	86, 42	86, 43	87, 42	87, 43	88, 43	89, 43	89, 44	21 grid pros. mreže		

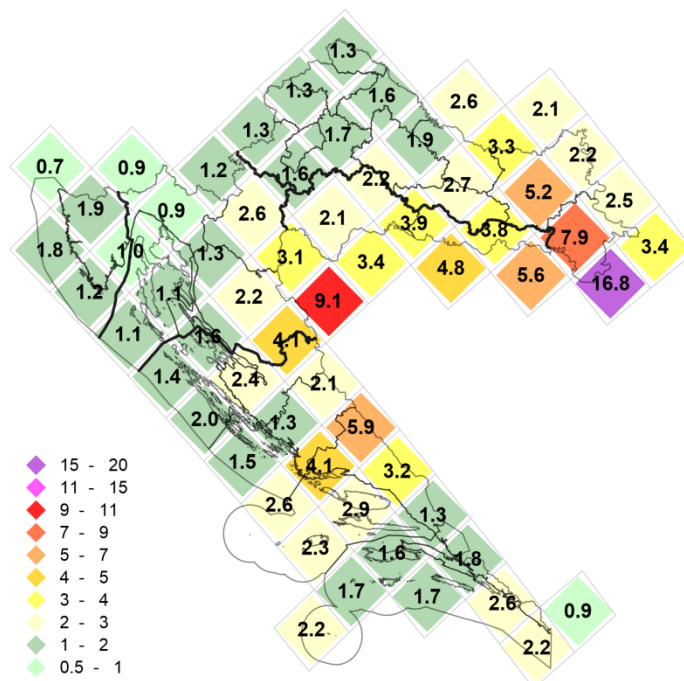
Napomena: Koordinate se odnose na točke modela. Točka je u središtu područja površine 50km x 50km, odnosno pokriva područje od 2500 četvornih kilometara.

Zona HR01: Kontinentalna Hrvatska

Sumporov dioksid, SO₂

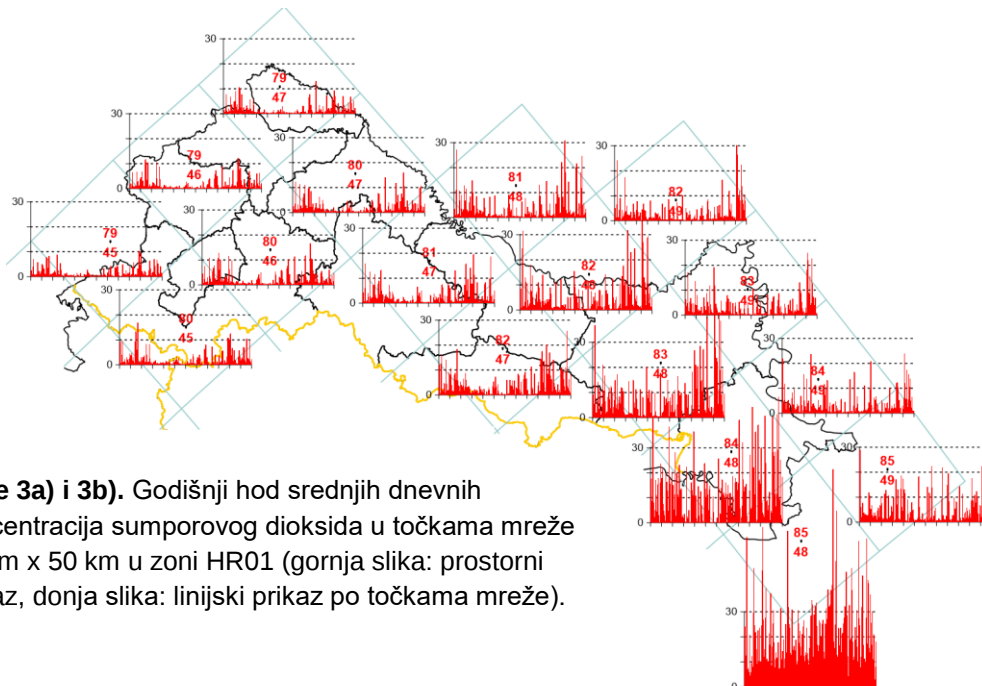
Srednje godišnje vrijednosti sumporovog dioksida prikazane su na slici 2. Vrijednosti su niske s time da je najveće opterećenje u pograničnom području na granici sa Srbijom i Bosnom i Hercegovinom. Godišnji hod srednjih dnevnih vrijednosti prikazan je na slikama 3.a) i 3.b).

Nema prekoračenja propisanih graničnih vrijednosti. Donji prag procjene prekoračen je u točki [85,48] na tromedi HR, BIH i Srbije. Točka mreže [85, 48] na području Hrvatske zauzima 21% grida, odnosno 525 četvornih kilometara. Nije bilo prekoračenja gornjeg praga procjenjivanja niti u jednoj točki mreže.



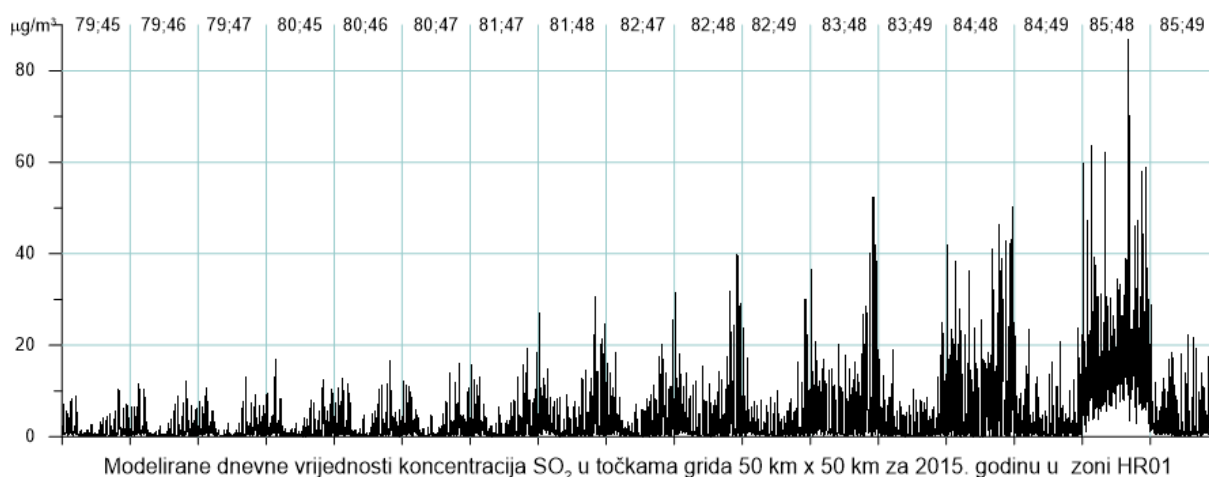
Slika 2. Modelirana srednja godišnja vrijednost koncentracija sumporovog dioksida po zonama

(a)



Slike 3a) i 3b). Godišnji hod srednjih dnevnih koncentracija sumporovog dioksida u točkama mreže 50 km x 50 km u zoni HR01 (gornja slika: prostorni prikaz, donja slika: linijski prikaz po točkama mreže).

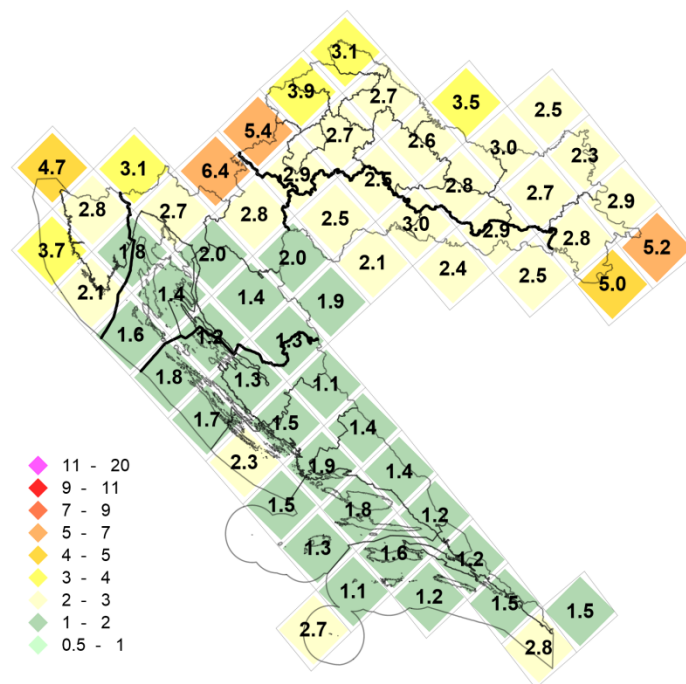
(b)



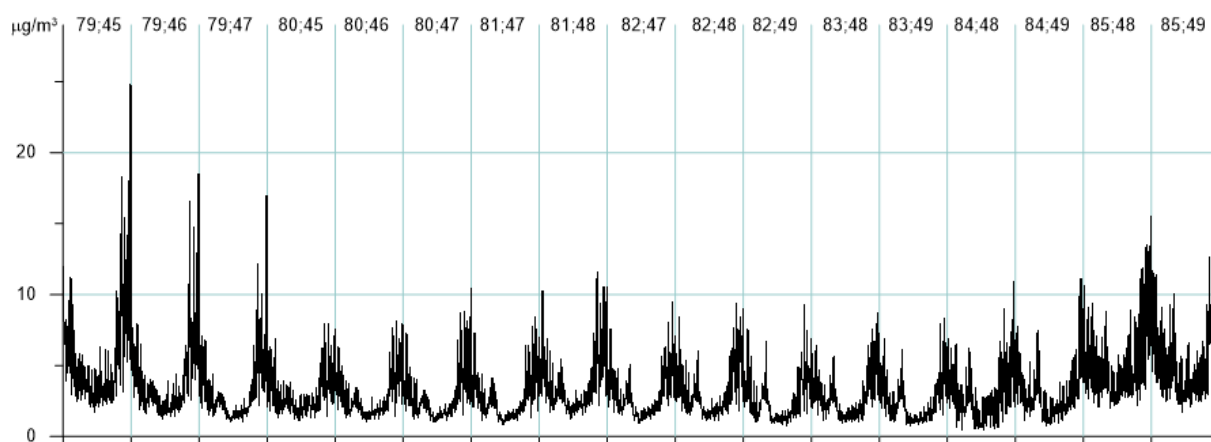
Dušikov dioksid, NO₂

Srednja godišnja vrijednost dušikovog dioksida prikazana je na slici 4. Koncentracije se kreću u rasponu od 2,3-5,4 µg/m³ pri čemu su sjeverozapadni i istočni dio zemlje izloženi višim vrijednostima koncentracija NO₂. Najviše vrijednosti su dobivene za točku [79, 45] na granici sa Slovenijom kojoj pripada 22% od ukupne površine grida, odnosno 550 četvornih kilometara.

S obzirom na NO₂ nisu prekoračene granične vrijednosti kao niti donji i gornji prag procjenjivanja.

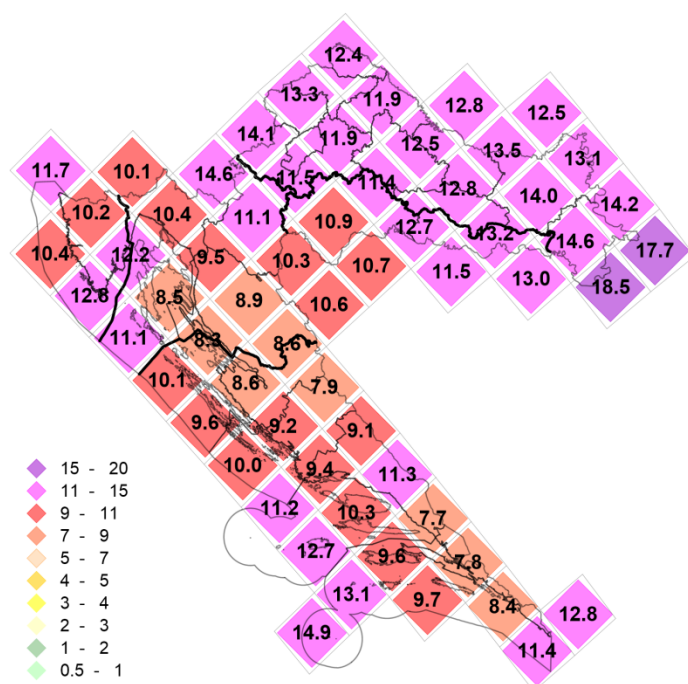


Slika 4. Modelirana srednja godišnja vrijednost koncentracija dušikovog dioksida po zonama



Slika 5. Godišnji hod srednjih dnevnih koncentracija dušikovog dioksida u točkama mreže (linijski prikaz).

Lebdeće čestice, PM₁₀

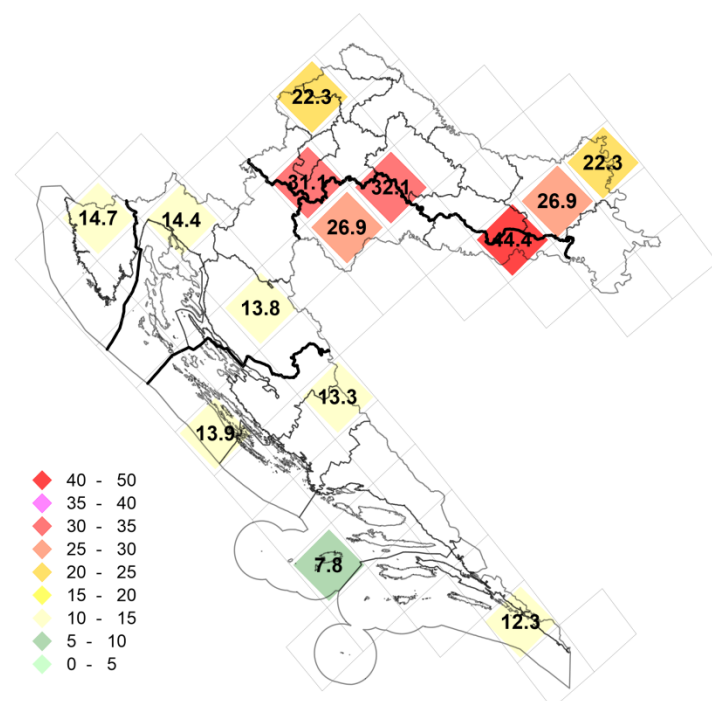


Slika 6. Modelirana srednja godišnja vrijednost koncentracija lebdećih čestica PM₁₀ po zonama

Srednje godišnje vrijednosti koncentracija PM₁₀ prikazane su na slikama 6. i 7.

Modelirane vrijednosti koncentracija usporedive su s rezultatima dobivenima mjerenjima, ali odstupanja postoje u područjima s intenzivnijom industrijskom aktivnošću ili prijenosom onečišćenja u područjima uz granicu sa Slovenijom (Desinić) i Bosnom i Hercegovinom (Slavonski Brod).

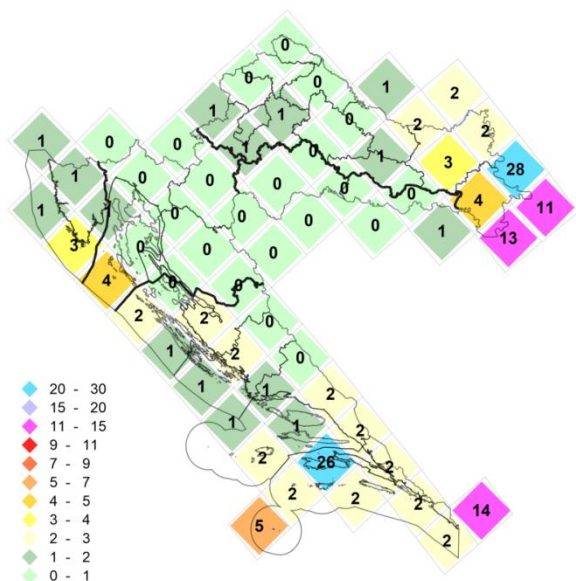
Prema rezultatima mjerenja i modela, propisana srednja godišnja vrijednost od 40 µg/m³ nije prekoračena niti u jednoj točki.



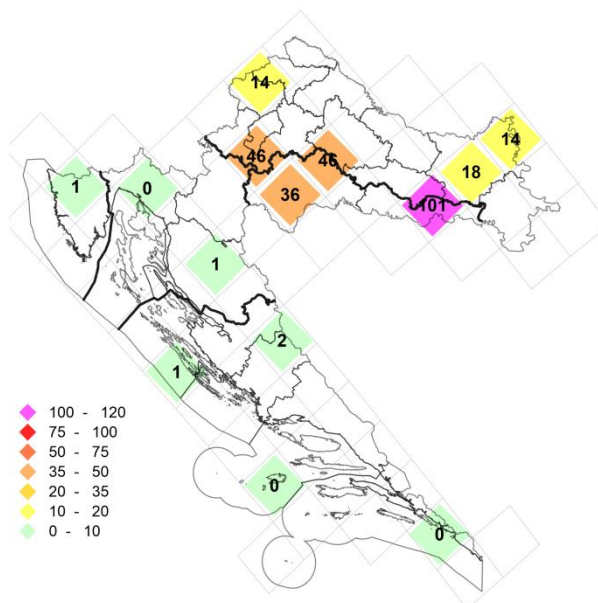
Slika 7. Srednje godišnje vrijednosti koncentracija lebdećih čestica PM₁₀ po zonama prema rezultatima mjerenja

Broj od 35 dana s dozvoljenim prekoračenjem srednje dnevne vrijednosti koncentracija od 50 µg/m³ (slike 8, 9. i 10.) nije prekoračen niti prema rezultatima mjerenja niti prema rezultatima modela.

Prema rezultatima mjerenja kao i prema rezultatima modela istočni dio Hrvatske uz granicu sa Srbijom i Bosnom i Hercegovinom pod utjecajem je onečišćenja koje dolazi regionalnim prijenosom iz ovih država na naše područje.



Slika 8. Broj dana s koncentracijama PM_{10} većim od $50 \mu g/m^3$

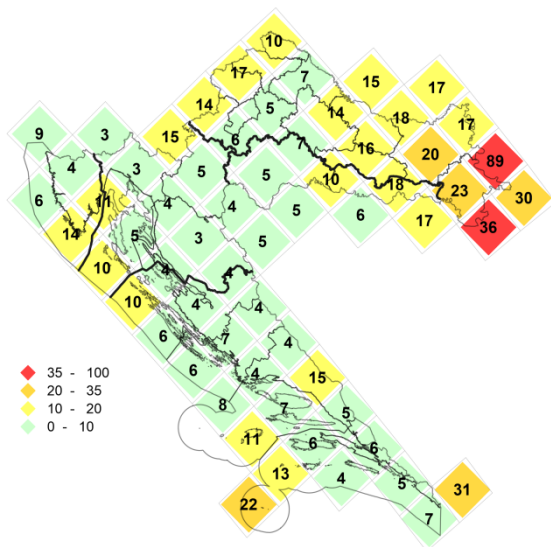


Slika 9. Broj dana s koncentracijama PM_{10} većim od $50 \mu g/m^3$ prema rezultatima mjerenja

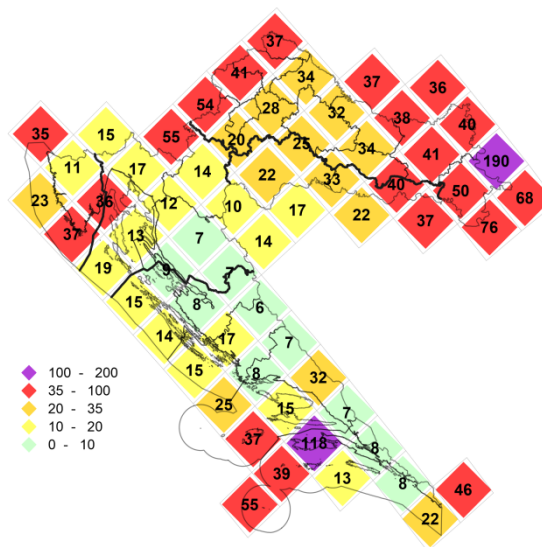
Gornji prag procjene za srednju dnevnu vrijednost prekoračen je u točkama [84, 49] i [85, 48] dok je donji prag procjene prekoračen u 12 od 17 točaka prostorne mreže. U točki [84, 49] donji prag procjene prekoračen je 190 puta, odnosno više od pola godine a u točki [86, 42] više od 118 puta.

Iako su srednje vrijednosti mjerenih i modeliranih koncentracija usporedive i unutar granica prihvatljivosti, broj dana s koncentracijama većim od $50 \mu g/m^3$ kod modeliranih vrijednosti značajnije odstupa od vrijednosti dobivenih mjerenjima u istom gridu mreže.

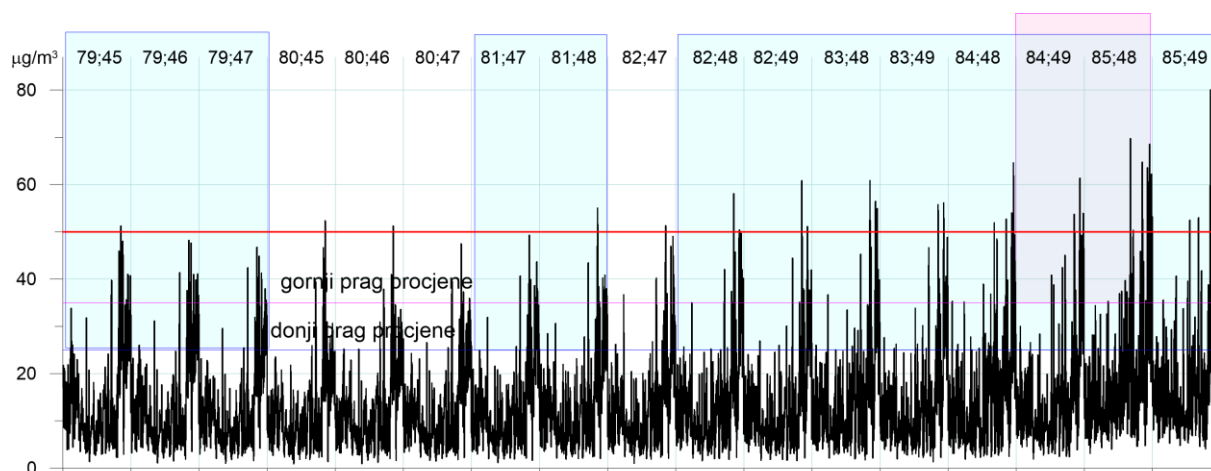
Ova razlika može se smanjiti s primjenom modela veće rezolucije i detaljnijim inventarom emisija.



Slika 9. a) Područja s prekoračenjem gornjeg praga procjene (više od 35 slučajeva s vrijednošću koncentracije većom od $35 \mu g/m^3$).

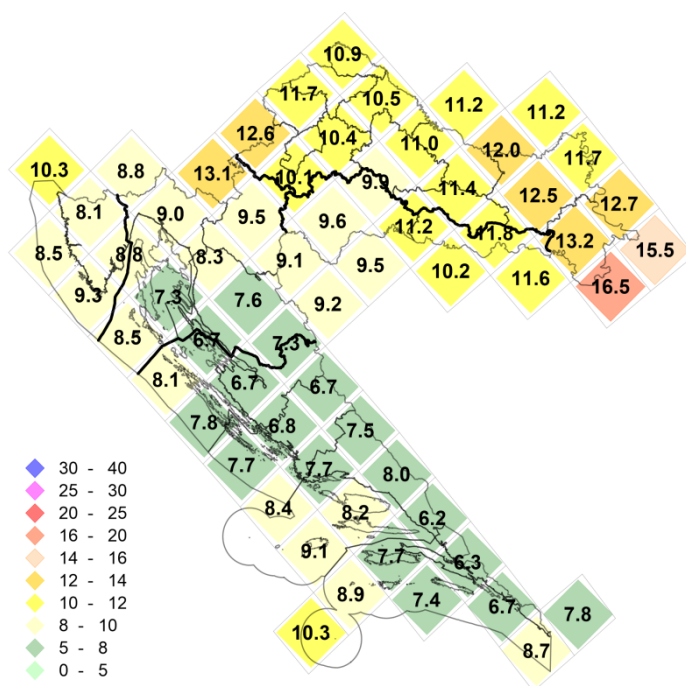


Slika 9. b) Područja s prekoračenjem donjeg praga procjene (više od 35 slučajeva s vrijednošću koncentracije većom od $25 \mu g/m^3$).



Slika 10. Godišnji hod srednjih dnevnih koncentracija lebdećih čestica PM_{10} u točkama mreže (linijski prikaz). Na grafu su osjenčana područja u kojima je došlo do prekoračenja donjeg praga procjene (svijetlo plavo) i gornjeg praga procjene (roza).

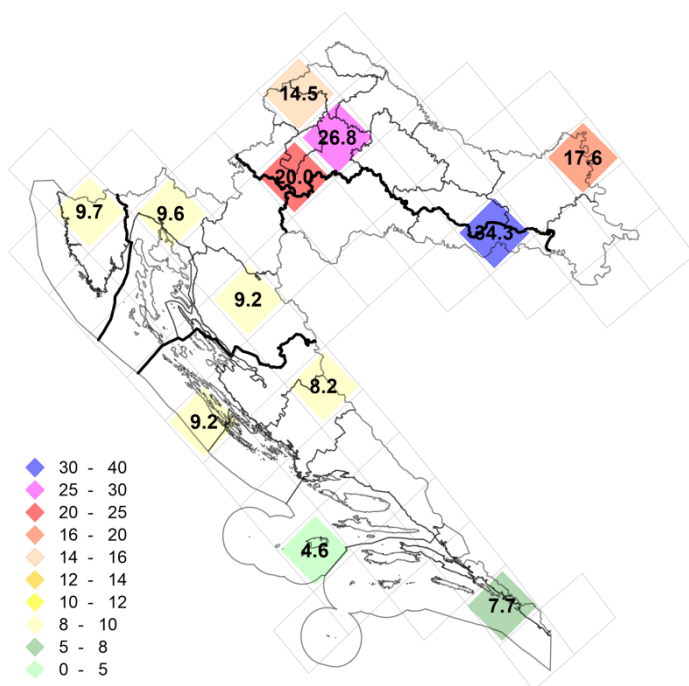
Lebdeće čestice, $PM_{2,5}$



Srednje godišnje vrijednosti koncentracija $PM_{2,5}$ prikazane su na slikama 11. i 12.

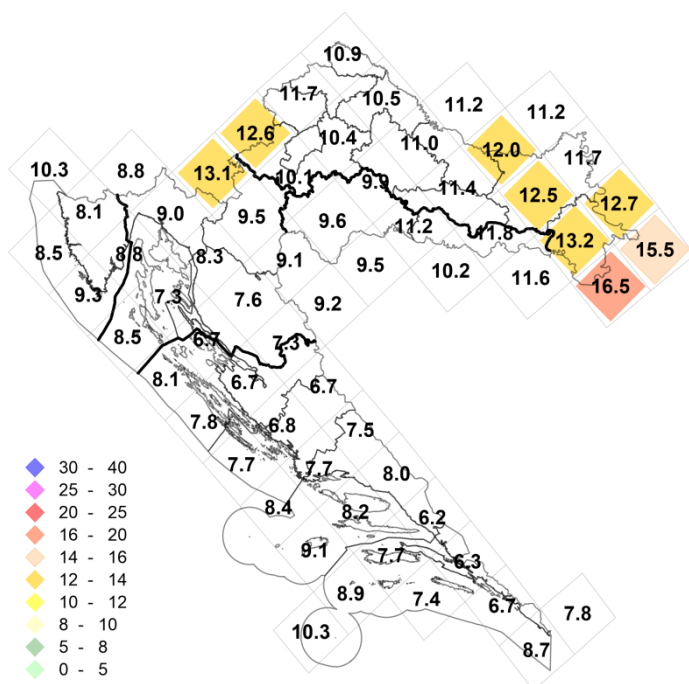
Modelirane vrijednosti koncentracija usporedive su s rezultatima dobivenima mjerenjima, ali odstupanja postoje u područjima s intenzivnijom industrijskom aktivnošću ili prijenosom onečišćenja u područjima uz granicu sa Slovenijom (Desinić) i Bosnom i Hercegovinom (Slavonski Brod).

Slika 11. Modelirana srednja godišnja vrijednost koncentracija lebdećih čestica $PM_{2,5}$ po zonama u točkama prostorne mreže modela



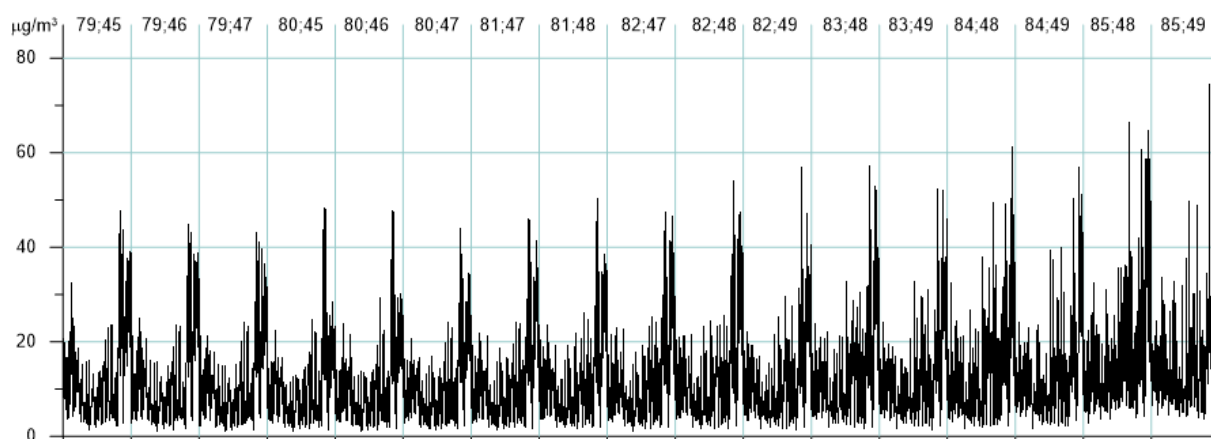
Prema rezultatima mjerenja i modela, propisana srednja godišnja vrijednost od $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ prekoračena je na području Velike Gorice, ali je obuhvat podataka u 2015. godini bio oko 60% što nije dovoljno za ocjenu prekoračenja (slika 12). Zbog toga će se smatrati da u HR01 nije bilo prekoračenja preporučenih vrijednosti za $\text{PM}_{2.5}$.

Slika 12. Srednje godišnje vrijednosti koncentracija lebdećih čestica $\text{PM}_{2.5}$ po zonama prema rezultatima mjerenja. Gornji prag procjenjivanja ($17 \mu\text{g}/\text{m}^3$) prekoračen je u točki mreže [83, 49].



Gornji prag procjene za srednju dnevnu vrijednost nije prekoračen niti u jednoj točki prostorne mreže, dok je donji prag procjene prekoračen u 8 od 17 točaka prostorne mreže.

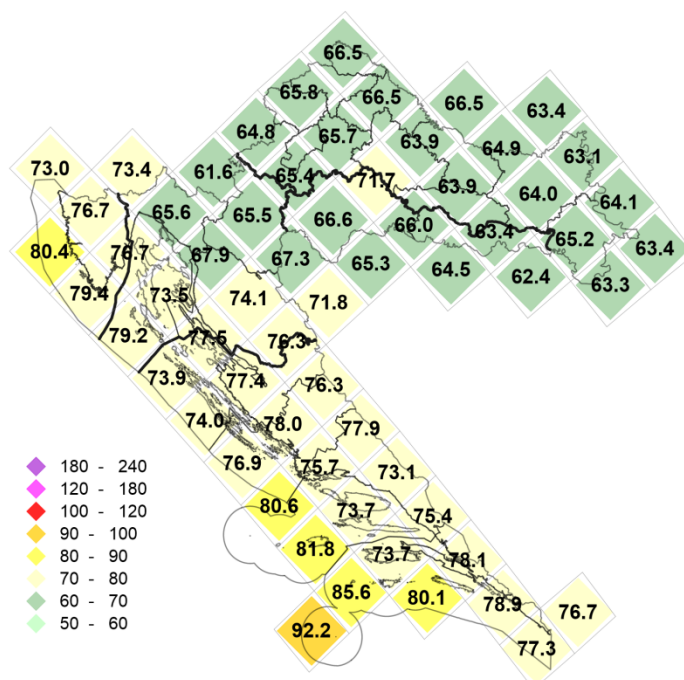
Slika 13. Područja s prekoračenjem donjeg praga procjene (srednje godišnje koncentracije veće od $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$) prema rezultatima modela.



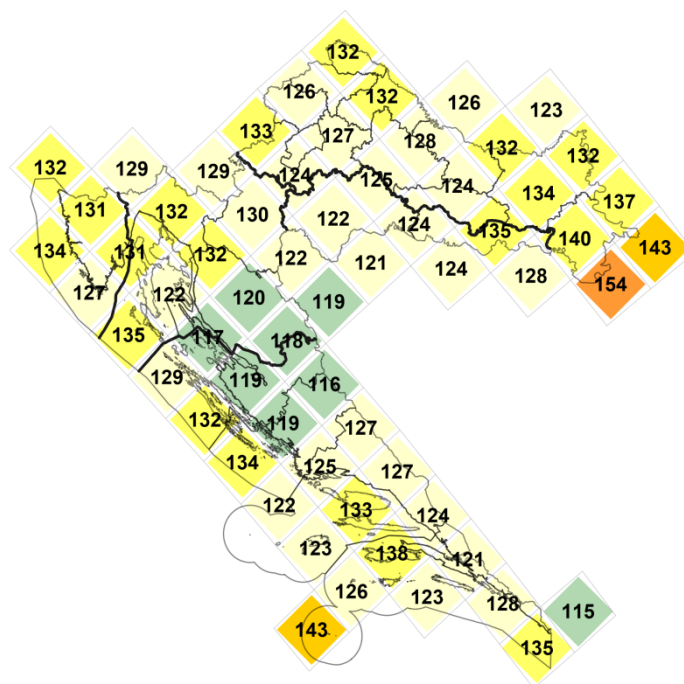
Slika 14. Godišnji hod srednjih dnevnih koncentracija lebdećih čestica PM_{2,5} u točkama mreže (linijski prikaz).

Prizemni ozon, O₃

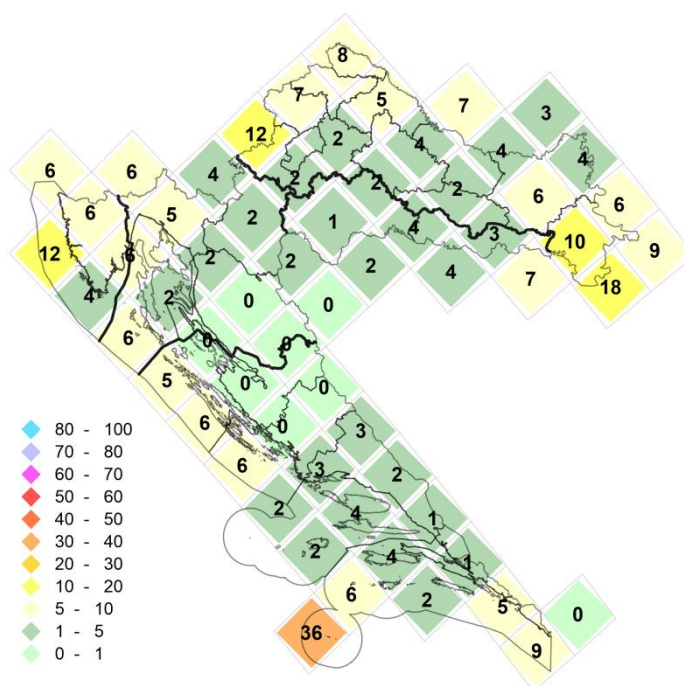
Modelirane vrijednosti koncentracija ozona nešto su niže od mjerenih u 2015. godini. To se osobito odražava na vrijednosti broja dana s prekoračenjem ciljne vrijednosti od 120 µg/m³. Iako model dobro predviđa povišene vrijednosti maksimalne osrednjene 8-satne dnevne vrijednosti, podcjenjuje broj dana s njenim prekoračenjem, ne samo u zoni HR01 nego i u cijeloj Hrvatskoj.



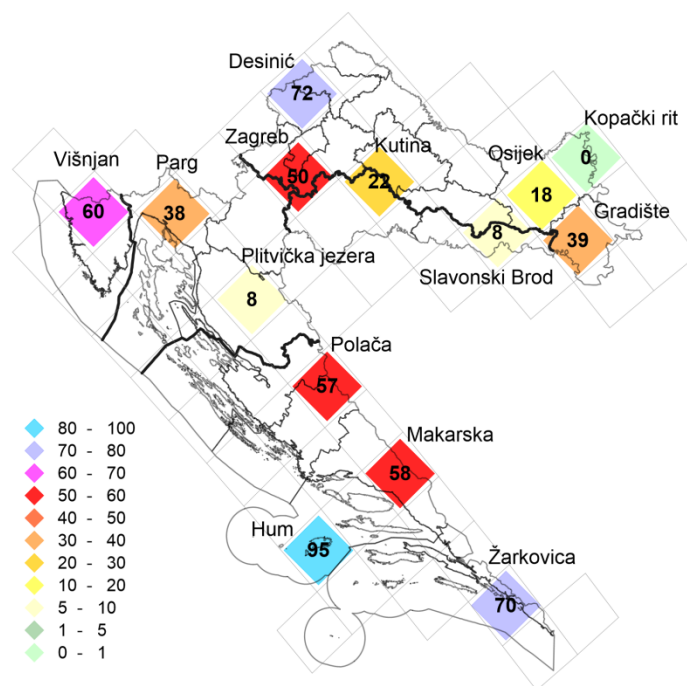
Slika 15. Modelirana srednja godišnja vrijednost koncentracija ozona u točkama mreže modela izražena u µg/m³.



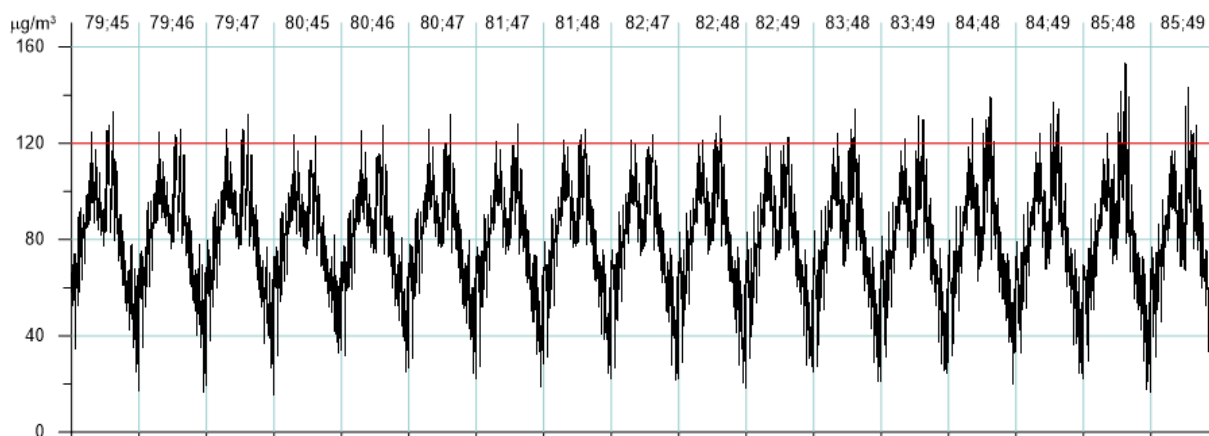
Slika 16. Modelirana maksimalna dnevna 8-satno osrednjena vrijednost koncentracija ozona u točkama mreže modela izražena u $\mu\text{g}/\text{m}^3$. U većini točaka mreže vrijednost prekoračuje ciljnu vrijednost od $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Slika 17. Broj dana s prekoračenjem propisane MDA8 vrijednosti ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$) prema rezultatima modela. Prema proračunima ne dolazi do prekoračenja MDA8 vrijednosti više od 25 puta.

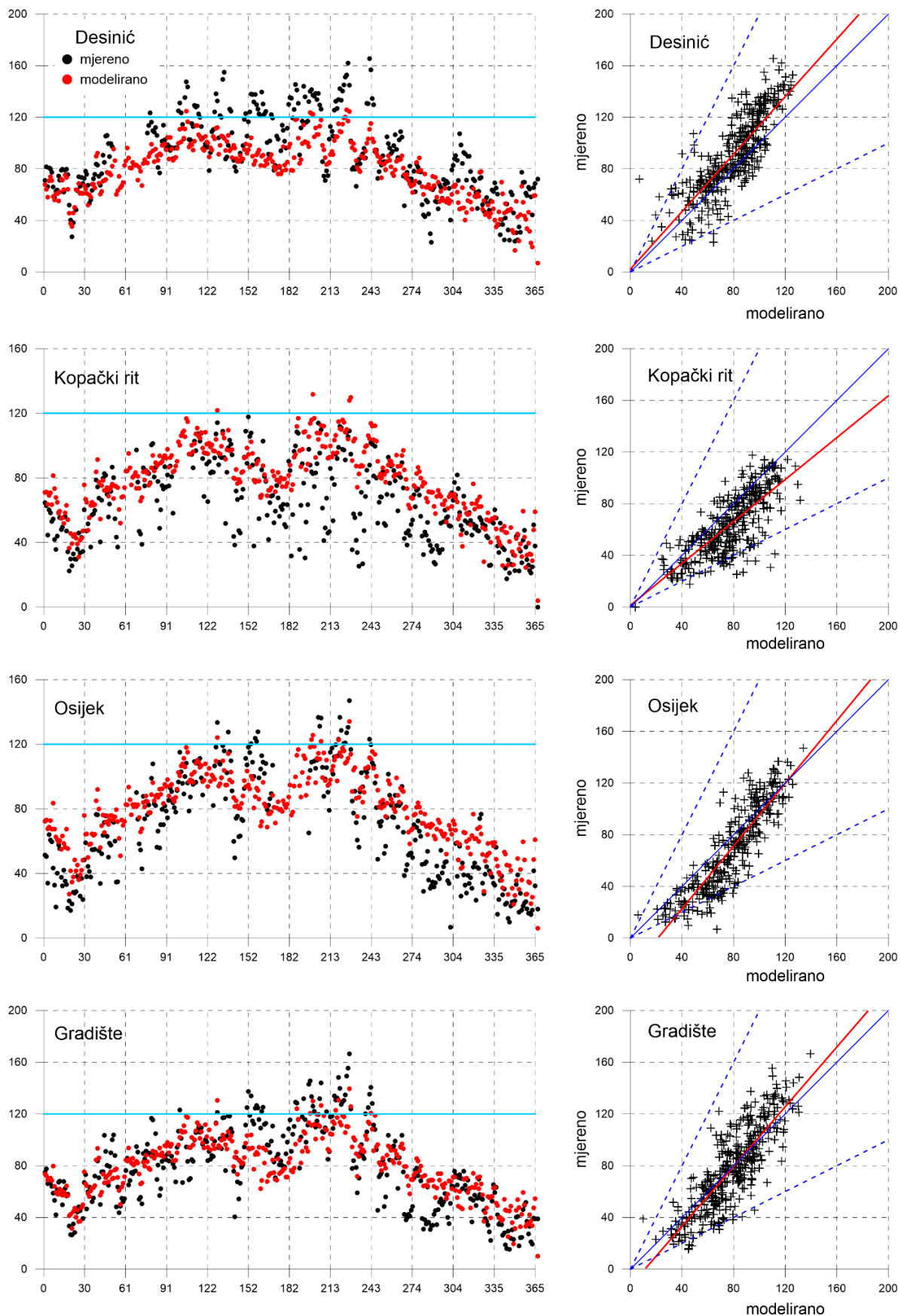


Slika 18. Broj dana s prekoračenjem propisane MDA8 vrijednosti ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$) prema rezultatima mjerenja u mreži točaka. Prema rezultatima mjerenja do prekoračenja MDA8 vrijednosti više od 25 puta dolazi na ruralnim postajama (Desinić, Gradište).



Slika 19. Godišnji hod maksimalne srednje 8-satne vrijednosti ozona (MDA8) u točkama mreže (linijski prikaz) prema rezultatima proračuna modelom. Broj dana s prekoračenjem ciljne vrijednosti dvostruko je manji u odnosu na mjerene vrijednosti u istoj prostornoj točki mreže.

Usporedba mjerenih i modeliranih koncentracija ozona prikazana je na slici 20.

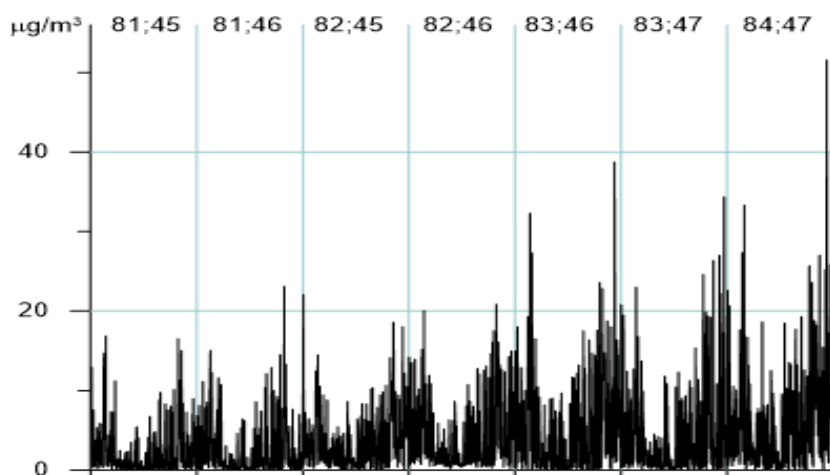


Slika 20. Maksimalne dnevne 8-satne vrijednosti koncentracija ozona (mjerene •; modelirane •) u zoni HR01 za 2015 godinu [lijevo] i dijagram rasprišenja mjerenih i modeliranih vrijednosti na postajama Desinić, Kopački rit, Osijek i Gradište u zoni **HR01**.

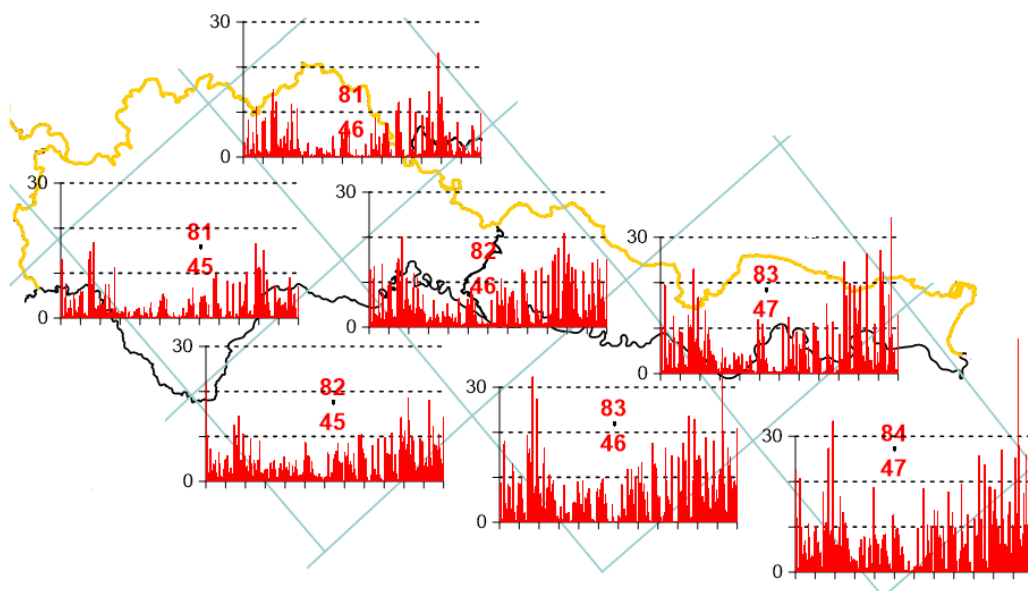
Zona HR02: Industrijska

Sumporov dioksid, SO₂

Prostorna raspodjela modeliranih srednjih godišnjih vrijednosti koncentracija sumporovog dioksida u zoni HR02 prikazane su na slici 2, a srednjih dnevnih vrijednosti koncentracija u pojedinim točkama mreže na slikama 21. i 22. Vrijednosti ne prelaze granično propisane i prema rezultatima modela nisu prekoračeni donji i gornji prag procjenjivanja. Mjerjenja na postaji Slavonski Brod 1, točka mreže [83, 47] pokazuju da je došlo do prekoračenja donje granice procjenjivanja 9 puta i gornje granice 4 puta.



Slika 21. Godišnji hod srednjih dnevnih koncentracija sumporovog dioksida u točkama mreže 50 km x 50 km u zoni HR02, linijski prikaz po točkama mreže.

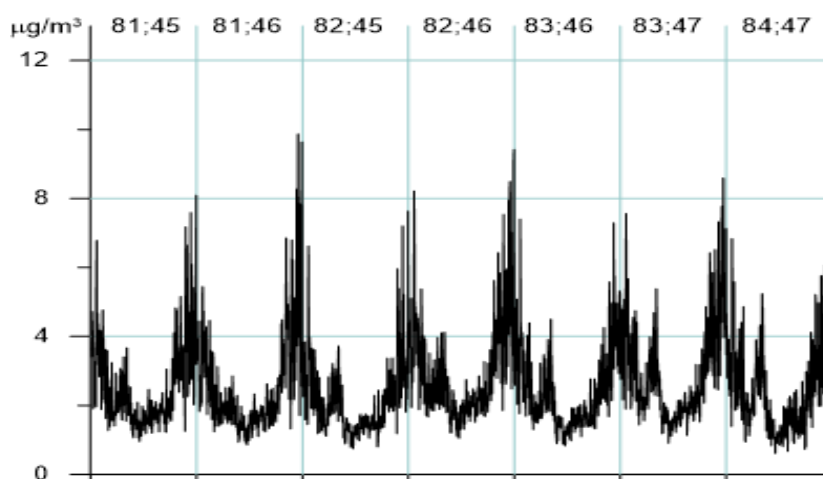


Slika 22. Godišnji hod srednjih dnevnih koncentracija sumporovog dioksida u točkama mreže 50 km x 50 km u zoni HR02, prostorni prikaz.

Dušikov dioksid, NO₂

Prostorna raspodjela modeliranih srednjih godišnjih vrijednosti koncentracija dušikovog dioksida u zoni HR02 prikazane su na slici 4, a srednjih dnevnih vrijednosti koncentracija u pojedinim točkama mreže na slici 23.

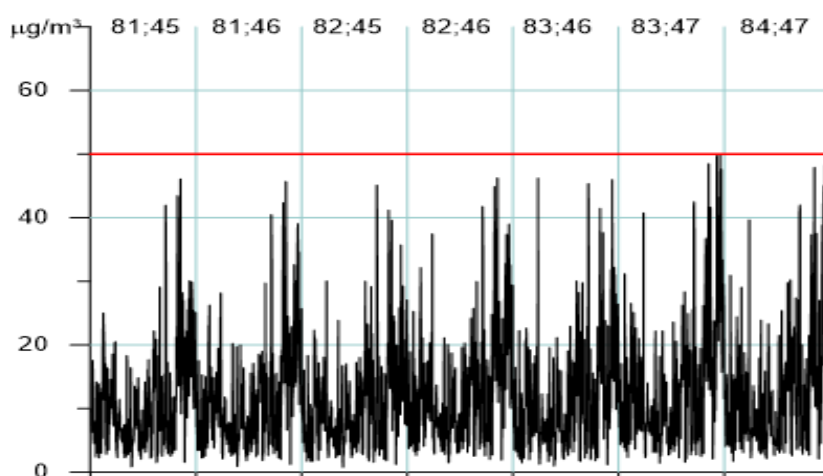
Vrijednosti ne prelaze granično propisane i prema rezultatima modela nisu prekoračeni donji i gornji prag procjenjivanja. Mjerenja na postajama Slavonski Brod 1, [83, 47], Kutina [81, 46] i Sisak [81, 45] pokazuju da je došlo do prekoračenja i donje i gornje granice procjenjivanja (tablica 5 u tekstu studije).



Slika 23. Godišnji hod srednjih dnevnih koncentracija dušikovog dioksida u točkama mreže 50 km x 50 km u zoni HR02, linijski prikaz po točkama mreže.

Lebdeće čestice, PM₁₀

Prostorna raspodjela modeliranih srednjih godišnjih vrijednosti koncentracija lebdećih čestica PM₁₀ u zoni HR02 prikazane su na slici 6, a mjerenih vrijednosti na postajama Slavonski Brod 1, Kutina i Sisak na slici 7. Godišnji hod srednjih dnevnih vrijednosti koncentracija u pojedinim točkama mreže prikazan je na slici 24.

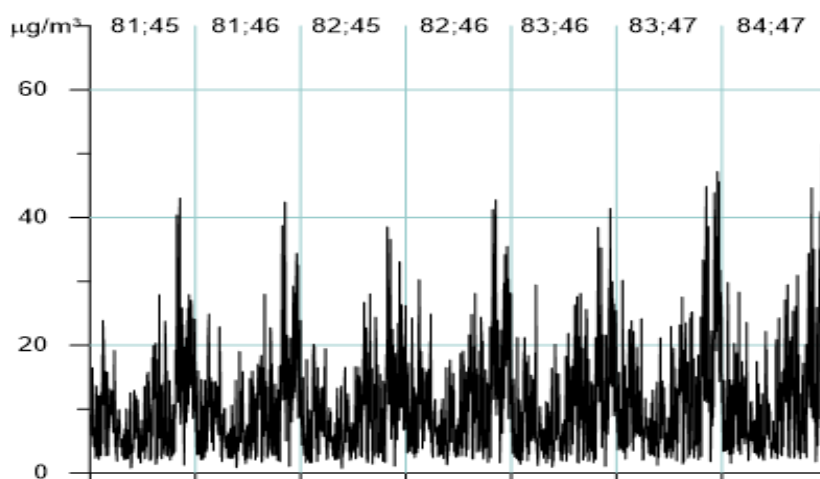


Slika 24. Godišnji hod srednjih dnevnih koncentracija lebdećih čestica PM₁₀ u točkama mreže 50 km x 50 km u zoni HR02, linijski prikaz po točkama mreže.

Rezultati modela u značajnoj mjeri podcjenjuju vrijednosti mjerenih koncentracija na lokacijama Slavonski Brod 1, [83, 47], Kutina [81, 46] i Sisak [81, 45] što je i očekivano budući da se radi o gradovima gdje industrijski izvori i promet značajno doprinose lokalnom aspektu onečišćenja. Regionalna komponenta koju proračunava model iznosi oko 1/3 vrijednosti ukupno izmjerenih koncentracija lebdećih čestica. Donji i gornji pragovi procjene su prekoračeni zbog čega treba osigurati kontinuitet mjerenja.

Lebdeće čestice, PM_{2,5}

Prostorna raspodjela modeliranih srednjih godišnjih vrijednosti koncentracija lebdećih čestica PM_{2,5} u zoni HR02 prikazane su na slici 11, a mjerenih vrijednosti na postajama Slavonski Brod 1, Kutina i Sisak na slici 12. Godišnji hod srednjih dnevnih vrijednosti koncentracija u pojedinim točkama mreže prikazan je na slici 25.



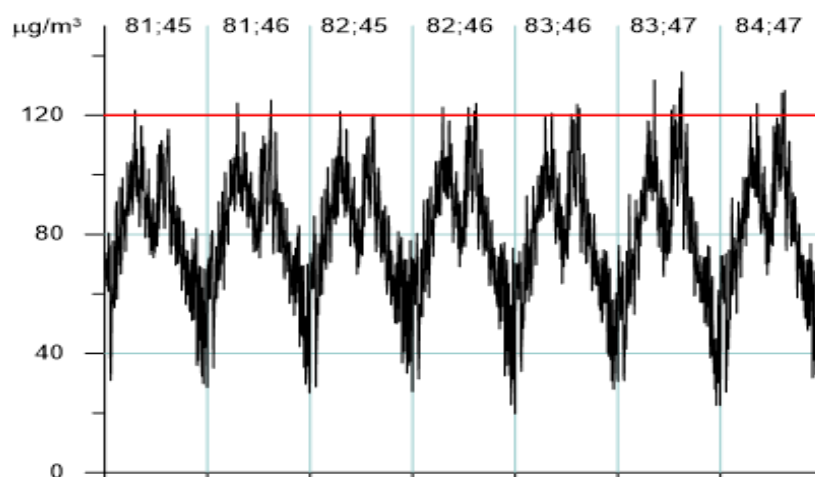
Slika 25. Godišnji hod srednjih dnevnih koncentracija lebdećih čestica PM_{2,5} u točkama mreže 50 km x 50 km u zoni HR02, linijski prikaz po točkama mreže.

Prema rezultatima modela u zoni HR02 nisu prekoračeni donji i gornji prag procjene u odnosu na srednju godišnju vrijednost. Prema rezultatima mjerenja i donji i gornji prag procjene su prekoračeni na lokaciji Slavonski Brod 1.

Ozon, O₃

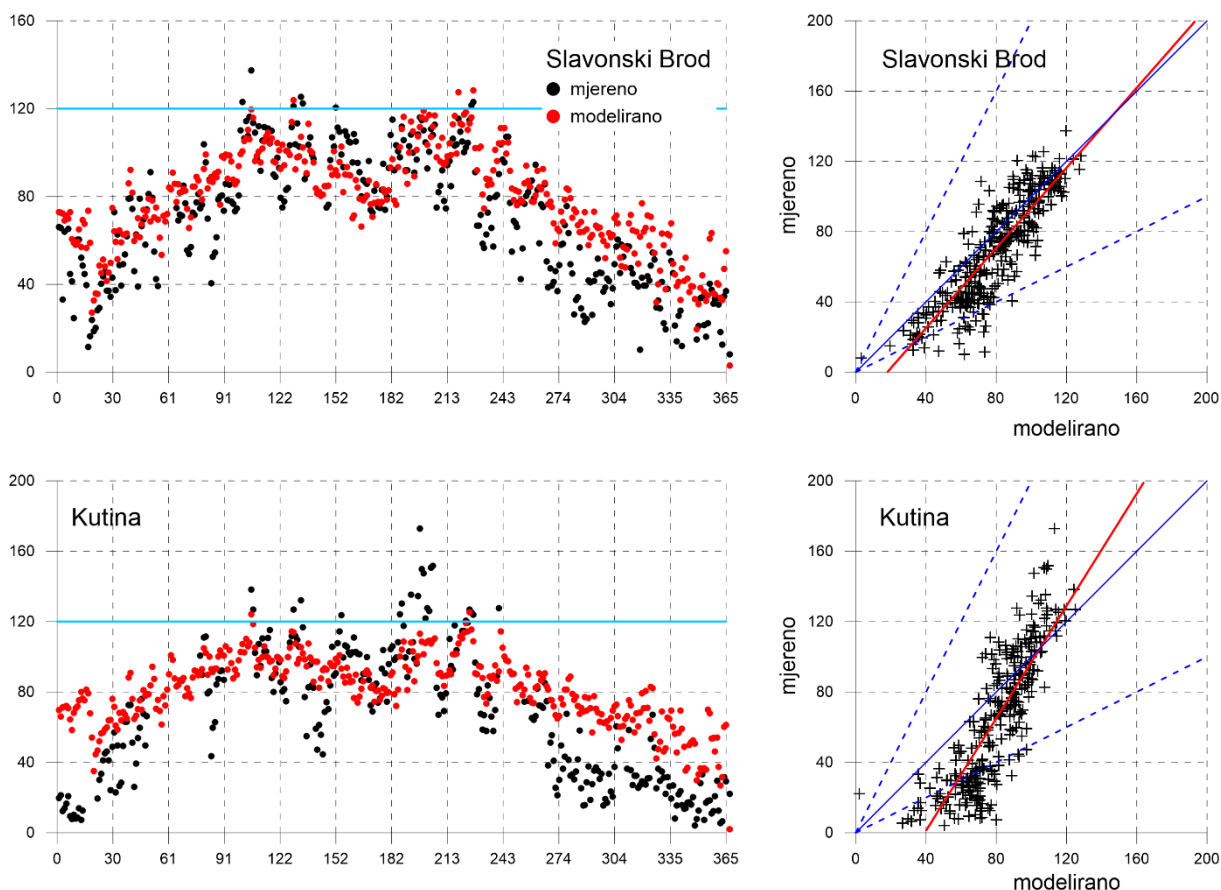
Prema rezultatima mjerenja i modela u zoni HR02 nije došlo do prekoračenja broja dana s propisanom ciljnom vrijednošću za ozon (25 dana godišnje) ali je maksimalna 8-satna godišnja vrijednosti prekoračila ciljnu vrijednost od 120 µg/m³.

Na slici 26. prikazan je godišnji hod maksimalnih srednjih 8-satnih vrijednosti koncentracija ozona u točkama mreže 50 km x 50 km u zoni HR02, linijski prikaz po točkama mreže.



Slika 26. Godišnji hod maksimalne srednje 8-satne vrijednosti ozona (MDA8) u točkama mreže (linijski prikaz) prema rezultatima proračuna modelom u zoni HR02.

Usporedba mjerenih i modeliranih koncentracija ozona na postajama Slavonski Brod i Kutina prikazana je na slici 27.

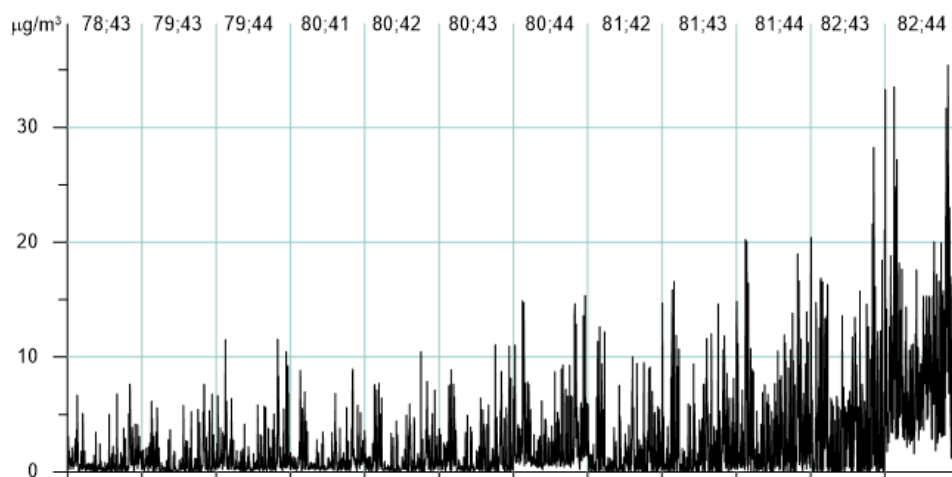


Slika 27. Maksimalne dnevne 8-satne vrijednosti koncentracija ozona (mjerene •; modelirane •) u zoni HR02 za 2015 godinu [lijevo] i dijagram raspršenja mjerenih i modeliranih vrijednosti na postajama Slavonski Brod i Kutina u zoni HR02.

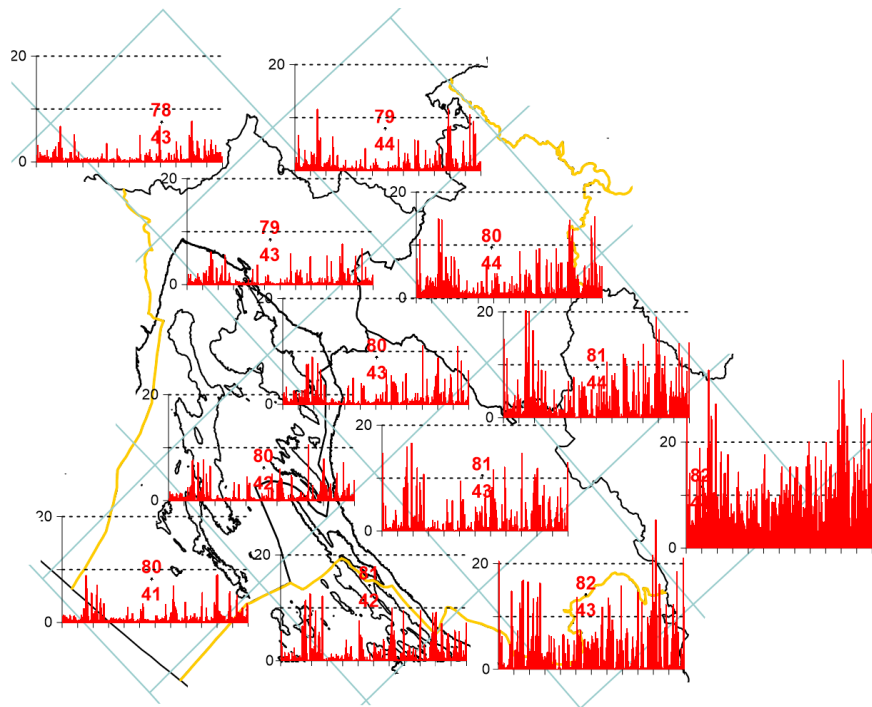
Zona HR03: Gorska Hrvatska

Sumporov dioksid, SO₂

Prostorna raspodjela modeliranih srednjih godišnjih vrijednosti koncentracija sumporovog dioksida u zoni HR03 prikazane su na slici 2, a srednjih dnevnih vrijednosti koncentracija u pojedinim točkama mreže na slikama 28. i 29. Vrijednosti ne prelaze granično propisane i prema rezultatima modela nisu prekoračeni donji i gornji prag procjenjivanja. Mjerjenja se provode samo na postaji Plitvička jezera [81, 43] i srednja godišnja vrijednost iznosi oko 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. U toj točki mreže modelirane i mjerene vrijednosti sumporovog dioksida su usporedive. Donji i gornji pragovi procjene nisu prekoračeni.



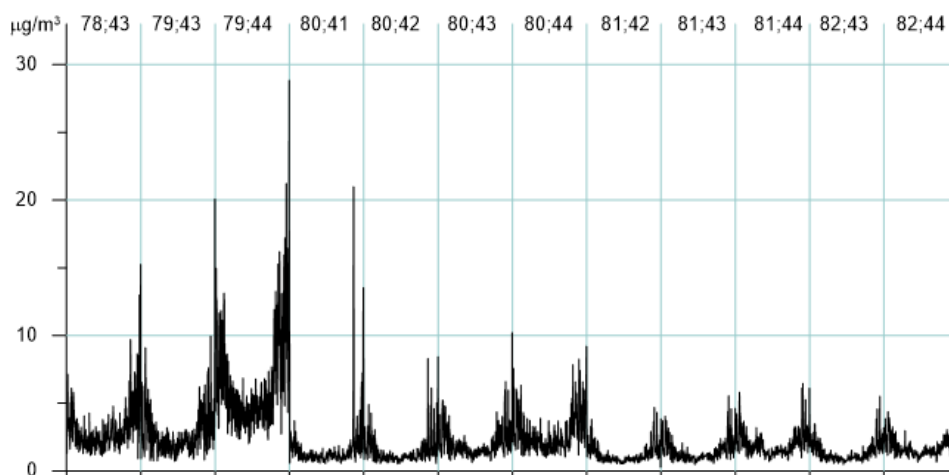
Slika 28. Godišnji hod srednjih dnevnih koncentracija sumporovog dioksida u točkama mreže 50 km x 50 km u zoni HR03, linijski prikaz po točkama mreže.



Slika 29. Godišnji hod srednjih dnevnih koncentracija sumporovog dioksida u točkama mreže 50 km x 50 km u zoni HR03, prostorni prikaz.

Dušikov dioksid, NO₂

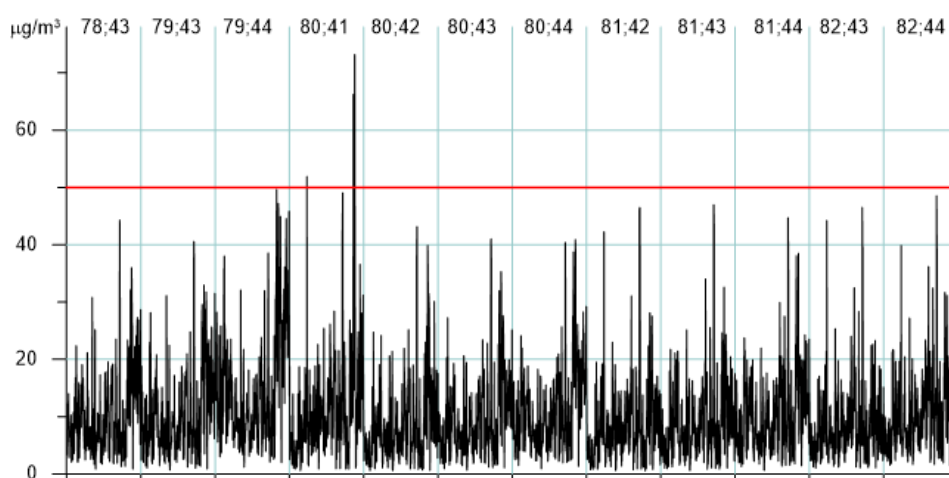
Prostorna raspodjela modeliranih srednjih godišnjih vrijednosti koncentracija dušikovog dioksida u zoni HR03 prikazane su na slici 4, a srednjih dnevnih vrijednosti koncentracija u pojedinim točkama mreže na slici 30. Vrijednosti ne prelaze granično propisane i prema rezultatima modela nisu prekoračeni donji i gornji prag procjenjivanja. Mjerenja na postaji Plitvička jezera pokazuju da je nije došlo do prekoračenja i donje i gornje granice procjenjivanja (tablica 5 u tekstu studije). Ovdje treba napomenuti da je obuhvat podataka mjerenja bio 60%. Rezultati modela pokazuju da su povišene vrijednosti koncentracija očekivane u pograničnom području sa Slovenijom.



Slika 30. Godišnji hod srednjih dnevnih koncentracija dušikovog dioksida u točkama mreže 50 km x 50 km u zoni HR03, linijski prikaz po točkama mreže.

Lebdeće čestice, PM₁₀

Prostorna raspodjela modeliranih srednjih godišnjih vrijednosti koncentracija lebdećih čestica PM₁₀ u zoni HR03 prikazane su na slici 6, a mjerenih vrijednosti na postajama Parg i Plitvička jezera na slici 7. Godišnji hod srednjih dnevnih vrijednosti koncentracija u pojedinim točkama mreže prikazan je na slici 31.

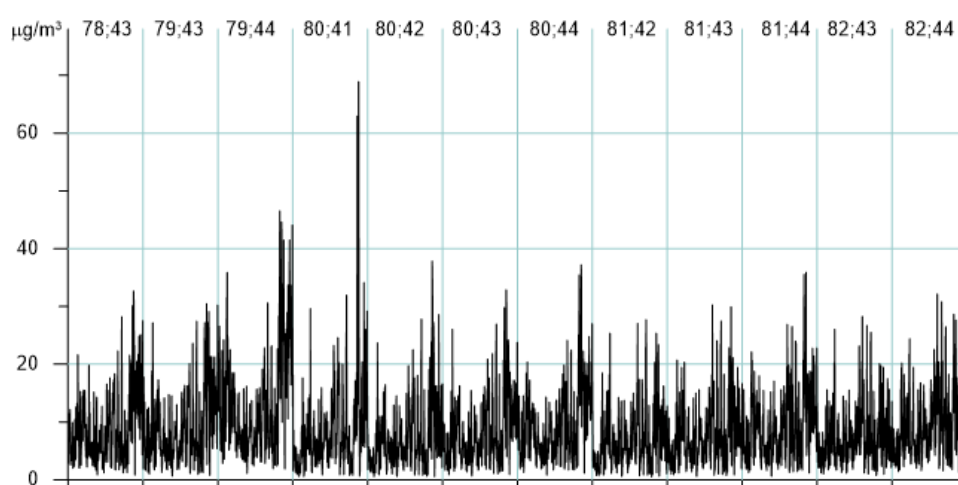


Slika 31. Godišnji hod srednjih dnevnih koncentracija lebdećih čestica PM₁₀ u točkama mreže 50 km x 50 km u zoni HR03, linijski prikaz po točkama mreže.

Rezultati modela usporedivi su s vrijednostima mjerenih koncentracija na lokacijama Parg i Plitvička jezera što je i očekivano budući da se radi o ruralnim područjima gdje se očekuje većim dijelom utjecaj regionalnog transporta onečišćenja. Modelirane vrijednosti nešto su niže od mjerenih budući da se na skali modela od 50 km ne mogu pratiti efekti kućnih ložišta i manjih lokalnih izvora malog dometa. Donji i gornji pragovi procjene nisu prekoračeni više od 35 puta.

Lebdeće čestice, PM_{2,5}

Prostorna raspodjela modeliranih srednjih godišnjih vrijednosti koncentracija lebdećih čestica PM_{2,5} u zoni HR03 prikazane su na slici 11, a mjerenih vrijednosti na postajama Parg i Plitvička jezera na slici 12. Godišnji hod srednjih dnevnih vrijednosti koncentracija u pojedinim točkama mreže prikazan je na slici 32.



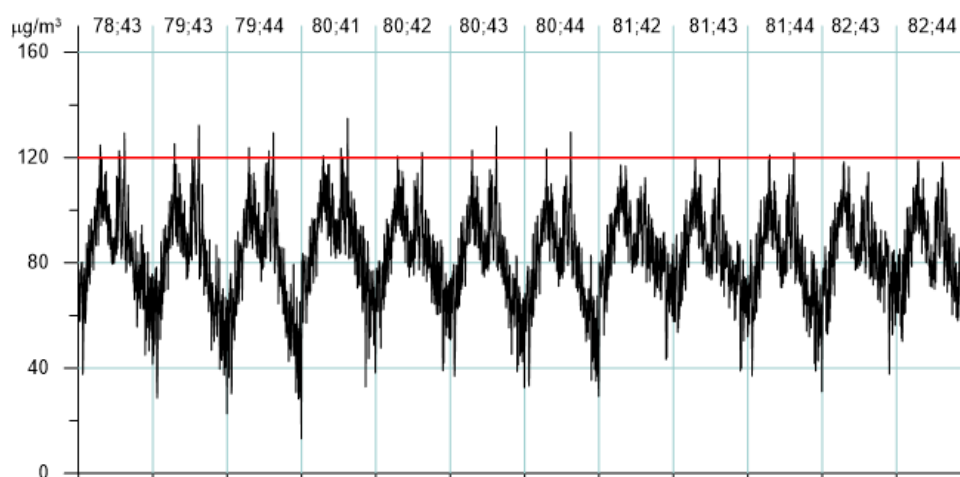
Slika 32. Godišnji hod srednjih dnevnih koncentracija lebdećih čestica PM_{2,5} u točkama mreže 50 km x 50 km u zoni HR03, linijski prikaz po točkama mreže.

Prema rezultatima mjerenja u zoni HR03 nisu prekoračeni donji i gornji prag procjene u odnosu na srednju godišnju vrijednost. Prema rezultatima modela donji prag procjene je prekoračen u točki mreže [79, 44] koja se nalazi na samoj granici sa Slovenijom i u kojoj je prostorni obuhvat u gridu samo 10%, odnosno pokriva oko 250 četvornih kilometara prostora.

Ozon, O₃

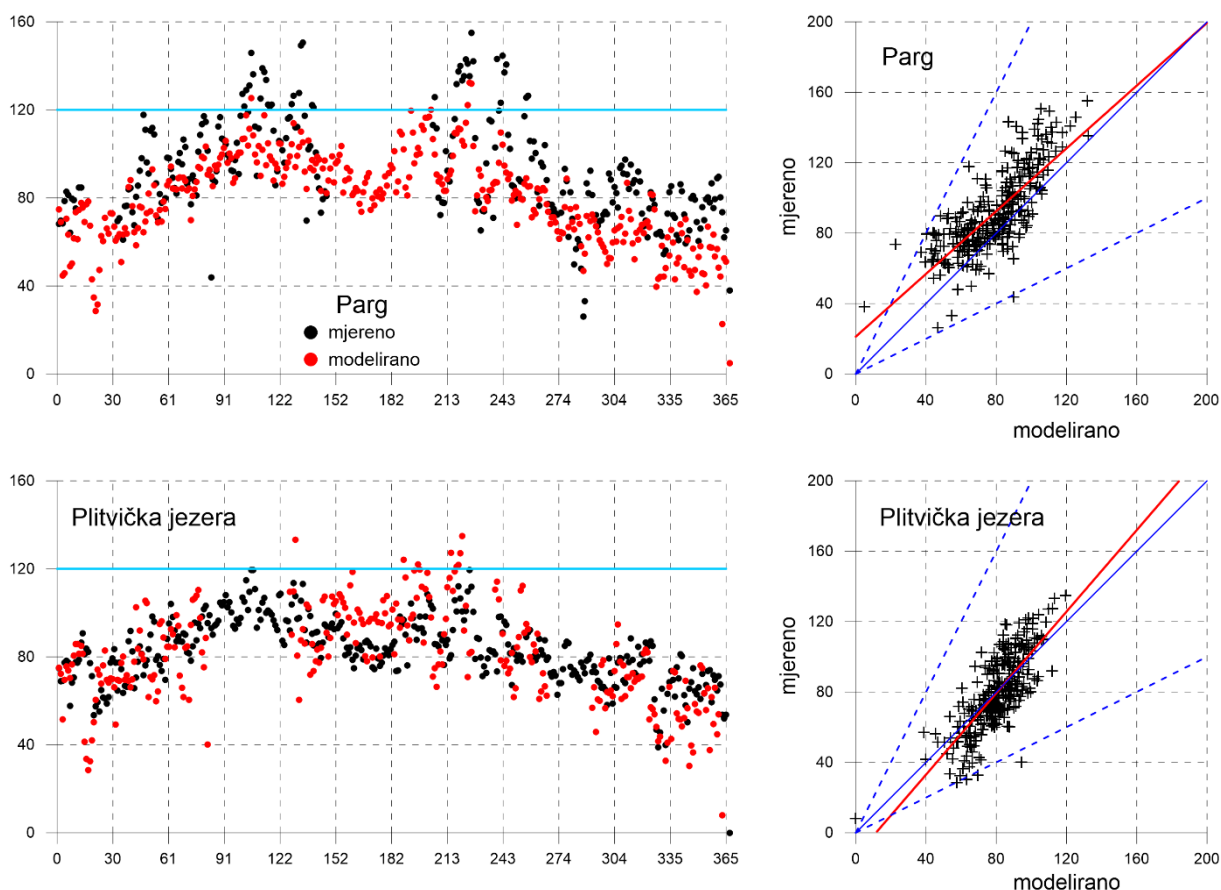
Prema rezultatima mjerenja na postaji Parg došlo je do prekoračenja dopuštenog broja dana s vrijednošću MDA8 iznad 120 µg/m³. Rezultati modela u potpunosti podcjenjuju iznos broja dana prekoračenja, ali u cijeloj zoni, u gotovo svim njenim točkama predviđaju prekoračenje ciljne vrijednosti ozona od 120 µg/m³.

Na slici 33. prikazan je godišnji hod maksimalnih srednjih 8-satnih vrijednosti koncentracija ozona u točkama mreže 50 km x 50 km u zoni HR03, linijski prikaz po točkama mreže.



Slika 33. Godišnji hod maksimalne srednje 8-satne vrijednosti ozona (MDA8) u točkama mreže (linijski prikaz) prema rezultatima proračuna modelom u zoni HR03.

Usporedba mjerenih i modeliranih koncentracija ozona na postajama Parg i Plitvička jezera prikazana je na slici 34.



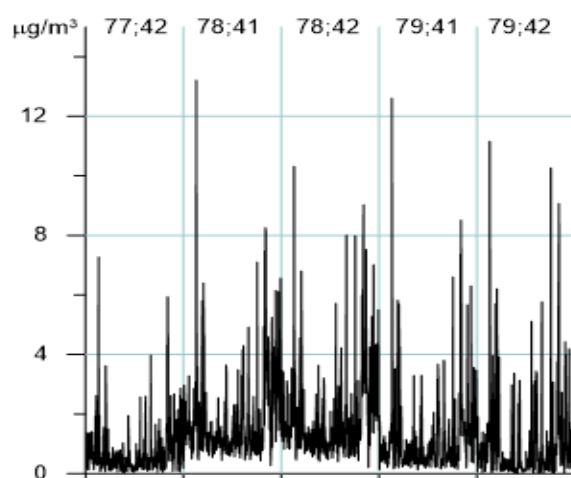
Slika 34. Maksimalne dnevne 8-satne vrijednosti koncentracija ozona (mjerene •; modelirane •) u zoni HR03 za 2015. godinu [lijevo] i dijagram raspršenja mjerenih i modeliranih vrijednosti na postajama Parg i Plitvička jezera u zoni HR03.

Zona HR04: Istra

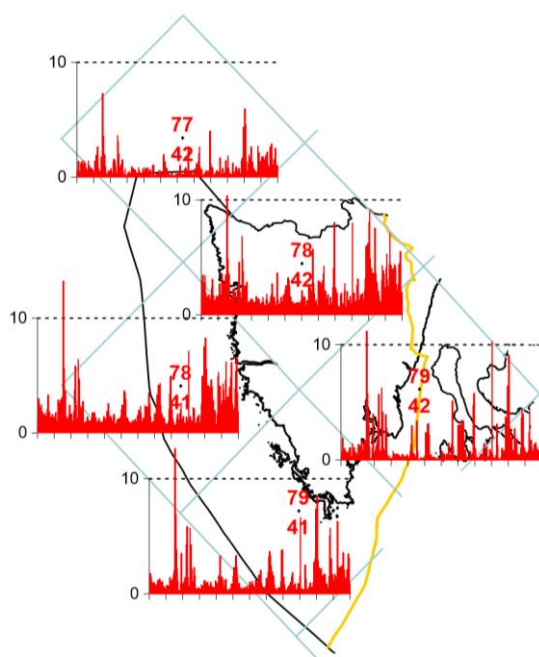
Sumporov dioksid, SO₂

Prostorna raspodjela modeliranih srednjih godišnjih vrijednosti koncentracija sumporovog dioksida u zoni HR04 prikazane su na slici 2, a srednjih dnevnih vrijednosti koncentracija u pojedinim točkama mreže na slikama 35. i 36. Vrijednosti ne prelaze granično propisane i prema rezultatima modela nisu prekoračeni donji i gornji prag procjenjivanja. Mjerenja se ne provode u ovoj zoni.

Prema slici 36. vidi se da su srednje dnevne vrijednosti koncentracija rijetko prelaze vrijednost od 10 µg/m³ te da su veći dio godine ispod 5 µg/m³.



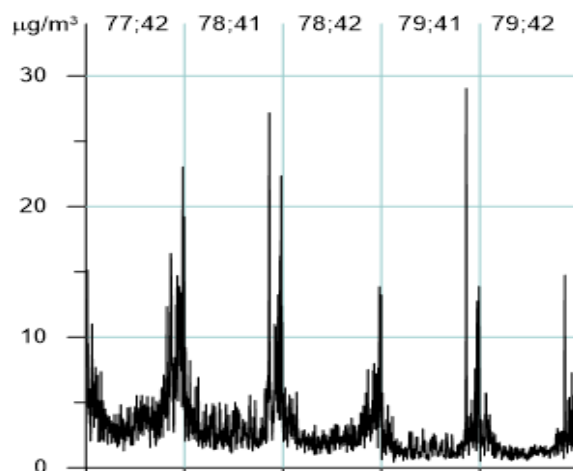
Slika 35. Godišnji hod srednjih dnevnih koncentracija sumporovog dioksida u točkama mreže 50 km x 50 km u zoni HR04, linijski prikaz po točkama mreže.



Slika 36. Godišnji hod srednjih dnevnih koncentracija sumporovog dioksida u točkama mreže 50 km x 50 km u zoni HR04, prostorni prikaz.

Dušikov dioksid, NO₂

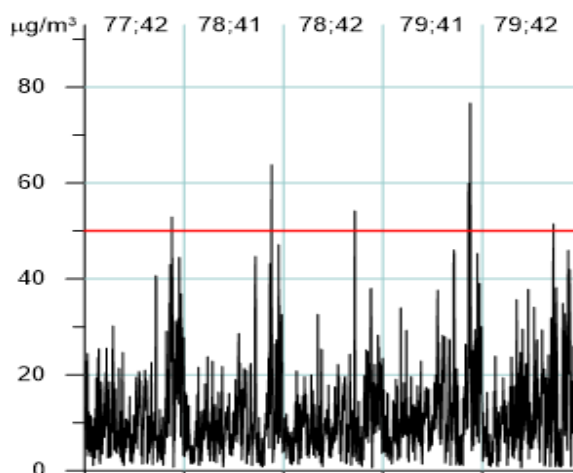
Prostorna raspodjela modeliranih srednjih godišnjih vrijednosti koncentracija dušikovog dioksida u zoni HR04 prikazane su na slici 4, a srednjih dnevnih vrijednosti koncentracija u pojedinim točkama mreže na slici 37. Vrijednosti ne prelaze granično propisane i prema rezultatima modela nisu prekoračeni donji i gornji prag procjenjivanja. Rezultati modela pokazuju da se povišene vrijednosti koncentracija mogu očekivati u pograničnom području sa Slovenijom.



Slika 37. Godišnji hod srednjih dnevnih koncentracija dušikovog dioksida u točkama mreže 50 km x 50 km u zoni HR04, linijski prikaz po točkama mreže.

Lebdeće čestice, PM₁₀

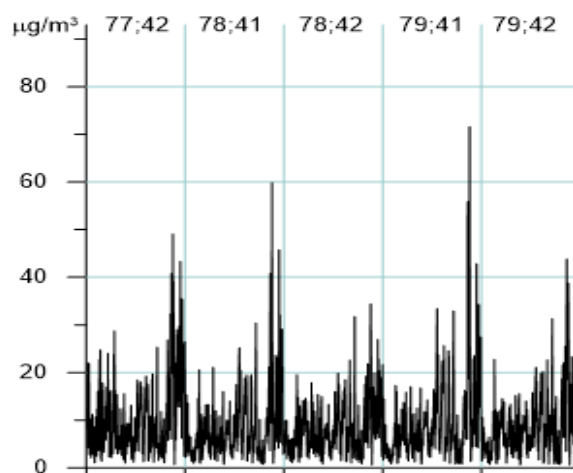
Prostorna raspodjela modeliranih srednjih godišnjih vrijednosti koncentracija lebdećih čestica PM₁₀ u zoni HR04 prikazane su na slici 6, a mjerenih vrijednosti na postaji Višnjan na slici 7. Godišnji hod srednjih dnevnih vrijednosti koncentracija u pojedinim točkama mreže prikazan je na slici 38. Rezultati modela usporedivi su s vrijednostima mjerenih koncentracija na postaji Višnjan [78, 42]. Na postaji Višnjan donji prag procjene prekoračen je 43 puta. Prema rezultatima modela također je prekoračen donji prag procjene u tri točke prostorne mreže (slike 9.a) i 9.b)).



Slika 38. Godišnji hod srednjih dnevnih koncentracija lebdećih čestica PM₁₀ u točkama mreže 50 km x 50 km u zoni HR04, linijski prikaz po točkama mreže.

Lebdeće čestice, PM_{2,5}

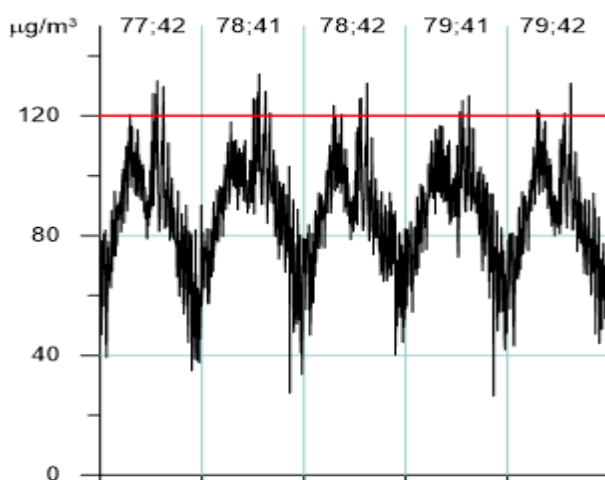
Prostorna raspodjela modeliranih srednjih godišnjih vrijednosti koncentracija lebdećih čestica PM_{2,5} u zoni HR04 prikazane su na slici 11, a mjerenih vrijednosti na postaji Višnjan na slici 12. Godišnji hod srednjih dnevnih vrijednosti koncentracija u pojedinim točkama mreže prikazan je na slici 39. Prema rezultatima mjerenja i modela u zoni HR04 nisu prekoračeni donji i gornji prag procjene u odnosu na srednju godišnju vrijednost (slika 13).



Slika 39. Godišnji hod srednjih dnevnih koncentracija lebdećih čestica PM_{2,5} u točkama mreže 50 km x 50 km u zoni HR04, linijski prikaz po točkama mreže.

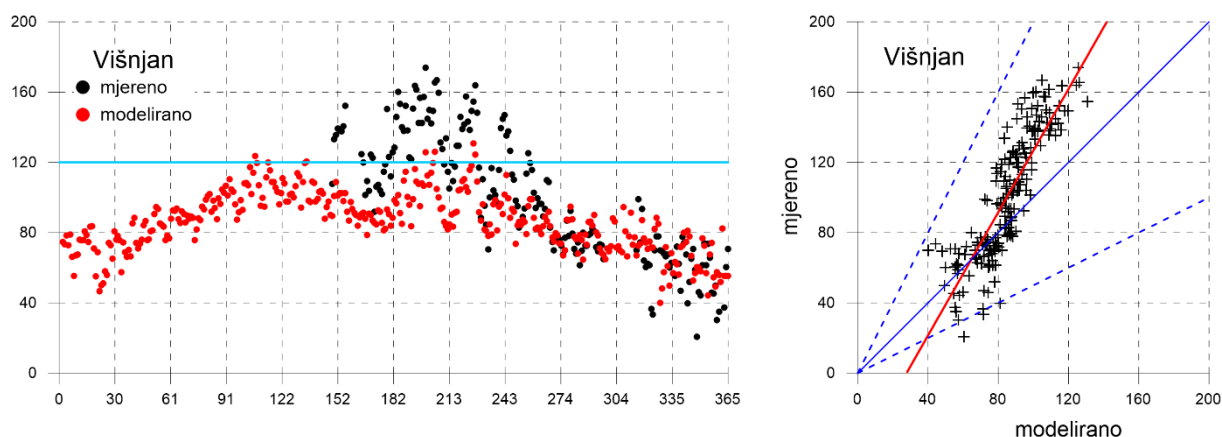
Ozon, O₃

Prema rezultatima mjerenja na postaji Višnjan zabilježeno je prekoračenje dopuštenog broja dana s vrijednošću MDA8 iznad 120 µg/m³. Rezultati modela značajno podcjenjuju iznos broja dana prekoračenja, ali u cijeloj zoni, u svim njenim točkama predviđaju prekoračenje ciljne vrijednosti ozona od 120 µg/m³. Na slici 40. prikazan je godišnji hod maksimalnih srednjih 8-satnih vrijednosti koncentracija ozona u točkama mreže 50 km x 50 km u zoni HR04, linijski prikaz po točkama mreže.



Slika 40. Godišnji hod maksimalne srednje 8-satne vrijednosti ozona (MDA8) u točkama mreže (linijski prikaz) prema rezultatima proračuna modelom u zoni HR04.

Usporedba mjerenih i modeliranih koncentracija ozona na postajama Parg i Plitvička jezera prikazana je na slici 41.



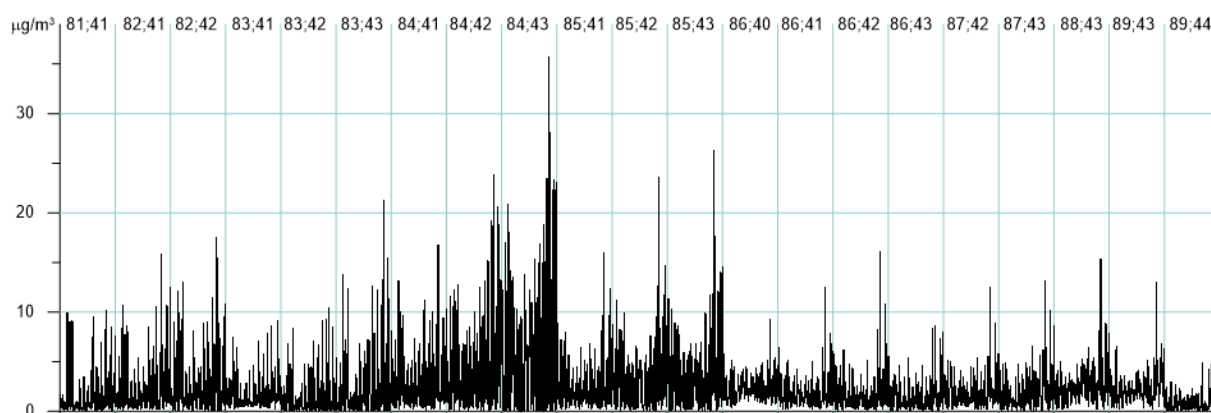
Slika 41. Maksimalne dnevne 8-satne vrijednosti koncentracija ozona (mjerene •; modelirane •) u zoni HR04 za 2015. godinu [lijevo] i dijagram raspršenja mjerenih i modeliranih vrijednosti na postaji Višnjan u zoni HR04.

Zona HR05: Dalmacija

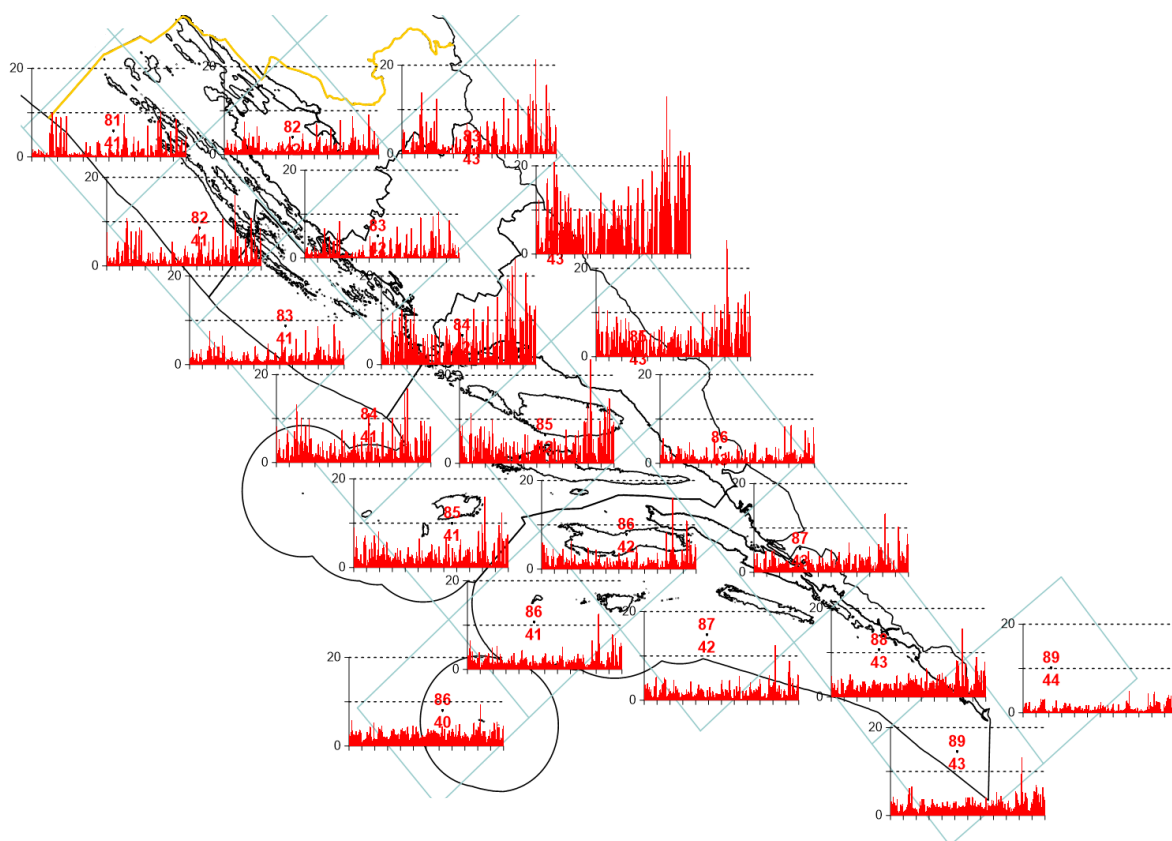
Sumporov dioksid, SO₂

Prostorna raspodjela modeliranih srednjih godišnjih vrijednosti koncentracija sumporovog dioksida u zoni HR05 prikazane su na slici 2, a srednjih dnevnih vrijednosti koncentracija u pojedinim točkama mreže na slikama 42. i 43. Vrijednosti ne prelaze granično propisane i prema rezultatima modela nisu prekoračeni donji i gornji prag procjenjivanja. Mjerenja SO₂ se nisu provodila u 2015. godini.

Prema slici 42. vidi se da srednje dnevne vrijednosti koncentracija rijetko prelaze vrijednost od 20 µg/m³ te da su veći dio godine ispod 10 µg/m³. Prema rezultatima modela najviše vrijednosti su dobivene u točkama uz granicu s Bosnom i Hercegovinom, te u području oko Splita i zaleđu: točke [84, 43], [84, 42], [85, 42], [85, 43], međutim, vrijednosti koncentracija su niske i nisu prekoračeni donji i gornji pragovi procjene.



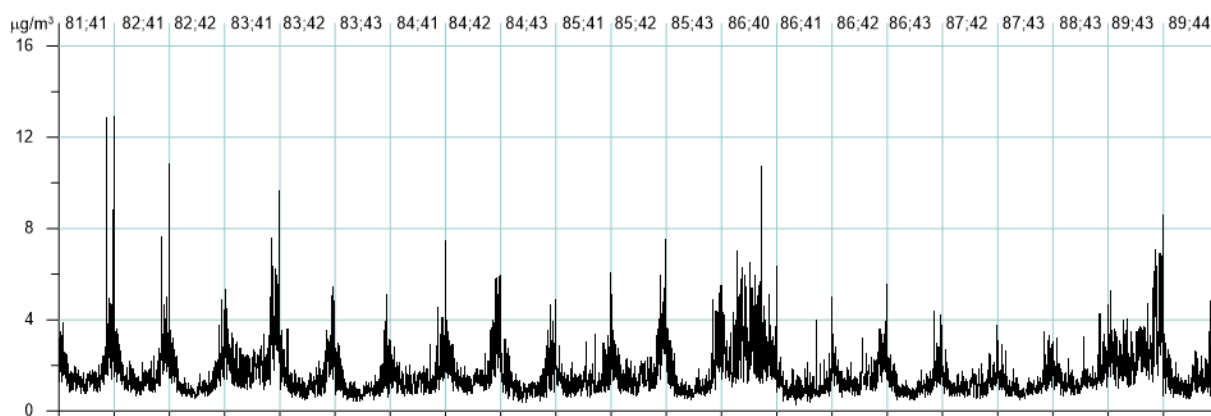
Slika 42. Godišnji hod srednjih dnevnih koncentracija sumporovog dioksida u točkama mreže 50 km x 50 km u zoni HR05, linjski prikaz po točkama mreže.



Slika 43. Godišnji hod srednjih dnevnih koncentracija sumporovog dioksida u točkama mreže 50 km x 50 km u zoni HR05, prostorni prikaz.

Dušikov dioksid, NO₂

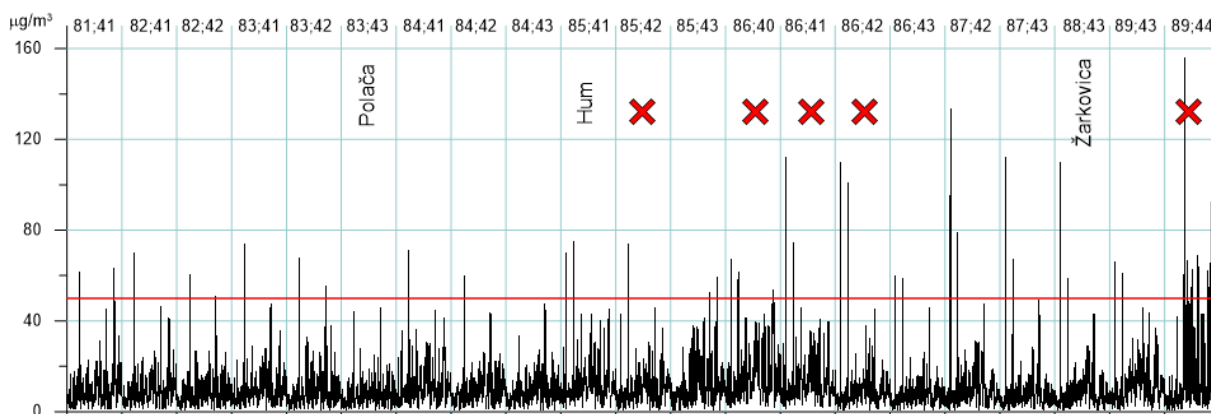
Prostorna raspodjela modeliranih srednjih godišnjih vrijednosti koncentracija dušikovog dioksida u zoni HR05 prikazane su na slici 4, a srednjih dnevnih vrijednosti koncentracija u pojedinim točkama mreže na slici 44. Vrijednosti ne prelaze granično propisane i prema rezultatima modela nisu prekoračeni donji i gornji prag procjenjivanja. Mjerenja NO₂ su na postaji Žarkovica [88, 43] uspostavljena od travnja 2015. tako da je obuhvat podataka bio 60%.



Slika 44. Godišnji hod srednjih dnevnih koncentracija dušikovog dioksida u točkama mreže 50 km x 50 km u zoni HR05, linijski prikaz po točkama mreže.

Lebdeće čestice, PM₁₀

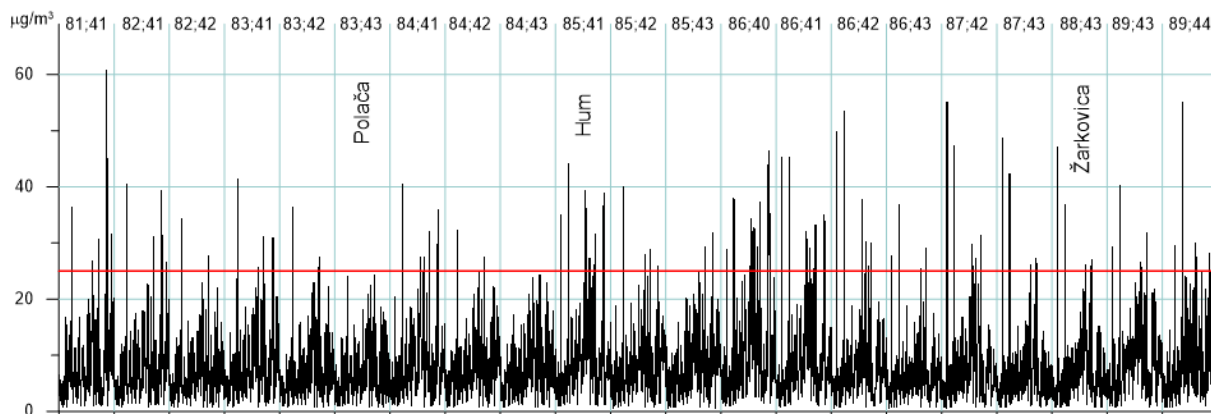
Prostorna raspodjela modeliranih srednjih godišnjih vrijednosti koncentracija lebdećih čestica PM₁₀ u zoni HR04 prikazane su na slici 6, a mjerenih vrijednosti na postajama Polača [83, 43], Hum [85, 41] i Žarkovica [88, 43] na slici 7. Godišnji hod srednjih dnevnih vrijednosti koncentracija u pojedinim točkama mreže prikazan je na slici 45. Rezultati modela usporedivi su s vrijednostima mjerenih koncentracija ali su u prosjeku nešto niže na kopnu a više u obalnom pojasu i na otocima. Srednje dnevne vrijednosti nisu prekoračene više od 35 puta niti prema rezultatima proračuna niti rezultatima mjerenja. Prema rezultatima mjerenja i modela gornji prag procjenjivanja nije prekoračen (slika 9.a)) dok je donji prag procjenjivanja prekoračen u pet gridova mreže (slika 9.b), slika 45., oznaka **X**). Prema rezultatima mjerenja donji prag procjene nije prekoračen više od 35 puta.



Slika 45. Godišnji hod srednjih dnevnih koncentracija lebdećih čestica PM₁₀ u točkama mreže 50 km x 50 km u zoni HR05, linijski prikaz po točkama mreže.

Lebdeće čestice, PM_{2,5}

Prostorna raspodjela modeliranih srednjih godišnjih vrijednosti koncentracija lebdećih čestica PM_{2,5} u zoni HR05 prikazane su na slici 11, a mjerenih vrijednosti na postajama Polača [83, 43], Hum [85, 41] i Žarkovica [88, 43] na slici 12. Godišnji hod srednjih dnevnih vrijednosti koncentracija u pojedinim točkama mreže prikazan je na slici 39. Prema rezultatima mjerenja i modela u zoni HR04 nisu prekoračeni donji i gornji prag procjene u odnosu na srednju godišnju vrijednost (slika 13.) te nije prekoračena preporučena srednja godišnja vrijednost od 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



Slika 46. Godišnji hod srednjih dnevnih koncentracija lebdećih čestica PM_{2,5} u točkama mreže 50 km x 50 km u zoni HR05, linijski prikaz po točkama mreže.

Ozon, O₃

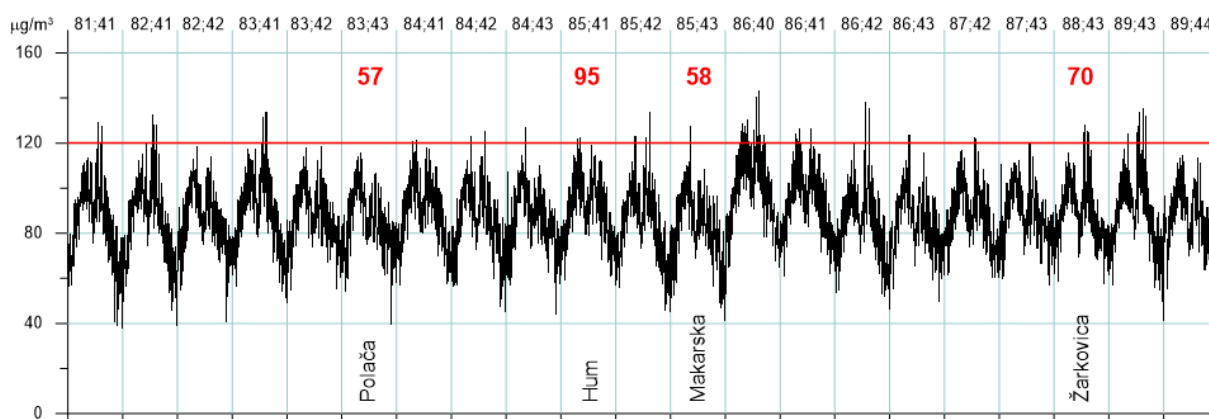
Prema rezultatima mjerenja na postajama Polača [83, 43], Makarska [85, 43] Hum [85, 41] i Žarkovica [88, 43] zabilježeno je prekoračenje dopuštenog broja dana s vrijednošću MDA8 iznad 120 µg/m³. Brojevi dana s prekoračenjem označeni su na grafu crvenom bojom. Može se zaključiti da je cijela zona HR05 pod visokim opterećenjem koncentracija ozona. Rezultati modela značajno podcjenjuju iznos broja dana prekoračenja, ali u cijeloj zoni, u svim njenim točkama predviđaju prekoračenje ciljne vrijednosti ozona od 120 µg/m³. Isto tako, srednje vrijednosti koncentracija ozona (slika 15.) za ovo područje pokazuju da su zone HR04 i HR05 one s najvišim vrijednostima u prosjeku, ali su maksimalne vrijednosti izražene preko parametra MDA8 značajno niže i ispod prihvatljivih vrijednosti. Zbog toga treba zadržati kontinuitet mjerenja na svim postajama.

Na slici 47. prikazan je godišnji hod maksimalnih srednjih 8-satnih vrijednosti koncentracija ozona u točkama mreže 50 km x 50 km u zoni HR05, linijski prikaz po točkama mreže.

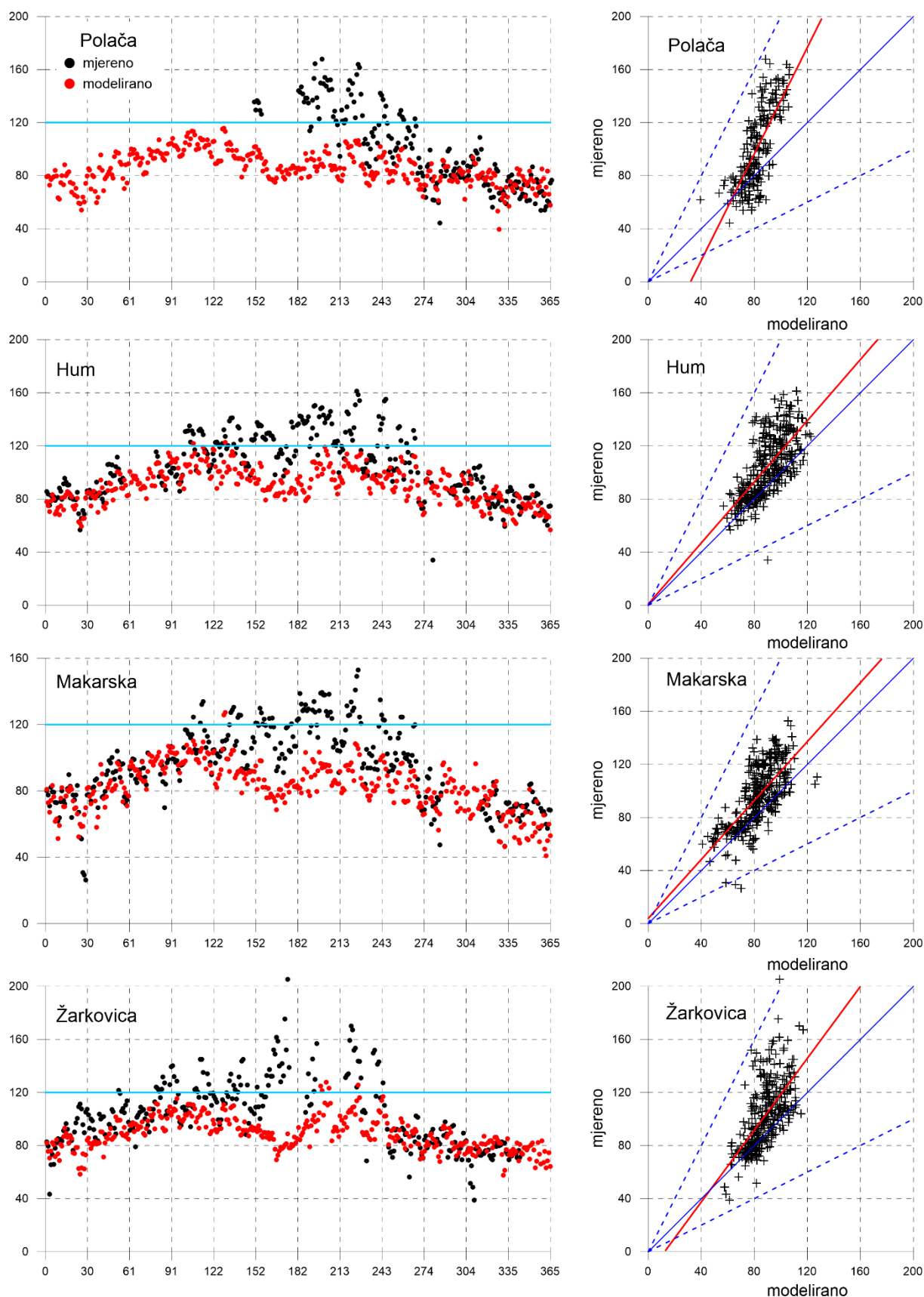
Usporedba mjerenih i modeliranih koncentracija ozona na postajama Polača, Makarska, Hum i Žarkovica prikazana je na slici 48.

Na svim postajama na slici 48. uočava se da su modelirane vrijednosti koncentracija ozona podcijenjene u toplom dijelu godine (travanj-rujan) kada se očekuju maksimumi u vrijednostima koncentracija ozona dok su vrijednosti zimskog dijela godine usporedive s vrijednostima dobivenim mjerenjima. Razlozi za to mogu biti višestruki zbog čega je potrebno svaki od njih posebno testirati i proanalizirati kako bi se uvele potrebne korekcije.

Neovisno o rezultatima modela koji potvrđuje prekoračenje ciljane vrijednosti ozona na cijelom području zone HR05, a podcjenjuje broj dana prekoračenja MDA8 propisanih vrijednosti, mjerenja potvrđuju da su i te vrijednosti značajno prekoračene.



Slika 47. Godišnji hod maksimalne srednje 8-satne vrijednosti ozona (MDA8) u točkama mreže (linijski prikaz) prema rezultatima proračuna modelom u zoni HR05.



Slika 48. Maksimalne dnevne 8-satne vrijednosti koncentracija ozona MDA8 (mjerene •; modelirane •) u zoni HR05 za 2015 godinu [lijevo] i dijagram raspršenja mjerenih i modeliranih MDA8 vrijednosti na postajama Polača, Makarska, Hum i Žarkovica u zoni **HR05**.