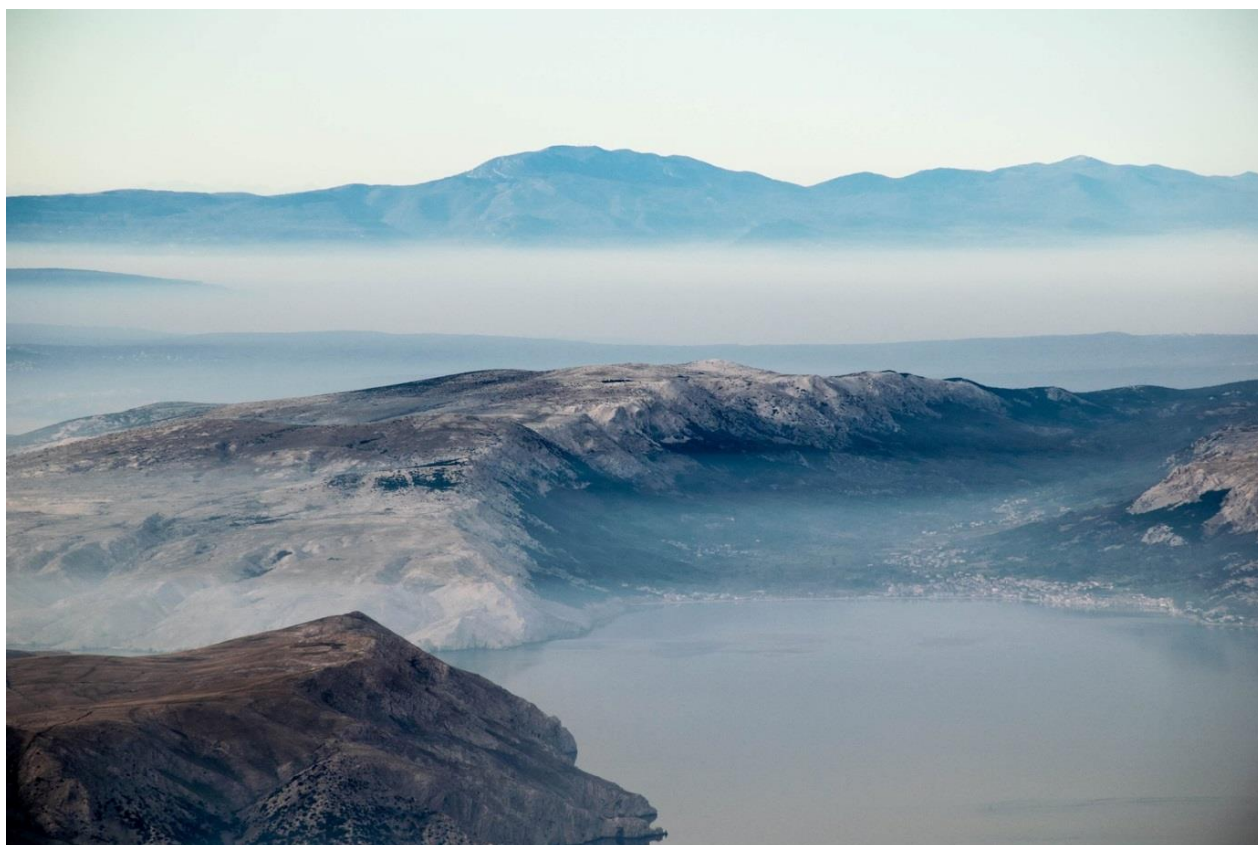




**DRŽAVNI
HIDROMETEOROLOŠKI
ZAVOD**

Ocjena kvalitete zraka na području Hrvatske 2011.-2015.



Studeni 2017.

Naziv dokumenta: **OCJENA KVALITETE ZRAKA NA PODRUČJU
REPUBLIKE HRVATSKE 2011.-2015.**

Naručitelj: Ministarstvo zaštite okoliša i energetike
Radnička cesta 80, Zagreb

Izrađivač: Državni hidrometeorološki zavod
Grič 3, Zagreb

Autori: Sonja Vidič, dipl.ing.fiz., voditeljica
Vedrana Džaja Grgičin, magistra fizike-geofizike
Darijo Brzoja, dipl.ing.fiz.
Stjepana Brzaj, magistra fizike - geofizike
Damjana Ćurkov, magistra fizike - geofizike
Jurica Suhin, magistar fizike - geofizike
Martin Belavić, magistar fizike - geofizike
Velimir Milić, magistar fizike - geofizike
Vesna Gugec, tehnička suradnica

Odgovorna: dr.sc. Cleo Kosanović
načelnica Sektora za kvalitetu zraka

Ravnateljica
Državnog hidrometeorološkog zavoda



dr.sc. Branka Ivančan-Picek

Sažetak i zaključci

SO₂

- ▶ Kriteriji kvalitete zraka s obzirom na zaštitu zdravlja ljudi te zaštitu vegetacije zadovoljeni u svim zonama i aglomeracijama
- ▶ Gornji prag procjene s obzirom na zaštitu zdravlja ljudi prekoračen u zoni HR 02
- ▶ Gornji prag procjene s obzirom na zaštitu vegetacije prekoračen u svim zonama

NO₂

- ▶ Granična vrijednost srednje godišnje koncentracije prekoračena je na postaji Zagreb-1 te je na toj postaji potrebno nastaviti s mjerenjem dušikovog dioksida
- ▶ Sve zone su ispod gornjeg praga procjene za zaštitu vegetacije
- ▶ Gornji prag procjene s obzirom na satne vrijednosti koncentracija prekoračen u aglomeraciji Zagreb (Zagreb-1), a donji prag procjene u aglomeraciji Osijek (Osijek-1)
- ▶ Gornji prag procjene s obzirom na srednje godišnje vrijednosti koncentracija prekoračen u aglomeraciji Zagreb (Zagreb-1)

PM₁₀

- ▶ Prekoračena srednja godišnja granična vrijednost u aglomeracijama Zagreb i Osijek te u zoni HR 02 (Sisak-1, Kutina-1, Slavonski Brod-2)
- ▶ Broj dana s obzirom na srednju dnevnu vrijednost prekoračen u aglomeracijama Zagreb i Osijek, u zoni HR 02 (Sisak-1, Kutina-1, Slavonski Brod-2) te 2011. godine u zoni HR 01 (Zoljan)
- ▶ Prekoračeni donji i gornji pragovi procjene u zonama HR 01 (Kopački rit) i HR 02 (Kutina, Sisak) te u aglomeracijama Zagreb, Osijek i Rijeka te donji prag u zoni HR 04

PM_{2.5}

- ▶ Prekoračene granične vrijednosti i tolerantne vrijednosti u Slavonskom Brodu-1
- ▶ Prekoračen gornji prag procjene na postaji Slavonski Brod-1, a donji prag procjene u Kopačkom ritu

O₃

- ▶ Ciljna vrijednost ozona ($120 \mu\text{g m}^{-3}$) prekoračena u zonama HR 01, HR 03, HR 04 i HR 05 i aglomeracijama Zagreb i Rijeka
- ▶ Parametar AOT40 prekoračen u zonama HR 01, HR 03, HR 04 i HR 05 i aglomeracijama Zagreb i Rijeka

C₆H₆

- ▶ Prekoračena granična vrijednost srednje godišnje koncentracije na postaji Sisak-1
- ▶ Donji prag procjene srednje godišnje koncentracije prekoračen u zoni HR 02

H₂S

- ▶ Prekoračen dozvoljen broj prekoračenja satne granične vrijednosti u Sisku i Slavanskom Brodu te na lokalnoj postaji Zagreb-Jakuševac (narušeni su uvjeti kvalitete života).
- ▶ Prekoračen dozvoljen broj prekoračenja dnevne granične vrijednošću u Slavanskom Brodu i na lokalnoj postaji Zagreb-Jakuševac (narušeni su uvjeti kvalitete života).

NH₃

- ▶ Prekoračen dozvoljen broj prekoračenja dnevne granične vrijednosti u Kutini (narušeni su uvjeti kvalitete života)

B(a)P

- ▶ Prekoračene srednje godišnje vrijednosti koncentracija na postajama Zagreb-1, Zagreb-3, Slavonski Brod-1 i Sisak-1
- ▶ Gornji prag procjene prekoračen na postajama Zagreb-1 i Sisak-1

PPI – Pokazatelj prosječne izloženosti koncentracijama PM_{2,5}

Pokazatelj prosječne izloženosti izražen u $\mu\text{g m}^{-3}$ temelji se na mjerenjima s gradskih pozadinskih lokacija u zonama i aglomeracijama na čitavom teritoriju države, a koristi se kako bi se provjerilo da li je ostvaren cilj smanjenja izloženosti na nacionalnoj razini. Treba ga procijeniti kao prosjek srednjih vrijednosti godišnjih koncentracija u tri uzastopne godine, na svim točkama uzorkovanja koje su određene prema posebnom propisu. PPI za referentnu godinu 2015. jednak je srednjoj vrijednosti koncentracije za 2013., 2014. i 2015. godinu i iznosi $20.6 \mu\text{g m}^{-3}$ te je viša od zahtijevane razine izloženosti za 2015. godinu koja iznosi $20 \mu\text{g m}^{-3}$.

Zone i aglomeracije

Uvjeti za razgraničenje teritorija Republike Hrvatske s obzirom na kvalitetu zraka u razdoblju 2011.-2015. godine nisu se promijenili u odnosu na prijašnje razdoblje. Zbog toga predlažemo da se zadrži razgraničenje sukladno važećoj Uredbi (NN 01/2014).

Najmanji broj mjernih mjesta za trajno praćenje kvalitete zraka

Lokacije i program mjerenja parametara kvalitete zraka propisani su Uredbom o utvrđivanju popisa mjernih mjesta za praćenje koncentracija pojedinih onečišćujućih tvari u zraku i lokacija mjernih postaja u državnoj mreži za trajno praćenje kvalitete zraka (NN 65/16) i Programom mjerenja razine onečišćenosti zraka u državnoj mreži za trajno praćenje kvalitete zraka (NN 73/16).

Jedan od zadataka ocjene kvalitete zraka kroz dulje razdoblje (2006-2010., 2011-2015) je analizirati mjestu mrežu kao i potrebu za uvođenjem dodatnih mjerenja (lokacija, parametara) u narednom razdoblju, odnosno, za ukidanjem mjerenja određenih parametara koji zadovoljavaju propisane kriterije kvalitete zraka.

Jedan od kriterija za donošenje odluke o potrebi proširenja mjerne mreže je i analiza prekoračenja graničnih vrijednosti koncentracija onečišćujućih tvari te granica procjenjivanja s obzirom na zadane kriterije (tablica a.) koja nam, uz ostala razmatranja, može poslužiti kao vodič. Sažeti prikaz ove analize za razdoblje 2011.-2015. godine dan je po onečišćujućim tvarima u tablicama b., c. i d.

Tablica a. Prikaz razina onečišćenosti zraka prema granicama procjene.

Tablica a. Prikaz razina onečišćenosti zraka prema granicama procjene.

Razina onečišćenosti	Prikaz	Podaci za procjenu
Ispod donje granice procjenjivanja		modeliranje, indikativna mjerenja
Između donje i gornje granice procjenjivanja		mjerenje i modeliranje
Iznad gornje granice procjenjivanja i iznad dugoročne ciljne vrijednosti za ozon		mjerenje
obuhvat podataka manji od 75 %		mjerenja
mjerenja se ne provode, rezultati modela nisu primjenjivi		

Tablica b. Ocjena razine onečišćenosti prema graničnim vrijednostima i granicama procjene za zdravlje ljudi u razdoblju od 2011.-2015. godine po mjernim mjestima državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka prema važećim zonama i aglomeracijama (u zonama bez mjerenja primijenjeni su rezultati modela).

Zona	Mjerne postaje	Onečišćujuća tvar							
		SO ₂	NO ₂	PM ₁₀	PM _{2.5}	benzen	Pb	CO	O ₃
HR ZG	ZAGREB-1								
HR ZG	ZAGREB-2								
HR ZG	ZAGREB-3								
HR ZG	ZAGREB PPI PM2.5								
HR OS	OSIJEK-1								
HR RI	RIJEKA-1								
HR RI	RIJEKA-2								
HR 01	KOPAČKI RIT								
HR 01	GRADIŠTE								
HR 01	ZOLJAN								
HR 01	DESINIĆ								
HR 02	KUTINA-1								
HR 02	SISAK-1								
HR 02	SLAVONSKI BROD-1								
HR 02	SLAVONSKI BROD-2								
HR 03	PLITVIČKA JEZERA								
HR 03	PARG								
HR 04	VIŠNJAN								
HR 04	PULA-FIŽELA								
HR05	POLAČA								
HR05	VELA STRAŽA								
HR05	MAKARSKA								
HR05	OPUZEN								
HR05	ŽARKOVICA								
HR05	HUM (OTOK VIS)								

Tablica c. Ocjena razine onečišćenosti prema graničnim vrijednostima i granicama procjene za zdravlje ljudi u razdoblju od 2011.-2015. godine po mjernim mjestima državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka prema važećim zonama i aglomeracijama a koja se odnosi na arsen, kadmij, živu, nikal i policikličke ugljikovodike u vanjskome zraku.

Mjerne postaje	Zona/Aglom.	Onečišćujuća tvar			
		As	Cd	Ni	BaP
ZAGREB-1	HR-ZG				
ZAGREB-3	HR-ZG				
RIJEKA-1	HR RI				
SISAK-1	HR 02				
SLAVONSKI BROD-1	HR 02				

Tablica d. Ocjena razine onečišćenosti prema kritičnim razinama za vegetaciju u razdoblju od 2011.-2015. godine po mjernim mjestima državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka prema važećim zonama. Kritične razine za vegetaciju se ne primjenjuju na područja aglomeracija (u zonama bez mjerenja primijenjeni su rezultati modela).

Zona/ Aglom.	Mjerne postaje	Onečišćujuća tvar		
		SO ₂	NO _x	AOT40
HR 01	KOPAČKI RIT			
HR 01	GRADIŠTE			
HR 01	DESINIĆ			
HR 02	KUTINA-1			
HR 02	SLAVONSKI BROD-1			
HR 03	PLITVIČKA JEZERA			
HR 03	PARG			
HR 04	VIŠNJAN			
HR 04	PULA-FIŽELA			
HR05	POLAČA			
HR05	MAKARSKA			
HR05	OPUZEN			
HR05	ŽARKOVICA			
HR05	HUM (OTOK VIS)			

Druga razmatranja mogu uzimati u obzir naseljenost određene zone, njene geografske osobitosti, izloženost taloženju onečišćujućih tvari uslijed daljinskog/prekograničnog prijenosa, gustoća emisije u pojedinoj emisijskoj kategoriji i slično. U tablici e. prikazan je program obaveznih mjerenja po zonama i aglomeracijama za ocjenu kvalitete zraka prema Uredbi o o popisu mjernih mjesta i lokacija postaja u državnoj mreži za trajno praćenje kvalitete zraka (NN 73/16), a u tablici f. dan je broj stanovnika po zonama i aglomeracijama te broj mjernih mjesta prema Uredbi NN 73/16.

Tablica e. Najmanji obvezni broj mjernih mjesta mjerenja po zonama i aglomeracijama za ocjenu kvalitete zraka prema uvjetima iz Priloga V. direktive 2008/50/EK

Zona / Agl.	SO ₂	NO ₂	PM ₁₀ + PM _{2.5}	C ₆ H ₆	Pb	CO	BC	O ₃	BaP+ PAU	PAU	Ni, Cd, As, Hg	PPI PM _{2.5}	Kem. PM _{2.5}	Hg	HOS
HR01	0/1	0/2	6/4	0/2	0/im	0/M	0/0	2/3	0/im	0/1	0/im	0/0	0/M	0/0	0/0
HR02	2/4	0/1	3/3	2/3	0/2	0/M	0/1	1/2	2/2	0/im	0/2	0/0	0/1	0/0	0/0
HR03	0/1	0/2	0/2	0/im	0/im	0/1	0/0	1/3	0/im	0/im	0/im	0/0	1/1	0/0	0/0
HR04	0/M	0/1	1/2	0/im	0/im	0/M	0/0	1/2	0/im	0/0	0/im	0/0	0/M	0/0	0/0
HR05	0/2	0/1	0/2	0/im	0/im	0/1	0/0	2/4	0/im	0/0	0/im	0/0	0/0	0/0	1/0
HR ZG	0/2	3/3	4/4	3/1	0/2	0/1	1/1	2/2	3/2	0/0	0/2	1/1	0/1	1/1	0/0
HR OS	0/2	1/1	2/1	0/1	0/im	0/2	0/0	0/1	0/im	0/im	0/im	0/0	0/0	0/0	0/0
HR RI	0/1	0/1	1/2	0/1	0/im	0/1	0/0	0/1	0/im	0/im	0/im	0/1	0/0	0/0	0/0
HR ST	0/3	1/2	2/2	0/im	0/im	0/M	0/0	1/0	0/im	0/im	0/im	0/1	0/0	0/0	0/0

Legenda

M	mjerenja se mogu nadomjestiti rezultatima modeliranja
im	trebalo bi provoditi indikativna mjerenja budući da je nesigurnost rezultata modela za te komponente velika
6/4	je podatak o broju obveznih postaja u pojedinoj zoni (6, crveno) u odnosu na broj trenutno raspoloživih postaja u zoni (4, crno). Ukoliko je broj obveznih postaja označen crnom bojom to znači da su zadovoljeni uvjeti sukladnosti s Prilogom V. direktive 2080/50/EK (u daljnjem tekstu: Prilog V.)

U tablici e. prikazano je trenutno stanje broja postaja po pojedinim zonama i aglomeracijama koje su uključene u mrežu sukladnosti i na koje se odnosi obveza razmjene podataka unutar EU. S obzirom da je državna mreža u procesu modernizacije u nekim zonama postoji manji broj postaja od propisanog obveznog broja, što ovisi o parametru koji se razmatra. Tako u zoni HR02 postoji obveza mjerenja koncentracija SO₂ na dvije postaje jer je prekoračena gornja granica procjenjivanja (GGP) vrijednosti prizemnih koncentracija. U drugim zonama te obveze nema budući da su vrijednosti prizemnih koncentracija ispod donje granice procjenjivanja (DGP). Međutim, s obzirom da su mjerenja i infrastruktura potrebna za provođenje mjerenja osigurana u prijašnjem razdoblju, osim u zoni HR 04 mjerenja SO₂ se i dalje provode.

U zoni HR 01 nedostaje jedno mjerno mjesto za PM_{2.5} i jedno mjesto za PM₁₀ budući da je prekoračena gornja granica procjenjivanja (GGP) u Kopačkom ritu. Iako se ova nesukladnost pojavila samo u 2015. godini mora se povećati broj lokacija mjerenja kako bi se zadovoljili kriteriji Priloga V. Direktive 2008/50/EZ. Ovdje treba napomenuti da u ovoj zoni u razdoblju 2006-2010 nije bilo prekoračenja GGP te se pojavljuje kao nova obveza za razdoblje 2016-2020. godine.

U aglomeraciji HR OS također nedostaje jedno mjerno mjesto (gradska pozadinska postaja) koja će biti uspostavljena u razdoblju 2018-2021, kroz projekt modernizacije državne mreže.

U aglomeraciji HR ZG prekoračena je GGP za **benzen** iz čega slijedi da je potrebno uspostaviti dvije dodatne lokacije mjerenja benzena u narednom razdoblju 2016-2020, što će se osigurati kroz modernizaciju državne mreže.

Prema rezultatima mjerenja **ozona** kriterij broja mjernih mjesta nije zadovoljen. Iako postoje mjerenja na gradskoj pozadinskoj postaji u Velikoj Gorici i na gradskoj pozadinskoj postaji Zagreb-03, podaci mjerenja nemaju zadovoljavajući obuhvat, tako da se ovaj problem mora riješiti kako bi se izbjegla nesukladnost. Prema uredbi o broju mjernih mjesta formalni kriterij je zadovoljen (2 mjerna mjesta) ali s obzirom na kriterij obuhvata podataka samo jedna postaja zadovoljava taj kriterij. Osim toga, U zoni HR ZG planira se uspostava još jedne gradske pozadinske postaje u razdoblju 2018-2020, tako da se očekuje da ova zona u budućnosti neće biti u nesukladnosti s obzirom na ozon.

Nadalje, u zoni HR ZG postoji nesukladnost i s obzirom na **benzo(a)piren (BaP)**. Vrijednosti prekoračuju GGP tako da je u razdoblju 2018-2020 potrebno analizirati koncentracije lebdećih čestica na još jednoj mjernoj lokaciji.

Mjerno mjesto za analizu **hlapivih organskih spojeva (HOS)** na području Republike Hrvatske do sada još nije uspostavljeno, ali se planira u okviru modernizacije državne mreže (2018-2021).

Zaključno, može se reći da je nesukladnost po pojedinim parametrima uvjetovana s:

- razinama izmjerenih vrijednosti koncentracija (prekoračena GGP): HR 01 - Kopački rit (PM₁₀), Zagreb-1 (BaP, benzen, ozon)
- nedostajućim mjerenjima u zonama gdje se kroz projekt modernizacije mjerne mreže planira uspostava potrebnog broja postaja u razdoblju 2018-2021.

U tablici f. dan je prijedlog s obrazloženjem za uspostavu novih lokacija mjerenja u zonama HR 01 i HR 02 koji proizlazi iz analize podataka i ocjene stanja kvalitete zraka u razdoblju 2011-2015.

Tablica f. Broj lokacija mjerenja po zonama i aglomeracijama u ovisnosti o broju stanovnika i ocjena o potrebi uspostave dodatnih mjerenja

Zona / Aglom.	Broj stanovnika	Broj mjernih mjesta	Ocjena potrebe za uspostavljanjem dodatnih mjerenja
HR01	1 393 521	3+3	<ul style="list-style-type: none"> - s obzirom na rezultate mjerenja u gradskim sredinama moglo bi se postaviti pitanje da li broj mjernih mjesta zadovoljava potrebe za ocjenu izloženosti populacije s obzirom na propisane kriterije (1 postaja na 250 000 stanovnika u uvjetima kada je prekoračen GPP) - s obzirom na ukupni broj stanovnika u zoni i njenoj izloženosti daljinskom, prekograničnom prijenosu onečišćenja bilo bi opravdano razmotriti mogućnost uspostave dodatnih mjerenja koncentracija lebdećih čestica PM₁₀ i PM_{2,5} u gradovima s brojem stanovnika većim od 30 000 (npr. Bjelovar, Koprivnica, Đakovo, Vinkovci) - mjerenja bi se koristila i za ocjenu PPI - S obzirom da je su se uvjeti s obzirom na prag procjenjivanja (GGP prekoračen) promijenili u odnosu na ranije petogodišnje razdoblje

			(tablica e.), predlažemo da se jedno mjerno mjesto za PM ₁₀ i jedno mjesto za PM _{2,5} uspostavi u Koprivnici (gradska pozadinska postaja). Na taj način bi se zadovoljio uvjet Priloga Va. direktive 2008/50/EK.
HR02	345 818	4	<ul style="list-style-type: none"> – broj mjernih mjesta zadovoljava minimum potreba i propisane kriterije Priloga Va., međutim klasifikacija postaje Kutina-1 ne zadovoljava stvarno stanje. Osim toga, u cijelome području se koncentracije PM₁₀ i PM_{2,5} mjere na lokacijama koje su međusobno udaljene više od 100 kilometara i ne mogu se smatrati reprezentativnima za cijelu zonu. Zbog toga predlažemo da se na području Kutine uspostavi dodatno mjerno mjesto za lebdeće čestice (gradska pozadinska postaja). Na taj način podaci mjerenja se mogu uspoređivati što trenutno nije slučaj (Sisak-1 je industrijska postaja, Kutina-1 je prometna postaja, a Slavonski Brod-1 je gradska pozadinska postaja). Podaci mjerenja ovih postaja ne mogu se smatrati reprezentativnima za cijelu zonu i ne mogu se kombinirati u analizi i ocjeni stanja kvalitete zraka. – predlažemo da se jedno mjerno mjesto za PM₁₀ i jedno mjesto za PM_{2,5} uspostavi u Kutini (gradska pozadinska postaja). – predlažemo izmjenu klasifikacije postaje Kutina-1 u gradska prometna postaja.
HR03	291 506	4	– broj mjernih mjesta zadovoljava potrebe i propisane kriterije
HR04	213 891	2	– broj mjernih mjesta zadovoljava potrebe i propisane kriterije
HR05	603 766	5	– broj mjernih mjesta zadovoljava potrebe i propisane kriterije
HR ZG	955 650	7 (6)	– broj mjernih mjesta zadovoljava potrebe i propisane kriterije
HR OS	108 048	2 (1)	– broj mjernih mjesta zadovoljava potrebe i propisane kriterije
HR RI	209 770	2 (1)	– broj mjernih mjesta zadovoljava potrebe i propisane kriterije
HR ST	271 978	4 (2)	– broj mjernih mjesta zadovoljava potrebe i propisane kriterije

Treba istaknuti, međutim, da kriterij « dovoljnog broja mjernih mjesta » nije ispunjen niti u jednoj zoni ukoliko kriterij obuhvata podataka mjerenja nije ispunjen. Mjerno mjesto samo po sebi nije dovoljno u svrhu ispunjavanja uvjeta iz Priloga Va. direktive. Zbog toga, osobitu pažnju u narednom 5-godišnjem razdoblju treba posvetiti obuhvatu podataka mjerenja.

S obzirom da su rezultati mjerenja pokazali da je došlo do porasta koncentracija benzo(a)pirena na više lokacija, predlažemo da se rezultati modeliranja za ovaj parametar zamijene indikativnim mjerenjima kao osnovom za izradu godišnje procjene kvalitete zraka.

Zbog nesigurnosti modeliranja teških metala u česticama predlažemo također da se u tablici e. oni zamijene indikativnim mjerenjima kao pouzdanijim načinom procjene koncentracija na nekoj lokaciji.

U tablicama e. i f. dana je ocjena dovoljnosti mjerenja s obzirom na broj stanovnika u pojedinoj zoni i aglomeraciji kao i prijedlog za mogućnost proširenja mjerenja lebdećih čestica u zoni HR 01.

Zaključak vezano uz najmanji broj mjernih mjesta

Aglomeracija HR ZG

- a) uspostaviti nova ili osposobiti postojeća 2 mjerna mjesta za benzen
- b) uspostaviti 1 mjerno mjesto za benzo(a)piren
- c) osigurati obuhvat podataka mjerenja ozona na postaji Velika Gorica

Uspostava nove postaje Zagreb-04 tipa „gradska pozadinska“ planira se u sklopu projekta Modernizacije državne mreže početkom 2020. godine.

Aglomeracija HR OS

- a) potrebno je uspostaviti postaju tipa „gradska pozadinska“

Uspostava nove postaje Osijek-02 tipa „gradska pozadinska“ planira se u sklopu projekta Modernizacije državne mreže početkom 2020. godine (siječanj).

Aglomeracija HR RI

- a) potrebno je uspostaviti postaju tipa „gradska pozadinska“

Uspostava nove postaje Omišalj tipa „gradska pozadinska“ planira se u sklopu projekta Modernizacije državne mreže krajem 2019. godine (studeni).

Aglomeracija HR ST

- a) potrebno je uspostaviti postaje tipa „gradska pozadinska“

Uspostava dvije nove postaje Split-02 i Split-03 tipa „gradska pozadinska“ planira se u sklopu projekta Modernizacije državne mreže krajem 2019. godine (rujan-listopad).

Zona HR 01 – Kontinentalna Hrvatska

- a) potrebno je uspostaviti ukupno dvije dodatne postaje: postaju tipa „prigradska pozadinska“ i „prigradska prometna“ u središnjem dijelu zone budući da je udaljenost među postojećim postajama prevelika u odnosu na ukupni broj stanovnika u zoni.

Zona HR 02 – Industrijska zona

- a) potrebno je izmijeniti klasifikaciju postaje Kutina -1 iz „prigradska pozadinska“ u „prigradska prometna“ jer su se uvjeti mjernog mjesta promijenili,
- b) potrebno je uz postaju Kutina-1 uspostaviti novo mjesto karakteristika „prigradska pozadinska“ za mjerenja lebdećih čestica.

Zona HR 03 – Lika, Gorski Kotar i Primorje

Sadašnji obuhvat mjerenja zadovoljava potrebe.

Razmotriti klasifikacije postaja.

Zona HR 04 – Istra

Sadašnji obuhvat mjerenja zadovoljava potrebe.

Razmotriti klasifikacije postaja.

Zona HR 05 – Dalmacija

Sadašnji obuhvat mjerenja zadovoljava potrebe.

Klasifikacija mjernih mjesta

► Potreba za izmjenom klasifikacije postojećih/uspostavljenih postaja

Postaja Kutina -1

Klasifikacija postaja nije jednostavna budući da se uzima u obzir više elemenata a ne samo fizička lokacija postaje. Tako je u slučaju mjernog mjesta Kutina-1 u zoni HR 02 postaja klasificirana kao „prigradska pozadinska“ prvenstveno zbog toga što se nalazi u području koje nije gusto naseljeno i otvoreno je na strujanje zraka: nema velikih prepreka, visokih zgrada i uličnih kanjona. Istovremeno, postaja se nalazi na oko 5 metra od kolnika, odnosno prometne ceste regionalnog značaja. U razdoblju do 2010. godine ova je prometnica ocijenjena kao prometnica lokalnog značaja s manjom frekvencijom vozila. Zbog toga se nakon prve procjene očekivalo da će postaja imati karakter prigradske postaje uz prometnicu koja neće dominantno utjecati na razine prizemnih koncentracija. Međutim, podaci mjerenja pokazuju, osobito nakon uvođenja mjerenja prizemnog ozona, da se radi o tipičnoj prometnoj postaji, tim više jer se prometnica uz postaju razvila u prometnicu kojom se svakodnevno odvija promet od zapadnog prema istočnom dijelu Hrvatske s jedne strane i od autoputa prema mađarskoj granici s druge strane. Prometnica je u posljednjih 5 godina značajno promijenila karakter i postala cesta regionalnog značaja s prometom vozila raznih kategorija zbog čega status postaje ne odgovara stvarnom stanju. Prema sadašnjim uvjetima radi se o „prometnom“ tipu postaje te je potrebno promijeniti klasifikaciju postaje Kutina-1 u „gradska prometna“. Grad Kutina ima status grada u Republici Hrvatskoj s brojem stanovnika od oko 13 700 prema posljednjem popisu stanovnika iz 2011. godine.

Na slici u nastavku prikazan je položaj postaje Kutina-1 na google mapama i sam smještaj postaje uz prometnicu.



Postaja Sisak - 1

Mjerna postaja nalazi se u južnom, industrijskom dijelu grada Siska. Postaja se nalazi na udaljenosti 9 m od lokalne prometnice. Na udaljenosti od oko 90 m u smjeru sjever-sjeverozapad nalazi se benzinska postaja, dok se u smjeru istok-jugoistok od postaje nalazi sisačka industrijska zona na

oko 1000 m zračne udaljenosti. U južnom smjeru na udaljenosti od 20 m nalazi se prometnica, a na zapadu se nalazi parkiralište lokalne trgovine i zgrada visine 4 m na udaljenosti od oko 10 m. Uz samu postaju, na udaljenosti oko 5 m nalazi se drvo s razgranatom krošnjom visine oko 10 m pri čemu grane drveta dolaze u neposrednu blizinu usisnih cijevi za plinove i čestice.



Postaja Sisak klasificirana je kao „gradska industrijska“ postaja jer se procijenilo da bi postaja mogla bilježiti dominantno utjecaj industrijske zone. Međutim, kako utjecaj lokalnih prometnica nije zanemariv, a u posljednjih nekoliko godina, s obzirom na značajno smanjenje opsega rada u

industrijskoj zoni postavlja se pitanje koji utjecaj ima veći doprinos. Osim toga, za rad same postaje vrlo je značajan utjecaj drveća koje onemogućuje slobodan protok zraka oko usisnih cijevi tako da i taj faktor utječe na kvalitetu podataka. Nadalje, procjenjuje se da položaj benzinske pumpe u smjeru sjever-sjeverozapad nema značajniji utjecaj na mjerenja jer je udaljenost od 90 m dovoljna da dođe do raspršenja pri čemu i ruža vjetra meteorološke postaje Sisak pokazuje da je učestalost strujanja iz smjera sjever-sjeverozapad manja od 5% te nije vjerojatno očekivati direktan utjecaj benzinske pumpe na podatke mjerenja na postaji.

Imajući gore navedeno u vidu smatramo da je potrebno ponovo razmotriti tip postaje (gradska-prometna ili gradska-industrijska) s obzirom na promjenu utjecaja dominantnih izvora. Osim toga, osobito je važno osigurati slobodan protok zraka oko postaje i ukloniti drvo neposredno uz postaju. Na gornjim slikama jasno se uočava problem zaklonjenosti krošnjom.

► **Opći problemi klasifikacije koji proizlaze iz primjene Direktive 2008/50/EZ i Naputka uz Odluku IPR**

Dosljedno i doslovno primjenjivanje odredaba Direktive s obzirom na klasifikaciju mjernih postaja (prilozi III. i VIII.) i naputka o primjeni Direktive uz Odluku Europske komisije dovodi Hrvatsku u nezavidan položaj s obzirom na nekoliko faktora. Prvi faktor povezan je s karakteristikama naseljenosti Hrvatske, odnosno broju stanovnika po zonama te veličini gradova i naselja. Naime, u kontinentalnom dijelu Hrvatske (zone HR 01 i HR 02) gustoća naseljenosti je relativno velika ako se u obzir uzme cijeli prostor. Međutim, veličina gradova je relativno mala u odnosu na gradove srednje i zapadne Europe, njihovu konfiguraciju i izgrađenost. Naime, radi se o gradovima od 8 000 do 25 000 stanovnika najvećim dijelom, s topologijom i izgrađenošću karakterističnom za ruralna područja, s prostorno razmještenim obiteljskim kućama i niskogradnjom. S druge strane, radi se o gradovima u punom smislu te riječi. Ako se pogleda slika na kojoj je prikazana naseljenost sjevernog dijela Hrvatske po općinama (slika 2.7) može se uočiti relativno gusta naseljenost, ali distribuirana u prostoru oko većih gradova koji sami po sebi nisu veliki. Najveći grad u zoni HR 02 je Slavonski Brod (53 500 stanovnika) a u zoni HR 01 to je Varaždin s oko 39 900 stanovnika. Gradovi s brojem stanovnika između 20 000 i 30 000 stanovnika su (po veličini) Vinkovci, Velika Gorica, Bjelovar, Vukovar i Koprivnica. Nekoliko gradova je po broju stanovnika u kategoriji od 15-20 tisuća stanovnika i nekoliko u kategoriji od 10-15 tisuća stanovnika. Zbog toga se najvećim dijelom može govoriti o gradskim sredinama u kojima su mjerne postaje, vezano uz opis iz Priloga V. najčešće klasificirane kao prigradske. Naime, prema prilogu V. tip izgrađenosti područja određuje tip postaje, a ne činjenica da li se ona nalazi u gradu ili na njegovoj periferiji. To stvara zbrku u terminima i razumijevanju karaktera postaje prenosi na kriterij da li Republika Hrvatska ima dovoljan broj postaja u svim propisanim kategorijama

- a) gradska: prometna, industrijska, pozadinska) i
- b) prigradska: prometna, industrijska, pozadinska

Naime, gradske postaje definirane su u gradovima (aglomeracijama): Zagreb, Rijeka, Osijek i Split dok su u svim ostalim područjima prema klasifikaciji moguće samo „prigradske“ postaje, neovisno o

tome da li se nalaze u gradovima. Primjer toga su postaje u gradovima Sisak, Kutina, Slavonski Brod, Karlovac, Varaždin, pa čak i Zagreb (Zagreb-3). Zagreb-3 je tipična gradska postaja ali se ne nalazi u području uličnih koridora, visokih nebodera i sl., pa prema tome mora biti razvrstana u tip postaje „prigradska“.

Drugim riječima, dosljedno primjenjujući kriterije Direktive, Hrvatska niti u jednoj zoni ne može imati kategoriziranu postaju „gradska postaja“ zbog tipa izgrađenosti prostora, visine zgrada, drugih funkcija prostora i slično. Istovremeno, to postaje problem jer je zahtjev Direktive da se u svakoj kategoriji uspostavi odgovarajući broj i tip postaje.

Sekundarno obilježje koje proizlazi iz načina gradnje i uopće, izgrađenosti prostora može dovesti u zabunu sve one koji nisu upoznati s našim specifičnostima. U članku 4. Uredbe o lokacijama mjernih mjesta (NN 65/16) dana je tablica s popisom postaja i klasifikacijom mjernih mjesta. Iako u našem jeziku dvostruko određenje tipa postaje (npr. ruralna pozadinska) ima smisla, ona je u prijevodu na engleski jezik izgubila svoje osnovno značenje. U jednom slučaju tip postaje definiran je kao „rural regional background“ (Kopački rit), u drugom kao „rural near-city background“ (Desinić), a u trećem kao „rural background“ (Plitvička jezera). U sva tri slučaja radi se o ruralno postaji regionalnog tipa na kojoj se mjere „pozadinske“ vrijednosti koncentracija. Ova klasifikacija koju je na osnovi Uredbe izradio HAOP na nekim je postajama drugačije definirana od definicije dane u Uredbi (tablica g.).

U tablici g. dana je klasifikacija mjernih mjesta prema članku 4. Uredbe o lokacijama mjernih mjesta (NN 65/16). U koloni 4. iste tablice je klasifikacija koju je uveo HAOP. Iako je klasifikacija iz Uredbe razumljiva i osim u nekoliko primjera dovoljno dobro opisuje tip postaje, u praksi dolazi do nerazumijevanja i pogrešnog tumačenja tipova nekih postaja. Isto tako, nejasno je kako je moguće da je HAOP, neovisno o Uredbi uveo drugačiju klasifikaciju postaja.

Zbog različitog opisa i načina klasifikacije postaja na kojima se mjere, pored ostaloga, i koncentracije ozona (Prilozi III. i VIII. Direktive 2008/50/EK), dolazi do zamjene u pojmovima „gradska pozadinska“ i „prigradska O₃“. Za istu postaju koristi se naziv „gradska“ i „prigradska“, što, neovisno o tome što se radi o klasifikaciji tipa postaje s obzirom na ozon, uvodi zabunu i dvoznačnost što je potrebno uskladiti.

Tablica g. Klasifikacija mjernih mjesta

Zona / Aglom.	Mjerno mjesto	Klasifikacija mjernog mjesta (prema Uredbi, NN 65/16)	Prijevod u sustavu IPR (HAOP)	Prijedlog
HR 01	Kopački rit	ruralna pozadinska	ruralno-regionalna, pozadinska rural regional background	ne mijenja se
HR 01	Desinić	ruralna (O ₃)/ruralna pozadinska	ruralna u blizini grada, pozadinska rural near-city background	razmotriti promjenu klasifikacije HAOP-a
HR 01	Varaždin	prigradska	gradska, pozadinska urban, background	razmotriti promjenu klasifikacije u Uredbi
HR 02	Slavonski Brod-1	prigradska (O ₃)/gradska pozadinska	prigradska, pozadinska suburban background	razmotriti promjenu klasifikacije

Zona / Aglom.	Mjerno mjesto	Klasifikacija mjernog mjesta (prema Uredbi, NN 65/16)	Prijevod u sustavu IPR (HAOP)	Prijedlog
HR 02	Sisak-1	industrijska	gradska, industrijska urban industrial	razmotriti promjenu klasifikacije u "gradska prometna"
HR 02	Kutina-1	prigradska (O ₃)/gradska pozadinska	prigradska, pozadinska suburban background	promjena klasifikacije u "gradska prometna" i u Uredbi i u HAOP-u
HR 03	Plitvička jezera	ruralna pozadinska	ruralno-regionalna, pozadinska rural background	ne mijenja se
HR 03	Parg	ruralna pozadinska	ruralno-regionalna, pozadinska rural background	ne mijenja se
HR 03	Karlovac	prigradska	gradska, pozadinska urban background	razmotriti promjenu klasifikacije u Uredbi
HR 04	Višnjan	ruralna pozadinska	ruralna u blizini grada, pozadinska rural near-city background	razmotriti promjenu klasifikacije HAOP-a
HR 04	Pula Fižela	prigradska	prigradska, pozadinska suburban background	ne mijenja se
HR 05	Hum (otok Vis)	ruralna pozadinska	ruralno-udaljena, pozadinska long-range rural background	razmotriti promjenu klasifikacije u Uredbi
HR 05	Žarkovica (Dubrovnik)	prigradska	prigradska, pozadinska suburban background	razmotriti promjenu klasifikacije u Uredbi
HR ZG	Zagreb-1	prometna	gradska, prometna urban traffic	razmotriti promjenu klasifikacije u Uredbi
HR ZG	Zagreb-3	gradska pozadinska/prigradska (O ₃)	prigradska, pozadinska suburban background	razmotriti promjenu klasifikacije HAOP-a
HR ZG	Velika Gorica	gradska pozadinska/prigradska (O ₃)	gradska, pozadinska urban background	razmotriti promjenu klasifikacije u Uredbi
HR ZG	Zagreb PPI PM _{2,5}	gradska pozadinska	gradska, pozadinska urban background	ne mijenja se
HR OS	Osijek-1	prometna	gradska, prometna urban traffic	razmotriti promjenu klasifikacije u Uredbi
HR RI	Rijeka-2	gradska pozadinska/prigradska (O ₃)	prigradska, pozadinska suburban background	razmotriti promjenu klasifikacije HAOP-a
HR ST	Split-1	gradska pozadinska/prigradska (O ₃)	gradska, prometna urban traffic	razmotriti promjenu klasifikacije u Uredbi
HR ST	Kaštel Sućurac	prigradska pozadinska	prigradska, prometna suburban traffic	razmotriti obje klasifikacije

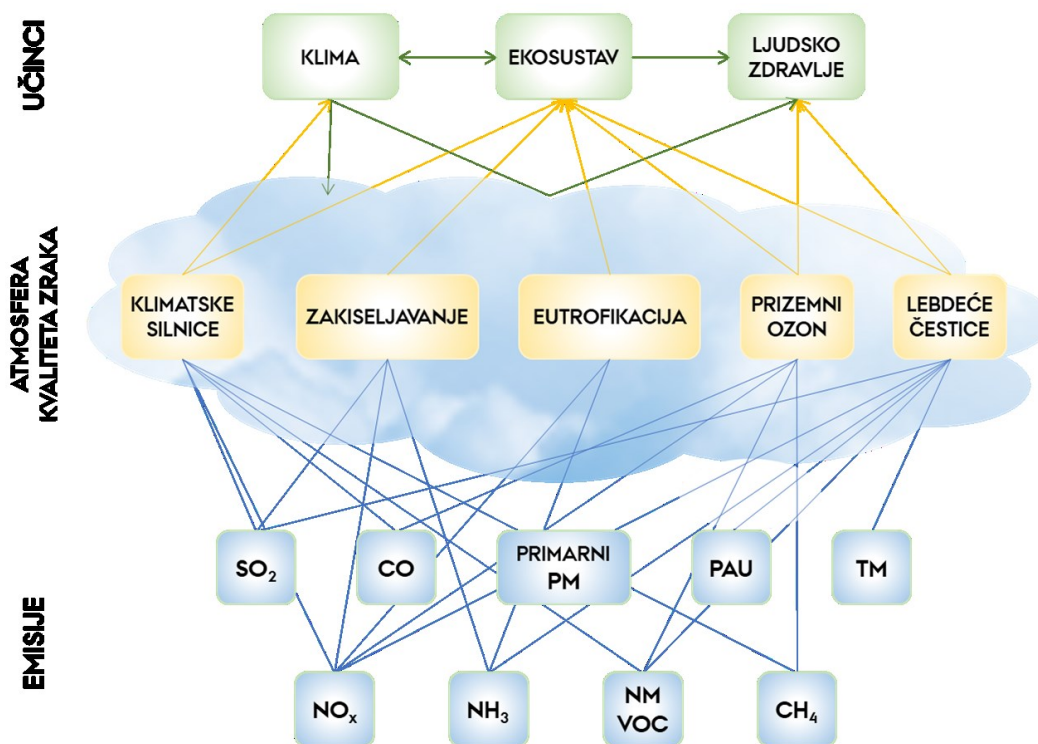
Sadržaj

Sažetak i zaključci	3
1. Uvod	19
2. Zakonski okvir, mjerila i metodologija ocjenjivanja	21
2.1 Zakonski okvir	21
2.2 Metodologija i mjerila	21
Rezultati mjerenja i obuhvat podataka	21
Modeliranje kvalitete zraka	25
Mjerila za analizu rezultata mjerenja i modeliranja primijenjena u ocjeni	28
Administrativna područja – zone i aglomeracije	29
Populacija – gustoća naseljenosti po zonama i aglomeracijama	29
Lokacije i program mjerenja po postajama	30
3. Analiza mjerenja kvalitete zraka u Republici Hrvatskoj u razdoblju 2011.-2015. godine	35
3.1 Sumporov dioksid, SO ₂	35
Mjerenja i obuhvat podataka	35
Analiza rezultata mjerenja s obzirom na zaštitu zdravlja ljudi	36
Analiza rezultata mjerenja s obzirom na zaštitu vegetacije	37
Obuhvat podataka u zimskom razdoblju	38
Pragovi procjene kritične razine u zimskom razdoblju	40
Analiza rezultata mjerenja s obzirom na donju i gornju granicu procjene	41
Analiza mjerenih vrijednosti koncentracija s obzirom na prag upozorenja	44
Analiza modeliranih koncentracija sumporovog dioksida	44
Zaključak	48
3.2 Dušikov dioksid, NO ₂	49
Mjerenja i obuhvat podataka	49
Analiza rezultata mjerenja s obzirom na zaštitu zdravlja ljudi	50
Analiza rezultata mjerenja s obzirom na zaštitu vegetacije	51
Analiza rezultata mjerenja s obzirom na donji i gornji prag procjene	52
Analiza rezultata mjerenja s obzirom na prag upozorenja	54
Analiza modeliranih koncentracija dušikovog dioksida	55
Zaključak	57
3.3 Lebdeće čestice PM ₁₀	58
Mjerenja i obuhvat podataka	58
Analiza rezultata mjerenja lebdećih čestica PM ₁₀	60
Pragovi procjene za srednje godišnje vrijednosti koncentracija i za broj dana s prekoračenjem srednje dnevne vrijednosti koncentracija	65
Analiza modeliranih vrijednosti koncentracija lebdećih čestica PM ₁₀	68
Zaključak	72
3.4 Lebdeće čestice PM _{2,5}	73
Mjerenja i obuhvat podataka	73
Analiza rezultata mjerenja koncentracija lebdećih čestica PM _{2,5}	75
Analiza rezultata mjerenja s obzirom na donji i gornji prag procjene	77

	Analiza modeliranih vrijednosti koncentracija lebdećih čestica, PM _{2.5}	78
	Zaključak	81
3.5	Prizemni (troposferski) ozon, O ₃	82
	Mjerenja i obuhvat podataka	82
	Analiza rezultata mjerenja koncentracija prizemnog ozona	84
	Prag obavješćivanja i prag upozorenja	86
	Analiza parametra AOT40	87
	Analiza modeliranih vrijednosti koncentracija ozona	89
	Zaključak	93
3.6	Benzen, C ₆ H ₆	94
	Mjerenja i obuhvat podataka	94
	Analiza mjerenih vrijednosti koncentracija benzena	95
	Zaključak	97
3.7	Ugljikov monoksid, CO.....	98
	Mjerenja i obuhvat podataka	98
	Analiza rezultata mjerenja ugljikovog monoksida	99
	Rezultati modeliranja ugljikovog monoksida.....	100
	Zaključak	100
3.8	Sumporovodik, H ₂ S.....	101
	Mjerenja i obuhvat podataka	101
	Analiza rezultata mjerenja sumporovodika.....	102
	Zaključak	103
3.9	Amonijak, NH ₃	104
	Mjerenja i obuhvat podataka	104
	Analiza rezultata mjerenja amonijaka.....	104
	Rezultati modeliranja amonijaka.....	104
	Zaključak	105
3.10	Teški metali: olovo (Pb), arsen (As), kadmij (Cd), i nikal (Ni)	106
	Analiza rezultata mjerenja teških metala	106
3.11	Benzo(a)piren, B(a)P	108
	Analiza rezultata mjerenja teških metala i benzo(a)pirena	108
	Zaključak	109
4.	Literatura.....	111
5.	Prilog 1: Koncentracije aniona i kationa u lebdećim česticama PM _{2.5}	113
6.	Prilog 2: Usporedba rezultata mjerenja i modeliranja	115
7.	Prilog 3: Popis slika i tablica	119
	Popis slika.....	119
	Popis tablica	123

1. Uvod

Kvaliteta zraka koji udišemo može značajno utjecati na naše zdravlje, kvalitetu života, ekosustave i doprinosti klimatskim promjenama. Složenost i međusobna ovisnost atmosferskih čimbenika, kemijskih spojeva i njihovih međusobnih interakcija čini sustav upravljanja kvalitetom zraka zahtjevnim u svakom pogledu – od uspostave mjerenja do tumačenja rezultata, procesa i pojava. Shematski prikaz sudionika u atmosferskoj razmjeni energije i svojstava dan je na slici 1.1. sublimirajući informacije o otpadnim tvarima-produktima ljudskih aktivnosti, procesa u atmosferi i sustava koji trpe posljedice negativnog djelovanja onečišćujućih tvari emitiranih u atmosferu. Mjerenje i razumijevanje procesa u atmosferi i okolišu jedan je od preduvjeta za stvaranje stručnih i znanstvenih pretpostavki troškovno-účinkovitog upravljanja kvalitetom zraka, planiranje i primjenu odgovarajućih mjera i donošenje odluka. Zbog toga su značajni naponi učinjeni u posljednjih desetak godina kako bi se osigurala sustavna mjerenja kvalitete zraka na području Republike Hrvatske. U odnosu na razdoblje 2006.-2010. godine Državna mreža za trajno praćenje kvalitete zraka proširena je s 14 novih postaja za kontinuirana mjerenja kvalitete zraka, a u razdoblju do 2020. godine u planu je nastavak modernizacije i opremanja postaja. Do kraja 2020. godine ukupan broj mjernih mjesta će se sa sadašnje 22 postaje povećati na 28 tako da će se i tehnički preduvjeti za izradu ocjene kvalitete zraka na području Hrvatske značajno unaprijediti.



Slika 1.1. Shematski prikaz provjere kvalitete podataka automatskih mjerenja (SO₂, NO₂, PM₁₀, PM_{2.5}) i mogućnosti njihove primjene za ocjenu kvalitete zraka

Ciljevi monitoringa kvalitete zraka su:

- ▶ Osigurati ispunjavanje obveza s obzirom na izvještavanje o kvaliteti zraka, osobito u odnosu na kriterije i propise unutar Europske Unije,
- ▶ Utvrditi područja u kojima standardi kvalitete zraka, granične vrijednosti i ciljevi zaštite zraka nisu postignuti,
- ▶ Procijeniti moguće utjecaje onečišćenja na zdravlje stanovništva i kvalitetu života,
- ▶ Utvrditi utjecaj onečišćenja na ekosustave i prirodni okoliš,
- ▶ Osigurati pouzdanu, znanstveno utemeljenu podlogu za donošenje troškovno učinkovitih politika i mjera zaštite zraka i okoliša,
- ▶ Osigurati javnosti otvorenu, pravovremenu i pouzdanu informaciju o kvaliteti zraka.

Standardi kvalitete zraka su propisani u Europskoj Uniji (EU) Direktivom 2008/50/EK o kvaliteti okolnog zraka i čistom zraku za Europu iz 2008. godine i Direktivom o teškim metalima i policikličkim aromatskim ugljikovodicima u zraku iz 2004. godine (2004/107/EK). Direktive uvode zajednička mjerila i metode za procjenjivanje kvalitete zraka te propisuje obvezu utvrđivanje zona i aglomeracija prema razinama onečišćenja radi uvođenja svrsishodnijeg sustava za upravljanje kvalitetom zraka i provođenjem potrebnih mjera zaštite. Zemlje članice Europske Unije dužne su izrađivati godišnja izvješća i ocjenu kvalitete zraka na svojem teritoriju i dostavljati ih Komisiji EU radi sagledavanja postojećih problema i planiranja zajedničkih mjera očuvanja kvalitete zraka i okoliša u Europi. Osim toga, obveza je zemalja svakih pet godina izraditi cjelovitu ocjenu kvalitete zraka na području zemalja radi analize trendova, procjene učinkovitosti provedenih politika i mjera, ocjene dostatnosti monitoringa i izrade novih srednjoročnih planova i strategija za daljnju zaštitu zraka.

Izrada ocjene kvalitete zraka u Hrvatskoj za razdoblje 2011.-2015. definirana je i u „Planu zaštite zraka, ozonskog sloja i ublažavanja klimatskih promjena za razdoblje 2013.-2017. godine“, pri čemu je Državni hidrometeorološki zavod zadužen za izradu te ocjene. Rukovodeći se obvezama i preporukama za izradu ocjene petogodišnjeg razdoblja, u ovoj studiji dani su:

- ▶ Pregled zakonodavnog okvira, mjerila i metodologija korištenih za ocjenjivanje,
- ▶ Pregled izvora podataka i rezultata mjerenja koja su korištena kao podloga za ocjenu, opis lokacija, mjerenja i modeliranja kvalitete zraka,
- ▶ Prostorna razdioba i trendovi mjerenih i modeliranih koncentracija onečišćujućih tvari te ocjena stanja u odnosu na prijašnje petogodišnje razdoblje (2006.-2010.),
- ▶ Ocjena kvalitete zraka po zonama i aglomeracijama za razdoblje 2011.-2015. godine,
- ▶ Rezultati analize za onečišćujuće tvari: sumporov dioksid, dušikove okside, lebdeće čestice (PM₁₀ i PM_{2.5}), ozon, ugljikov monoksid, benzen, metale (olovo, arsen, kadmij i nikal) i benzo(a)piren.

Cilj detaljne analize je osigurati što iscrpnije informacije za potrebe ocjene kvalitete zraka u zonama i aglomeracijama, ocijeniti učinkovitost sustava za praćenje kvalitete zraka i dostatnost programa mjerenja koji se provodio u razmatranom razdoblju.

2. Zakonski okvir, mjerila i metodologija ocjenjivanja

2.1 Zakonski okvir

Studija "Ocjena kvalitete zraka na području Hrvatske 2011.-2015." izrađena je temeljem odredbi članaka 19.-23. Zakona o zaštiti zraka (NN130/11, 47/14 i 61/2017). Sadrži analizu i ocjenu kvalitete zraka na području Republike Hrvatske za razdoblje 2011.-2015. godine pri čemu su podaci i rezultati mjerenja obrađeni, analizirani i interpretirani u skladu s propisanim mjerilima iz važećih propisa:

- (1) Zakona o zaštiti zraka (NN 130/11) s izmjenama i dopunama (47/14 i 61/2017),
- (2) Uredbe o određivanju zona i aglomeracija prema razinama onečišćenosti zraka na teritoriju Republike Hrvatske (NN 1/14) ,
- (3) Uredbe o razinama onečišćujućih tvari u zraku (NN 117/12),
- (4) Pravilnika o praćenju kvalitete zraka (NN 79/17),
- (5) Pravilnika o uzajamnoj razmjeni informacija i izvješćivanju o kvaliteti zraka i obvezama za provedbu Odluke Komisije 2011/850/EU (NN 3/16),
- (6) Uredbe o utvrđivanju popisa mjernih mjesta za praćenje koncentracija pojedinih onečišćujućih tvari u zraku i lokacija mjernih postaja u državnoj mreži za trajno praćenje kvalitete zraka (NN 65/16),
- (7) Programa mjerenja razine onečišćenosti zraka u državnoj mreži za trajno praćenje kvalitete zraka (NN 73/16).

Osim toga, s obzirom da tijekom izrade studije svi podzakonski propisi još uvijek nisu bili usklađeni s direktivama Europske Unije, primijenili smo i odredbe direktive EK iz područja kvalitete zraka: Direktivu Komisije (EU) 2015/1480 od 28. kolovoza 2015. godine o izmjeni određenih priloga direktiva 2004/107/EK i 2008/50/EK te odluku 2011/850/EK (poznatu kao IPR Odluka) i Uputstvo EU Komisije za provođenje IPR Odluke o razmjeni informacija i izvještavanju u stanju kvalitete zraka u skladu s odredbama Direktiva 2004/107/EK, 2008/50/EK i 2015/1480/EK.

2.2 Metodologija i mjerila

Rezultati mjerenja i obuhvat podataka

Ocjena je izrađena na osnovi raspoloživih podataka mjerenja na postajama državne mreže za praćenje kakvoće zraka i raspoloživih podataka mjerenja na automatskim postajama gradskih i županijskih mreža za praćenje kvalitete zraka (gdje je to bilo moguće). Mjerenja obuhvaćaju onečišćujuće tvari propisane Uredbom o razinama onečišćujućih tvari u zraku (NN 117/12), odnosno Direktivama 2008/50/EK i 2004/107/EK. U tablici 2.1. dan je njihov popis s mjerilima koja se koriste pri ocjeni kvalitete zraka s obzirom na zaštitu zdravlja ljudi, kvalitetu življenja i zaštitu vegetacije. U tablici 2.2. navedeni su Okolišni ciljevi (OC) i mjerne jedinice za izvješćivanje.

Tablica 2.1. Onečišćujuće tvari i mjerila za ocjenu kvalitete zraka na području Hrvatske s obzirom na zaštitu zdravlja ljudi, kvalitetu življenja i zaštitu vegetacije

Regulirane onečišćujuće tvari u zraku ⁽¹⁾	Formula	Granična vrijednost	Ciljna vrijednost	Prag obavješćivanja /upozorenja	Prag neugode	Zaštita vegetacije
Sumporov dioksid	SO ₂	✓		✓		✓
Dušikov dioksid	NO ₂	✓		✓		
Dušikovi oksidi	NO _x	✓				✓
Lebdeće čestice	PM ₁₀	✓				
Lebdeće čestice	PM _{2,5}	✓	✓			
Ozon	O ₃		✓	✓		✓
Benzen	C ₆ H ₆	✓				
Ugljikov monoksid	CO	✓				
Olovo u PM ₁₀	Pb	✓				
Kadmij u PM ₁₀	Cd		✓			
Arsen u PM ₁₀	As		✓			
Nikal u PM ₁₀	Ni		✓			
Ukupna plinovita živa	Hg		✓			
Benzo(a)piren u PM ₁₀	B[a]P		✓			
Neugodni mirisi ⁽²⁾						
Sumporovodik	H ₂ S	✓			✓	
Amonijak	NH ₃	✓			✓	
Metanal (formaldehid)	CH ₂ O	✓			✓	
Merkaptani	RSH	✓			✓	
Ukupna taložna tvar ⁽²⁾						
Olovo u UTT	Pb	✓				
Kadmij u UTT	Cd	✓				
Arsen u UTT	As	✓				
Nikal u UTT	Ni	✓				
Talij u UTT	Tl	✓				
Živa u UTT	Hg	✓				
Benzo(a)piren u UTT	B[a]P	✓				

⁽¹⁾ Regulirano EU Direktivama i Uredbom o razinama onečišćujućih tvari u zraku (NN 117/2012)

⁽²⁾ Regulirano Uredbom o razinama onečišćujućih tvari u zraku (NN 117/2012)

Tablica 2.2. Okolišni ciljevi (OC) i mjerne jedinice za izvješćivanje.

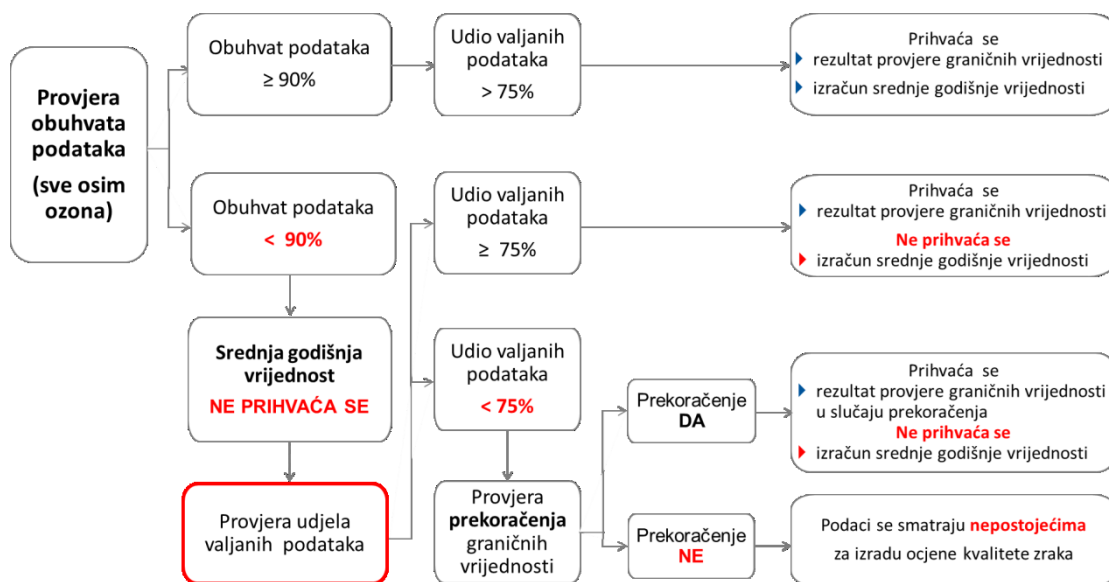
Formula	Cilj zaštite	Vrsta OC (1)	Vrijeme usrednjavanja	Mjerilo za izvješćivanje o OC	Brojčane vrijednosti OC (dopušten broj prekoračenja)
NO ₂	Zdravlje	LV	1 sat	Sati prekoračenja u kal. godini	200 µg/m ³ (18)
		LV	1 kal. godina	Godišnji prosjek	40 µg/m ³
		ALT	1 sat	Tri uzastopna sata prekoračenja (2)	400 µg/m ³
NO _x	Vegetacija	CL	1 kal. godina	Godišnji prosjek	30 µg/m ³
PM ₁₀	Zdravlje	LV	1 dan	Dani prekoračenja u kal. godini	50 µg/m ³ (35)
		LV	1 kal. godina	Godišnji prosjek	40 µg/m ³
PM _{2.5}	Zdravlje	ECO	3 uzastopne kal. godine	Pokazatelj prosječne izloženosti (izračun prema Dir.2008/50/EK)	20 µg/m ³
		ERT			U skladu s dijelom B Priloga XIV. Dir. 2008/50/EK
		TV			1 kal. godina
SO ₂	Zdravlje	LV	1 sat	Sati prekoračenja u kal. godini	350 µg/m ³ (24)
			1 dan	Dani prekoračenja u kal. godini	125 µg/m ³ (3)
		ALT	1 sat	Tri uzastopna sata prekoračenja (2)	500 µg/m ³
	Vegetacija	CL	1 kal. godina	Godišnji prosjek	20 µg/m ³
			Zima	Prosječna vrijednost tijekom zimskih mjeseci, tj. od 1.10. godine (x-1) do 31. 3. godine (x)	20 µg/m ³
O ₃	Zdravlje	TV	Maksimalna dnevna osmosatna srednja koncentracija	Dani u kojima je maksimalna srednja 8-satna koncentracija prekoračila ciljnu vrijednost, prosjek kroz 3 godine	120 µg/m ³ (25)
		LTO	Maksimalna dnevna osmosatna srednja koncentracija	Dani u kojima je najveća dnevna srednja 8-satna vrijednost prekoračila dugoročni cilj u 1 kal. godini	120 µg/m ³
		INT	1 sat	Sati prekoračenja u kal. godini	180 µg/m ³
		ALT	1 sat	Sati prekoračenja u kal. godini	240 µg/m ³
	Vegetacija	TV	1. svibnja do 31. srpnja	AOT40 (izračun prema Dir. 2008/50/EZ, Prilog VII.)	18 000 µg/m ³ h
		LTO	1. svibnja do 31. srpnja	AOT40 (izračun prema Dir. 2008/50/EZ, Prilog VII.)	6 000 µg/m ³ h
CO	Zdravlje	LV	Maksimalna dnevna srednja osmosatna koncentracija	Dani u kojima je maksimalna dnevna srednja osmosatna koncentracija prekoračila graničnu vrijednost	10 mg/m ³
Benzen	Zdravlje	LV	1 kal. godina	Godišnji prosjek	5 µg/m ³
Olovo	Zdravlje	LV	1 kal. godina	Godišnji prosjek	0,5 µg/m ³
Kadmij	Zdravlje	TV	1 kal. godina	Godišnji prosjek	5 ng/m ³
Arsen	Zdravlje	TV	1 kal. godina	Godišnji prosjek	6 ng/m ³
Nikal	Zdravlje	TV	1 kal. godina	Godišnji prosjek	10 ng/m ³
B(a)P	Zdravlje	TV	1 kal. godina	Godišnji prosjek	1 ng/m ³

(1) LV: granična vrijednost (limit value), LVMT: granična vrijednost uvećana za granicu tolerancije, TV: ciljna vrijednost (target value), LTO: dugoročni cilj (long-term objective), INT: prag obavješćivanja (information level), ALT: prag upozorenja (alert level), CL: kritična razina (critical level), NAT: procjena prirodnog doprinosa, WSS: procjena zimskog

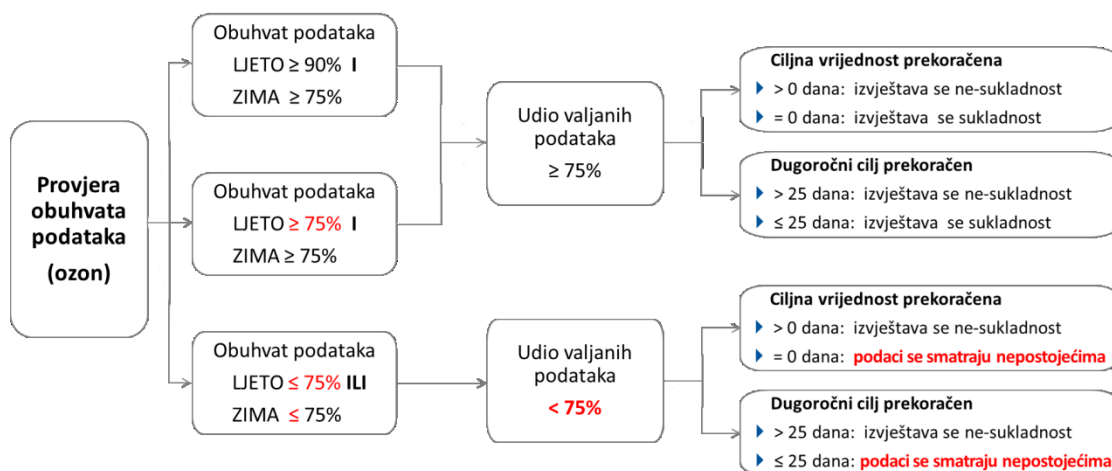
posipanja pijeskom i solju, ERT: ciljano smanjenje izloženosti (exposure reduction target), ECO: zahtijevana razina izloženosti (exposure concentration obligation).

(2) na mjestima koja su reprezentativna za kvalitetu zraka na najmanje 100 km² ili u cijeloj zoni ili aglomeraciji, ovisno o tome koje je područje manje

Da bi ocjena kvalitete zraka, temeljem mjerenja parametara kvalitete zraka, bila prihvatljiva, mjerenja moraju biti provedena na propisani način, odnosno biti provedena u skladu s odredbama Pravilnika o praćenju kvalitete zraka i zadovoljiti propisane kriterije kvalitete mjerenja i mjernih postupaka a napose kriterij obuhvata podataka. Za pravovaljanu analizu podataka i usporedbu vrijednosti s propisanim mjerilima (granične vrijednosti, ciljne vrijednosti i sl.) potreban je obuhvat podataka od 90% za sve parametre mjerenja, na svim lokacijama mjerenja. U obuhvat podataka od 90 % uključeni su i periodi kada se mjerenja ne obavljaju zbog redovitog servisiranja i ugađanja instrumenata. Dozvoljeni postotak vremena za servisiranje i ugađanje je 5 %, tako da u realnom obračunu raspoloživih sati mjerenja stvarni obuhvat podataka je 85 %. Prihvatljivi gubitak podataka koji se odnosi na 5 % vremena godišnje, a u kojem se servisiraju i ugađaju instrumenti, iznosi oko 440 sati. Drugim riječima, tijekom godine ne bi smjelo biti kvarova instrumenata, nestanka struje, gubitka veze s računalom i drugih objektivnih poteškoća u trajanju duljem od 18 dana, što predstavlja vrlo zahtjevan kriterij za svaki sustav mjerenja.



Slika 2.1. Shematski prikaz provjere kvalitete podataka automatskih mjerenja (SO₂, NO₂, PM₁₀, PM_{2.5}) i mogućnosti njihove primjene za ocjenu kvalitete zraka



Slika 2.2. Shematski prikaz provjere kvalitete podataka automatskih mjerenja (ozon) i mogućnosti njihove primjene za ocjenu kvalitete zraka

Obuhvat podataka od 75% i više prihvatljiv je samo u slučajevima kada je i iz manjeg skupa vrijednosti vidljivo da je došlo do prekoračenja propisanih mjerila (graničnih vrijednosti, ciljnih vrijednosti, itd.). U tim slučajevima obaveza je države prijaviti prekoračenje i postupiti u skladu s člancima 46. i 47. Zakona o zaštiti zraka (što je obveza jedinica lokalne samouprave i grada Zagreba). Za razine obuhvata podataka manjeg od 75% ne prihvaćaju se izračuni srednjih godišnjih vrijednosti koncentracija a podaci se smatraju „nepostojećima“ za sustav ocjenjivanja i kategorizaciju kvalitete zraka. Na slikama 2.1. i 2.2. prikazana je metodologija provjere obuhvata podataka uz zadane kriterije.

Usprkos činjenici da obuhvat podataka manji od 75 % nije prihvatljiv s aspekta donošenja ocjene o statusu i klasifikacije područja (zone, aglomeracije) s obzirom na kvalitetu zraka, svi raspoloživi podaci mjerenja koji su zadovoljili kriterije validnosti podataka su dobrodošli i predstavljaju pomoć u analizi i razumijevanju atmosferskih procesa koji dovode do prekomjernog onečišćavanja zraka.

Modeliranje kvalitete zraka

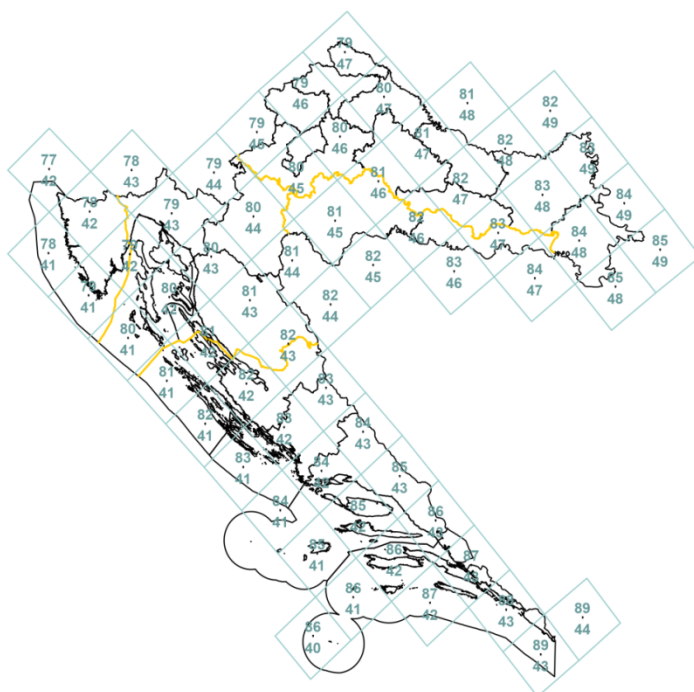
Uvažavajući rezultate najnovijih znanstvenih dostignuća, razvoja atmosferskih numeričkih modela, računalnih kapaciteta i potrebnih znanja, u ocjenjivanje kvalitete zraka uvode se i rezultati primjene modeliranja atmosferskog prijenosa i distribucije onečišćujućih tvari kao nadopuna sustavu mjerenja u područjima koja nisu izložena prekomjernom onečišćenju zraka i u kojima se stalna mjerenja kvalitete zraka mogu zamijeniti povremenim (indikativnim) mjerenjima i/ili modeliranjem. Primjena modela omogućuje tumačenje prostornih (zemljopisnih) i vremenskih varijacija prizemnih koncentracija koje nastaju uslijed vremenske i klimatske varijabilnosti kao i izračunavanje kolektivne izloženosti stanovništva atmosferskom onečišćenju, što je osobito značajno za područja gdje nisu uspostavljena mjerenja na trajnoj osnovi, odnosno u zonama gdje ne postoji obveza uspostave

trajnih mjerenja. Na taj način se težište ocjene kvalitete zraka stavlja na rezultate modeliranja u svim područjima gdje podaci mjerenja nisu reprezentativni pokazatelj kvalitete zraka. Prostorni obuhvat modela je područje cijele države, s rezolucijom prostorne mreže koja se može kretati od 1 km x 1 km, do 50 km x 50 km prostorne skale i više. Neovisno o tome koja se rezolucija modela primjenjuje unutar države, početni i rubni uvjeti modela su emisije i koncentracije onečišćujućih tvari na području cijele Europe. Drugim riječima, model razrađen za područje države „ugrađuje se (gnijezdi)“ u model kontinentalne skale iz kojeg se dobivaju svi relevantni rubni uvjeti koji definiraju prekogranični prijenos i donos onečišćenja, daljnji transport, distribuciju, taloženje i transformaciju unutar teritorija države.

Neposredna primjena atmosferskih modela, 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). Rezultati proračuna atmosferskim modelima mogu se koristiti ukoliko je zadovoljen kriterij s obzirom na propisanu „nesigurnost“ (uncertainty) modeliranja za svaku pojedinu tvar. Kriteriji nesigurnosti definirani su u Prilogu I. direktive 2008/50/EK i u Prilogu I. direktive 2015/1480/EK.

Modeliranje kvalitete zraka za potrebe ove studije provedeno je za cijelo razdoblje analize 2011.-2015. godine. Primijenjen je EMEP model za proračun regionalnog prijenosa i taloženja onečišćujućih tvari u mreži točaka 50 km x 50 km (slika 2.3., tablica 3.). Model omogućuje proračune satnih vrijednosti koncentracija SO₂, NO₂, PM₁₀, PM_{2,5}, CO, NH₃ i ozona u definiranim točkama mreže. Analiza modeliranih vrijednosti provedena je na jednaki način kao da se radi o podacima mjerenja te su na taj način dobiveni usporedivi parametri za pokazatelje kvalitete zraka (srednje vrijednosti, prekoračenja graničnih i ciljnih vrijednosti, broj dana prekoračenja graničnih/ciljnih vrijednosti itd.). Svrha proračuna bila je dobiti pokazatelje kvalitete zraka u skladu s kriterijima propisanim Uredbom o razinama onečišćujućih tvari u zraku (NN 117/2012), odnosno Direktivom 2008/50/EK.

EMEP model detaljno je opisan i komentiran u znanstvenoj literaturi te ga zbog toga ovdje nećemo detaljno opisivati (vidi literaturu). Ovdje treba istaknuti da primijenjena verzija EMEP modela nije rađena namjenski za područje Hrvatske jer za to nisu postojali preduvjeti. Korišten je regionalni model za Europu tako da performance modela ne omogućuju detaljnu sliku onečišćenja u područjima s velikom gustoćom emisija na maloj skali (aglomeracije, gradovi), ali su rezultati zadovoljavajući za ruralna područja gdje gustoća emisijskih izvora ne utječe značajno na lokalne uvjete onečišćenja. Za primjenu modela fine rezolucije za sada još uvijek nisu osigurane potrebne pretpostavke (emisijski podaci, dinamički model atmosfere fine rezolucije). Zbog toga i rezultate (numeričke vrijednosti proračuna) treba sagledavati u kontekstu navedenih ograničenja. Rezultati proračuna i analize modeliranih vrijednosti bit će prikazani u poglavljima u nastavku.

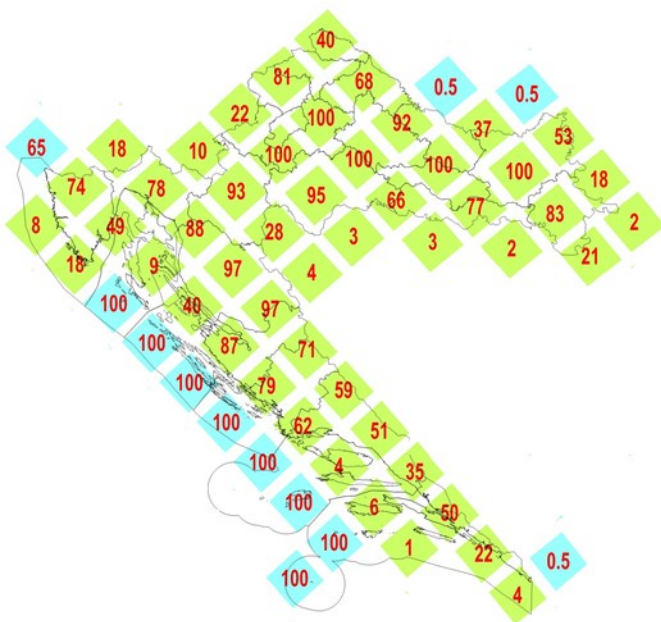


Slika 2.3. Točke EMEP modela na skali 50 km x 50 km raspoređene po teritoriju Republike Hrvatske

Tablica 2.3. 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 točaka prostorne mreže						
HR 02	81, 45	81, 46	82, 45	82, 46	83, 46	83, 47	84, 47	7 točaka 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 točaka 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 točka pros. mreže		

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



Na slici 2.4 prikazana je kvadratna mreža EMEP modela nad područjem Hrvatske. Za sve kvadrate koji se nalaze unutar granica Hrvatske površina kvadranta je 100 % ili manja ovisno o položaju kvadrata mreže u odnosu na granicu RH (zeleni boja) i kodirani su kao RH. Morski dio područja RH (obala i teritorijalno more u modelu su kodirani kao „MS-Mediterranean sea” (svijetlo plava boja). Tri kvadrata s površinom od 0.5% koja pripada teritoriju RH kodirana su u okvire Mađarske i BIH.

Slika 2.4. Postotak teritorija Republike Hrvatske unutar razmatranih kvadranta EMEP modela.

Mjerila za analizu rezultata mjerenja i modeliranja primijenjena u ocjeni

Mjerila za analizu podataka obuhvaćaju sve kriterijske vrijednosti koje su propisane Uredbom o razinama onečišćujućih tvari u zraku (NN 117/12) i Pravilnikom o uzajamnoj razmjeni informacija i izvješćivanju o kvaliteti zraka i obvezama za provedbu Odluke Komisije 2011/850/EU (NN 3/16).

Ovisno o pojedinom parametru mjerila uključuju izračun i/ili usporedbu s obzirom na:

- Obuhvat podataka
- Srednje godišnje vrijednosti koncentracija
- Srednje dnevne vrijednosti koncentracija
- Satne vrijednosti koncentracija iznad određenoga praga
- Srednje 8-satne vrijednosti koncentracija
- Maksimalne dnevne 8-satne vrijednosti koncentracija
- Broja dana s vrijednošću iznad određenoga praga srednje dnevne vrijednosti koncentracija
- Broj dana s vrijednošću iznad određenog praga srednje satne vrijednosti koncentracija
- Broj dana s vrijednošću iznad maksimalne dnevne 8-satne vrijednosti koncentracija
- Gornji i donji prag procjene za srednju godišnju, srednju dnevnu i satnu vrijednost koncentracija
- Gornji i donji prag procjene s obzirom na zaštitu vegetacije
- AOT40 parametar za šumske ekosustave i vegetaciju
- Teritorijalnu podjelu RH na zone i aglomeracije

Administrativna područja – zone i aglomeracije

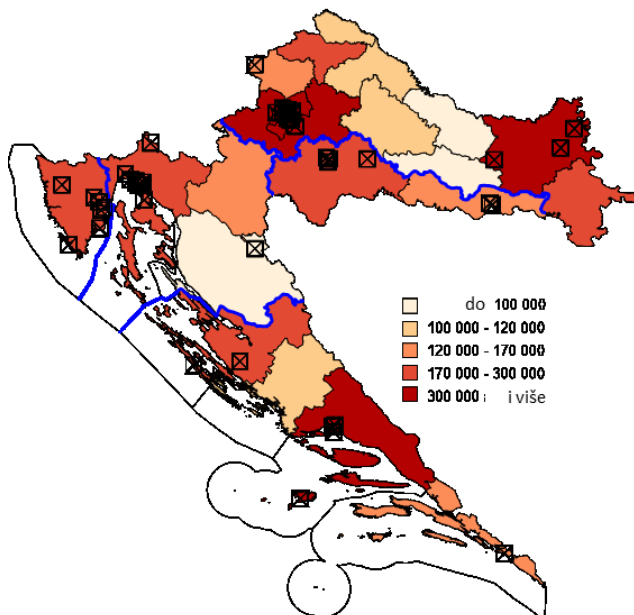


Na slici 2.5. prikazana je podjela Hrvatske na zone i aglomeracije prema kriterijima propisnim u Uredbi o određivanju zona i aglomeracija prema razinama onečišćenosti zraka na teritoriju Repuglike Hrvatske (NN 1/14).

Analiza podataka i ocjena kvalitete zraka izrađena je uzimajući u obzir administrativnu podjelu na zone i aglomeracije, odnosno za mjerne postaje i kvadrante prostorne mreže modela u svakoj zoni i aglomeraciji.

Slika 2.5. Područje Hrvatske podijeljeno u zone i aglomeracije – područja upravljanja kvalitetom zraka koja imaju slična obilježja

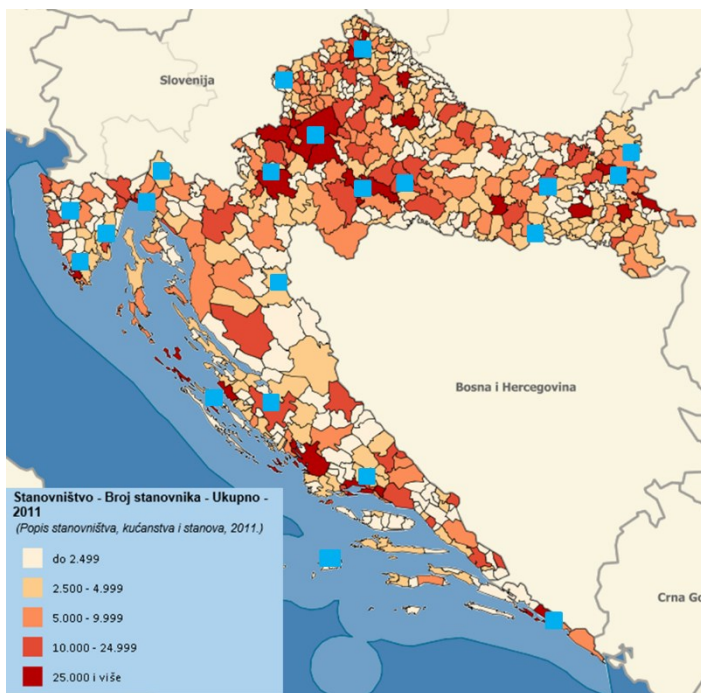
Populacija – gustoća naseljenosti po zonama i aglomeracijama



Na slici 2.6 prikazana je gustoća naseljenosti po županijama. U kartu su ucrtane i lokacije postojećih mjernih postaja. Iz slike se vidi da je položaj i broj mjernih postaja određen, pored ostaloga i u skladu s gustoćom naseljenosti.

Na slici 2.7. prikazana je gustoća naseljenosti po općinama koja daje precizniji pregled na manjoj prostornoj skali.

Slika 2.6. Gustoća naseljenosti po županijama prema popisu stanovništva iz 2011. godine s položajem mjernih postaja



Slika 2.7. Gustoća naseljenosti po općinama prema popisu stanovništva iz 2011. godine s položajem mjernih postaja

(izvor: Državni zavod za statistiku).

Lokacije i program mjerenja po postajama

U tablici 2.4. dan je pregled svih mjerenja na mjernim postajama u mreži za praćenje kvalitete zraka s razdobljem mjerenja.

Tablica 2.4. Pregled mjerenja na postajama proširene mreže za praćenje kvalitete zraka

Ime postaje	Zona /Agglom.	Tip mreže	Tip postaje	Onečišćujuće tvari	Učestalost mjerenja	Razdoblje mjerenja
ZAGREB-1	HR ZG	Državna	Gradska Prometna	SO2	satni	2003.-2016.
				NO2/NOx	satni	2003.-2016.
				CO	satni	2003.-2016.
				PM10	satni	2003.-2016.
				O3	satni	2003.-2006.
				PM10-g	24-satni	2006.-2016.
				Pb u PM10-g	24-satni	2003.-2008. 2015.-2016.
				Cd u PM10-g	24-satni	2003.-2012. 2014.-2016.
				Ni u PM10-g	24-satni	2006.-2012. 2014.-2016.
				As u PM10-g	24-satni	2008.-2012. 2014.-2016.
				PAH-u PM10-g*	24-satni	2003.-2016.
				Benzen	satni	2003.-2009. 2011.-2016.
Hg-g	24-satni	2010. 2012.-2016.				

Ime postaje	Zona /Agglom.	Tip mreže	Tip postaje	Onečišćujuće tvari	Učestalost mjerenja	Razdoblje mjerenja
ZAGREB-2	HR ZG	Državna	Gradska Prometna	SO2	satni	2006.-2016.
				NO2/NOx	satni	2006.-2016.
				CO	satni	2006.-2016.
				PM10	satni	2006.-2009. 2011.-2016.
ZAGREB-3	HR ZG	Državna	Gradska Prometna	SO2	satni	2006.-2016.
				NO2/NOx	satni	2006.-2016.
				CO	satni	2006.-2016.
				PM10	satni	2006.-2016.
				O3	satni	2006.-2016.
				PM10-g	24-satni	2014.-2016.
				Pb u PM10-g	24-satni	2015.-2016.
				Cd u PM10-g	24-satni	2015.-2016.
				Ni u PM10-g	24-satni	2015.-2016.
				As u PM10-g	24-satni	2015.-2016.
PAH-u PM10-g	24-satni	2014.-2016.				
ZAGREB PPI PM2.5 - Ksaverska cesta	HR ZG	Državna	Gradska Pozadinska	PM2.5-g	24-satni	2015.-2016.
				kloridi u PM2.5-g	24-satni	2014.-2016.
				nitрати u PM2.5-g	24-satni	2014.-2016.
				sulfati u PM2.5-g	24-satni	2014.-2016.
				amonij u PM2.5-g	24-satni	2014.-2016.
				kalij u PM2.5-g	24-satni	2014.-2016.
				kalij u PM2.5-g	24-satni	2014.-2016.
				magnezij u PM2.5-g	24-satni	2014.-2016.
				natrij u PM2.5-g	24-satni	2014.-2016.
				EC u PM2.5-g	24-satni	2014.-2016.
OC u PM2.5-g	24-satni	2014.-2016.				
VELIKA GORICA	HR ZG	Državna	Gradska/ Pozadinska	PM2.5-g	24-satni	2015.-2016.
OSIJEK-1	HR OS	Državna	Gradska Prometna	SO2	satni	2004.-2016.
				NO2/NOx	satni	2004.-2016.
				CO	satni	2004.-2016.
				PM10	satni	2005.-2016.
				benzen	satni	2005.-2009. 2011.-2016.
				O3	satni	2014.-2016.
RIJEKA-1	HR RI	Državna	Gradska Prometna	SO2	satni	2006.-2013.
				NO2/NOx	satni	2006.-2013.
				CO	satni	2006.-2013.
				PM10	satni	2006.-2013.
				H2S	satni	2006.-2013.
				benzen	satni	2006.-2013.
				PM10-g	24-satni	2008.-2010. 2012.
				Pb u PM10-g	24-satni	2008.-2010. 2012.
				Cd u PM10-g	24-satni	2008.-2010. 2012.
				Ni u PM10-g	24-satni	2008.-2010. 2012.
				As u PM10-g	24-satni	2008.-2010. 2012.

Ime postaje	Zona /Agglom.	Tip mreže	Tip postaje	Onečišćujuće tvari	Učestalost mjerenja	Razdoblje mjerenja
				PAH-u PM10-g	24-satni	2008.-2009. 2012.
RIJEKA-2	HR RI	Državna	Gradska Industrija	SO2	satni	2006.-2016.
				NO2/NOx	satni	2006.-2016.
				CO	satni	2006.-2016.
				PM10	satni	2006.-2016.
				O3	satni	2006.-2016.
				PM2.5-g	24-satni	2015.-2016.
KOPAČKI RIT	HR 01	Državna	Pozadinska	O3	satni	2011.-2016.
				PM10	satni	2011.-2016.
				PM2.5	satni	2011.-2016.
				benzen	satni	2015.
GRADIŠTE	HR 01	DHMZ	Pozadinska	O3	10-minutni	2006.-2016.
ZOLJAN	HR 01	Našiceceme nt	Ruralna Ind.	SO2	satni	2009.-2016.
				NO2/NOx	satni	2009.-2016.
				PM10	satni	2009.-2016.
VARAŽDIN-1	HR 01	Državna	Gradska/ Pozadinska	O3	satni	2016.
				NO2/NOx	satni	2016.
DESINIĆ	HR 01	Državna	Pozadinska	O3	satni	2011.-2016.
				SO2	satni	2011.-2012. 2016.
				NO2/NOx	satni	2011.-2012. 2015.-2016.
				CO	satni	2011.-2012. 2014.-2016.
				PM10	satni	2014.-2016.
				PM2.5	satni	2014.-2016.
KUTINA-1	HR 02	Državna	Gradska/ Industrija/ Promet	SO2	satni	2004.-2016.
				NO2/NOx	satni	2004.-2016.
				CO	satni	2004.-2016.
				PM10	satni	2005.-2016.
				H2S	satni	2005.-2016.
				NH3	satni	2004.-2015.
				O3	satni	2014.-2016.
SISAK-1	HR 02	Državna	Gradska/ Industrija	SO2	satni	2004.-2016.
				NO2/NOx	satni	2004.-2016.
				CO	satni	2004.-2016.
				PM10	satni	2005.-2016.
				H2S	satni	2004.-2016.
				benzen	satni	2004.-2016.
				PM10-g	24-satni	2007.-2016.
				Pb u PM10-g	24-satni	2007.-2008. 2015.-2016.
				Cd u PM10-g	24-satni	2007.-2016.
				Ni u PM10-g	24-satni	2007.-2016.
				As u PM10-g	24-satni	2008.-2016.
sulfati u PM10-g	24-satni	2007.-2008.				
PAH-u PM10-g	24-satni	2007.-2016.				
SLAVONSKI BROD-1	HR 02	Državna	Gradska/ Industrija	SO2	satni	2010.-2016.
				NO2/NOx	satni	2010.-2016.
				H2S	satni	2010.-2016.
				PM2.5	satni	2010.-2016.
				O3	satni	2010.-2016.

Ime postaje	Zona /Agglom.	Tip mreže	Tip postaje	Onečišćujuće tvari	Učestalost mjerenja	Razdoblje mjerenja
				PAH-u PM10-g	24-satni	2015.-2016.
				Benzen	satni	2011.-2016.
				PM10-g	24-satni	2015.-2016.
				PM2.5-g	24-satni	2015.-2016.
				Pb u PM10-g	24-satni	2015.-2016.
				Cd u PM10-g	24-satni	2015.-2016.
				Ni u PM10-g	24-satni	2015.-2016.
				As u PM10-g	24-satni	2015.-2016.
				kloridi u PM2.5-g	24-satni	2015.-2016.
				nitriti u PM2.5-g	24-satni	2015.-2016.
				sulfati u PM2.5-g	24-satni	2015.-2016.
				amonij u PM2.5-g	24-satni	2015.-2016.
				kalcij u PM2.5-g	24-satni	2015.-2016.
				butadien 1,3 u PM2.5	satni	2011.-2014.
				kalij u PM2.5-g	24-satni	2015.-2016.
				magnezij u PM2.5-g	24-satni	2015.-2016.
				natrij u PM2.5-g	24-satni	2015.-2016.
				EC u PM2.5-g	24-satni	2015.
				OC u PM2.5-g	24-satni	2015.
				vanadij u PM2.5-g	24-satni	2015.-2016.
				krom u PM2.5-g	24-satni	2015.-2016.
				mangan u PM2.5-g	24-satni	2015.-2016.
				kobalt u PM2.5-g	24-satni	2015.-2016.
				bakar u PM2.5-g	24-satni	2015.-2016.
				cink u PM2.5-g	24-satni	2015.-2016.
				aluminij u PM2.5-g	24-satni	2015.-2016.
				fosfor u PM2.5-g	24-satni	2015.-2016.
				skandij u PM2.5-g	24-satni	2015.-2016.
				titanij u PM2.5-g	24-satni	2015.-2016.
				brom u PM2.5-g	24-satni	2015.
jod u PM2.5-g	24-satni	2015.-2016.				
cezij u PM2.5-g	24-satni	2015.-2016.				
barij u PM2.5-g	24-satni	2015.-2016.				
lantani u PM2.5-g	24-satni	2015.-2016.				
SLAVONSKI BROS-2	HR 02	Državna	Gradska/ Industrija	SO2	satni	2014.-2016.
				CO	satni	2014.-2016.
				benzen	satni	2014.-2015.
				PM10	satni	2014.-2016.
				PM10-g	24-satni	2015.-2016.
KARLOVAC-1	HR 03	Državna	Gradska Pozadinska	PM2.5-g	24-satni	2015.-2016.
				H2S	satni	2014.-2016.
PLITVIČKA JEZERA	HR 03	Državna	Pozadinska	03	satni	2016.
				NO2/NOx	satni	2016.
				O3	satni	2011.-2016.
				NO2/NOx	satni	2011.-2012. 2014.-2016.
				SO2	satni	2011.-2012. 2014.-2016.
				CO	satni	2011.-2012. 2014.-2016.
				PM10	satni	2011.-2016.
PM2.5	satni	2011.-2016.				
PM2.5-g	24-satni	2014.-2016.				

Ime postaje	Zona /Agglom.	Tip mreže	Tip postaje	Onečišćujuće tvari	Učestalost mjerenja	Razdoblje mjerenja
				kloridi u PM2.5-g	24-satni	2014.-2016.
				nitriti u PM2.5-g	24-satni	2014.-2016.
				sulfati u PM2.5-g	24-satni	2014.-2016.
				kalcij u PM2.5-g	24-satni	2014.-2016.
				kalij u PM2.5-g	24-satni	2014.-2016.
				magnezij u PM2.5-g	24-satni	2014.-2016.
				natrij u PM2.5-g	24-satni	2014.-2016.
				EC u PM2.5-g	24-satni	2014.-2016.
				OC u PM2.5-g	24-satni	2014.-2016.
				amonij u PM2.5	24-satni	2014.-2016.
PARG	HR 03	Državna	Pozadinska	O3	satni	2014.-2016.
				PM10	satni	2011.-2016.
				PM2.5	satni	2011.-2016.
VIŠNJAN	HR 04	Državna	Pozadinska	O3	satni	2011.-2013. 2015.-2016.
				PM10	satni	2011.-2016.
				PM2.5	satni	2011.-2016.
PULA-FIŽELA	HR 04	Državna	Gradska Pozadinska	O3	satni	2015.-2016.
				NO2/NOx	satni	2015.-2016.
POLAČA	HR 04	Državna	Pozadinska	O3	satni	2011.-2013. 2015.-2016.
				PM10	satni	2011.-2016.
				PM2.5	satni	2011.-2016.
VELA STRAŽA (DUGI OTOK)	HR05	Državna	Pozadinska	PM10	satni	2012.-2016.
				PM2.5	satni	2012.-2016.
MAKARSKA	HR05	DHMZ	Pozadinska	O3	10-minutni	2016.-2016.
OPUZEN (DELTA NERETVE)	HR05	Državna	Pozadinska	O3	satni	2011.-2013. 2015.-2016.
ŽARKOVICA (DUBROVNIK)	HR05	Državna	Pozadinska	O3	satni	2011.-2016.
				NO2/NOx	satni	2014.-2016.
				PM10	satni	2011.-2016.
				PM2.5	satni	2011.-2016.
HUM (OTOK VIS)	HR05	Državna	Pozadinska	O3	satni	2011.-2016.
				PM10	satni	2011.-2016.
				PM2.5	satni	2011.-2016.

*PAH: Benzo(a)piren, Benzo(a)antracen, Benzo(b)flouranten, Benzo(k)flouranten, Indeno(1,2,3,-cd)piren, Benzo(j)fluoranten, Dibenzo(a,h)antracen

3. Analiza mjerenja kvalitete zraka u Republici Hrvatskoj u razdoblju 2011.-2015. godine

3.1 Sumporov dioksid, SO₂

Sumporov dioksid bezbojan je plin koji je topiv u vodi. Prirodni izvori sumporovih oksida poput vulkana i šumskih požara doprinose pozadinskom onečišćenju atmosfere sudjelujući u njihovom daljinskom i prekograničnom prijenosu, dok je industrijska aktivnost najveći izvor onečišćenja ovim spojevima na lokalnoj i regionalnoj skali. Na visoke koncentracije sumporovog dioksida posebno su osjetljive osobe sa zdravstvenim problemima dišnog sustava. Sumporna kiselina, koja se razvija nizom reakcija iz sumporovih oksida, štetno djeluje na vegetaciju i prirodan ekosustav.

Mjerenja i obuhvat podataka

Koncentracije sumporovog dioksida u razdoblju od 2011. do 2015. godine mjerene su na 12 postaja državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka. U ovoj studiji dodatno su korišteni podaci mjerenja na postaji Zoljan, uspostavljenoj radi praćenja utjecaja pogona cementare Našicecement. Lokacija postaje je u ruralnom okruženju na udaljenosti od oko 1500 m od cementare i osim u slučajevima direktnog prijenosa onečišćujućih tvari iz cementare reprezentativna je i za praćenje stanja kvalitete zraka na regionalnoj skali. Lokacije postaja označene su na slici 3.1.

U tablici 3.1. naveden je obuhvat podataka mjerenja za postaje državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka i postaju Zoljan, u razdoblju od 2011. do 2015. godine. Sivom bojom označen je obuhvat podataka manji od 75 %. Prazna polja u tablici označavaju razdoblja u kojima se mjerenja nisu provodila.



Zbog tehničkih problema u radu postaja obuhvat podataka na postajama Desinić i Plitvička jezera niti jedne godine nije zadovoljen, te su stoga navedene postaje izuzete iz analize. Od 2013. godine obuhvat je na svim postajama državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka zadovoljavajuć. Postaja Slavonski Brod-2 započela je s radom u srpnju 2014. godine.

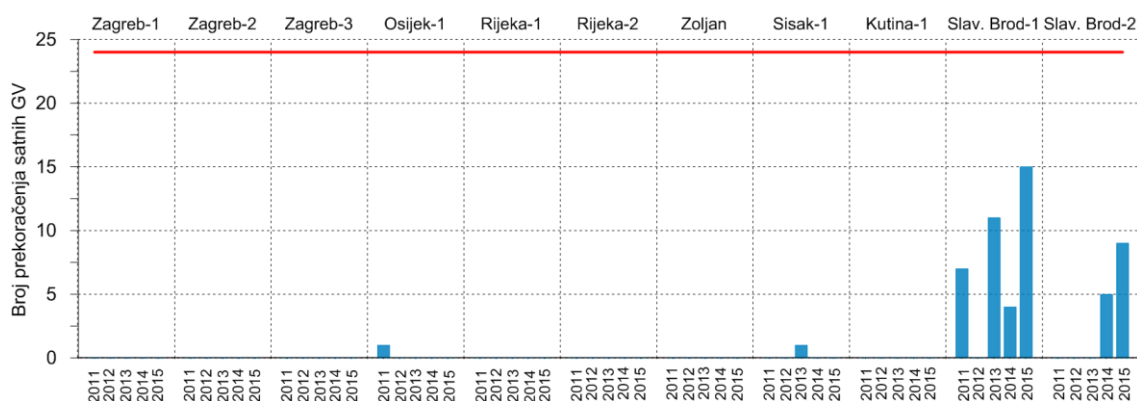
Slika 3.1. Lokacije mjernih postaja na kojima se mjere koncentracije sumporovog dioksida.

Tablica 3.1. Obuhvat podataka mjerenja satnih koncentracija sumporovog dioksida na analiziranim postajama u razdoblju 2011.-2015. godine.

Postaja	2011	2012	2013	2014	2015
Zagreb-1	100	90	97	100	99
Zagreb-2	47	100	100	100	100
Zagreb-3	77	70	100	100	96
Osijek-1	51	100	100	91	100
Rijeka-1	100	100	100		
Rijeka-2	52	90	100	100	100
Sisak-1	89	100	100	100	100
Zoljan	95	86	59	93	97
Kutina-1	98	99	84	91	95
Slavonski Brod-1	99	100	98	100	100
Slavonski Brod-2				48	98

Analiza rezultata mjerenja s obzirom na zaštitu zdravlja ljudi

Prema Uredbi o razinama onečišćujućih tvari u zraku (NN 117/2012), granična vrijednost satne koncentracije sumporovog dioksida u zraku s obzirom na zaštitu zdravlja ljudi iznosi $350 \mu\text{g m}^{-3}$ te ne smije biti prekoračena više od 24 puta tijekom kalendarske godine. Broj prekoračenja ove granične vrijednosti prikazan je na slici 3.2. Tijekom promatranog razdoblja, najveći broj prekoračenja zabilježen je na mjernoj postaji Slavonski Brod-1. Niti na jednoj postaji, niti jedne godine nije prekoračen dozvoljen broj prekoračenja satne granične vrijednosti. Drugim riječima, u svim zonama i aglomeracijama u kojima se provode mjerenja zadovoljeni su kriteriji kvalitete zraka s obzirom na satne vrijednosti koncentracija sumporovog dioksida.



Slika 3.2. Broj prekoračenja satnih graničnih vrijednosti koncentracija sumporovog dioksida s obzirom na zaštitu zdravlja ljudi u razdoblju 2011.-2015. godine. Crvena linija označava dozvoljen broj prekoračenih satnih graničnih vrijednosti u jednoj kalendarskoj godini.

Propisana granična vrijednost za prekoračenje srednje dnevne koncentracije sumporovog dioksida s obzirom na zaštitu zdravlja ljudi iznosi $125 \mu\text{g m}^{-3}$ i ne smije biti prekoračena više od tri puta tijekom kalendarske godine. Tijekom promatranog razdoblja, dnevna granična vrijednost prekoračena je jedino na postaji Slavonski Brod-1 i to jednom u 2011. godini, dva puta u 2013. godini i jednom u 2015. godini.

U svim zonama i aglomeracijama u kojima se provode mjerenja zadovoljeni su kriteriji kvalitete zraka s obzirom na srednje dnevne vrijednosti koncentracija sumporovog dioksida.

Slika 3.3. prikazuje prostornu raspodjelu prekoračenja granične vrijednosti koncentracija sumporovog dioksida. Dozvoljen broj prekoračenja granične vrijednosti koncentracija sumporovog dioksida s obzirom na zaštitu zdravlja ljudi nije prekoračen ni prema jednom kriteriju niti jedne godine.



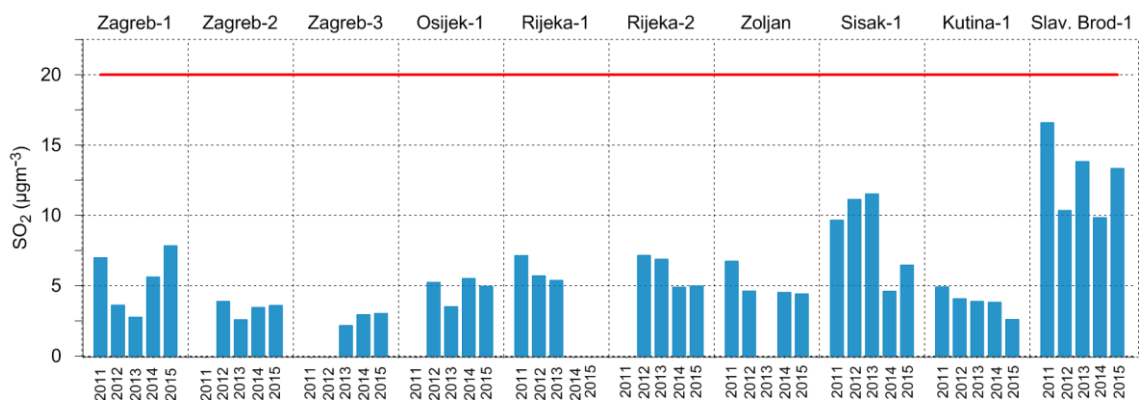
Slika 3.3. Rezultati analize prekoračenja granične vrijednosti SO_2 s obzirom na zaštitu zdravlja ljudi razmatranim postajama.

Analiza rezultata mjerenja s obzirom na zaštitu vegetacije

Srednje godišnje vrijednosti koncentracija sumporovog dioksida na postajama državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka te postaji Zoljan zapisane su u tablici 3.2. Sivom bojom označene su vrijednosti koncentracija za postaje s obuhvatom podataka manjim od 75 %. Isti podaci prikazani su na slici 3.4. pri čemu su iz prikaza isključene godine u kojima je obuhvat podataka bio manji od 75 %, te postaja Slavonski Brod-2 koja je započela s radom u srpnju 2014. godine. Najmanje srednje godišnje vrijednosti koncentracija zabilježene su na postaji Zagreb-3, dok postaja Slavonski Brod-1 bilježi najveće vrijednosti. Na postaji Kutina-1 uočava se kontinuirani pad srednjih godišnjih vrijednosti koncentracija sumporovog dioksida. Na ostalim postajama trend nije jednoznačno određen ili nema mjerenja tijekom cijelog promatranog razdoblja. Uredbom propisana kritična razina srednje godišnje koncentracije s obzirom na zaštitu vegetacije ($20 \mu\text{g m}^{-3}$) nije prekoračena niti na jednoj postaji u razdoblju od 2011. do 2015. godine.

Tablica 3.2. Srednje godišnje vrijednosti koncentracija SO₂ na analiziranim postajama u razdoblju 2011.-2015. godine.

Postaja	2011	2012	2013	2014	2015
Zagreb-1	7.0	3.6	2.8	5.6	7.8
Zagreb-2	15.1	3.9	2.6	3.5	3.6
Zagreb-3	7.2	1.5	2.2	2.9	3.0
Osijek-1	12.4	5.2	3.5	5.5	5.0
Rijeka-1	7.2	5.7	5.4		
Rijeka-2	7.7	7.2	6.9	4.9	5.0
Zoljan	6.8	4.6	5.0	4.5	4.4
Sisak-1	9.7	11.1	11.5	4.6	6.5
Kutina-1	4.9	4.1	3.9	3.8	2.6
Slavonski Brod-1	16.6	10.4	13.8	9.8	13.4
Slavonski Brod-2				8.9	10.3



Slika 3.4. Srednje godišnje koncentracije SO₂ na analiziranim postajama u razdoblju 2011.-2015. godine. Crvena linija označava vrijednost koncentracija kritične razine za zaštitu vegetacije.

Obuhvat podataka u zimskom razdoblju

Obuhvat podataka mjerenja zimskog razdoblja za postaje državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka i postaju Zoljan, u razdoblju od 2011. do 2015. godine, naveden je u tablici 3.3. Sivom bojom označen je obuhvat podataka manji od 75 %, a prazna polja u tablici označavaju razdoblja u kojima se mjerenja nisu provodila.

U tablici 3.4. dane su srednje vrijednosti koncentracija sumporovog dioksida zimskog razdoblja. Zimski period obuhvaća razdoblje od 6 mjeseci koje započinje 1. listopada i završava 31. ožujka. Sivom bojom označene su vrijednosti u slučajevima kada je obuhvat podataka manji od 75 %, dok su žutom bojom označene vrijednosti koncentracija koje prelaze propisanu kritičnu razinu za zaštitu vegetacije od $20 \mu\text{g m}^{-3}$.

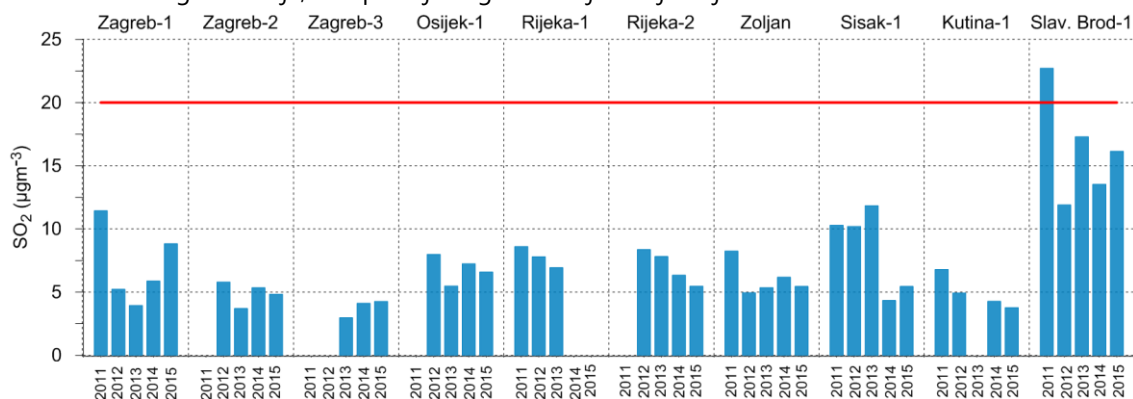
Tablica 3.3. Obuhvat podataka mjerenja satnih koncentracija sumporovog dioksida zimskog razdoblja na analiziranim postajama u razdoblju 2011.-2015. godine.

Postaja	2011	2012	2013	2014	2015
Zagreb-1	98	93	95	99	96
Zagreb-2	58	100	100	100	100
Zagreb-3	66	50	98	100	84
Osijek-1	51	100	100	100	97
Rijeka-1	100	100	100		
Rijeka-2	51	80	100	100	99
Sisak-1	96	100	99	99	100
Zoljan	90	77	87	89	95
Kutina-1	100	99	74	87	97
Slavonski Brod-1	95	100	98	96	100
Slavonski Brod-2				50	95

Tablica 3.4. Srednja vrijednosti koncentracija SO_2 zimskog razdoblja u razdoblju 2011.-2015. godine. Prekoračenja kritične razine ($20 \mu\text{g m}^{-3}$) za zaštitu vegetacije označene su žutom bojom.

Postaja	2011	2012	2013	2014	2015
Zagreb-1	11.4	5.2	4.0	5.9	8.8
Zagreb-2	16.0	5.8	3.7	5.4	4.8
Zagreb-3	12.5	2.5	3.0	4.1	4.3
Osijek-1	14.6	8.0	5.5	7.2	6.6
Rijeka-1	8.6	7.8	6.9		
Rijeka-2	7.7	8.4	7.8	6.3	5.5
Zoljan	8.3	5.0	5.4	6.2	5.4
Sisak-1	10.3	10.2	11.8	4.3	5.4
Kutina-1	6.8	4.9	4.6	4.3	3.8
Slavonski Brod-1	22.7	11.9	17.3	13.5	16.1
Slavonski Brod-2				8.7	13.0

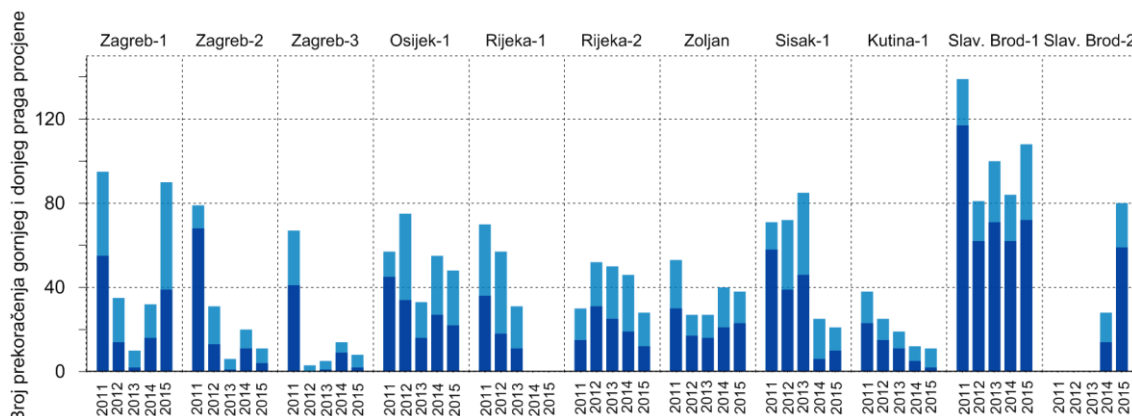
Slika 3.5. daje grafički prikaz podataka iz tablice 3.4., pri čemu su iz prikaza isključene postaje u onoj godini u kojoj kriterij obuhvata podataka nije bio zadovoljen. Srednja zimska vrijednost koncentracija sumporovog dioksida prelazi kritičnu razinu za zaštitu vegetacije samo 2011. godine na postaji Slavonski Brod-1. Postaja Slavonski Brod-1 je gradska industrijska postaja te kao takva nije reprezentativna za ocjenu cijele zone s obzirom na zaštitu vegetacije. Kao i kod srednjih godišnjih vrijednosti, postaja Slavonski Brod-1 bilježi najveće srednje vrijednosti koncentracija zimskog razdoblja, dok postaja Zagreb-3 bilježi najmanje.



Slika 3.5. Srednje vrijednosti koncentracija SO₂ zimskog razdoblja na analiziranim postajama u razdoblju 2011.-2015. godine. Crvena linija označava vrijednost koncentracija kritične razine za zaštitu vegetacije.

Pragovi procjene kritične razine u zimskom razdoblju

Uredba o razinama onečišćujućih tvari u zraku (NN 117/2012) propisuje iznos gornjeg praga procjene dnevne koncentracije sumporovog dioksida s obzirom na zaštitu vegetacije zimskog razdoblja kao 60 % iznosa kritične razine, tj. 12 µg m⁻³, a iznos donjeg praga procjene kao 40 % iznosa kritične razine, tj. 8 µg m⁻³. Uredbom nije propisan dozvoljen broj prekoračenja. Svako prekoračenje predstavlja ugrozu za vegetaciju. Broj prekoračenja navedenih pragova prikazan je na slici 3.6. Donji i gornji pragovi procjene prekoračeni su na svim razmatranim postajama u svim godinama u kojima je obuhvat podataka bio veći od 75%. U promatranom petogodišnjem razdoblju postaja Slavonski Brod-1 bilježi najveći broj prekoračenja gornjeg i donjeg praga procjene u zimskom razdoblju, a nakon nje, postaja Sisak-1 čiji je ukupan broj prekoračenja za oko 50% manji. Među postajama s obuhvatom podataka većim od 75%, postaja Kutina-1 bilježi najmanji broj prekoračenja te pokazuje tendenciju kontinuiranog smanjenja broja prekoračenja.



Slika 3.6. Broj prekoračenja donjeg (svijetlo plavo) i gornjeg (tamno plavo) praga procjene srednjih dnevni koncentracija sumporovog dioksida tijekom zimskog razdoblja s obzirom na zaštitu vegetacije u razdoblju 2011.-2015. godine.

Na slici 3.7. prikazana je prostorna raspodjela prekoračenja gornjih i donjih pragova procjene srednjih dnevni koncentracija sumporovog dioksida tijekom zimskog razdoblja. Smatra se da je prag procjene prekoračen ako je prekoračen tijekom najmanje tri pojedinačne godine u razdoblju od promatranih pet. U zonama HR 01 i HR 02 te aglomeracijama Osijek, Rijeka i Zagreb gornji prag procjene je prekoračen.



Slika 3.7. Rezultati analize gornjeg i donjeg praga procjene dnevni koncentracija sumporovog dioksida s obzirom na zaštitu vegetacije tijekom zimskog razdoblja na razmatranim postajama.

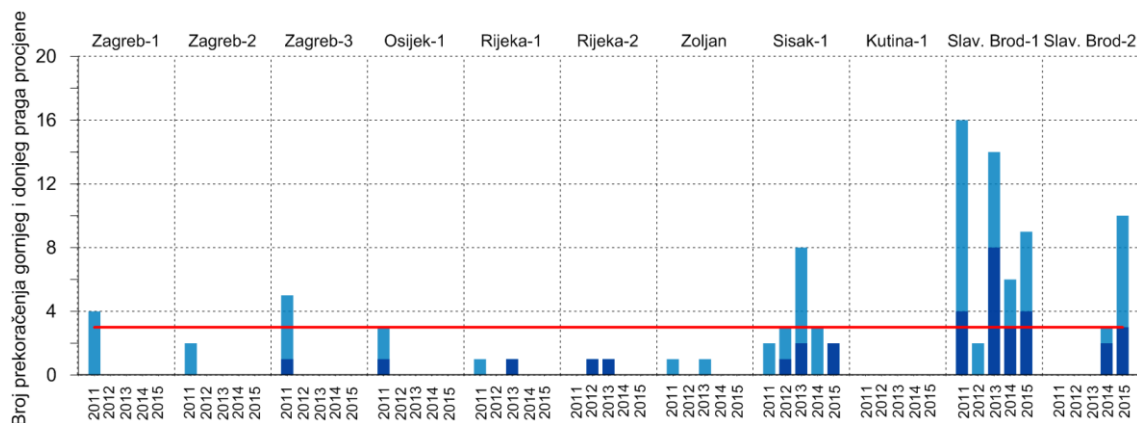
Analiza rezultata mjerenja s obzirom na donju i gornju granicu procjene

Prema Uredbi o razinama onečišćujućih tvari u zraku (NN 117/2012) gornji i donji pragovi procjene dnevne vrijednosti koncentracija sumporovog dioksida u zraku s obzirom na zaštitu zdravlja ljudi ne smiju biti prekoračene više od tri puta u kalendarskoj godini. Gornji prag procjene iznosi $75 \mu\text{g m}^{-3}$,

što je 60 % iznosa dnevne granične vrijednosti, a donji prag procjene iznosi $50 \mu\text{g m}^{-3}$, odnosno 40 % iznosa dnevne granične vrijednosti.

Broj prekoračenja donjeg praga procjene na promatranim postajama zapisan je u tablici 3.5., dok je u tablici 3.6. dan broj prekoračenja gornjeg praga. Žutom bojom označene su godine u kojima je došlo do prekoračenja. Sivom bojom označene su godine u kojima nije bilo prekoračenja ali je obuhvat podataka manji od 75 %, dok su zvjezdicom označene godine u kojima je i uz obuhvat podataka manji od 75 % došlo do prekoračenja propisanoga praga. Grafički prikaz podataka iz tablica 3.5. i 3.6. prikazan je na slici 3.8.

Analiza podataka pokazuje da je do prekoračenja gornjeg praga procjene došlo na postaji Slavonki Brod-1 tijekom 2011., 2013. i 2015. godine. Donji prag procjene prekoračen je, uz Slavonki Brod, u Zagrebu 2011. te Sisku 2013. godine.



Slika 3.8. Broj prekoračenja donjeg (svijetlo plavo) i gornjeg (tamno plavo) praga procjene srednjih dnevni vrijednosti koncentracija sumporovog dioksida s obzirom na zaštitu ljudi u razdoblju 2011.-2015. godine. Crvena linija označava dozvoljen broj prekoračenih dnevnih pragova procjene u jednoj kalendarskoj godini.

Tablica 3.5. Broj prekoračenja donjeg praga procjene srednje dnevne vrijednosti koncentracija SO_2 s obzirom na zaštitu zdravlja ljudi u razdoblju 2011.-2015. godine. Broj dana s prekomjernim prekoračenjem označen je žutom bojom.

Postaja	2011	2012	2013	2014	2015
Zagreb-1	4	0	0	0	0
Zagreb-2	2	0	0	0	0
Zagreb-3	5	0	0	0	0
Osijek-1	3	0	0	0	0
Rijeka-1	1	0	1		

Rijeka-2	0	1	1	0	0
Zoljan	1	0	1	0	0
Sisak-1	2	3	8	3	2
Kutina-1	0	0	0	0	0
Slavonski Brod-1	16	2	14	6	9
Slavonski Brod-2				3	10

* obuhvat podataka < 75 %

Slika 3.9. prikazuje prostornu raspodjelu prekoračenja gornjih i donjih pragova procjene srednjih dnevnih koncentracija sumporovog dioksida. Prag procjene smatra se prekoračenim ako je do prekoračenja došlo tijekom najmanje tri promatrane godine. U zoni HR 02 prekoračena je gornja granica procjene. Unutar aglomeracija Osijek, Rijeka i Zagreb te zone HR 01 nije došlo do prekoračenja.

Tablica 3.6. Broj prekoračenja gornjeg praga procjene ($75 \mu\text{g m}^{-3}$, dozvoljeno 3) dnevne koncentracije sumporovog dioksida s obzirom na zaštitu ljudi u razdoblju 2011.-2015. godine. Broj dana s prekomjernim prekoračenjem označen je žutom bojom.

Postaja	2011	2012	2013	2014	2015
Zagreb-1	0	0	0	0	0
Zagreb-2	0	0	0	0	0
Zagreb-3	1	0	0	0	0
Osijek-1	1	0	0	0	0
Rijeka-1	0	0	1		
Rijeka-2	0	1	1	0	0
Zoljan	0	0	0	0	0
Sisak-1	0	1	2	0	2
Kutina-1	0	0	0	0	0
Slavonski Brod-1	4	0	8	3	4
Slavonski Brod-2				2	3



Slika 3.9. Rezultati analize gornjeg i donjeg praga procjene dnevnih koncentracija sumporovog dioksida s obzirom na zaštitu zdravlja ljudi na razmatranim postajama.

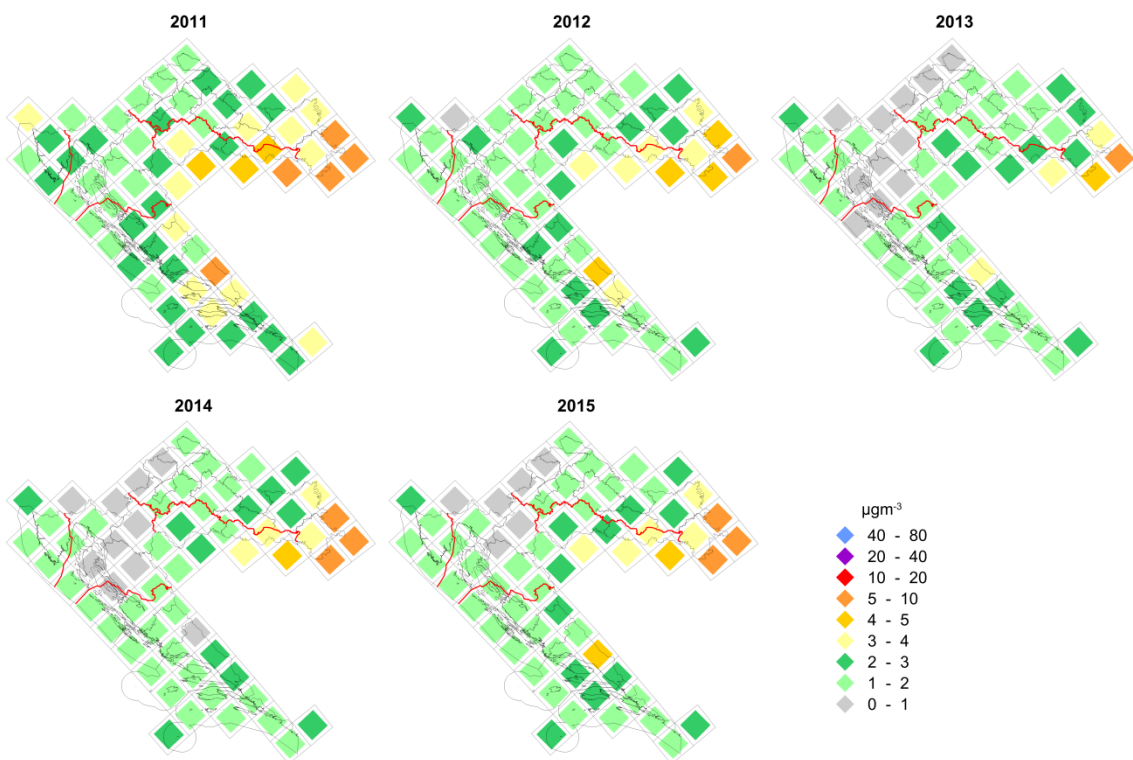
Analiza mjerenih vrijednosti koncentracija s obzirom na prag upozorenja

Prema Uredbi o razinama onečišćujućih tvari u zraku (NN 117/2012) propisan je prag upozorenja za satne vrijednosti koncentracije sumporovog dioksida i iznosi $500 \mu\text{g m}^{-3}$. Ako je prag upozorenja prekoračen tijekom tri uzastopna sata potrebno je o tome pravovremeno obavijestiti javnost. Tijekom promatranog petogodišnjeg razdoblja, prag upozorenja nije niti jednom prekoračen tri sata zaredom niti na jednoj mjernoj postaji.

Analiza modeliranih koncentracija sumporovog dioksida

Prostorna razdioba modeliranih srednjih godišnjih vrijednosti koncentracije sumporovog dioksida, u točkama EMEP mreže rezolucije 50 km x 50 km, za promatrano razdoblje 2011.-2015. godine prikazana je na slici 3.10. Analiza modeliranih vrijednosti pokazuje da s obzirom na zaštitu vegetacije nema prekoračenja propisane kritične razine. Srednje godišnje vrijednosti koncentracija najveće su na istoku Hrvatske i to u točkama modela koje svojim većim dijelom pripadaju susjednim državama. Uočeno ukazuje na značajan utjecaj prekograničnih izvora onečišćenja.

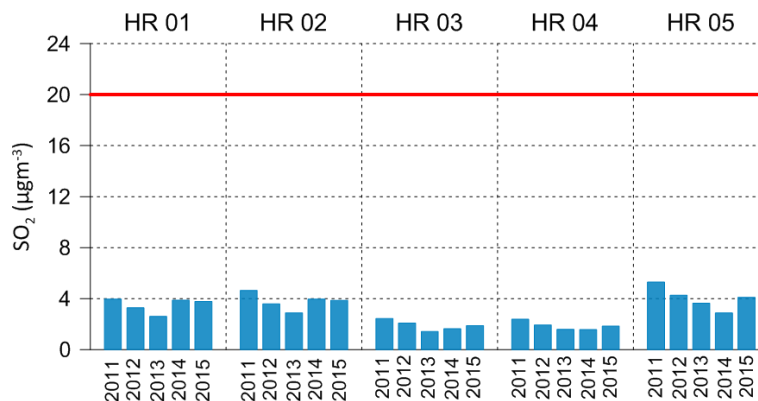
Unutar svake zone i za svaku godinu odabrane su referentne točke s najvećim iznosom srednje godišnje vrijednosti koncentracija sumporovog dioksida. Vrijednosti maksimalnih koncentracija zapisani su u tablici 3.7. uz oznaku odgovarajuće točke EMEP modela. Isti podaci prikazani su na slici 3.11. Prilikom odabira referentnih točaka, u obzir nisu dolazile točke koje većim dijelom pripadaju susjednim državama. Zona HR04 bilježi najniže maksimalne vrijednosti srednjih godišnjih koncentracija, dok su u pograničnim područjima, zona HR 02 i HR 05, vrijednosti najviše što upućuje na utjecaj izvora onečišćenja iz Srbije te Bosne i Hercegovine.



Slika 3.10. Prostorna razdioba modeliranih srednjih godišnjih vrijednosti koncentracija sumporovog dioksida po zonama za razdoblje 2011.-2015. godine.

Tablica 3.7. Srednje godišnje vrijednosti modeliranih koncentracija sumporovog dioksida po zonama u razdoblju 2011.-2015. godine. U zagradama su zapisane koordinate točaka EMEP modela.

Zona	2011	2012	2013	2014	2015
HR 01	4.0 (83,49)	3.3 (83,49)	2.6 (83,49)	3.9 (84,48)	3.8 (84,48)
HR 02	4.6 (83,47)	3.6 (83,47)	2.9 (83,47)	4.0 (83,47)	3.9 (83,47)
HR 03	2.4 (79,43)	2.1 (79,43)	1.4 (79,43)	1.6 (79,43)	1.9 (79,43)
HR 04	2.4 (79,42)	1.9 (78,42)	1.6 (78,42)	1.6 (78,42)	1.8 (78,42)
HR 05	5.3 (85,43)	4.3 (85,43)	3.6 (85,43)	2.9 (85,43)	4.1 (85,43)



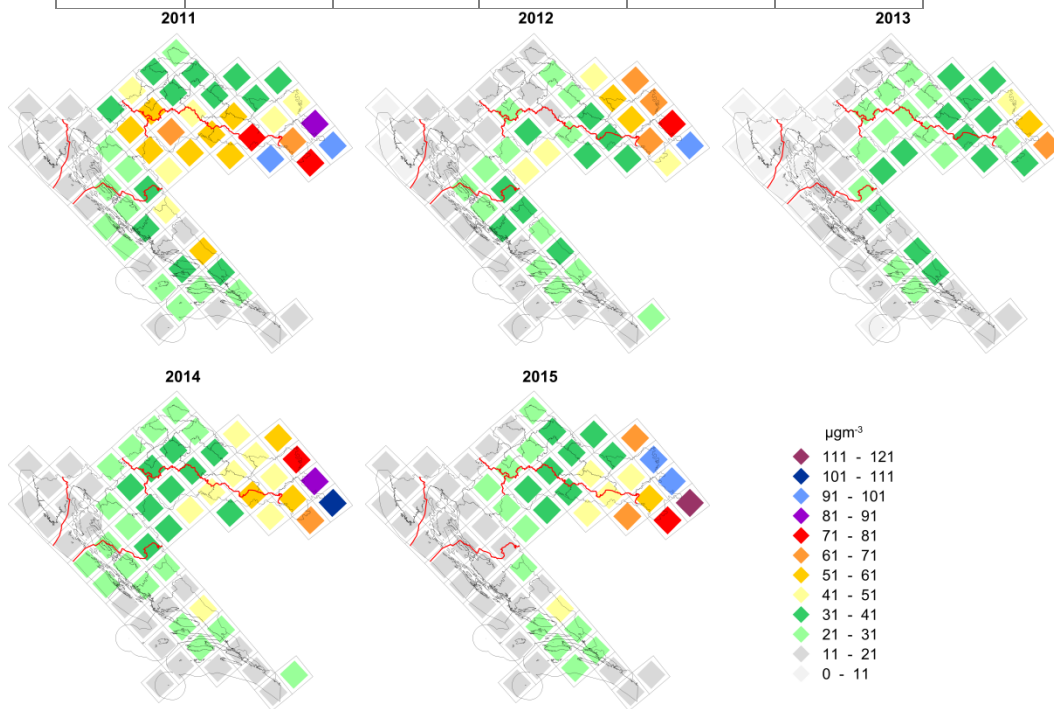
Slika 3.11. Srednje godišnje modelirane koncentracije sumporovog dioksida u razdoblju 2011.-2015. godine. Crvena linija označava vrijednost koncentracija kritične razine za zaštitu vegetacije.

Prostorna razdioba modelirane maksimalne satne vrijednosti koncentracija sumporovog dioksida prikazana je na slici 3.12., a prostorna razdioba maksimalne dnevne prikazana je na slici 3.13. Dnevna i satna granična vrijednost koncentracija sumporovog dioksida u zraku s obzirom na zaštitu zdravlja ljudi nije prekoračena niti jedne godine u niti jednoj točki EMEP modela. Također, u referentnim točkama, nisu prekoračeni niti gornji niti donji pragovi procjene s obzirom na zaštitu zdravlja ljudi.

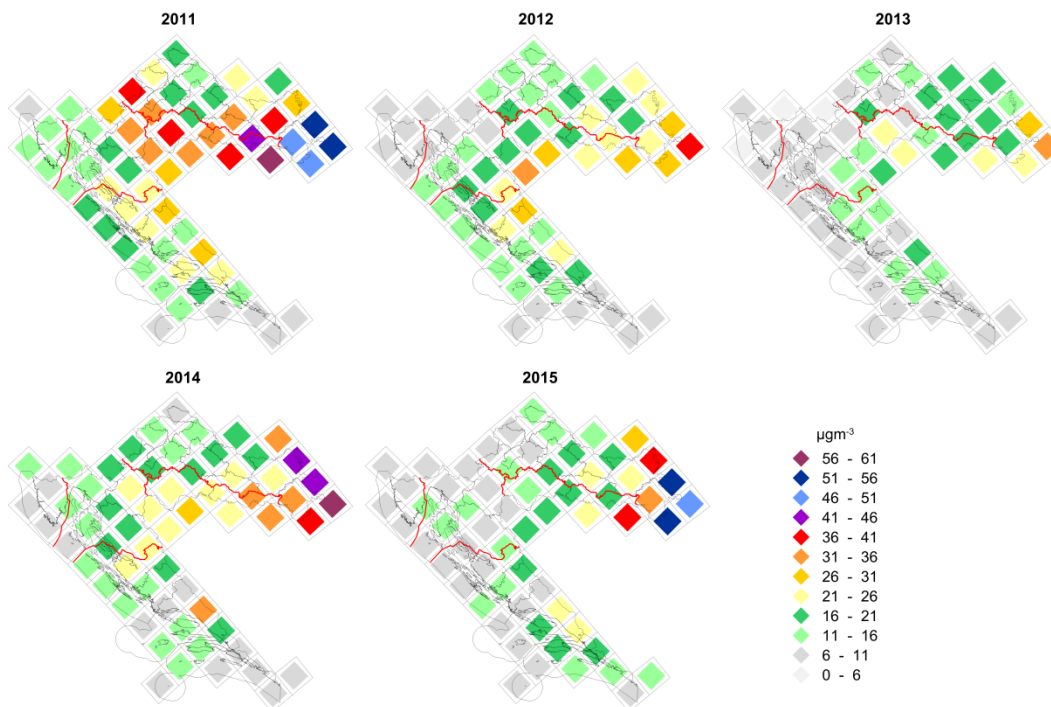
U tablici 3.8. prikazane su srednje modelirane vrijednosti koncentracija zimskog razdoblja po zonama, a na slici 3.14 zapisane vrijednosti su prikazane. Kritična razina za zaštitu vegetacije nije prekoračena niti jedne godine niti u jednoj točki modela.

Tablica 3.8. Srednje vrijednosti modeliranih koncentracija sumporovog dioksida zimskog razdoblja po zonama u razdoblju 2011.-2015. godine. U zagradama su zapisane koordinate točaka EMEP modela.

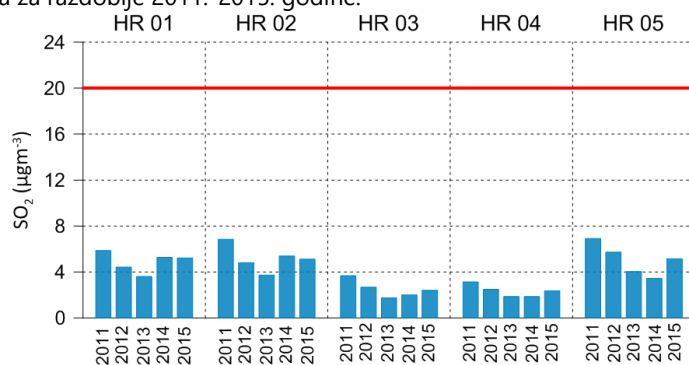
Zona	2011	2012	2013	2014	2015
HR 01	5.8 (84,48)	4.4(84,48)	3.6 (83,49)	5.3 (84,48)	5.2 (84,48)
HR 02	6.8 (83,47)	4.8 (83,47)	3.7 (83,47)	5.4 (83,47)	5.1 (83,47)
HR 03	3.7 (82,43)	2.7 (82,43)	1.7 (82,43)	2.0 (79,43)	2.4 (79,43)
HR 04	3.1 (79,42)	2.5 (78,42)	1.9 (78,42)	1.9 (78,42)	2.4 (79,42)
HR 05	6.9 (85,43)	5.7 (85,43)	4.0 (85,43)	3.4 (85,43)	5.1 (85,43)



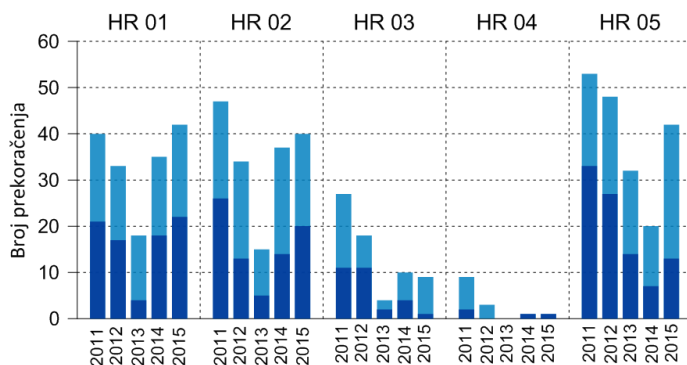
Slika 3.12. Prostorna razdioba maksimalnih satnih modeliranih vrijednosti koncentracija sumporovog dioksida po zonama za razdoblje 2011.-2015. godine.



Slika 3.13. Prostorna razdioba maksimalnih dnevnih modeliranih vrijednosti koncentracija sumporovog dioksida po zonama za razdoblje 2011.-2015. godine.



Slika 3.14. Srednje modelirane koncentracije zimskog razdoblja sumporovog dioksida u razdoblju 2011.-2015. godine. Crvena linija označava vrijednost koncentracija kritične razine za zaštitu vegetacije.



Slika 3.15. Broj prekoračenja donjeg (svijetlo plavo) i gornjeg (tamno plavo) praga procjene modeliranih srednjih dnevnih koncentracija sumporovog dioksida tijekom zimskog razdoblja s obzirom na zaštitu vegetacije u razdoblju 2011.-2015. godine.

Slika 3.15. prikazuje broj prekoračenja gornjeg i donjeg praga procjene dnevnih vrijednosti modeliranih koncentracija sumporovog dioksida s obzirom na zaštitu vegetacije i prirodnog ekosustava po zonama. Prag procjene smatra se prekoračenim ako je prekoračen tijekom najmanje tri pojedinačne godine. Prema rezultatima modela, donji i gornji pragovi procjene prekoračeni su u svim zonama tijekom zimskog perioda.

Zaključak

U svim zonama i aglomeracijama zadovoljeni su kriteriji kvalitete zraka s obzirom na zaštitu zdravlja ljudi. Prema modelu, u svim zonama i aglomeracijama zadovoljen je kriterij kvalitete zraka s obzirom na zaštitu vegetacije. U zoni HR 02 prekoračen je gornji prag procjene s obzirom na zaštitu zdravlja ljudi. Prema rezultatima mjerenja i modela, u svim zonama prekoračen je gornji prag procjene s obzirom na zaštitu vegetacije. Tijekom promatranog petogodišnjeg razdoblja, prag upozorenja za sumporov dioksid nije niti jednom prekoračen tri sata zaredom. Prema prikazanim rezultatima, potrebna su daljnja kontinuirana mjerenja sumporovog dioksida u svim zonama i aglomeracijama.

3.2 Dušikov dioksid, NO₂

Dušikov dioksid je vrlo jak oksidant te kao značajan atmosferski plin ne samo da utječe na ljudsko zdravlje nego i apsorbira sunčevo zračenje u vidljivom dijelu spektra, smanjuje atmosfersku vidljivost, te kao plin staklenika može imati neposredni utjecaj na klimaske promjene. Osim toga, zajedno s dušikovim monoksidom (NO) ima važnu ulogu u atmosferi kao regulator oksidacijskog kapaciteta kontrolirajući stvaranje i sudbinu slobodnih radikala u troposferi te ima kritičnu ulogu u stvaranju i razaranju troposferskog ozona i u čistoj i u onečišćenoj atmosferi. Zbog toga je praćenje koncentracija dušikovih oksida uspostavljeno kao zakonska obveza u svim zemljama Europske unije (i šire) i propisane su granične vrijednosti, kao zaštitni mehanizam, kako s obzirom na zdravlje ljudi tako i s obzirom na zaštitu vegetacije i opterećenje okoliša općenito.

Mjerenja i obuhvat podataka

Mjerne postaje državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka, te lokalna postaja Zoljan, na kojima se mjerila koncentracija dušikovog dioksida u razdoblju 2011.- 2015., prikazane su na slici 3.16. Mreža se sastoji od 9 gradskih postaja, 4 pozadinske postaje i jedne gradske pozadinske postaje u aglomeracijama Zagreb, Rijeka i Osijek te u zonama HR 01, HR 02, HR 03, HR 04 i HR 05. U analizi mjerenih vrijednosti koncentracija dušikovog dioksida korišteni su podaci mjerenja sa svih gradskih postaja te, po većini obilježja regionalne pozadinske postaje Zoljan kao i gradske pozadinske postaje Pula.

Za svaku mjernu postaju prikazan je i obuhvat podataka mjerenja satnih vrijednosti koncentracija dušikovog dioksida po godinama i postajama (tablica 3.9.). U tablici su označene postaje i razdoblja u kojima je obuhvat podataka mjerenja bio manji od 75 %.



Obuhvat podataka mjerenja bio je manji od 75 % na postajama Zagreb-1, Zagreb-2, Zagreb-3 i Kutina-1 u 2011. godini, Zoljan u 2012. i 2013. godini. Postaja Pula-Fižela započela je s radom u 2015. godini, a postaja Rijeka-1 prestala je s radom 2014. godine.

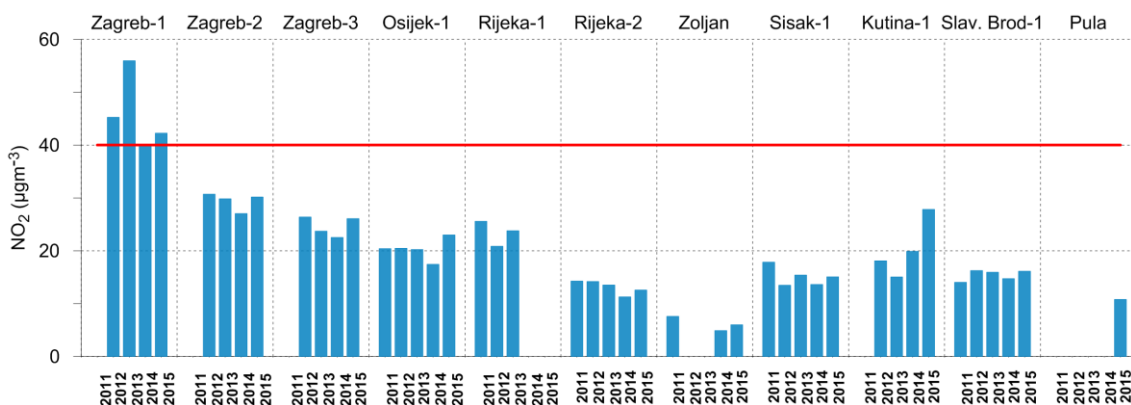
Slika 3.16. Postaje na kojima su mjerene koncentracije dušikovog dioksida u razdoblju 2011.-2015. godine.

Tablica 3.9. Obuhvat podataka mjerenja koncentracija dušikovoga dioksida na analiziranim postajama u razdoblju 2011.-2015. godine.

Postaja	2011	2012	2013	2014	2015
Zagreb-1	39	96	86	100	98
Zagreb-2	52	98	100	100	100
Zagreb-3	73	92	100	100	100
Osijek-1	83	100	100	91	96
Rijeka-1	95	100	100		
Rijeka-2	93	87	100	100	100
Zoljan	93	72	65	93	100
Sisak-1	91	100	100	100	100
Kutina-1	41	98	82	94	95
Slavonski Brod-1	100	100	97	100	100
Pula-Fižela					100

Analiza rezultata mjerenja s obzirom na zaštitu zdravlja ljudi

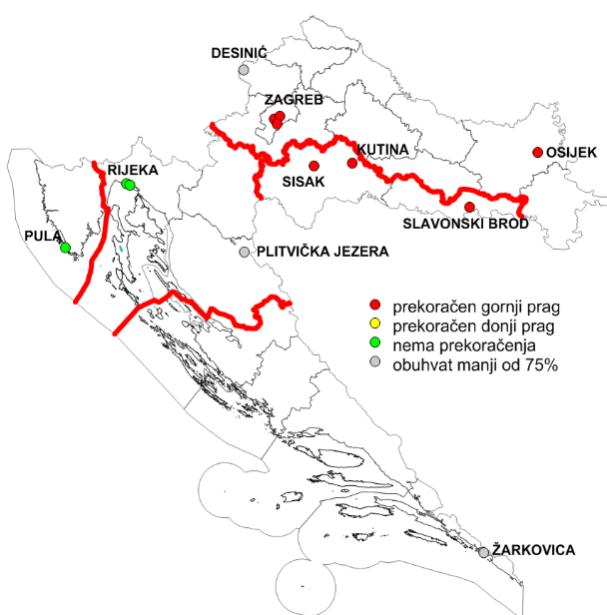
Prema Uredbi o razini onečišćujućih tvari u zraku (NN 117/12) definirane su godišnje i satne granične vrijednosti koncentracija te učestalost dozvoljenih prekoračenja propisanih pragova za dušikov dioksid. Granična vrijednost za godišnje koncentracije dušikovog dioksida iznosi $40 \mu\text{g m}^{-3}$, a GV za satne koncentracije dušikovog dioksida iznosi $200 \mu\text{g m}^{-3}$ i ne smije biti prekoračena više od 18 puta tijekom kalendarske godine. Srednje godišnje vrijednosti koncentracije dušikovog dioksida. (slika 3.17.) ukazuju da su godišnje GV prekoračene samo na gradskoj postaji Zagreb-1, najvjerojatnije zbog utjecaja prometa u Zagrebu (2012., 2013. i 2015. godine). Na postaji Zagreb-1 zabilježeno je prekoračenje satnih GV tijekom 2012. godine 4 puta, a tijekom 2013. godine 2 puta, što je unutar dozvoljenog broja prekoračenja satnih GV (NGV = 18). Na ostalim postajama nije došlo do prekoračenja.



Slika 3.17. Srednja godišnje koncentracije dušikovog dioksida na mjernim postajama u razdoblju 2011.-2015. godine. Crvena linija označava graničnu srednju godišnju vrijednost koncentracija GV = $40 \mu\text{g m}^{-3}$.

Analiza rezultata mjerenja s obzirom na zaštitu vegetacije

Prema Uredbi o razini onečišćujućih tvari u zraku kritična razina dušikovih oksida za zaštitu vegetacije iznosi $30 \mu\text{g m}^{-3}$, gornji prag procjene iznosi $24 \mu\text{g m}^{-3}$, a donji $19.5 \mu\text{g m}^{-3}$. Smatra se da je prag procjene prekoračen ako je prekoračen tijekom najmanje tri od prethodnih pet godina, pri čemu te tri godine ne moraju biti susljedne, odnosno, u nizu. Na slici 3.18. prikazane su postaje na kojima je došlo do prekoračenja gornjeg ili donjeg praga procjene dušikovih oksida s obzirom na zaštitu vegetacije i prirodnog ekosustava u razdoblju 2011.-2015.



Na svim mjerenim postajama prekoračen je gornji prag procjene osim na postaji Pula-Fižela, dok je na postaji Rijeka-1 prekoračen prag dva puta u razdoblju mjerenja 2012.-2013. (tablica 3.10.). Srednja godišnja koncentracija dušikovih oksida prekoračila je kritičnu razinu za zaštitu vegetacije na postajama Zagreb-1, Zagreb-2, Zagreb-3, Osijek-1 i Kutina-1 u razdoblju 2012.-2015 te postaja Rijeka-1, 2013. godine (tablica 3.11., slika 3.19.).

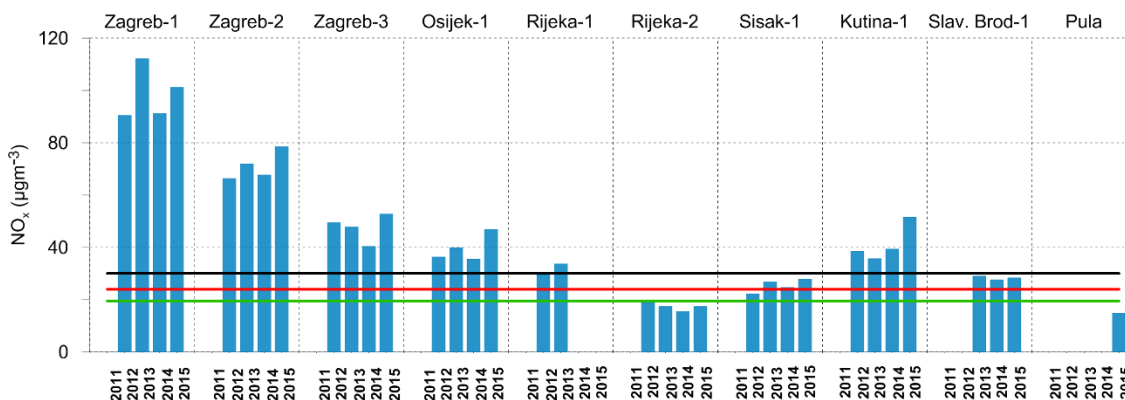
Slika 3.18. Mjerne postaje na kojima je prekoračen gornji ili donji prag procjene dušikovih oksida s obzirom na zaštitu vegetacije i prirodnog ekosustava u razdoblju 2011.-2015. godine

Tablica 3.10. Srednje godišnje vrijednosti koncentracija dušikovih oksida za razdoblje 2011.-2015. godine. Prekoračenja donjeg praga procjene ($19.5 \mu\text{g m}^{-3}$) označena su sivom, a gornjeg žutom bojom ($24 \mu\text{g m}^{-3}$).

Postaja	2011	2012	2013	2014	2015
Zagreb-1		90	112	91	101
Zagreb-2		66	72	68	78
Zagreb-3		49	48	40	53
Osijek-1		36	40	36	47
Rijeka-1		29	34		
Rijeka-2		19	17	15	17
Sisak-1		22	27	25	28
Kutina-1		39	36	39	52
Slavonski Brod-1			29	28	28
Pula-Fižela					15

Tablica 3.11. Srednja godišnja koncentracija dušikovih oksida za razdoblje 2011.-2015. godine. Prekoračenja kritične razine za zaštitu vegetacije ($30 \mu\text{g m}^{-3}$) su označene žutom bojom.

Postaja	2011	2012	2013	2014	2015
Zagreb-1		90	112	91	101
Zagreb-2		66	72	68	78
Zagreb-3		49	48	40	53
Osijek-1		36	40	36	47
Rijeka-1		29	34		
Rijeka-2		19	17	15	17
Sisak-1		22	27	25	28
Kutina-1		39	36	39	52
Slavonski Brod-1			29	28	28
Pula-Fižela					15



Slika 3.19. Srednja godišnja koncentracija dušikovog oksida za razdoblje 2011.-2015. godine. Prekoračenja kritične razine za zaštitu vegetacije ($30 \mu\text{g m}^{-3}$) crna linija, gornji prag procjene ($24 \mu\text{g m}^{-3}$) crvena linija, a donji ($19.5 \mu\text{g m}^{-3}$) zelena linija.

Analiza rezultata mjerenja s obzirom na donji i gornji prag procjene

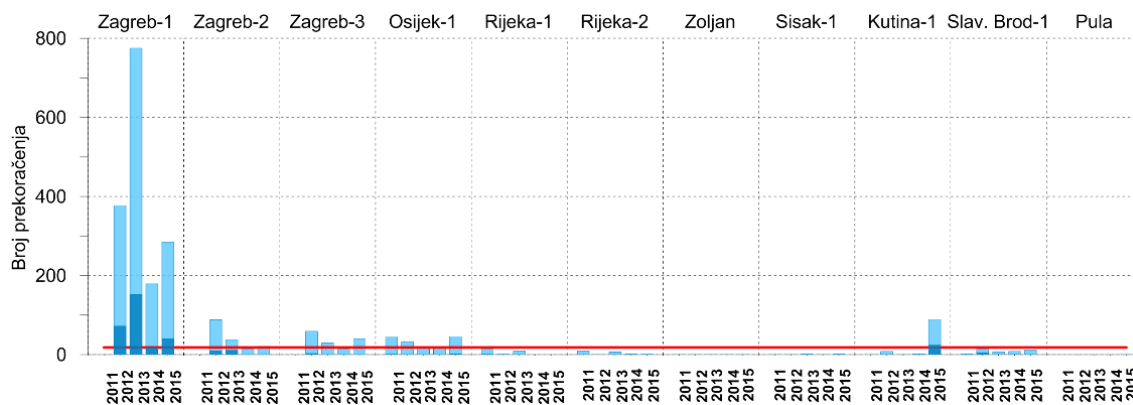
Pragovi procjene za dušikov dioksid određeni su za satne vrijednosti mjerenja i za vrijeme usrednjavanja od godine dana. Satna vrijednost gornjeg praga procjene iznosi 70% propisane granične vrijednosti, a donjeg praga, 50%, odnosno $140 \mu\text{g m}^{-3}$ i $100 \mu\text{g m}^{-3}$. Gornji i donji pragovi procjene za satnu vrijednost ne smiju biti prekoračeni više od 18 puta. Gornji prag procjene za srednju godišnju vrijednost iznosi 80 % srednje godišnje granične vrijednosti a donji, 65 %, odnosno $32 \mu\text{g m}^{-3}$ i $26 \mu\text{g m}^{-3}$. Smatra se da je prag procjene prekoračen ako je prekoračen tijekom najmanje tri od prethodnih pet godina, pri čemu te tri godine ne moraju biti susljedne, odnosno, u nizu. Mjerne postaje državne mreže na kojima je prekoračen gornji ili donji prag procjene dušikovih oksida za zaštitu ljudi označene su na karti (slika 3.20.).



Donji prag procjene satnih vrijednosti dušikovog dioksida ($100 \mu\text{g m}^{-3}$, dozvoljeno 18) prekoračen je na postajama Zagreb-1, Zagreb-2, Zagreb-3 i Osijek-1 (tablica 3.12.), a gornji prag procjene ($140 \mu\text{g m}^{-3}$, dozvoljeno 18) na postaji Zagreb-1 (tablica 3.13.).

Gornji prag procjene srednje godišnje vrijednosti koncentracija dušikovog dioksida prekoračen je 2012.-2015. godine na postaji Zagreb-1. Donji prag procjene srednje godišnje koncentracije prekoračen je 2012.-2015. godine na postaji Zagreb-2 (tablica 3.14.).

Slika 3.20. Mjerne postaje na kojima je prekoračen gornji i donji prag procjene.



Slika 3.21. Broj prekoračenja donjeg praga procjene (svijetlo plavo, $100 \mu\text{g m}^{-3}$) i gornjeg praga procjene ($140 \mu\text{g m}^{-3}$) iz satnih vrijednosti koncentracija NO_2 za razdoblje 2011.-2015. godine. Crvenom linijom prikazan je dozvoljeni broj satnih prekoračenja (18).

Tablica 3.12. Broj prekoračenja donjeg praga procjene ($100 \mu\text{g m}^{-3}$, dozvoljeno 18) za razdoblje 2011.-2015. godine za satne vrijednosti koncentracija dušikovog dioksida. Prekoračene vrijednosti su označene žutom bojom.

Postaja	2011	2012	2013	2014	2015
Zagreb-1	*131	377	775	179	285
Zagreb-2	*55	88	38	15	21
Zagreb-3	*72	59	29	14	40
Osijek-1	44	33	17	20	46
Rijeka-1	14	1	9		
Rijeka-2	9	0	6	2	1
Zoljan	0	0	0	0	0
Sisak-1	0	0	2	0	2
Kutina-1	0	8	0	2	89
Slavonski Brod-1	2	14	7	8	12
Pula-Fižela					0

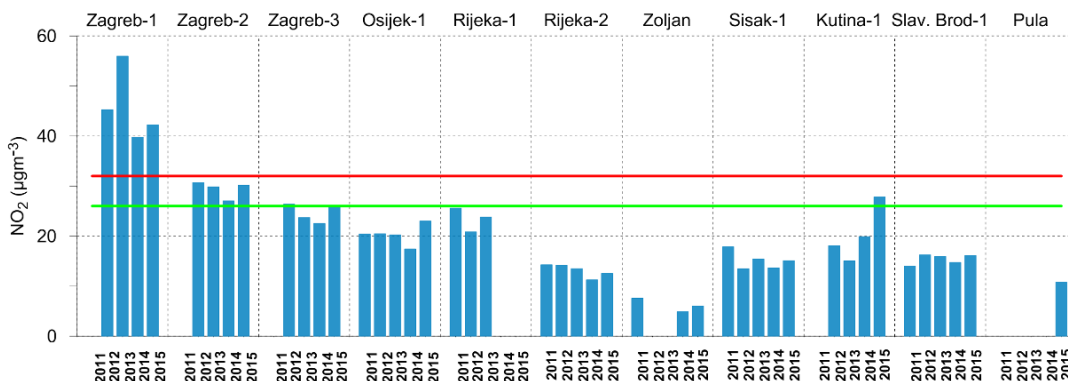
* obuhvat podataka < 75%

Tablica 3.13. Broj prekoračenja gornjeg praga procjene ($140 \mu\text{g m}^{-3}$, dozvoljeno 18) iz satnih vrijednosti koncentracija NO_2 za razdoblje 2011.-2015. godine. Prekoračene vrijednosti su označene žutom bojom, a tamno sivom bojom su označene postaje i razdoblja s obuhvatom podataka manjim od 75 %.

Postaja	2011	2012	2013	2014	2015
Zagreb-1	8	72	152	17	40
Zagreb-2	6	9	11	0	0
Zagreb-3	6	3	0	0	0
Osijek-1	1	0	0	0	2
Rijeka-1	1	0	0		
Rijeka-2	0	0	0	0	0
Zoljan	0	0	0	0	0
Sisak-1	0	0	0	0	0
Kutina-1	0	0	0	0	24
Slavonski Brod-1	0	5	0	0	0
Pula-Fižela					0

Analiza rezultata mjerenja s obzirom na prag upozorenja

Prag upozorenja za satnu vrijednost koncentracija dušikovog dioksida iznosi $400 \mu\text{g m}^{-3}$. Ako je prag upozorenja prekoračen tijekom tri uzastopna sata potrebno je o tome pravovremeno obavijestiti javnost. Tijekom promatranog petogodišnjeg razdoblja, prag upozorenja nije niti jednom prekoračen tri sata zaredom.



Slika 3.22. Srednja godišnja vrijednost koncentracije dušikovog dioksida za razdoblje 2011.-2015. godine. Donji prag procjene ($26 \mu\text{g m}^{-3}$) - zelena linija, a gornji ($32 \mu\text{g m}^{-3}$) - crvena linija.

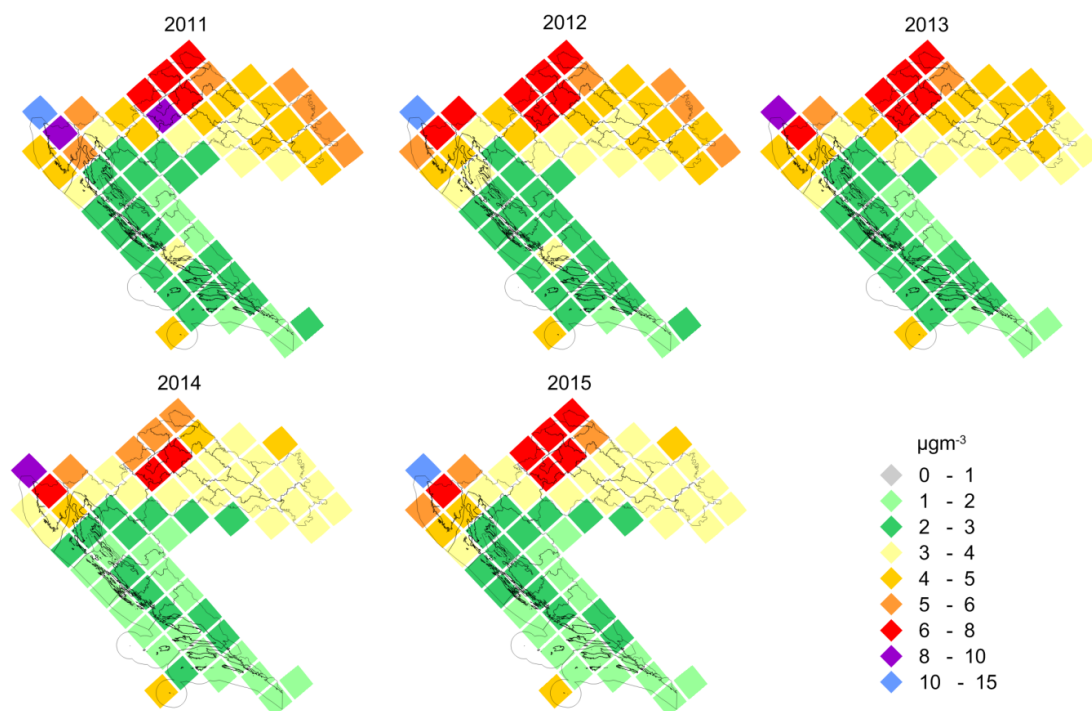
Tablica 3.14. Srednja godišnja vrijednost koncentracije dušikovog dioksida za razdoblje 2011.-2015. godine. Prekoračenja donjeg praga procjene ($26 \mu\text{g m}^{-3}$) su označene svijetlo sivom bojom, a gornjeg - žutom bojom ($32 \mu\text{g m}^{-3}$). Tamno sivom bojom označene su postaje i razdoblja s obuhvatom podataka manjim od 75 %.

Postaja	2011	2012	2013	2014	2015
Zagreb-1	48.3	45.3	56.0	39.8	42.3
Zagreb-2	36.9	30.7	29.9	27.0	30.2
Zagreb-3	28.2	26.4	23.7	22.5	26.1
Osijek-1	20.4	20.5	20.2	17.4	23.0
Rijeka-1	25.6	20.8	23.8		
Rijeka-2	14.3	14.2	13.5	11.3	12.6
Zoljan	7.6	4.4	5.8	4.9	6.0
Sisak-1	17.9	13.5	15.4	13.6	15.1
Kutina-1	18.7	18.1	15.1	19.9	27.8
Slavonski Brod-1	14.0	16.2	16.0	14.7	16.1
Pula-Fižela					10.8

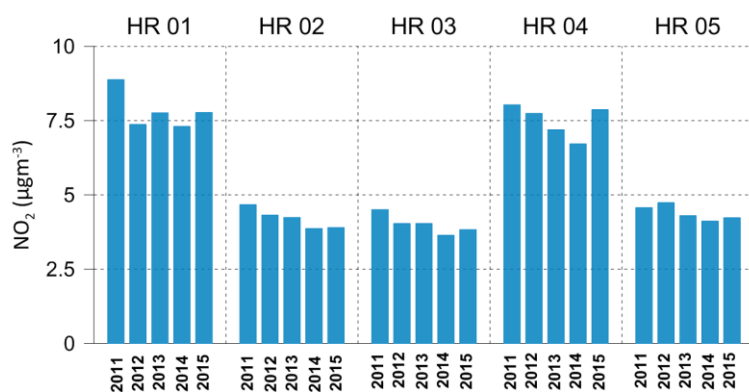
Analiza modeliranih koncentracija dušikovog dioksida

Prostorna raspodjela srednje godišnje koncentracije dušikovog dioksida (slika 3.23.) dobivena EMEP modelom ukazuje na povišene vrijednosti u sjeverozapadnoj Hrvatskoj, osobito na području Zagreba. Zbog prekograničnog onečišćenja dolazi do većih koncentracija dušikovog dioksida na sjevernom Jadranu i istočnoj Hrvatskoj. Koncentracije dušikovog dioksida prostorno i vremenski jako variraju pa je potrebno razviti urbani model kojim bi rezultati u gradovima i aglomeracijama bili značajno bolji. Najviše vrijednosti srednjih godišnjih koncentracija dušikovog dioksida dobivene EMEP modelom prikazane su u tablici 3.15. Najviše vrijednosti dobivene su za zone HR 01 i HR 04 (u rasponu od $6.72 - 8.88 \mu\text{g m}^{-3}$), a najniže za zone HR 02, HR 03 i HR 05 (u rasponu od $3.64 - 4.74 \mu\text{g m}^{-3}$). Točke prostorne mreže (78,43), (77,42) i (79,44) nisu uzete u obzir jer je udio teritorija RH u tim kvadrantima zanemariv. Satne vrijednosti dušikovog dioksida EMEP modela u razdoblju 2011.-2015. godine nisu prekoračile graničnu vrijednost, kao niti pragove procjene. Prostorna razdioba

maksimalnih modeliranih vrijednosti satnih koncentracija dušikovog dioksida prikazana je na slici 3.25. Maksimalne satne vrijednosti koncentracija nisu prelazile $80 \mu\text{g m}^{-3}$. Iz prostornog prikaza može se uočiti da postoji značajna međugodišnja varijabilnost te ne postoji trend smanjivanja na razini maksimalnih satnih vrijednosti koncentracija.



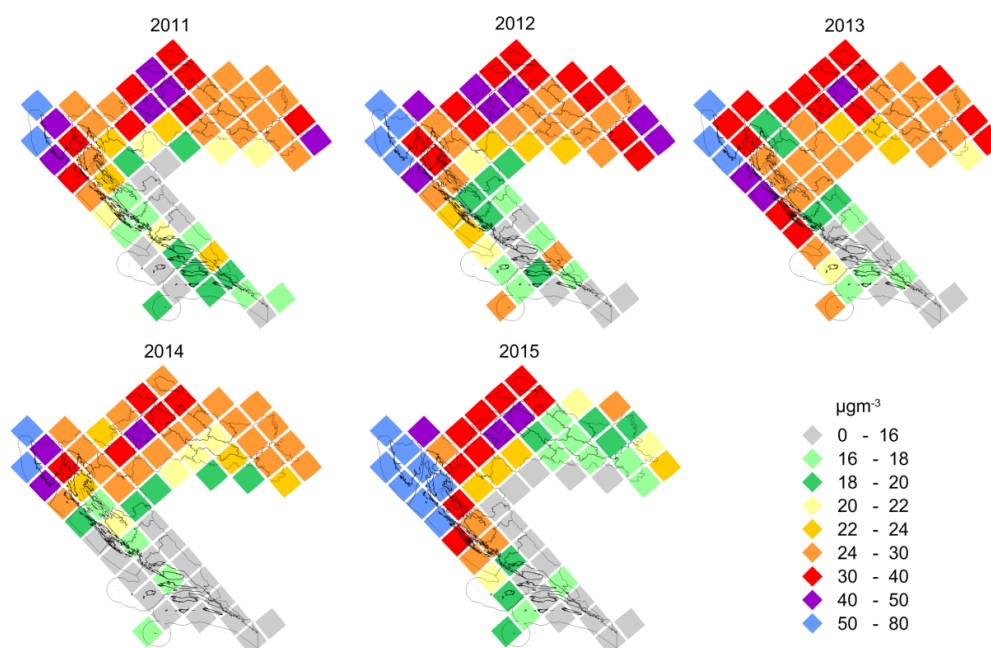
Slika 3.23. Modelirane srednje godišnje vrijednosti koncentracija dušikovog dioksida.



Slika 3.24. Najviše modelirane vrijednosti srednjih godišnjih koncentracija dušikovog dioksida po zonama

Tablica 3.15. Najviše srednje godišnje vrijednosti modeliranih koncentracija NO₂ u točkama EMEP mreže po predloženim zonama za 2011.-2015. godinu. U zagradama su navedene koordinate točaka EMEP modela.

Zona\godina	2011	2012	2013	2014	2015
HR 01	8.9 (80,45)	7.4 (80,45)	7.8 (80,45)	7.3 (80,45)	7.8 (80,45)
HR 02	4.7 (83,47)	4.3 (83,47)	4.2 (81,46)	3.9 (81,46)	3.9 (83,47)
HR 03	4.5 (80,44)	4.0 (80,44)	4.0 (80,44)	3.6 (80,44)	3.8 (80,44)
HR 04	8.0 (78,42)	7.7 (78,42)	7.2 (78,42)	6.7 (78,42)	7.9 (78,42)
HR 05	4.6 (86,40)	4.7 (86,40)	4.3 (86,40)	4.1 (86,40)	4.2 (86,40)



Slika 3.25. Modelirane maksimalne vrijednosti satnih koncentracija dušikovog dioksida u prostornoj mreži EMEP modela u razdoblju 2011-2015. godine

Zaključak

Granična vrijednost prekoračena je na postaji Zagreb-1 te je na toj postaji potrebno nastaviti s mjerenjem dušikovog dioksida. Na temelju rezultata urbanih postaja i rezultata modela možemo procijeniti da je koncentracija dušikovih oksida u svim zonama ispod gornjeg praga procjene s obzirom na zaštitu vegetacije. Gornji prag procjene prekoračen je u aglomeraciji Zagreb, a donji prag procjene prekoračen je u aglomeraciji Osijek. U svim ostalim zonama i aglomeracijama u kojima se provode mjerenja nema prekoračenja donjeg praga procjene.

3.3 Lebdeće čestice PM₁₀

Lebdeće čestice su mješavina kemijskih spojeva, vodene pare i drugih krutih primjesa različitih veličina i sastava. Po svojim svojstvima i značaju najčešće ih dijelimo na one kojima je aerodinamički promjer manji od 1 µm, 2.5 µm i 10 µm budući da se te frakcije čestica mogu u atmosferi prenositi na velike udaljenosti. Izvori emisija lebdećih čestica su mnogobrojni, mogu nastati prirodnim putem, emisijom iz poznatih izvora, ali i kemijskim reakcijama u atmosferi (sekundarni procesi stvaranja lebdećih čestica). Prirodni izvori uključuju morską sol, prašinu, pelud, šumske požare i vulkanski pepeo, dok antropogenetički izvori, koji su dominantni u urbaniziranim područjima, nastaju zbog izgaranja fosilnih goriva i biomase iz kućnih i drugih ložišta, ispušnih smjesa iz vozila u prometu, pri prometovanju vozila, pri spaljivanju otpada, u poljoprivredi itd.

U Republici Hrvatskoj na postajama državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka mjere se koncentracije lebdećih čestica sve tri gore navedene frakcije na pozadinskim i gradskim postajama u aglomeracijama Zagreb, Osijek i Rijeka te u zonama HR 01, HR 02, HR 03, HR 04 i HR 05. Mjerenja se provode pomoću automatskih analizatora kontinuirano i primjenom referentne gravimetrijske metode za određivanje dnevnih vrijednosti razina koncentracija.

Granične vrijednosti za srednje dnevne i godišnje koncentracije definirane su Uredbom o razinama onečišćujućih tvari u zraku (NN 117/12). Prema Uredbi, srednja dnevna vrijednost koncentracija ne smije prijeći 50 µgm⁻³ više od 35 puta u jednoj godini, dok je granica za srednju godišnju vrijednost koncentracija 40 µgm⁻³. Gornji prag procjene koncentracija određen je kao 70 % -tni iznos granične vrijednosti, a donji prag procjene kao 50 % -tni. Učestalost dozvoljenih prekoračenja za pragove procjene također je 35 puta u godini.

Mjerenja i obuhvat podataka

Mjerenja lebdećih čestica PM₁₀ provode se u aglomeracijama Zagreb, Rijeka i Osijek te u svim zonama: HR 01, HR 02, HR 03, HR 04 i HR 05. Mjerenja se provode pomoću automatskih analizatora, a u Zagrebu, Rijeci, Sisku i Slavonskom Brodu dodatno i pomoću referentne gravimetrijske metode (slika 3.26.). Mjerenja na pozadinskim postajama su u razdoblju 2011.-2014. klasificirana kao eksperimentalna do ispunjenja zakonskih uvjeta ispitnog laboratorija DHMZ-a s obzirom na metodu mjerenja.

U tablici 3.16. prikazan je obuhvat podataka mjerenja na svim postajama u razdoblju 2011.-2015. godine. Na većini postaja državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka obuhvat podataka je veći od 75 %. Sivom bojom u tablici su naznačene vrijednosti obuhvata u godinama kad je obuhvat bio nedovoljan za objektivnu analizu (< 75 %). Jedino je na postaji Vela straža u cijelom promatranom razdoblju obuhvat niži od 75 %. Za analizu su uzete u obzir one postaje na kojima je obuhvat podataka najmanje 75 % pri čemu su godine u kojima nije bilo traženog obuhvata izostavljene. Na sve podatke mjerenja, prethodno analizi, primijenjena je korekcija vrijednosti prema referentnoj gravimetrijskoj metodi.



Slika 3.26. Prostorni raspored postaja na kojima se provode mjerenja koncentracija lebdećih čestica PM₁₀. Na postajama Kopački rit, Desinić, Parg, Višnjan, Plitvička jezera, Polača, Vela straža, Hum i Žarkovica mjerenja su eksperimentalna za razdoblje 2011-2014.

Tablica 3.16. Obuhvat podataka mjerenja koncentracija PM₁₀ na analiziranim postajama u razdoblju 2011.-2015. godine.

Postaja	2011	2012	2013	2014	2015
Automatski analizatori					
Zagreb-1	100	100	100	100	100
Zagreb-2	26	100	100	100	100
Zagreb-3	82	100	100	100	97
Osijek-1	95	100	92	93	90
Rijeka-1	100	100	100		
Rijeka-2	72	71	97	96	97
Zoljan	100	91	64	100	97
Sisak-1	94	100	100	100	100
Kutina-1	100	99	86	95	91
Slavonski Brod-2				46	100
Optička metoda (Grimm 180)					
Desinić				76	93
Kopački rit	84	49	81	100	100
Parg	99	41	100	82	94
Plitvička jezera	90	86	73	99	82
Višnjan	100	100	88	84	92
Vela straža		14	79	10	64
Polača	100	58	96	46	93
Hum	100	88	80	91	92
Žarkovica	88	99	97	76	80

Postaja	2011	2012	2013	2014	2015
Gravimetrijska metoda					
Zagreb-1	95	95	95	95	100
Zagreb-3				56	100
Rijeka-1		100			
Sisak-1	95	95	95	95	100
Slavonski Brod-1					100
Slavonski Brod-2					100

Analiza rezultata mjerenja lebdećih čestica PM₁₀

Analiza koncentracija lebdećih čestica frakcije 10 µm na promatranim postajama ukazuje na prekoračenje srednje godišnje granične vrijednosti od 40 µgm⁻³ u razdoblju od 2011. do 2015. godine u aglomeracijama Zagreb i Osijek, te u zoni HR 02. Srednje godišnje vrijednosti koncentracija prikazane su u tablici 3.17. te na slikama 3.27. i 3.28. Vrijednosti koncentracija očekivano su niže na pozadinskim nego na gradskim postajama. Na pozadinskim postajama koncentracije lebdećih čestica su i znatno ispod godišnje granične vrijednosti: kreću se u rasponu 3 - 18 µgm⁻³ izuzev postaje u Kopačkom ritu gdje je kao posljedica lokalnog utjecaja srednja godišnja koncentracija u rasponu 9 - 28 µgm⁻³. Na gradskim postajama vrijednosti su u intervalu 29 - 49 µgm⁻³, s iznimkom nižih vrijednosti 19-27 µgm⁻³ na postajama u Rijeci i Zoljan. Najniže koncentracije zabilježene su u zoni HR 05, a najviše u zonama HR 01 i HR 02 s naglaskom na Sisak i Slavonski Brod. Na većini postaja primjećuje se trend opadanja srednje godišnje vrijednosti koncentracija u prve četiri godine promatranog razdoblja te porast u posljednjoj godini. Na većini postaja primjećuje se trend opadanja srednje godišnje vrijednosti koncentracija u prve četiri godine promatranog razdoblja te porast u posljednjoj godini.

Tablica 3.17. Srednje godišnje vrijednosti PM₁₀ koncentracija za razdoblje 2011.-2015. godine. Prekoračenja donjeg praga procjene (20 µgm⁻³) označena su svijetlo sivom, a gornjeg žutom bojom (28 µgm⁻³). Tamno sivom bojom naznačene su godine u kojima nije bio zadovoljen obuhvat podataka.

Postaja	2011	2012	2013	2014	2015
Automatski analizatori					
Zagreb-1	47.4	39.1	38.1	33.1	38.1
Zagreb-2	37.8	40.4	37.9	33.3	35.2
Zagreb-3	48.4	40.8	37.1	32.3	45.2
Osijek-1	49.0	43.0	38.0	39.6	38.7
Rijeka-1	27.0	24.3	22.8		
Rijeka-2	25.9	27.2	21.6	19.3	18.2
Zoljan	25.9	16.9	16.6	16.4	17.4
Sisak-1	46.1	36.8	35.3	29.9	37.1
Kutina-1	45.9	40.0	39.9	34.9	44.6
Slavonski Brod-2				53.7	52.8

Postaja	2011	2012	2013	2014	2015
Optička metoda (Grimm 180)					
Desinić				15.3	17.7
Kopački rit	27.5	19.7	9.6	21.9	22.6
Parg	15.4	13.4	13.1	11.3	14.5
Plitvička jezera	14.9	12.3	10.7	12.1	13.8
Višnjan	17.4	14.9	12.5	15.0	14.8
Vela straža		7.6	3.1	2.7	13.9
Polača	15.6	14.7	11.0	12.8	13.3
Hum	7.1	4.4	3.7	9.8	7.6
Žarkovica	10.4	8.4	5.6	11.9	12.2
Gravimetrijska metoda					
Zagreb-1	43.3	37.1	35.3	37.5	32.4
Zagreb-3				34.7	35.4
Rijeka-1		17.7			
Sisak-1	55.9	37.4	37.0	29.5	36.7
Slavonski Brod-1					44.4
Slavonski Brod-2					38.4

Tablica 3.17a. Broj prekoračenja 24-satne granične vrijednosti ($50 \mu\text{g m}^{-3}$, dozvoljeno 35) za razdoblje 2011.-2015. godine za PM_{10} izmjerenih automatskim mjerenjima i PM_{10} iz gravimetrijski određenih koncentracija. Prekoračene vrijednosti su označene žutom bojom.

Postaja	2011	2012	2013	2014	2015
Automatski analizatori					
Zagreb-1	123	81	77	63	75
Zagreb-2	*24	100	76	63	69
Zagreb-3	100	96	76	65	97
Osijek-1	109	110	74	78	61
Rijeka-1	24	12	8		
Rijeka-2	*9	*26	9	12	4
Zoljan	36	1	*1	7	6
Sisak-1	112	79	72	49	70
Kutina-1	132	101	72	78	102
Slavonski Brod-2				*60	122
Optička metoda (Grimm 180)					
Desinić				1	6
Kopački rit	33	*10	2	16	14
Parg	5	*0	1	0	0
Plitvička jezera	4	1	*0	1	1
Višnjan	3	2	0	3	1
Vela straža		*0	0	*0	*1
Polača	0	*2	0	*1	2

Postaja	2011	2012	2013	2014	2015
Hum	0	0	0	0	0
Žarkovica	0	0	0	0	0
Gravimetrijska metoda					
Zagreb-1	103	69	63	70	48
Zagreb-3				*38	70
Rijeka-1		2			
Sisak-1	147	75	68	45	67
Slavonski Brod-1					101
Slavonski Brod-2					81

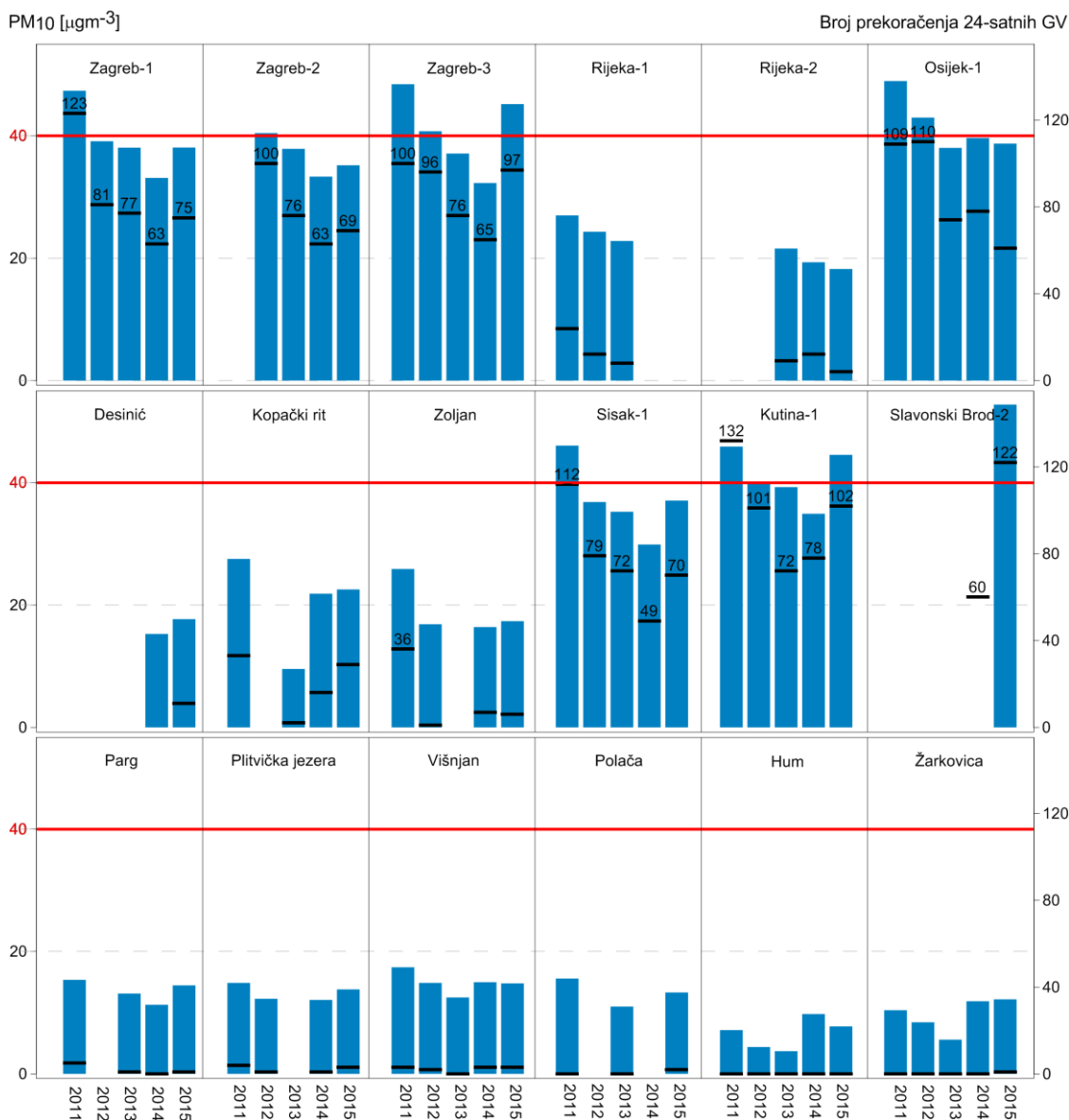
* obuhvat podataka manji od 75 %

Iz grafičkog prikaza je izostavljena postaja Vela straža koja je samo u 2013. godini imala traženi obuhvat podataka. U toj godini vrijednost srednje godišnje koncentracije vrlo je niska ($3.1 \mu\text{g m}^{-3}$) i daleko ispod granične vrijednosti. Isto tako, izostavljena su i godišnja razdoblja na drugim postajama gdje nije bio zadovoljen obuhvat podataka.

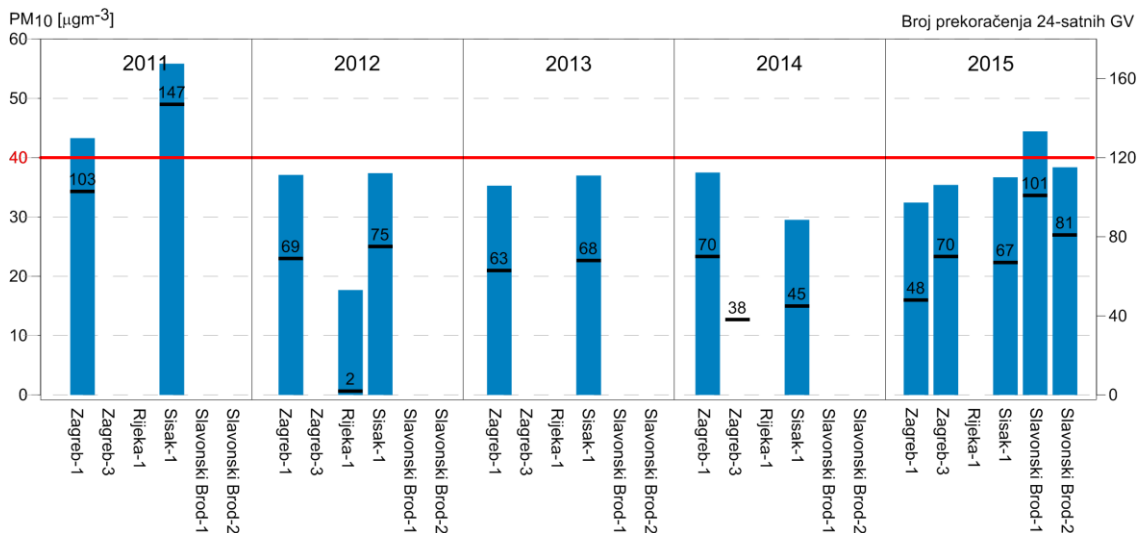
Srednja dnevna granična vrijednost ($GV = 50 \mu\text{g m}^{-3}$) prekoračena je na postajama Zagreb-1, Zagreb-2, Zagreb-3, Osijek-1, Zoljan, Sisak-1, Kutina-1 i Slavonski Brod-2 (tablica 3.17a.). Kao i kod srednje godišnje koncentracije, na većini postaja do 2014. godine primjećuje se trend opadanja broja prekoračenja srednjih dnevnih graničnih vrijednosti. U 2015. godini koncentracije ponovno rastu. Na grafu (slika 3.29.) su prikazane samo one postaje za koje je u najmanje jednoj godini promatranog razdoblja prekoračen dozvoljeni broj dana (35) sa srednjom dnevnom vrijednošću višom od $50 \mu\text{g m}^{-3}$. Riječ je uglavnom o gradskim postajama, unutar gušće naseljenih područja. S obzirom na to da su prevladavajući uzrok emisija lebdećih čestica PM_{10} ne-industrijska ložišta, razlog povećanja koncentracija lebdećih čestica u posljednjoj godini razdoblja može biti i u povećanoj potrebi za grijanjem, ovisno o meteorološkim uvjetima. Najveći broj prekoračenja 24-satne GV prema automatskim mjeracima, 132, bilježi postaja Kutina-1 u 2011. godini (slika 3.27.). Prema gravimetrijskim podacima srednja dnevna GV najviše puta prekoračena je u Sisku (147 puta) u 2011. godini kad je dozvoljeni broj prekoračenja premašen više od 4 puta (slika 3.28.).

Uvidom u gravimetrijske podatke vidljivo je kako je ukupno onečišćenje lebdećim česticama nešto smanjeno nakon 2011. godine, iako u gradovima (Zagreb, Sisak, Slavonski Brod) koncentracije PM_{10} i dalje ostaju izvan dozvoljenih graničnih vrijednosti (slika 3.28.).

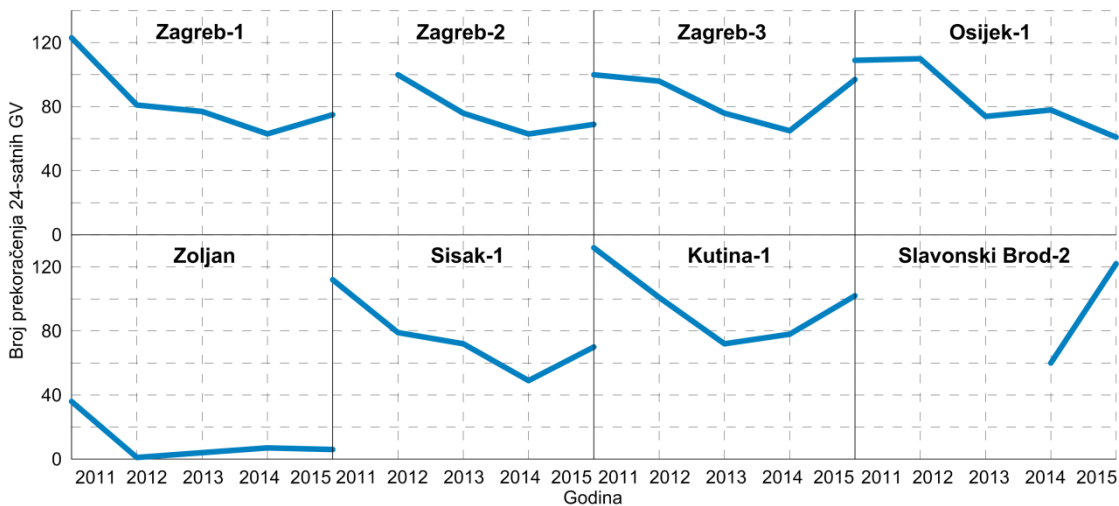
Sumarni rezultati analize prekoračenja srednje godišnje vrijednosti koncentracija i broja prekoračenja propisane srednje dnevne vrijednosti za PM_{10} ukazuju na postojanje prekoračenja u zonama HR 01 (Zoljan) i HR 02 (Sisak, Kutina i Slavonski Brod) te u aglomeracijama Zagreb i Osijek. U zonama HR 03, HR 04 i HR 05, kao i u aglomeraciji Rijeka nisu zabilježena prekoračenja srednje godišnje koncentracije niti je propisana srednja dnevna vrijednost bila prekoračena više od 35 puta u promatranom razdoblju 2011.-2015. godine (slika 3.30.). Treba napomenuti da je propisana srednja dnevna vrijednost na postaji Zoljan bila prekoračena jedino u 2011. godini, nakon čega su koncentracije lebdećih čestica bile unutar propisanih granica.



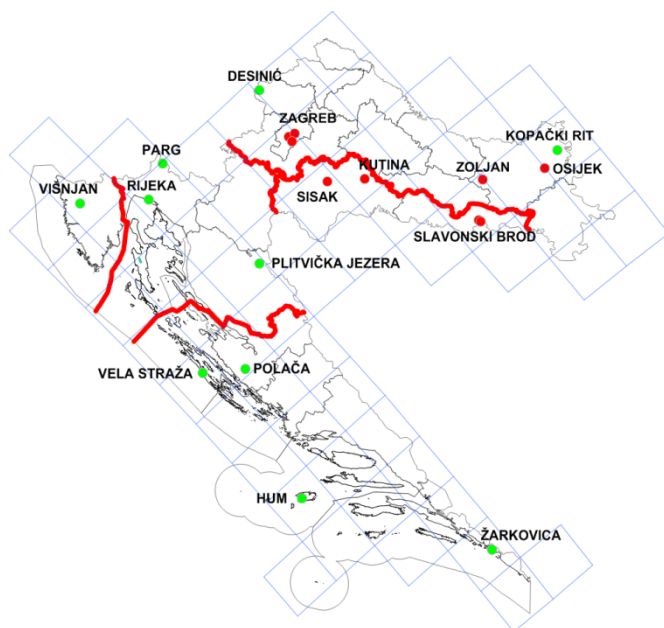
Slika 3.27. Srednja godišnja vrijednost koncentracija PM₁₀ (plavo) i broj prekoračenja 24-satne granične vrijednosti (crno) prema mjerenjima automatskih analizatora. Srednja godišnja GV = 40 µg m⁻³. 24-satna GV = 50 µg m⁻³, a dozvoljen broj prekoračenja u godini je 35. Na svim postajama državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka provedena je korekcija izmjerenih vrijednosti prema referentnoj gravimetrijskoj metodi.



Slika 3.28. Srednja godišnja koncentracija PM₁₀ (plavo) i broj prekoračenja 24-satne dnevne granične vrijednosti (crno) prema referentnoj gravimetrijskoj metodi.



Slika 3.29. Trend broja dana s prekoračenjem srednje dnevne granične vrijednosti. Na slici su prikazane one postaje za koje je u najmanje jednoj godini iz promatranog razdoblja 2011. – 2015. prekoračen dozvoljen broj dana (35) s 24-satnom srednjom vrijednošću iznad 50 µg·m⁻³.



Slika 3.30. Prostorni prikaz lokacija na kojima su izmjerena prekoračenja srednje godišnje vrijednosti PM_{10} ili je zabilježen broj dana s prekoračenjem praga od $50 \mu g m^{-3}$ više od 35 puta. Zelenom bojom označene su postaje na kojima nisu izmjerena prekoračenja, a crvenom, lokacije na kojima je prekoračenje zabilježeno.

Pragovi procjene za srednje godišnje vrijednosti koncentracija i za broj dana s prekoračenjem srednje dnevne vrijednosti koncentracija

Prema srednjim godišnjim vrijednostima koncentracija PM_{10} , donji prag procjene prekoračen je na pozadinskoj postaji Kopački rit i gradskoj postaji Rijeka-1 (tablica 3.17.). Prekoračenje gornjeg praga procjene karakteristično je za sve gradske postaje tijekom cijelog promatranog razdoblja osim za postaje u aglomeraciji Rijeka. Mjerenja u Slavonskom Brodu uspostavljena su 2014. (automatska mjerenja) odnosno 2015. godine (gravimetrija) te i ona pokazuju prekoračenje gornjeg praga procjene s obzirom na srednju godišnju koncentraciju PM_{10} .

Prema srednjim dnevnim vrijednostima koncentracija (tablica 3.18.) donji prag procjene 24-satnih vrijednosti koncentracije PM_{10} prekoračen je na svim gradskim te na postajama Kopački rit i Višnjan. Prekoračenja donjeg praga procjene nema na postajama Hum, Žarkovica te na postaji Vela straža gdje je obuhvat podataka zadovoljen samo u jednoj godini promatranog razdoblja (2013.). Na postajama Parg i Plitvička jezera donji prag procjene nije prijeđen u najmanje tri od pet promatranih godina kako je propisano Uredbom. Na postajama Zagreb-2, Rijeka-2, Slavonki Brod-2, Kopački rit te Zagreb-3 (gravimetrija) u pojedinim godinama nije zadovoljen obuhvat podataka, no broj prekoračenja donjeg praga procjene za srednje dnevne vrijednosti koncentracija je neovisno o obuhvatu podataka izvan dozvoljene granice.

Tablica 3.18. Broj prekoračenja donjeg praga procjene ($25 \mu\text{g m}^{-3}$, dozvoljeno 35) za razdoblje 2011. – 2015. godine za srednju dnevnu vrijednost koncentracija PM_{10} . Prekoračene vrijednosti su označene žutom bojom dok su sivom bojom označene postaje i razdoblja s nedovoljnim obuhvatom podataka.

Postaja	2011	2012	2013	2014	2015
Automatski analizatori					
Zagreb 1	243	218	210	195	216
Zagreb 2	*38	234	209	210	222
Zagreb 3	184	231	202	183	241
Osijek 1	251	274	217	232	228
Rijeka 1	176	136	127		
Rijeka 2	*119	*110	116	81	78
Zoljan	131	68	32	47	65
Sisak 1	225	210	202	164	211
Kutina 1	236	221	165	171	235
Slavonski Brod 2				*107	225
Optička metoda (Grimm 180)					
Desinić				32	62
Kopački rit	109	*36	8	98	99
Parg	43	8	23	10	27
Plitvička jezera	36	29	8	28	27
Višnjan	60	38	16	30	43
Vela straža		0	1	0	20
Polača	37	20	8	10	29
Hum	1	0	1	5	2
Žarkovica	1	4	0	5	14
Gravimetrijska metoda					
Zagreb 1	217	197	181	215	182
Zagreb 3				*103	207
Rijeka 1		71			
Sisak 1	295	203	205	146	211
Slavonski Brod 1					224
Slavonski Brod 2					188

* obuhvat podataka < 75%

Gornji prag procjene za srednje dnevne vrijednosti koncentracije PM_{10} (tablica 3.19.) prekoračen je na svim gradskim postajama, odnosno, u aglomeracijama HR ZG, HR OS, HR RI, zoni HR 02, te na postaji Kopački rit u zoni HR 01. U zonama HR 03, HR 04 i HR 05 nema prekoračenja gornjeg praga

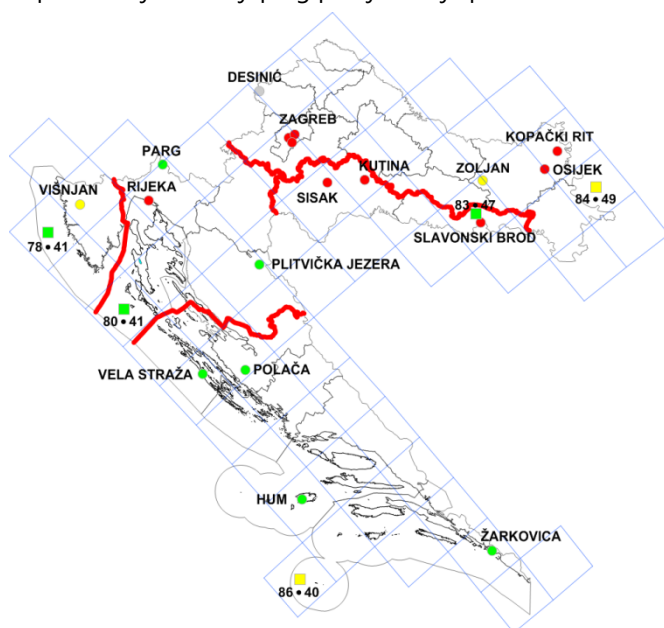
procjene u razmatranom razdoblju. Na postajama u Slavonskom Brodu te na postaji Zagreb-3 (gravimetrija) mjerenja su počela u 2014. godini zbog čega na tim postajama mjerenja ne traju dovoljno dugo (najmanje tri godine) kako bi se analizirali pragovi procjene.

Tablica 3.19. Broj prekoračenja gornjeg praga procjene ($35 \mu\text{g m}^{-3}$, dozvoljeno 35) za razdoblje 2011. – 2015. godine za srednje dnevne vrijednosti koncentracije PM_{10} . Prekoračene vrijednosti su označene žutom bojom dok su sivom bojom označene postaje i razdoblja s nedovoljnim obuhvatom podataka.

Postaja	2011	2012	2013	2014	2015
Automatski analizatori					
Zagreb-1	180	154	136	124	138
Zagreb-2	29	166	143	131	124
Zagreb-3	140	162	137	122	156
Osijek-1	187	187	145	147	144
Rijeka-1	82	64	60		
Rijeka-2	*48	*61	48	37	31
Zoljan	75	14	9	15	21
Sisak-1	163	143	132	101	123
Kutina-1	184	160	118	125	155
Slavonski Brod-2				*88	169
Optička metoda (Grimm 180)					
Desinić				10	21
Kopački rit	72	13	5	41	49
Parg	17	7	7	1	4
Plitvička jezera	16	11	2	7	10
Višnjan	22	15	5	13	12
Vela straža		0	1	0	9
Polača	10	6	0	4	9
Hum	0	0	0	0	0
Žarkovica	0	0	0	0	5
Gravimetrijska metoda					
Zagreb-1	156	139	119	137	110
Zagreb-3				*68	130
Rijeka-1		22			
Sisak-1	236	135	124	86	127
Slavonski Brod-1					159
Slavonski Brod-2					125

* obuhvat podataka < 75%

Sumarni rezultati analize gornjeg i donjeg praga procjene za PM_{10} prema raspoloživim mjerenjima te proračunima modela prikazani su na slici 3.31. Gornji prag procjene prekoračen je u zonama HR 01 i HR 02 te u aglomeracijama Zagreb, Osijek i Rijeka. Analiza pokazuje kako su vrijednosti koncentracija u zoni HR 04 ispod gornjeg praga procjene, a u zonama HR 03 i HR 05 ispod donjeg praga procjene. U zoni HR 05 prema procjeni modela prekoračen je donji prag procjene, no obzirom na dovoljan broj pozadinskih postaja u toj zoni te sklonosti modela da precijenjuje vrijednosti na otvorenom moru, prednost ćemo dati analiziranim mjerenim vrijednostima u toj zoni prema kojima donji prag procjene nije prekoračen.

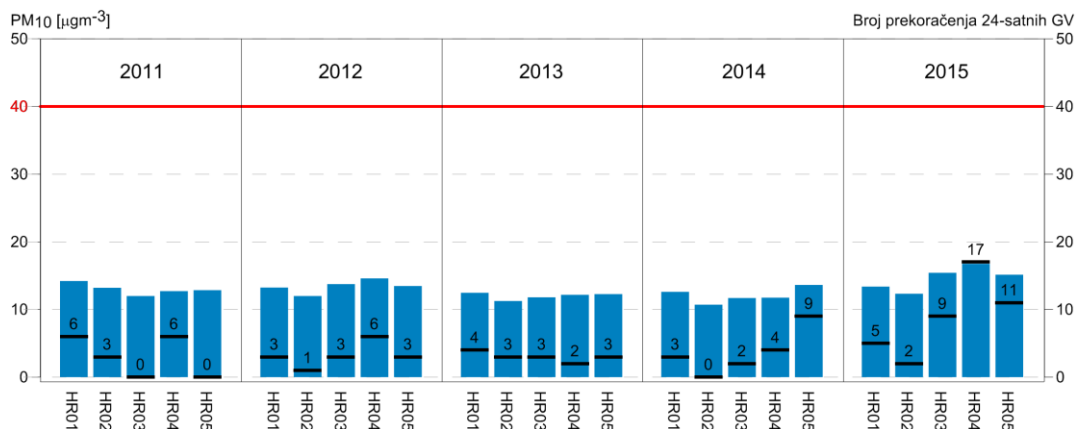


Slika 3.31. Gornji i donji prag procjene za PM_{10} prema rezultatima mjerenja (kružići) i proračunima modela (kvadratići). Zeleno - ispod donjeg praga procjene, žuto - između donjeg i gornjeg praga procjene, crveno - iznad gornjeg praga procjene. Siva boja - nedovoljan obuhvat podataka.

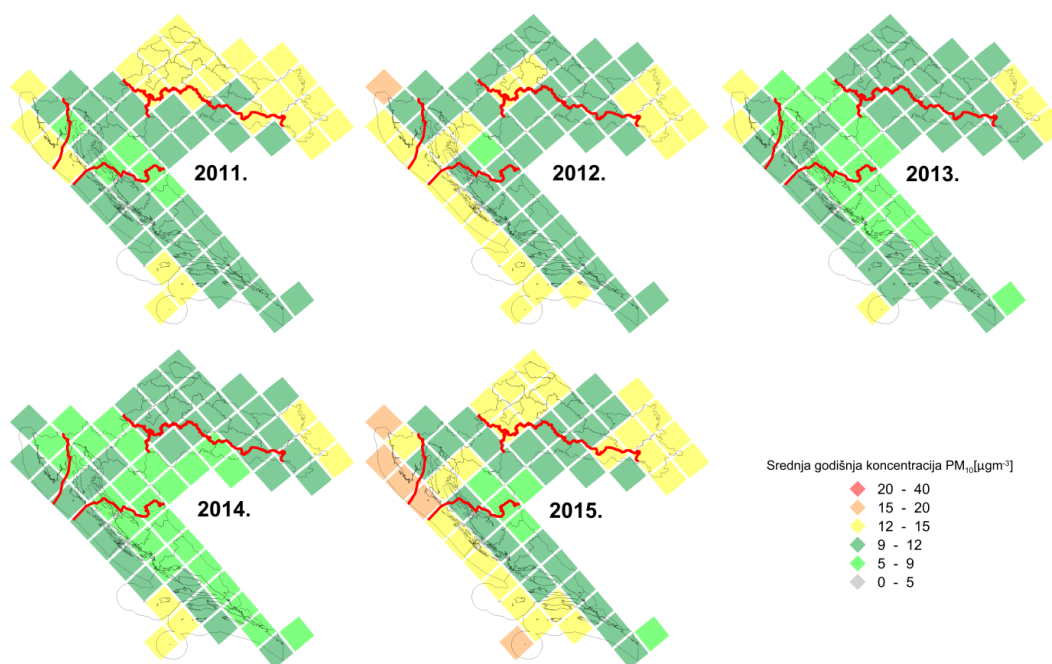
Analiza modeliranih vrijednosti koncentracija lebdećih čestica PM_{10}

U ocjeni su korišteni rezultati eulerovskog disperzijskog modela EMEP koji omogućuje proračun koncentracija PM_{10} na prostornoj skali rezolucije 50 km x 50 km. Prema proračunu EMEP modela srednja godišnja vrijednost koncentracija od $40 \mu\text{g m}^{-3}$ u promatranom razdoblju (2011.-2015.) nije prekoračena (slika 3.32.). Kao i kod izmjerenih vrijednosti, primjećuje se trend opadanja koncentracija PM_{10} do 2014. godine te ponovni porast koncentracije u 2015. godini.

Najviše vrijednosti model daje za područje Jadrana te za istok zemlje (zone HR 01, HR 04 i HR 05), a najmanje u gorskoj Hrvatskoj (zona HR 03) što je prikazano na slici 3.33. Broj prekoračenja srednje dnevne vrijednosti od $50 \mu\text{g m}^{-3}$ najveći je u zoni HR04 u 2015. godini i iznosi 17 (slika 3.34.). Dozvoljeni broj prekoračenja je 35. Uočava da model podcjenjuje broj dana s prekoračenjem u usporedbi s mjerenjima.



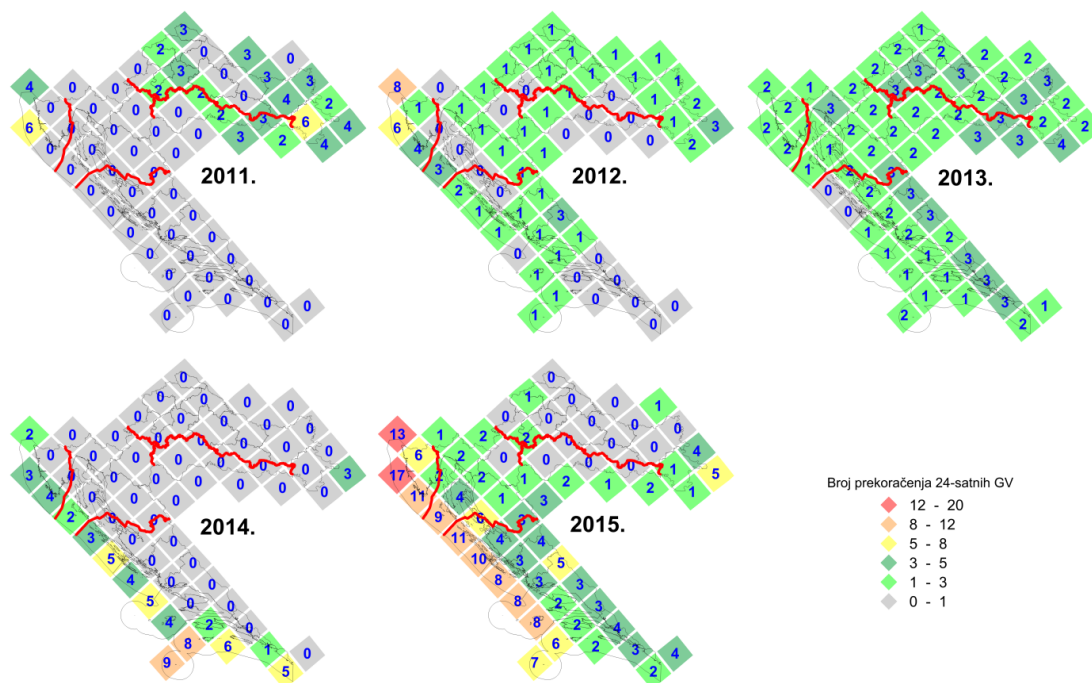
Slika 3.32. Srednja godišnja koncentracija PM₁₀ (plavo) i broj prekoračenja srednje dnevne granične vrijednosti (crno) prema proračunu EMEP modelom u zonama HR 01, HR 02, HR 03, HR 04 i HR 05. Srednja godišnja granična vrijednost iznosi 40 µg·m⁻³. Srednja dnevna granična vrijednosti iznosi 50 µg·m⁻³, pri čemu je dozvoljen broj prekoračenja u jednoj godini 35. Pojedina zona predstavljena je s točkom mreže za koju je proračunata maksimalna koncentracija u naznačenoj godini.



Slika 3.33. Prostorna raspodjela prizemnih srednjih godišnjih koncentracija lebdećih čestica PM₁₀ u razdoblju 2011.-2015. godine prema proračunima EMEP modela.

S obzirom na srednju godišnju koncentraciju donji prag procjene koji iznosi $20 \mu\text{g m}^{-3}$ (50% GV) prema modeliranim vrijednostima nije prekoračen. Vrijednosti proračunatih koncentracija kreću se u rasponu od 6 do $17 \mu\text{g m}^{-3}$. Modelirane vrijednosti koncentracija PM_{10} usporedive su s vrijednostima mjerenima na pozadinskim postajama. Nešto veća odstupanja u odnosu na mjerene vrijednosti dobivena su na mjernoj postaji Kopački rit gdje srednje godišnje vrijednosti mjerenih koncentracija uglavnom prelaze $20 \mu\text{g m}^{-3}$, dok se rezultati proračuna modela kreću u rasponu od 12 do $15 \mu\text{g m}^{-3}$. Razlika u izmjenjenim i modeliranim vrijednostima ukazuje na utjecaj potencijalnog regionalnog izvora emisije.

U zoni HR 01 točka u kojoj model kroz cijelo promatrano razdoblje proračunava maksimalne vrijednosti je (85,49). Toj točki pripada izuzetno mali dio teritorija Republike Hrvatske, svega 2 %, te je iz tog razloga nećemo uzeti kao relevantnog predstavnika zone HR 01. Zonu HR 01 predstavlja točka mreže (84,49) koja zauzima 18 % teritorija Republike Hrvatske. Razlike srednjih godišnjih vrijednosti te dvije točke prema proračunu modela su unutar $1 \mu\text{g m}^{-3}$ i obje su daleko ispod granične vrijednosti i ispod donjeg praga procjene. U zonama HR 03, HR 04 i HR 05, točke s najvišom srednjom godišnjom koncentracijom i najvećim brojem prekoračenja srednje dnevne vrijednosti prema proračunu modela pripadaju području Jadrana. Riječ je o sinergiji prirodnog izvora PM_{10} , morske soli i vodene pare te kondenzacijskih jezgri antropogenog utjecaja emisija PM_{10} vezanog uz pomorski promet. Najzapadnije točke Hrvatske u zoni HR 03 pod utjecajem su i emisijskih izvora susjednih zemalja i blizine pomorske luke Trst.



Slika 3.34. Prostorna raspodjela broja prekoračenja 24-satne GV koncentracije lebdećih čestica PM_{10} u razdoblju 2011.-2015. godine prema proračunima EMEP modela

Tablica 3.20. Srednje godišnje vrijednosti koncentracije lebdećih čestica PM₁₀ u µgm⁻³. Srednje godišnje vrijednosti koncentracija u pojedinoj zoni prikazane su kroz točku mreže (i, j) za koju je proračunata maksimalna srednja godišnja koncentracija u zoni u razdoblju 2011.-2015. godine.

Zona	točke modela	2011	2012	2013	2014	2015
HR 01	84, 49	14.2	13.2	12.0	12.7	12.9
HR 02	83, 47	13.2	12.0	11.3	10.7	12.3
HR 03	80, 41	12.0	13.7	11.8	11.7	15.4
HR 04	78, 41	12.7	14.6	12.2	11.7	16.8
HR 05	86, 40	12.9	13.5	12.3	13.6	15.1

Tablica 3.21. Broj prekoračenja donjeg (25 µgm⁻³, dozvoljeno 35) i gornjeg (35 µgm⁻³, dozvoljeno 35) praga procjene za razdoblje 2011.-2015. godine za srednje dnevne vrijednosti koncentracija PM₁₀ prema proračunima modela. Prekoračene vrijednosti DPP označene su sivom, a GPP žutom bojom.

Zona		2011	2012	2013	2014	2015
HR 01	DPP	53	33	34	38	46
	GPP	21	12	12	15	21
HR 02	DPP	34	23	23	12	28
	GPP	14	6	9	2	8
HR 03	DPP	24	33	31	29	47
	GPP	6	8	10	8	27
HR 04	DPP	33	48	35	28	70
	GPP	12	15	13	12	40
HR 05	DPP	23	41	27	37	54
	GPP	8	12	9	21	22

S obzirom na 24-satnu srednju koncentraciju PM₁₀ prema modeliranim vrijednostima donji prag procjene prekoračen je u zonama HR 01 i HR 05, dok u zoni HR 02 nije prekoračen u niti jednoj godini. U zonama HR 03 i HR 04 donji prag procjene prekoračen je u jednoj, odnosno dvije od pet godina što prema Uredbi ne zadovoljava uvjet o ukupnom prekoračenju od najmanje tri od pet nezavisnih godina. U zoni HR 04 u 2015. godini prekoračeni je i gornji prag procjene.

Sumarni rezultati analize gornjeg i donjeg praga procjene za PM₁₀ prema raspoloživim mjerenjima i proračunu modela ukazuju na potrebu stalnih, obaveznih mjerenja u svim zonama. Visoke vrijednosti PM₁₀ i prekoračenja gornjeg praga procjene na svim mjernim urbanim postajama ukazuju da su stalna mjerenja potrebna i u aglomeracijama Zagreb, Osijek i Rijeka. Mjerenja iz lokalne mreže postaja u Rijeci nisu uzeta u obzir zbog nepoznatog statusa kvalitete i nedovoljnog obuhvata podataka, tako da prema mjerenjima na lokaciji postaje iz državne mreže (Rijeka-1), koja je izvan utjecaja glavnih izvora gradskog onečišćenja, nije moguće procijeniti stvarno stanje kvalitete zraka

vrlo velikog i prostorno izduženog područja riječke aglomeracije. Imajući u vidu koncentraciju industrijskih izvora onečišćenja, gustoću naseljenosti, gustoću cestovnog i pomorskog prometa, kontinuirana mjerenja kvalitete zraka je svakako potrebno osigurati na više lokacija. Analiza postojećih mjerenja u zonama ukazuje na visoke koncentracije PM₁₀ i potrebu zadržavanja postojećih mjerenja.

Zaključak

Prekoračena je srednja godišnja granična vrijednost i broj dana s obzirom na srednju dnevnu vrijednost u aglomeracijama Zagreb i Osijek te u zoni HR 02 (Sisak-1, Kutina-1, Slavonski Brod-2). Broj dana s obzirom na srednju dnevnu vrijednost u 2011. godini prekoračen je i u zoni HR 01 (Zoljan).

Prekoračeni su donji i gornji prag procjene u zonama HR 01 (Kopački rit) i HR 02 (Kutina, Sisak) te u aglomeracijama Zagreb, Osijek i Rijeka. U zoni HR 04 nije prekoračen gornji, a u zonama HR 03 i HR 05 niti donji prag procjene.

3.4 Lebdeće čestice PM_{2.5}

Za razliku od lebdećih čestica grubljih frakcija (PM₁₀), lebdeće čestice PM_{2.5} i one manjeg promjera smatraju se dobrim indikatorom za ocjenu daljinskog prijenosa onečišćujućih tvari. One također nastaju emisijama iz manjih i većih ložišta, iz prometa i kroz poljoprivredne aktivnosti, ali je njihov boravak u atmosferi, kemijski sastav i količina ovisan o geografskim uvjetima područja, emisijama ostalih spojeva, atmosferskim uvjetima i daljinskim prijenosom. Lebdeće čestice fine frakcije u atmosferi nastaju kemijskim transformacijama u tzv. sekundarnim procesima kada dolazi do konverzije spojeva iz plinovite u čestičnu fazu. Brzina i opseg tih procesa ovisit će prvenstveno o atmosferskim uvjetima, dobu godine (temperaturi, vlažnosti zraka) kao i emisijama prekursora (npr. dušikovih spojeva, sumpornih spojeva, amonijaka, slobodnih radikala) i području iz kojeg se prenosi zračna masa. Zbog toga je izuzetno značajno analizirati kemijski sastav lebdećih čestica i pratiti porijeklo njihovoga nastanka. Lebdeće čestice fine frakcije izuzetno nepovoljno utječu na zdravlje ljudi, prvenstveno na zdravlje respiratornih organa, a u velikoj mjeri su i nosači alergena koji u današnje vrijeme sve više narušavaju kvalitetu života svih generacija, a osobito male djece i starijih osoba. Na regionalnoj skali, lebdeće čestice stvaraju poznatu pojavu „zamućenosti“ atmosfere koja smanjuje vidljivost, što je osobito nepoželjno u područjima kao što su nacionalni parkovi, prirodni rezervati i područja od turističkog interesa. Ove su pojave poznate u sjevernoj i južnoj Americi, ali i u sjevernim i alpskim područjima Europe. Zbog širokog spektra uvjeta u kojima se lebdeće čestice formiraju u atmosferi važno ih je analizirati primjenom različitih mjernih i analitičkih metoda jer se jedino na taj način mogu tražiti odgovori na pitanje: kako smanjiti utjecaj i koncentracije lebdećih čestica u svrhu poboljšanja zdravlja ljudi i uvjeta življenja.

Mjerenja i obuhvat podataka

Na postajama državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka mjerenja koncentracija (mase) lebdećih čestica u atmosferi provode se pomoću automatskih analizatora, optičkom metodom i referentnom gravimetrijskom metodom. Na pozadinskim postajama koristi se optička metoda, dok se na gradskim postajama u aglomeracijama koriste automatski analizatori s trenutnim odzivom i gravimetrijska metoda. Kako bi rezultati mjerenja bili usporedivi, redovito se provode usporedna mjerenja kako bi se ispitala ekvivalencija različitih tipova instrumenata i odredili korekcijski faktori u odnosu na referentnu gravimetrijsku metodu mjerenja. Mjerenja na pozadinskim postajama su u razdoblju 2011.-2014. klasificirana kao eksperimentalna do ispunjenja zakonskih uvjeta ispitnog laboratorija DHMZ-a s obzirom na metodu mjerenja. Osim određivanja masenog udjela lebdećih čestica u atmosferi provodi se i kemijska analiza sastava lebdećih čestica PM_{2.5} na jednoj ruralnoj postaji (Plitvička jezera) i dvije gradske postaje (Zagreb i Slavonski Brod). Određivanje kemijskog sastava s obzirom na udio teških metala i poluaromatskih ugljikovodika provodi se na frakciji lebdećih čestica PM₁₀ na nekoliko gradskih postaja (Zagreb, Rijeka, Sisak, Slavonski Brod).

Prostorni raspored postaja na području Republike Hrvatske na kojima se provode mjernja lebdećih čestica promjera manjeg od 2.5 μm (PM_{2.5}) prikazan je na slici 3.35.



Slika 3.35. Prostorni raspored postaja na kojima se provode mjerenja PM_{2.5}. Plavom bojom označene su gradske postaje na kojima se mjerenja dobivaju pomoću referentne gravimetrijske metode, crnom gradske, a zelenom pozadinske postaje na kojima se mjerenja provode optičkom metodom (eksperimentalno u razdoblju 2011.-2014. godine).

U tablici 3.22. prikazan je obuhvat podataka mjerenja po godinama i postajama. Tamno sivo označene su godine u kojima je obuhvat podataka bio manji od 75 % na pojedinoj postaji.

Tablica 3.22. Obuhvat podataka mjerenja koncentracija PM_{2.5} na postajama državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka u razdoblju 2011.-2015. godine.

Postaja	2011	2012	2013	2014	2015
Optička metoda (analizator Grim 180)					
Desinić				76	93
Kopački rit	84	49	81	100	100
Parg	99	41	100	82	94
Plitvička jezera	90	86	73	99	82
Višnjičan	100	100	88	84	92
Vela straža		14	79	10	64
Polača	100	58	96	46	93
Hum	100	88	80	91	92
Žarkovica	88	99	97	76	80
Analizator (Verewa F-701-20)					
Slavonski Brod-1	100	100	96	100	100
Gravimetrijska metoda					
Ksaverska cesta-IMI					100
Rijeka-2					67
Plitvička jezera				47	100
Slavonski Brod-1					100
Slavonski Brod-2					100
Velika Gorica					67

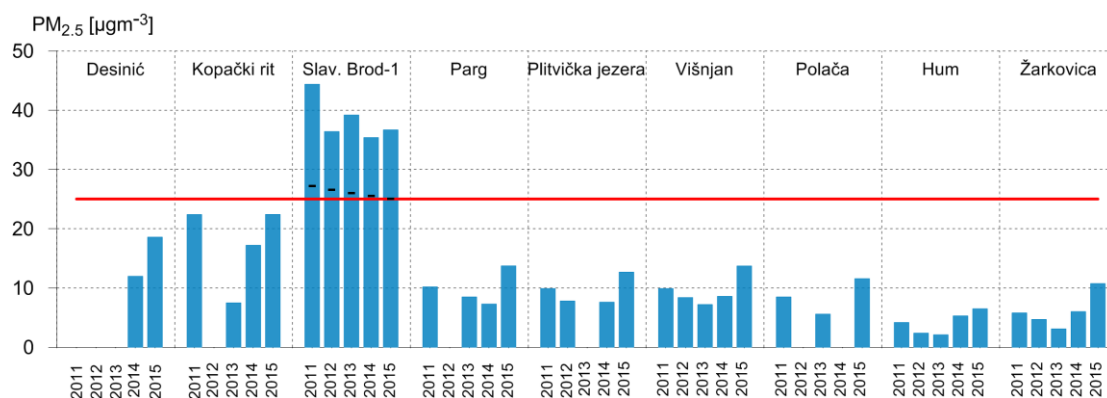
Postaje sa smanjenim obuhvatom su Kopački rit (2012), Parg (2012), Plitvička jezera (2013), Vela straža (2012., 2014. i 2015.) i Polača (2012. i 2013.). U promatranom razdoblju najbolji obuhvat ima postaja Slavonski Brod-1, dok je najlošiji na postaji Vela straža. Obuhvat podataka mjerenja koncentracija PM_{2,5}, određenih referentnom gravimetrijskom metodom, bio je manji od 75 % na postaji Plitvička jezera u 2014. godini te na postajama Rijeka-2 i Velika Gorica u 2015. godini.

Analiza rezultata mjerenja koncentracija lebdećih čestica PM_{2,5}

Mjerenja PM_{2,5} - automatski analizatori (Grim 180) i Verewa F-701-20

Analiza srednjih godišnjih vrijednosti koncentracija PM_{2,5} ($\mu\text{g m}^{-3}$) na automatskim postajama (slika 3.36.) pokazuje da su srednje godišnje vrijednosti koncentracija na ruralnim postajama u rasponu od 1-15 $\mu\text{g m}^{-3}$ na većini postaja. Povišene vrijednosti izmjerene su na postaji Slavonski Brod-1. Granična vrijednost od 25 $\mu\text{g m}^{-3}$ prekoračena je u cijelom razmatranom petogodišnjem razdoblju. Iz grafa se može uočiti da postoji blaga tendencija smanjivanja koncentracija na gotovo svim postajama do 2014. godine, kada ponovno započinje njihov rast. S obzirom da se ista metoda koristi i za određivanje koncentracija frakcije lebdećih čestica PM₁₀ ova je pojava uočena kod obje frakcije.

Na slici 3.36. prikazani su podaci postaja čiji je obuhvat bio veći od 75 %. Nadalje, budući da se na 9 postaja mjerenja obavljaju optičkom (nereferentnom) metodom, izrađene su studije ekvivalencije za sve postaje kako bi se dobili korekcijski faktori u odnosu na referentnu (gravimetrijsku) metodu mjerenja.



Slika 3.36. Srednje godišnje vrijednosti koncentracija PM_{2,5} na automatskim postajama državne mreže u razdoblju 2011.-2015. godine. Crvenom linijom označena je granična vrijednost za PM_{2,5} ($\mu\text{g m}^{-3}$), a iscrtkanom crnom linijom granica tolerancije (koja je vrijedila do 2015. godine). Od 2015. godine nadalje tolerancija postepenog približavanja propisanoj graničnoj vrijednosti se više ne prihvaća. Uvjet za graničnu vrijednost od 25 $\mu\text{g m}^{-3}$ mora biti zadovoljen na cijelom teritoriju države. Podaci svih postaja korigirani su u odnosu na referentnu metodu mjerenja za cijelo razdoblje analize.

Granična srednja godišnja vrijednost koncentracija $PM_{2.5}$ ($\mu g m^{-3}$) s obzirom na zaštitu zdravlja ljudi iznosi $25 \mu g m^{-3}$. Ova vrijednost prekoračena je u zoni HR 02 u svim godinama promatranoga razdoblja. U zonama HR 03 i HR 04 srednje godišnje vrijednosti i njihove međugodišnje promjene su sličnih iznosa, dok se na udaljenim otocima i na južnom Jadranu te vrijednosti kreću u rasponu 1-9 $\mu g m^{-3}$ (HR05) (slika 3.36., tablica 3.23.).

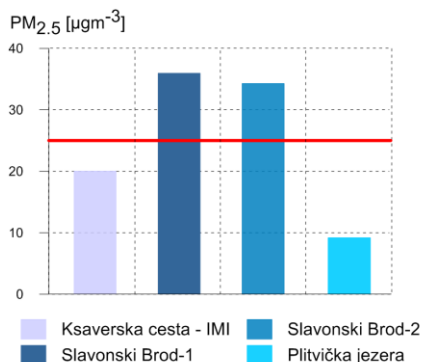
Granica tolerancije izračunata je na osnovi kriterija iz Uredbe (NN 117/12), tako da se od početnih $30 \mu g m^{-3}$, od 2008. godine nadalje, svakih 12 mjeseci vrijednost koncentracija smanjuje za jednake godišnje postotke kako bi se do 1. siječnja 2015. godine postigla vrijednost od $25 \mu g m^{-3}$. Granica tolerancije prekoračena je u zoni HR 02 na postaji Slavonski Brod-1 u cijelom razmatranom razdoblju (slika 3.36, tablica 3.23). Prekoračenje granične vrijednosti smatra se ukoliko je vrijednost koncentracija veća od 25.5 (primjenjuje se pravilo zaokruživanja sukladno Pravilniku o uzajamnoj razmjeni informacija i izvješćivanju o kvaliteti zraka i obvezama za provedbu Odluke Komisije 2011/850/EU (NN 3/16) i pripadajućim uputstvima za izradu ocjene kvalitete zraka).

Mjerenja $PM_{2.5}$ - gravimetrijska metoda

Analiza srednjih godišnjih vrijednosti koncentracija $PM_{2.5}$ dobivenih referentnom gravimetrijskom metodom na postajama državne mreže u 2015. godini prikazana je na slici 3.37. Podaci s postaja na kojima je obuhvat manji od 75 % nisu prikazani.

Granična vrijednost, kao i granica tolerancije, za $PM_{2.5}$ prekoračena je u 2015. godini u zoni HR 02 i to na obje postaje, s tim da je prekoračenje na postaji Slavonski Brod-1 ipak nešto veće od onog na postaji Slavonski Brod-2. U aglomeraciji Zagreb i zoni HR 03 mjerenja su ispod granične vrijednosti.

Sumarni rezultat analize prekoračenja granične vrijednosti i granica tolerancije s obzirom na srednje godišnje vrijednosti koncentracija $PM_{2.5}$ u razdoblju 2011.-2015. godine prikazan je na slici 3.38.



Slika 3.37. Srednje godišnje vrijednosti koncentracija $PM_{2.5}$ dobivene na osnovi mjerenja referentnom gravimetrijskom metodom u 2015. godini. Crvenom linijom označena je granična vrijednost za $PM_{2.5}$.



Slika 3.38. Prostorni raspored postaja državne mreže s obzirom na analizu prekoračenja granične vrijednosti ili granice tolerancije lebdećih čestica PM_{2.5}.

Zelenom bojom označene su postaje na kojima su mjerenja ispod granične vrijednosti. Postaje na kojima su mjerenja tijekom barem jedne godine promatranog razdoblja iznad granične vrijednosti označene su crveno, a one na kojima su mjerenjima iznad granice tolerancije ljubičastom bojom. Postaje s nedostatnim obuhvatom podataka označene su sivom bojom.

Osim prekoračenja granične vrijednosti (GV) i granice tolerancije (GT) na slici su prikazane i postaje na kojima je obuhvat podataka manji od 75 % tijekom cijeloga razdoblja u kojem postoje mjerenja (Rijeka, Velika Gorica). Na ostalim postajama, dakle na postajama na kojima je obuhvat podataka veći od 75 %, u zonama HR 03, HR 04 i HR 05 izmjerene vrijednosti koncentracija su ispod propisane granične vrijednosti. U zoni HR 02 prekoračena je granična vrijednost tijekom cijeloga razdoblja 2011.-2015. godine (Slavonski Brod-1 i Slavonski Brod-2), a u barem jednoj godini i granica tolerancije.

Analiza rezultata mjerenja s obzirom na donji i gornji prag procjene

Kako bi se izvršila procjena kvalitete zraka za razdoblje 2011.-2015. godine u skladu sa zahtjevima Uredbe, analizirane su granične vrijednosti i granice tolerancije te vrijednosti gornjeg i donjeg praga procjene s obzirom na srednje godišnje vrijednosti izmjerenih koncentracija (tablica 3.23.).

Prekoračenja donjeg praga procjene u tablici su označena svijetlo sivom bojom, gornjeg žutom, a postaje na kojima je obuhvat podataka bio manji od 75 %, tamno sivom bojom. Smatra se da je prag procjene prekoračen, ako je prekoračen tijekom najmanje tri od promatranih pet godina. Na temelju tog zahtjeva gornji prag procjene u razdoblju 2011.-2015. godine prekoračen je u zoni HR 02, na postaji Slavonski Brod-1 dok je donji prag procjene prekoračen u zoni HR 01 na postaji Kopački rit. Na ostalim postajama prekoračenje donjeg praga ili nije zabilježeno ili je zabilježeno u manje od tri godine. U aglomeraciji Zagreb, na postaji Ksaverska cesta-IMI, te zoni HR 02 na postajama Slavonski Brod-1 i Slavonski Brod-2, na kojima su podaci dobiveni referentnom gravimetrijskom metodom, gornji prag procjene prekoračen je u 2015. godini koja je ujedno i jedina godina mjerenja za navedene postaje zbog čega se ocjena o prekoračenju praga ne može primijeniti.

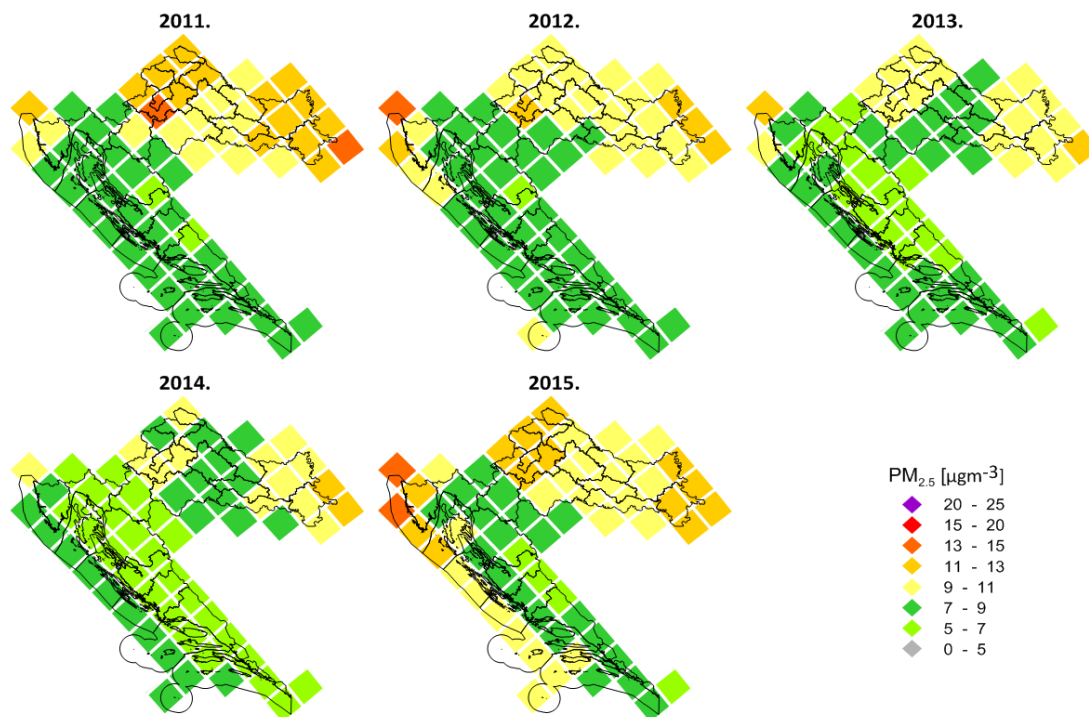
Tablica 3.23. Srednje godišnje vrijednosti koncentracija PM_{2.5} za razdoblje 2011.-2015. godine. Prekoračenja donjeg praga procjene (12 µgm⁻³) označena su svijetlo sivom bojom, a prekoračenja gornjeg praga, žutom bojom (17 µgm⁻³). Postaje po godinama sa smanjenim obuhvatom podataka označene su tamno sivom bojom.

Postaja	2011	2012	2013	2014	2015
Optička metoda (analizator Grim 180)					
Desinić				12.0	14.4
Kopački rit	22.4	15.5	7.5	17.2	17.7
Parg	10.2	8.2	8.5	7.3	9.6
Plitvička jezera	9.9	7.8	6.6	7.6	8.9
Višnjan	9.9	8.4	7.2	8.6	9.8
Vela straža		3.2	1.3	0.6	9.2
Polača	8.5	8.0	5.6	7.2	8.2
Hum	4.2	2.4	2.1	5.3	4.6
Žarkovica	5.8	4.7	3.1	6.0	7.6
Analizator (Verewa F-701-20)					
Slavonski Brod-1	44.4	36.4	39.2	35.4	36.7
Gravimetrijska metoda					
Ksaverska cesta-IMI					20.0
Rijeka-2					13.0
Plitvička jezera				8.0	9.2
Slavonski Brod-1					36.0
Slavonski Brod-2					34.3
Velika Gorica					26.8

Analiza modeliranih vrijednosti koncentracija lebdećih čestica, PM_{2.5}

Prostorna razdioba proračunatih srednjih godišnjih vrijednosti koncentracija lebdećih čestica PM_{2.5}, dana u točkama EMEP mreže gustoće 50 km x 50 km, prikazana je na slici 3.39. Prema rezultatima modela vrijednosti koncentracija kreću u rasponu 5-14 µgm⁻³. Na slici se također uočava da u cijelom razdoblju 2011.-2015. srednje godišnje vrijednosti modeliranih koncentracija PM_{2.5} nisu prekoračile propisanu graničnu vrijednost. Najviše proračunate vrijednosti dobivene su za 2011. i 2015. godinu. Takav trend, odnosno pojava viših vrijednosti početkom razdoblja, nižih sredinom pa ponovno porast koncentracija krajem razdoblja analize u skladu je s trendom koji se uočava na mjerenim podacima.

Iz prostorne raspodjele koncentracija vidi se da su najviše vrijednosti dobivene na područjima uz zapadnu granicu Istre i Slovenije te na istoku uz granicu sa Srbijom.



Slika 3.39. Prostorna raspodjela srednjih godišnjih modeliranih vrijednosti koncentracija $PM_{2.5}$ na području u razdoblju 2011.-2015.

Za analizu numeričkih pokazatelja modeliranih vrijednosti u zonama HR 01-HR 05 odabrane su reprezentativne točke u kojima su proračunate vrijednosti srednjih godišnjih koncentracija najveće u svakoj godini. Prilikom odabira referentnih vrijednosti u obzir nisu uzimane vrijednosti točaka mreže koje prekrivaju mali postotak teritorija RH, odnosno ona područja koja se nalaze na granici sa susjednim državama. Vrlo često u tim je područjima dobivena najviša vrijednost, ali je postotak teritorije RH manji od 1-2% površine kvadranta. Na primjer, u zoni HR 01 najviše vrijednosti su modelirane uz krajnju istočnu granicu, ali je postotak teritorija Hrvatske unutar EMEP mreže vrlo mali te nije uzet kao reprezentativan za cijelu zonu. Međutim, vrijednosti uz granicu, iako se odnose na teritorij susjednih država govore nam o pritiscima vezanim uz regionalni i prekogranični prijenos onečišćenja.

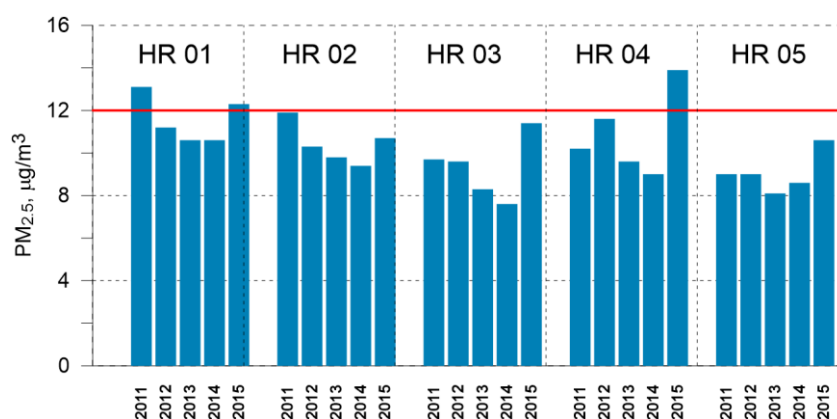
Proračunate srednje godišnje vrijednosti koncentracija $PM_{2.5}$ prikazane su u tablici 3.24., u kojoj je sivom bojom označeno prekoračenje donjeg praga procjene. Analiza modeliranih vrijednosti pokazuje da su promatranom razdoblju u svim zonama srednje godišnje vrijednosti koncentracija ispod donjeg praga procjene, a u samo jednoj godini u zonama HR 01 i HR 04 su iznad donjeg praga procjene, pri čemu se u zoni HR 01 to odnosi na početak promatranog razdoblja (2011.), a u zoni HR 04 na posljednju godinu razdoblja (2015.).

Tablica 3.24. Maksimalne vrijednosti modeliranih srednjih godišnjih koncentracija PM_{2.5} u točkama EMEP mreže po zonama za razdoblje 2011.-2015. godine. Prekoračenja donjeg praga procjene (12 µg m⁻³) označena su sivom. Prema rezultatima modela nije bilo prekoračenja gornjeg praga procjene (17 µg m⁻³).

Zona	2011	2012	2013	2014	2015
HR 01	13.1 (80,45)	11.2 (83,49)	10.6 (83,49)	10.6 (83,49)	12.3 (80,45)
HR 02	11.9 (83,47)	10.3 (83,47)	9.8 (83,47)	9.4 (83,47)	10.7 (83,47)
HR 03	9.7 (80,44)	9.6 (80,41)	8.3 (80,41)	7.6 (80,41)	11.4 (80,41)
HR 04	10.2 (78,41)	11.6 (78,41)	9.6 (78,41)	9.0 (78,41)	13.9 (78,41)
HR 05	9.0 (86,40)	9.0 (86,40)	8.1 (86,40)	8.6 (86,40)	10.6 (86,40)

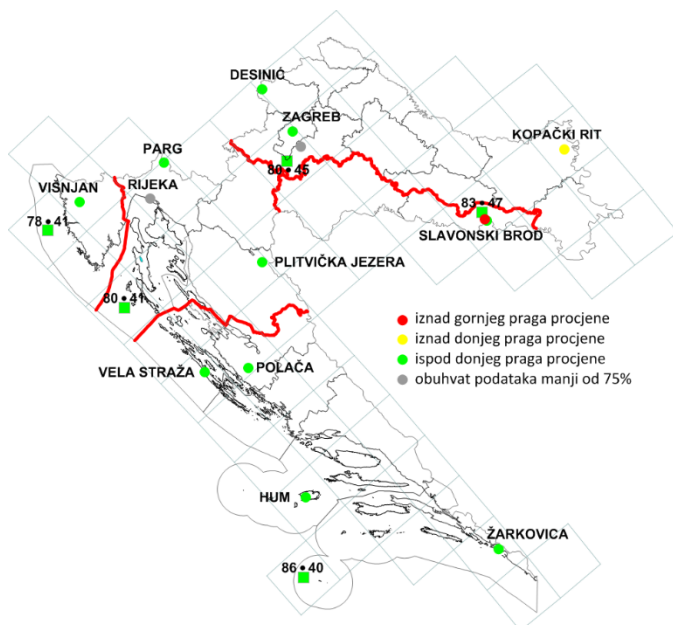
Maksimalne srednje godišnje vrijednosti koncentracija po zonama, za svaku godinu razmatranoga razdoblja, prikazane su na slici 3.40. Srednje godišnje modelirane vrijednosti PM_{2.5} u svim zonama i svim godinama su ispod granične vrijednosti od 25 µg m⁻³ i usporedive su s podacima mjerenja na pozadinskim postajama državne mreže.

Analiza prekoračenja donjeg i gornjeg praga procjene mjerenih i modeliranih podataka na prostoru Republike Hrvatske prikazana je na slici 3.41. Smatra se da je prag procjene prekoračen ako je prekoračen kroz najmanje tri pojedinačne od promatranih pet godina. Prema rezultatima EMEP modela niti u jednoj zoni nije prekoračen ni donji ni gornji prag procjene 3 puta. U zoni HR 01 donji prag prekoračen je samo jednom (2011.), kao i u zoni HR 04 u 2015. godini. S obzirom na prekoračenje donjeg i gornjeg praga procjene može se zaključiti da su u zonama HR 01 i HR 02 potrebna stalna kontinuirana mjerenja koncentracija lebdećih čestica. Na postaji Slavonski Brod-1 mjerenja su prekoračila gornji prag procjene u svim godinama promatranog razdoblja, dok je na postaji Kopački rit donji prag procjene prekoračen u 2011., 2014. i 2015. godini.



Slika 3.40. Modelirane vrijednosti maksimalnih srednjih godišnjih koncentracija PM_{2.5} po zonama za razdoblje 2011.-2015. godine. Donji prag procjene označen je crvenom linijom.

Srednje godišnje vrijednosti tijekom svih 5 godina prekoračile su propisanu preporučenu vrijednost samo na lokaciji Slavonski Brod-1 (2011., 2013., i 2015. godine).



Slika 3.41. Rezultati analize gornjeg i donjeg praga procjene za $PM_{2.5}$ na raspoloživim mjerenim mjestima Državne mreže te modeliranih vrijednosti na prostoru Republike Hrvatske. Postaje na kojima je obuhvat podataka manji od 75 % označene su sivom bojom (Rijeka i Vela straža), one na kojima su mjerenja ispod donjeg praga procjene zelenom, iznad donjeg praga procjene crvenom, a iznad gornjeg praga procjene ljubičastom bojom. Područja s maksimalnom modeliranom srednjom godišnjom vrijednošću označena su zelenom bojom, odnosno označavaju da su vrijednosti ispod donjeg praga procjene u razdoblju 2011.-2015. godine

Zaključak

Srednje godišnje vrijednosti mjerenih koncentracija $PM_{2.5}$ prekoračile su propisanu graničnu vrijednosti od $25 \mu g m^{-3}$, kao i granice tolerancije, u cijelom promatranom razdoblju u zoni HR 02 na postaji Slavonski Brod-1, kao i na postaji Slavonski Brod-2 u 2015. godini, ujedno i jedinoj godini u kojoj postoje mjerenja na navedenoj postaji. U ostalim zonama mjerene i modelirane vrijednosti su ispod propisane granične vrijednosti.

Na postaji Slavonski Brod-1 srednje godišnje vrijednosti prekoračile su gornji prag procjene u svim godinama promatranog razdoblja, dok je na postaji Kopački rit u 3 od 5 godina prekoračen donji prag procjene. Na ostalim postajama pragovi procjene ili nisu prekoračeni ili su prekoračeni u manje od tri godine, ili mjerenja postoje u manje od tri godine pa se ocjena o prekoračenju praga procjene ne može primijeniti

Zaključno, može se reći da podaci mjerenja na području Hrvatske, kao i podaci modeliranja daju zadovoljavajuće rezultate u usporedbi s propisanim kriterijima. Međutim, s obzirom na vrijednost koncentracija lebdećih čestica fine frakcije od $10 \mu g m^{-3}$ koju preporučuje Svjetska zdravstvena organizacija, ovaj standard kvalitete zraka nije postignut niti u jednoj zoni, stoga su potrebna daljnja kontinuirana mjerenja u svim zonama.

3.5 Prizemni (troposferski) ozon, O₃

Ozon (O₃) je sekundarni polutant koji nastaje kompleksnim fotokemijskim reakcijama u kojima sudjeluju njegovi prekursori, dušikovi oksidi (NO_x), lakohlapivi organski spojevi (VOC) i ugljikov monoksid (CO). Dušikovi oksidi najčešće nastaju izgaranjem fosilnih goriva zbog čega su povećane koncentracije NO_x vezane uz industriju i prometnice. U blizini izvora dušikovih oksida očekuju se smanjene koncentracije prizemnog ozona zbog kemijskih reakcija između njih. Najveće emisije hlapivih organskih spojeva vezane su uz rafinerije, cestovni promet, izvore zemnog plina, rudnike ugljena, odlagališta otpada te prirodne izvore (vegetacija). Ugljikov monoksid doprinosi povećanju koncentracija prizemnog ozona, a glavni izvor je izgaranje biomase (najčešće šumski požari).

Pored emisija prekursora ozona, bitan faktor koji utječe na koncentraciju prizemnog ozona su i meteorološki uvjeti. Suhu i vrući dani s puno sunčevog zračenja pogodni su za nastanak epizoda povišenih koncentracija prizemnog ozona. Takvi uvjeti ispunjeni su u ljetnim mjesecima kada koncentracije prizemnog ozona poprimaju najviše vrijednosti tijekom godine. Kombinacija takvih meteoroloških uvjeta i visokih emisija prekursora ozona može dovesti do dugotrajnih povišenih koncentracija prizemnog ozona.

Ozon je jak oksidans i može imati negativan utjecaj na ljudsko zdravlje. Izloženost visokim koncentracijama ozona može izazvati respiratorne probleme i bolesti, astmu te smanjiti funkcionalnost pluća. Pored štetnosti za ljudski organizam, visoke koncentracije ozona imaju i negativan utjecaj na vegetaciju. Tako ozon može usporiti rast i reprodukciju biljaka što dovodi do smanjenog uroda žitarica, manje šumskih površina i smanjenja biološke raznolikosti. Također, ozon smanjuje efikasnost fotosinteze biljaka što dovodi do većih koncentracija ugljikovog dioksida. Pored negativnog utjecaja na zdravlje ljudi i vegetaciju, ozon je i staklenički plin koji doprinosi globalnom zagrijavanju atmosfere.

Mjerenja i obuhvat podataka

Koncentracije prizemnog ozona mjerene su na ukupno 15 postaja državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka i dvije postaje Državnog hidrometeorološkog zavoda (Gradište i Makarska). Od 17 postaja šest je gradskih postaja (1 gradska pozadinska), a 11 pozadinskih postaja. Na slici 3.42. prikazan je prostorni raspored mjernih postaja po zonama i aglomeracijama.

U tablici 3.25. prikazan je obuhvat podataka mjerenja na svim postajama na kojima su se mjerile koncentracije prizemnog ozona u razdoblju 2011.-2015. godine. Sivom bojom su označene postaje s obuhvatom manjim od 75 %. U studiji su analiziran podaci postaja na kojima je obuhvat podataka bio veći od 75 %. Prazno polje označava da u toj godini nije bilo mjerenja na postaji. Obuhvat podataka iznad 75 % za cijelo petogodišnje razdoblje imaju samo postaje Rijeka-2, Slavonski Brod-1, Gradište i Makarska. Treba istaknuti, međutim, da se pri analizi prekoračenja propisanih pragova uzimaju u obzir i nizovi s manjim obuhvatom podataka (sukladno preporukama: vidi sliku 2.2.) te se prijavljuje nesukladnost.



Slika 3.42. Prostorni raspored postaja na kojima se provode mjerenja koncentracija prizemnog ozona

Tablica 3.25. Obuhvat podataka mjerenja (%) koncentracija ozona na mjernim postajama u razdoblju 2011.- 2015. godine.

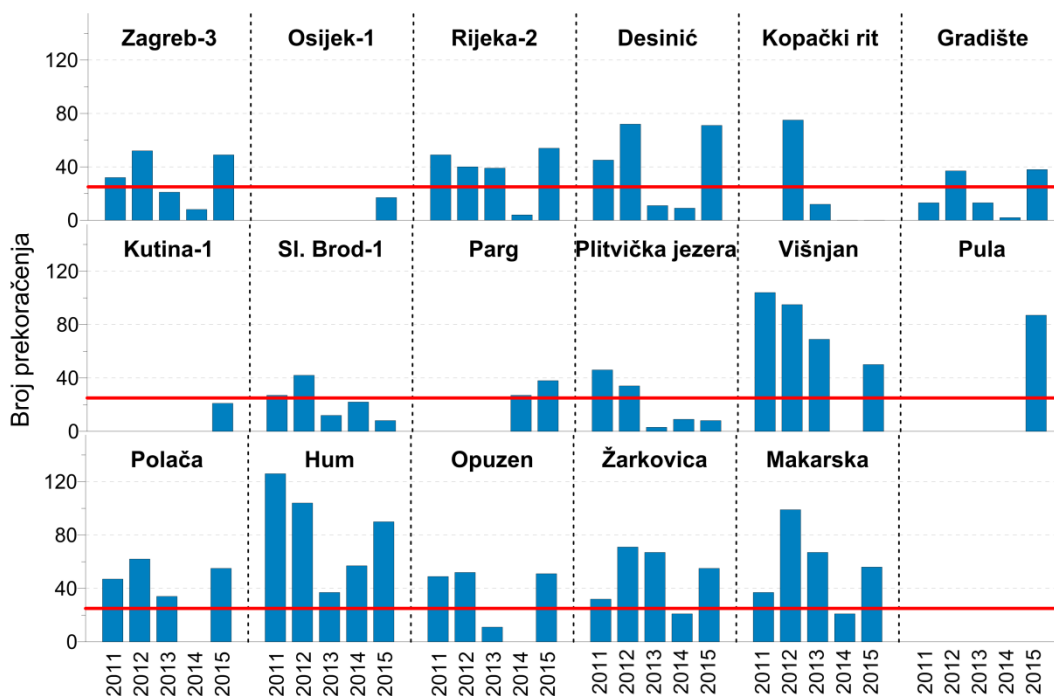
Postaja	2011	2012	2013	2014	2015
Zagreb-3	80	100	78	100	100
Osijek-1				57	90
Rijeka-2	100	89	100	100	100
Desinić	76	91	92	96	97
Kopački rit	74	80	92	98	97
Gradište	94	100	100	100	100
Kutina-1				77	88
Slavonski Brod-1	97	96	95	100	99
Parg				84	84
Plitvička jezera	76	63	87	80	78
Višnjan	82	98	90		53
Pula-Fižela					94
Polača	49	92	95		55
Hum	95	78	74	100	93
Opuzen	45	92	83		53
Žarkovica	77	97	87	90	81
Makarska	91	100	100	100	96

Analiza rezultata mjerenja koncentracija prizemnog ozona

Analiza najviših dnevnih osmosatnih srednjih vrijednosti

Najviša dnevna osmosatna srednja vrijednost koncentracije prizemnog ozona izračunava se na osnovi osmosatnih pomičnih prosjeka, izračunatih iz satnih podataka mjerenja. Svaki tako izračunati prosjek pripada danu u kojem završava, tj. prvo razdoblje za bilo koji dan je razdoblje od 17:00 prethodnog dana do 24:00 tog dana. Prema članku 7., stavak 3., Uredbe o razinama onečišćujućih tvari u zraku (NN 117/2012) propisana je ciljna vrijednost (CV) i dugoročni cilj za najviše dnevne osmosatne srednje vrijednosti. U skladu s time, najviša dnevna osmosatna srednja vrijednost ne smije prekoračiti ciljnu vrijednost od $120 \mu\text{g m}^{-3}$ više od 25 puta po kalendarskoj godini, usrednjeno na 3 godine. U skladu s propisanim dugoročnim ciljem, ciljna vrijednost od $120 \mu\text{g m}^{-3}$ ne smije biti prekoračena u kalendarskoj godini. Na postajama na kojima nema podataka o koncentracijama ozona u prethodnom trogodišnjem razdoblju, broj prekoračenja određuje se na temelju valjanih podataka iz razdoblja raspoloživih mjerenja (najmanje godina dana mjerenja).

Na slici 3.43. prikazan je broj prekoračenja najviše dnevne osmosatne srednje vrijednosti za postaje koje imaju dovoljno velik obuhvat podataka (>75%) te postaje na kojim je došlo do prekoračenja ciljne vrijednosti više od 25 puta u jednoj kalendarskoj godini bez obzira na obuhvat podataka.



Slika 3.43. Godišnji broj dana s prekoračenjem najviše osmosatne srednje dnevne vrijednosti. Crvena linija označava broj dozvoljenih prekoračenja (25).

Do prekoračenja propisane ciljne vrijednosti došlo je na gotovo svim postajama, izuzetak su jedino postaje Osijek-1 i Kutina-1. Valja napomenuti kako su za postaje Osijek-1 i Kutina-1 dostupni podaci samo za 2015. godinu budući da su se mjerenja koncentracije prizemnog ozona počela provoditi tijekom 2014. godine. Da bi se mjerenja počela obavljati na tim postajama u tim godinama na zahtjeve MZOE ukinuta su mjerenja na postajama Polača i Višnjan. Mjerenja su ponovno uspostavljena sredinom 2015. godine tako da zbog toga obuhvat podataka tijekom 2014. i 2015. godine na te dvije postaje ne zadovoljava kriterij obuhvata od 75 %.

Godišnji broj prekoračenja ciljne vrijednosti najveći je na postajama uz Jadransko more, dok je broj prekoračenja manji na postajama u kontinentalnoj Hrvatskoj. Povećani broj prekoračenja na postajama uz more je očekivan zbog veće fotokemijske aktivnosti u tom području. Jasno je vidljiv i manji broj prekoračenja u 2014. godini u odnosu na ostale godine na istoj postaji. U tablici 3.26. prikazan je broj dana s prekoračenjem ciljne vrijednosti po godinama i broj dana prekoračenja primjenom 3-godišnjeg pomičnog srednjaka. Iz tablice je vidljivo da postoji međugodišnja varijabilnost, odnosno smanjenje broja dana s prekoračenjem propisanoga praga, ali u trogodišnjim srednjacima ta varijabilnost nije značajna.

Tablica 3.26. Broj prekoračenja ciljne vrijednosti ($120 \mu\text{g m}^{-3}$, dozvoljeno 25) najviših dnevnih osmosatnih srednjih vrijednosti ozona po godinama za razdoblje 2011.-2015. godine, po godinama i usrednjeno na 3 godine. Žuto su osjenčane vrijednosti s prekoračenim ciljnim vrijednostima za ozon.

Postaja	2011	2012	2013	2014	2015
	Broj prekoračenja ciljne vrijednosti				
Zagreb 3	32	52	21	8	49
Osijek 1				0	17
Rijeka 2	48	40	39	4	54
Desinić	45	72	11	9	71
Kopački rit	2	75	12	0	0
Gradište	13	37	13	2	38
Kutina 1				1	21
Slavonski Brod 1	27	42	11	22	8
Parg				27	*38
Plitvička jezera	*46	*34	3	9	8
Višnjan	104	95	69		*50
Pula					87
Polača	*47	62	34		*55
Hum	126	104	*37	57	90
Opuzen	*49	52	11		*51
Žarkovica	32	71	67	21	*55
Makarska	*37	99	67	21	56

2011	2012	2013	2014	2015
3-godišnji pomični srednjak				
25	39	35	27	26
				17
39	48	42	28	32
45	59	43	31	30
-	75	44	29	4
24	19	21	17	18
			1	11
14	23	27	25	14
			27	33
46	40	28	15	6
104	100	89	82	60
				87
47	55	48	48	45
126	115	89	66	61
49	51	37	32	31
32	52	57	53	48
33	49	68	62	48

* obuhvat podataka < 75% od 01.04. do 30.09.

Prag obavješćivanja i prag upozorenja

Prag obavješćivanja prekoračen je ako izmjerene satne vrijednosti koncentracije prizemnog ozona premaše $180 \mu\text{g m}^{-3}$. U tablici 3.27. prikazane su postaje i vremenska razdoblja u kojima je zabilježeno prekoračenje praga obavješćivanja i/ili praga upozorenja s obzirom na koncentracije ozona. U analiziranom periodu 2011.-2015. prag obavješćivanja prekoračen je na postajama Zagreb-3, Slavonski Brod-1, Višnjan i Hum, a ukupno je bilo 11 takvih epizoda. Sva prekoračenja dogodila su se tijekom ljetnih mjeseci (lipanj, srpanj ili kolovoz).

Tablica 3.27. Postaje i termini u kojima je satna koncentracija ozona bila iznad $180 \mu\text{g m}^{-3}$ (prag obavješćivanja za ozon) i izmjerene vrijednosti koncentracija u tim terminima.

Dan	sat	C (O ₃)	Dan	sat	C (O ₃)
Zagreb-3			Višnjan		
04. srpanj 2012.	15	183	03. kolovoz 2013.	4	214
04. srpanj 2012.	16	188	03. kolovoz 2013.	5	206
04. srpanj 2012.	17	187	03. kolovoz 2013.	6	193
13. kolovoz 2015.	14	183	03. kolovoz 2013.	10	182
13. kolovoz 2015.	15	197	03. kolovoz 2013.	11	205
13. kolovoz 2015.	16	190	03. kolovoz 2013.	12	195
Slavonski Brod-1			03. kolovoz 2013.	13	191
11. kolovoz 2014.	20	285	03. kolovoz 2013.	14	189
11. kolovoz 2014.	21	350	03. kolovoz 2013.	18	184
11. kolovoz 2014.	22	320	03. kolovoz 2013.	19	218
11. kolovoz 2014.	23	194	03. kolovoz 2013.	20	220
12. kolovoz 2014.	0	181	03. kolovoz 2013.	21	227
13. kolovoz 2014.	17	373	03. kolovoz 2013.	22	226
13. kolovoz 2014.	18	439	03. kolovoz 2013.	23	242
13. kolovoz 2014.	19	463	04. kolovoz 2013.	0	240
13. kolovoz 2014.	20	416	04. kolovoz 2013.	1	236
13. kolovoz 2014.	21	386	04. kolovoz 2013.	2	227
13. kolovoz 2014.	22	377	04. kolovoz 2013.	3	229
13. kolovoz 2014.	23	334	04. kolovoz 2013.	4	232
Višnjan			04. kolovoz 2013.	5	231
20. lipanj 2012.	9	199	04. kolovoz 2013.	6	213
20. lipanj 2012.	10	197	04. kolovoz 2013.	7	186
20. lipanj 2012.	11	193	04. kolovoz 2013.	16	186
20. lipanj 2012.	12	192	04. kolovoz 2013.	17	194
27. srpanj 2013.	9	189	04. kolovoz 2013.	18	196
27. srpanj 2013.	10	188	04. kolovoz 2013.	19	194
27. srpanj 2013.	11	185	04. kolovoz 2013.	20	198
27. srpanj 2013.	12	182	04. kolovoz 2013.	21	200
27. srpanj 2013.	13	182	04. kolovoz 2013.	22	201
27. srpanj 2013.	17	184	04. kolovoz 2013.	23	198
Dan	sat	C (O ₃)	Dan	sat	C (O ₃)
Višnjan			Višnjan		
27. srpanj 2013.	18	185	05. kolovoz 2013.	0	195
27. srpanj 2013.	19	184	05. kolovoz 2013.	1	194

27. srpanj 2013.	20	182	05. kolovoz 2013.	2	181
27. srpanj 2013.	21	191	Hum		
27. srpanj 2013.	22	190	09. srpanj 2011.	21	183
27. srpanj 2013.	23	187	09. srpanj 2011.	22	185
03. kolovoz 2013.	2	188	09. srpanj 2011.	23	187
03. kolovoz 2013.	3	194			

Prekoračenje praga upozorenja od $240 \mu\text{g m}^{-3}$ zabilježeno je na postaji Slavonski Brod 1. Radi se o epizodi povišenih koncentracija prizemnog ozona 11. i 14. kolovoza 2014. u kojoj su izmjerene vrijednosti bile veće od propisanog praga upozorenja više od tri sata uzastopno, a maksimalna izmjerena koncentracija iznosila je $463 \mu\text{g m}^{-3}$. U tablici 3.28. prikazani su termini mjerenja i iznosi izmjerenih vrijednosti koncentracija.

Tablica 3.28. Dan i sat kada je izmjerena vrijednost satne koncentracija ozona bila iznad $240 \mu\text{g m}^{-3}$ (prag upozorenja za ozon), te iznos izmjerenih vrijednosti koncentracija u tim terminima, $\text{C}(\text{O}_3)$.

Dan	sat	C (O_3)
Slavonski Brod 1		
11. kolovoz 2014.	20	285
11. kolovoz 2014.	21	350
11. kolovoz 2014.	22	320
13. kolovoz 2014.	17	373
13. kolovoz 2014.	18	439
13. kolovoz 2014.	19	463
13. kolovoz 2014.	20	416
13. kolovoz 2014.	21	386
13. kolovoz 2014.	22	377
13. kolovoz 2014.	23	334

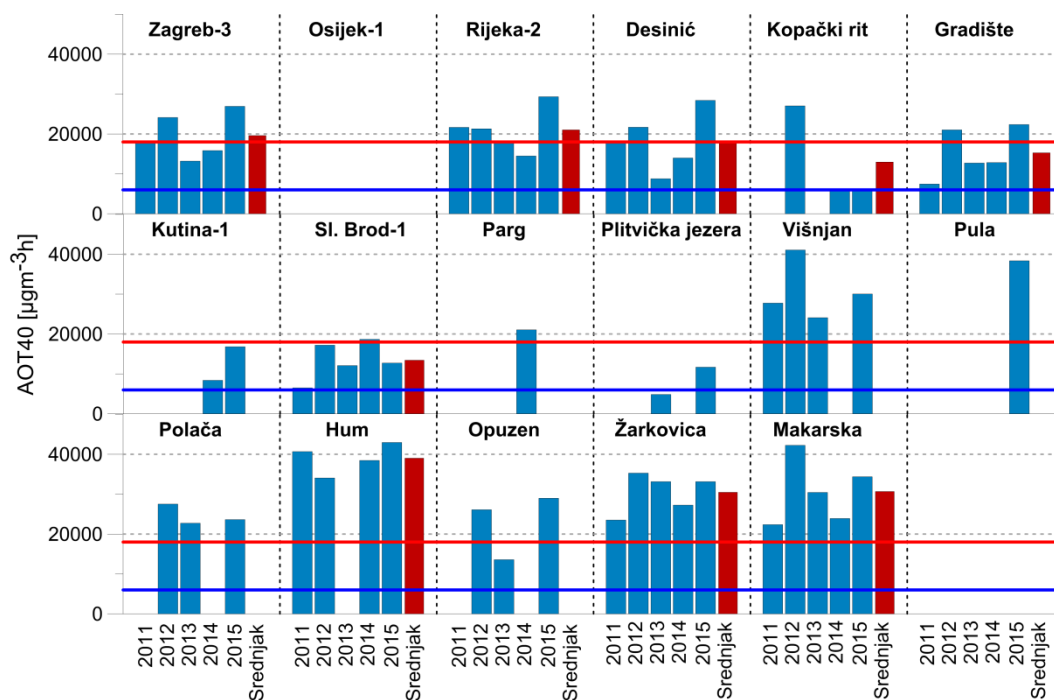
Analiza parametra AOT40

U svrhu procjene utjecaja onečišćenja na vegetaciju razmatra se parametar AOT40 (Accumulated Ozone Exposure). AOT40 parametar, izražen je u $\mu\text{g m}^{-3} \text{ h}$ (mikrogram-sati), a izračunava se kao zbroj razlike satnih vrijednosti koncentracija prizemnog ozona iznad vrijednosti od $80 \mu\text{g m}^{-3}$ (40 dijelova na milijardu, ppb) i $80 \mu\text{g m}^{-3}$ tijekom određenog razdoblja. Pri tome uzimaju se u obzir samo jednosatne vrijednosti izmjerene između 8:00 i 20:00 sati po srednjoeuropskom vremenu.

AOT40 parametar računa se za dva razdoblja, od 1. svibnja do 31. srpnja za zaštitu vegetacije te od 1. travnja do 30. rujna za zaštitu šuma. Člankom 7. st. 3 Uredbe o razinama onečišćujućih tvari u zraku propisana je ciljna vrijednost i dugoročni cilj AOT40 parametra za zaštitu vegetacije. Ciljna vrijednost iznosi $18\,000 \mu\text{g m}^{-3} \text{ h}$ uprosječno kroz razdoblje od pet godina. Dugoročni cilj za AOT40 iznosi $6\,000 \mu\text{g m}^{-3} \text{ h}$ za razdoblja računanja.

Izračunate godišnje vrijednosti i petogodišnji srednjaci AOT40 parametra za zaštitu vegetacije na raspoloživim podacima s mjernih postaja prikazane su na slici 3.44., i u tablici 3.29. Petogodišnji srednjak AOT40 parametra izračunat je za 9 postaja koje imaju dovoljno dugačak niz (najmanje 3 godine) s obuhvatom podataka većim od 75 %.

Godišnje vrijednosti AOT40 parametra za zaštitu vegetacije očekivano su veće na postajama uz obalu Jadranskog mora, a manje na postajama u unutrašnjosti. Tako AOT40 parametar poprima najviše vrijednosti na postajama Višnjan, Hum i Makarska, a najmanje na postaji Plitvička jezera. Prema rezultatima analize utvrđeno je da je dugoročni cilj bio prekoračen u gotovo svim godinama na svim postajama. Izuzetak je 2013. godina na postaji Plitvička jezera gdje su izračunate vrijednosti AOT40 parametra najmanje u cijelom petogodišnjem razdoblju. Na postajama u zonama HR 04 i HR 05 ciljna vrijednost prekoračena je u gotovo svim godinama za koje postoje mjerenja. Usrednjeno na 5 godina ciljna vrijednost bila je prekoračena na postajama Zagreb-3, Rijeka-2, Desinić, Hum, Žarkovica i Makarska. Na osnovi trendova u podacima mjerenja za postaje Višnjan i Polača, može zaključiti da bi ciljna vrijednost bila prekoračena i na njima (samo 3 godine mjerenja).



Slika 3.44. Godišnje vrijednosti i pripadni srednjaci AOT40 parametra za zaštitu vegetacije. Crvenom linijom označena je ciljna vrijednost od 18 000 µg·m⁻³·h, a plavom, dugoročni cilj koji iznosi 6000 µg·m⁻³·h.

Tablica 3.29. AOT40 po godinama i za razdoblje 2011.-2015. godine na raspoloživim podacima analiziranih postaja. Vrijednosti više od ciljne vrijednosti za zaštitu vegetacije ($18000 \mu\text{g m}^{-3} \text{ h}$) označene su žuto.

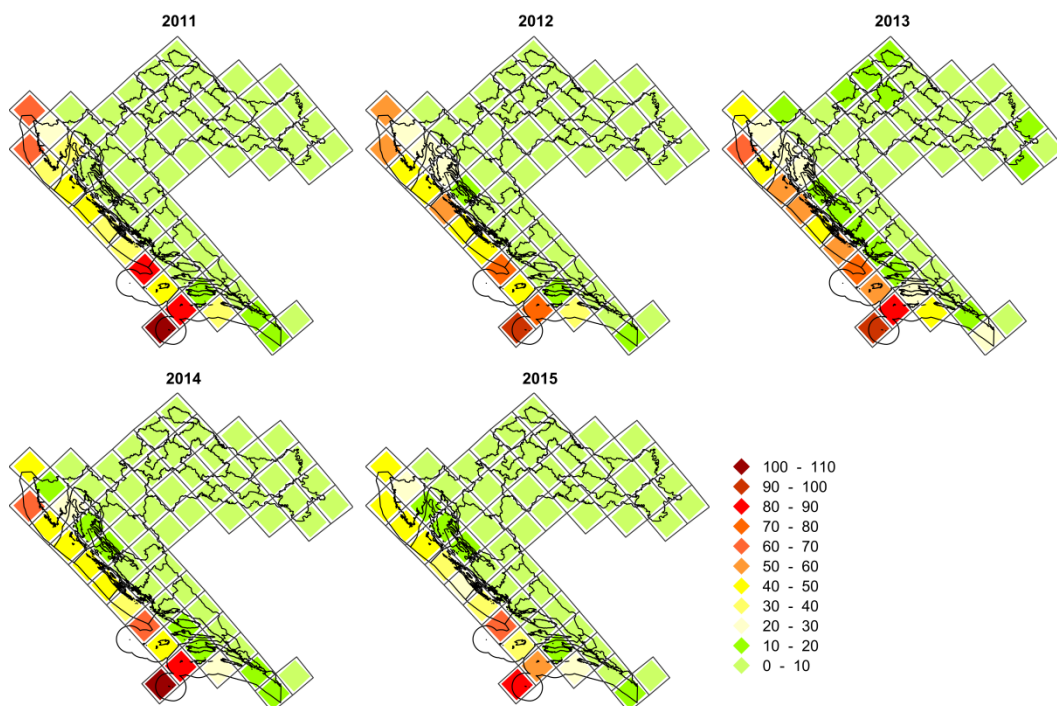
Postaja	2011	2012	2013	2014	2015	5-godišnji srednjak
Zagreb 3	18044	24125	13175	15823	26942	19622
Osijek 1				2638	12044	-
Rijeka 2	21651	21308	18273	14470	29328	21006
Desinić	18186	21677	8792	13996	28429	18216
Kopački rit	2145	27039	8433	5656	6193	12963
Gradište	7443	21034	12724	12846	22378	15285
Kutina 1				8373	16805	-
Slavonski Brod 1	6496	17205	12089	18649	12724	13433
Parg				21066	8017	-
Plitvička jezera	16903	12677	4847	11061	11696	-
Višnjan	*27775	41074	24114		*30028	-
Pula					38350	-
Polača	-	27508	22728		*23608	-
Hum	40654	*34037	1530	38477	42953	40695
Opuzen	13416	26117	13589		*28980	-
Žarkovica	23517	35275	33163	27255	33166	30475
Makarska	22350	42237	30433	23909	34358	30657

* obuhvat podataka < 75 %, ali su prekoračenja zabilježena

Analiza modeliranih vrijednosti koncentracija ozona

Značajan podatak pri ocjeni lokalne razine onečišćenja je i doprinos prekograničnog transporta i procjena udjela pozadinskog onečišćenja u mjerenim koncentracijama onečišćujućih tvari. Pri tome atmosferski kemijski modeli koji se koriste za proračun transporta i disperzije onečišćujućih tvari na regionalnoj skali imaju izuzetno važnu ulogu. Jedan od takvih modela je i EMEP model koji je korišten u svrhu procjene pozadinskog onečišćenja. EMEP model koristi horizontalnu rezoluciju $50 \text{ km} \times 50 \text{ km}$ i obuhvaća dovoljno veliku prostornu domenu na kojoj se odvija transport onečišćenja atmosferskim sustavima na sinoptičkoj skali. U integracijski numerički proračun ulazi i doprinos emisija na prostoru cijele domene modela te se procjenjuje doprinos udaljenih izvora na lokalno onečišćenje.

EMEP model kao ulazne podatke koristi trodimenzionalne meteorološke podatke i podatke o godišnjim emisijama različitih kemijskih spojeva za područje Europe (ugljični monoksid, nemetanski lakohlapivi organski spojevi, itd.). Podaci o emisijama dobiveni su iz Centra za emisije i projekcije (CEIP) dok su meteorološki podaci za kemijski model dobiveni numeričkim modelom Europskog centra za srednjoročnu prognozu vremena (ECMWF). Dio mreže EMEP modela koji prekriva teritorij Republike Hrvatske prikazan je na slici 2.3., a točke domene dane su u tablici 2.3.



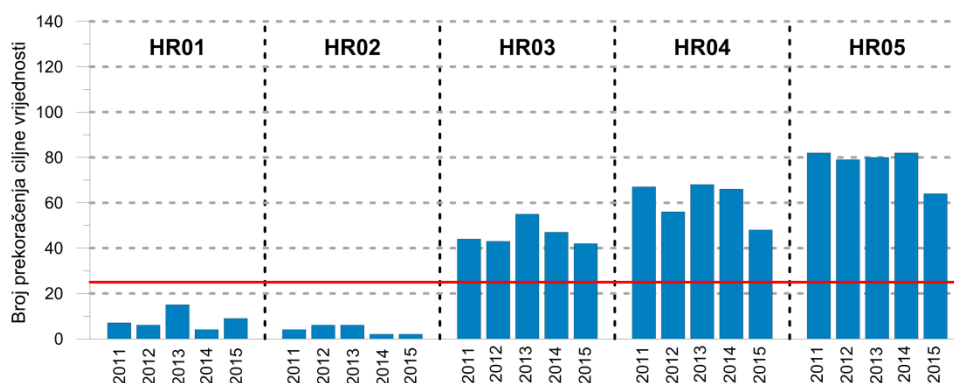
Slika 3.45. Prostorna razdioba broja dana s prekoračenjem ciljne vrijednosti od 120 µg m⁻³.

Prilikom analize podataka dobivenih EMEP modelom korištene su iste metode kao i prilikom obrade podataka dobivenih mjerenjima. Iz satnih vrijednosti podataka izračunate su osmosatne srednje vrijednosti i zatim određeni najviši dnevni osmosatni srednjaci za sve točke modela koje se nalaze nad teritorijem Republike Hrvatske (slika 2.3.). Prostorna raspodjela broja dana s prekoračenjem ciljne vrijednosti od 120 µg m⁻³ pokazuje da najviše prekoračenja imamo nad Jadranskim morem i otocima, a najmanji u području Dinarida (slika 3.45.). U području nad Jadranom godišnji broj prekoračenja prelazi dozvoljeni prag od 25 puta godišnje. Broj prekoračenja ne pokazuje značajnije razlike između pojedinih godina.

Nadalje, izrađena je analiza prekoračenja ciljne vrijednosti najviše dnevne osmosatne koncentracije ozona po zonama. Za svaku zonu pronađena je točka modela s najviše prekoračenja u jednoj godini i upravo je taj broj prekoračenja uzet kao reprezentativna vrijednost za zonu u toj godini. U obzir su uzete samo točke modela koje većim dijelom prekrivaju teritorij Republike Hrvatske (tablica 3.30.). Na slici 3.46. prikazan je broj prekoračenja po zonama. Zone HR 01 i HR 02 kontinentalne Hrvatske imaju mali broj prekoračenja ciljne vrijednosti u kalendarskoj godini. Zone HR 03, HR 04 i HR 05, koje se jednim dijelom nalaze nad morem, imaju veliki broj prekoračenja ciljne vrijednosti koja tijekom svih pet promatranih godina prelaze Uredbom dozvoljenih 25 puta u jednoj kalendarskoj godini. Najveći broj prekoračenja očekivano ima zona HR 05 koja se nalazi najjužnije te zbog visoke fotokemijske aktivnosti ima i najveće koncentracije prizemnog ozona.

Tablica 3.30. Broj prekoračenja ciljne vrijednosti po zonama i godinama s pripadnim koordinatama točaka modela.

	HR 01	HR 02	HR 03	HR 04	HR 05
2011	7 (79, 47)	4 (81, 46)	46 (80, 41)	67 (78,41)	82 (86, 41)
2012	6 (83, 49)	6 (83, 47)	47 (80, 41)	56 (78,41)	79 (86, 41)
2013	15 (80, 46)	6 (83, 47)	47 (80, 41)	68 (78,41)	80 (86, 41)
2014	4 (80, 45)	2 (83, 46)	46 (80, 41)	66 (78,41)	82 (86, 41)
2015	9 (80, 46)	2 (82, 46)	46 (80, 41)	48 (78,41)	64 (84, 41)



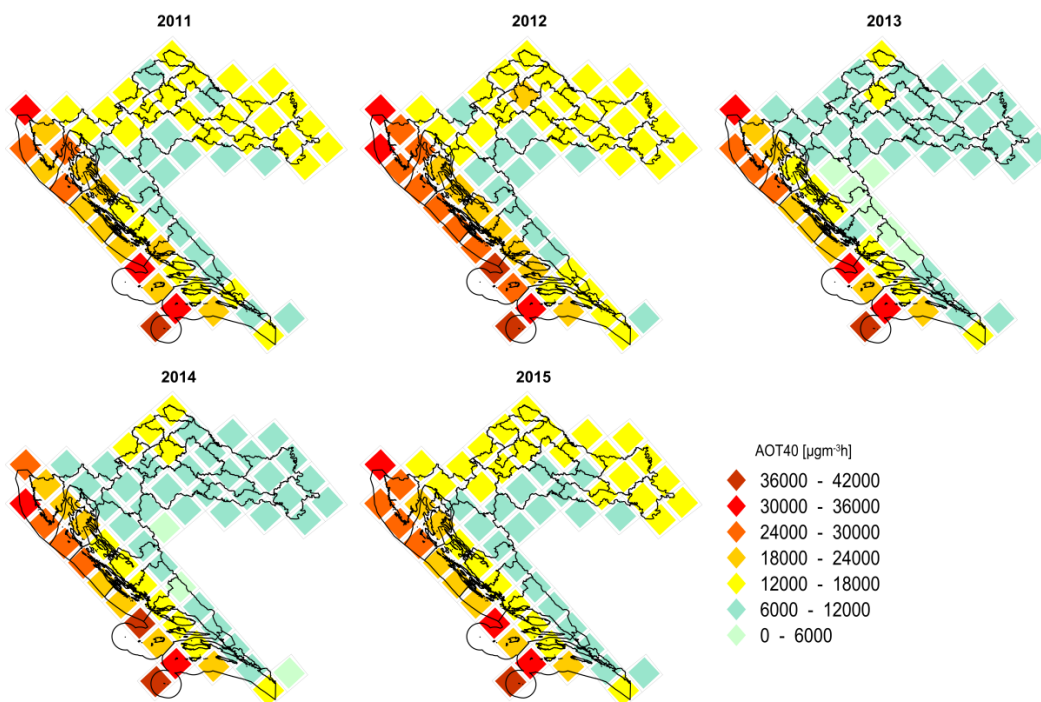
Slika 3.46. Broj prekoračenja ciljne vrijednosti po zonama. Broj prekoračenja i koordinate točke modela za koji se odnosi broj prekoračenja nalaze se u tablici 3.30.

Opisani rezultati modela u skladu su s mjerenjima u kojima je također zabilježen veći broj prekoračenja ciljne vrijednosti na postajama duž Jadranske obale.

Analiza parametra AOT40

Iz satnih vrijednosti koncentracija prizemnog ozona izračunate su godišnje vrijednosti AOT40 parametra s obzirom na kriterij zaštite vegetacije. Prostorna raspodjela pokazuje da AOT40 poprima najveće vrijednosti na području Jadranskog mora gdje se nalaze i najveće vrijednosti koncentracije prizemnog ozona (slika 3.47.). Najmanje vrijednosti AOT40 poprima na području Gorskog Kotra i Like. Vrijednosti AOT40 parametra ne razlikuju se bitno od godine do godine.

Prema rezultatima modela, vrijednosti AOT40 parametra prekoračile su ciljnu vrijednost od 18 000 $\mu\text{g m}^{-3}\cdot\text{h}$ na duž Jadranske obale tijekom svih 5 analiziranih godina. U kontinentalnoj Hrvatskoj ciljna vrijednost prekoračena je u jednoj točki modela u 2012. godini. Uredbom je propisan i dugoročni cilj AOT40 parametra za zaštitu vegetacije koji iznosi 6 000 $\mu\text{g m}^{-3}\cdot\text{h}$. Dugoročni cilj prekoračen je u gotovo svim točkama modela tijekom cijelog perioda. Izuzetak su tri točke modela u 2013. godini i 6 točaka modela u 2012. godini.

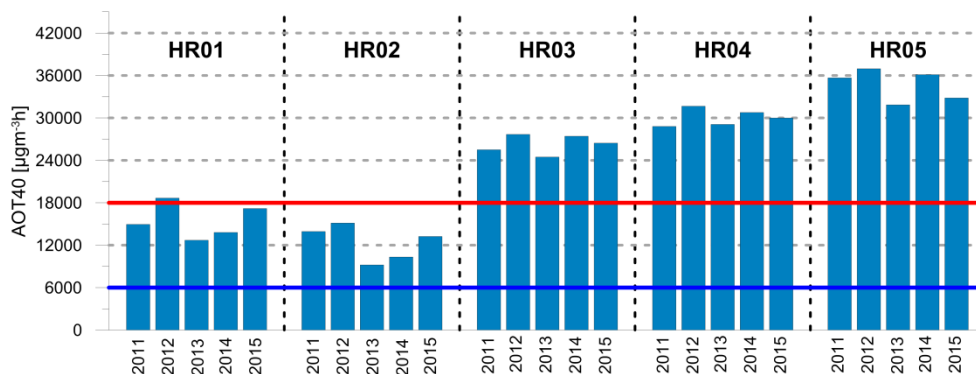


Slika 3.47. Prostorna raspodjela AOT40 parametra za zaštitu vegetacije

Vrijednosti AOT40 s obzirom na kriterij zaštite vegetacije izračunate su po zonama (tablica 3.31. i slika 3.48.). Za svaku zonu pronađena je točka modela koja ima najveću vrijednost parametra AOT40. Ta vrijednost uzeta je kao reprezentativna vrijednost za tu zonu. Najmanje vrijednosti AOT40 parametra javljaju se u zoni HR 02, a najveće u zoni HR 05. U zoni HR 01 vrijednosti AOT40 parametra prelaze ciljane vrijednosti samo u 2012. godini, dok u zoni HR 02 ciljana vrijednost nije prekoračena niti jedne godine. U ostale tri zone, HR 03, HR 04, HR 05, ciljana vrijednost prekoračena je tijekom svih pet analiziranih godina. Dugoročni cilj od 6 000 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{h}$ prekoračen je u svim zonama tijekom svih pet analiziranih godina.

Tablica 3.31. Vrijednosti AOT40 parametra za zaštitu vegetacije po godinama i zonama uzimajući u obzir točku modela s najvećom vrijednošću. Vrijednost AOT40 parametra izražena je u $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{h}$.

	AOT40	HR 01	AOT40	HR 02	AOT40	HR 03	AOT40	HR 04	AOT40	HR 05
2011	14933	(80, 45)	13932	(81, 46)	25481	(80, 41)	28799	(78,41)	35661	(84, 41)
2012	18653	(80, 46)	15134	(83, 47)	27672	(80, 41)	31649	(78,41)	36943	(84, 41)
2013	12692	(80, 46)	9212	(83, 47)	24459	(80, 41)	29075	(78,41)	31838	(84, 41)
2014	13793	(80, 46)	10323	(83, 47)	27401	(80, 41)	30769	(78,41)	36127	(84, 41)
2015	17175	(80, 46)	13236	(83, 47)	26445	(80, 41)	29980	(78,41)	32814	(84, 41)



Slika 3.48. Vrijednosti AOT40 parametra s obzirom na zaštitu vegetacije po godinama i zonama uzimajući u obzir točku modela s najvećom vrijednošću AOT40 parametra u pojedinoj zoni. Crvenom linijom označena je ciljna vrijednost od 18 000 $\mu\text{g m}^{-3} \text{ h}$, a plavom linijom dugoročni cilj koji iznosi 6 000 $\mu\text{g m}^{-3} \text{ h}$.

Zaključak

U svrhu ocjene kvalitete zraka analizirani su podaci o koncentracijama prizemnog ozona mjenenog na postajama državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka, postajama Državnog hidrometeorološkog zavoda i podaci dobiveni EMEP atmosferskim kemijskim modelom. Kao mjerila za procjenu koristili su se parametri propisani Uredbom o razinama onečišćujućih tvari u zraku (NN 117/2012).

Mjereni podaci pokazuju da je ciljna vrijednost najviše dnevne osmosatne srednje vrijednost prekoračena na gotovo svim postajama na kojima se obavljaju mjerenja koncentracije prizemnog ozona u promatranom razdoblju.

Petogodišnji srednjak AOT40 parametra za zaštitu vegetacije prekoračio je ciljnu vrijednost od 18 000 $\mu\text{g m}^{-3} \text{ h}$ na ukupno šest od devet postaja za koje je bilo moguće odrediti petogodišnji srednjak. Najviše vrijednosti AOT40 poprima na postajama u zoni HR 05 (postaje na jugu Hrvatske uz obalu).

Iako model nešto podcjenjuje vrijednosti prizemnog ozona i kod modeliranih vrijednosti ciljne vrijednosti najviše dnevne osmostane srednje vrijednosti i AOT40 parametra prekoračene su u tri od pet zona tijekom svih pet analiziranih godina.

Problem onečišćenja ozonom u Republici Hrvatskoj zahtijeva daljnje napore i suradnju na lokalnoj, regionalnoj i međunarodnoj razini kako bi se smanjile koncentracije i samim time ubažili negativni utjecaji ozona na zdravlje ljudi i vegetaciju te smanjio doprinos globalnom zatopljenju.

3.6 Benzen, C₆H₆

Benzen je najjednostavniji aromatski ugljikovodik. Pri sobnoj temperaturi je bezbojna, lako hlapiva, zapaljiva i otrovna tekućina jakog mirisa. Benzen nije osobito topiv u vodi, ali se dobro otapa u organskim otapalima te je i sam dobro organsko otapalo. Zbog velike hlapivosti dolazi i do njegove prisutnosti u zraku. Zbog loše topivosti u vodi, neznatne količine se mogu isprati kišom, a zbog lakog isparavanja ne zadržava se u tlu i vodi. Najveći izvor emisija benzena je promet. Sirova nafta može sadržavati do 4 gl⁻¹ benzena. Zbog toga, proizvodnja tekućih naftnih goriva te izgaranje istih, najviše utječu na emisiju benzena. Drugi po veličini izvor emisija benzena je industrija. U industriji, najveći izvor benzena predstavlja proizvodnja aromata, petrokemijska industrija, proizvodnja tekućih goriva, farmaceutska industrija, prerađivačka industrija, drvna industrija i lakirnice. U industrijskim procesima, benzen se koristi kao organsko otapalo ili kao sirovina za proizvodnju organskih kemikalija, polimera, lubrikanata, pesticida i boja. Treći po veličini izvor emisija je korištenje goriva u ložistima industrijskih objekata, kućnim ložistima i ložistima uslužnih djelatnosti. Prema Svjetskoj zdravstvenoj organizaciji (WHO) srednje godišnje koncentracije benzena u ruralnim područjima su oko 1 µgm⁻³ a u urbanim područjima kreću se u rasponu 5-20 µgm⁻³.

Mjerenja i obuhvat podataka

Mjerenja koncentracije benzena na postajama državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka u razdoblju 2011.-2015. godine provodila su se u aglomeracijama Zagreb, Osijek i Rijeka te u zonama HR 01 i HR 02. U svim zonama mjerenja se provode pomoću automatskih analizatora. Prostorni raspored postaja na području Republike Hrvatske prikazan je na slici 3.49., a obuhvat podataka u tablici 3.32.



Slika 3.49. Prostorni raspored postaja Državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka na kojima se provode mjerenja koncentracije benzena. Crnom bojom su označene gradske postaje, a zelenom - pozadinske postaje.

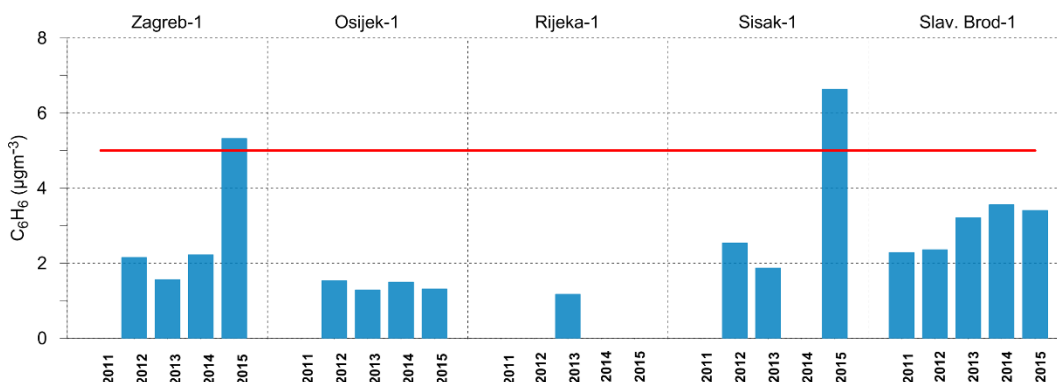
Tablica 3.32. Obuhvat podataka mjerenja koncentracija benzena na postajama državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka u razdoblju 2011.-2015. godine

Postaja	2011	2012	2013	2014	2015
Zagreb-1	61	86	90	91	97
Osijek-1	54	79	83	86	82
Rijeka-1	42	15	87		
Kopački rit					35
Sisak-1	69	77	91	50	91
Slavonski Brod-1	84	94	90	90	94
Slavonski Brod-2				46	54

Mjerenja benzena su vrlo zahtjevna budući da su mjerni instrumenti podložni čestim kvarovima, a osobito u slučajevima kada dolazi do prekida u dotoku električne energije za rad instrumenta. Zbog toga je i obuhvat podataka mjerenja za benzen uglavnom slab. U tablici 3.32. sivom bojom označene su godine i postaje s obuhvatom podataka manjim od 75 %. Obuhvat podataka je mali na početku razdoblja na skoro svim postajama. Na ruralnim postajama Desinić i Kopački rit (zona HR 01) problemi s radom instrumenta u potpunosti su onemogućili redovito provođenje mjerenja. Najbolji obuhvat podataka osiguran je na postajama Slavonski Brod-1 (sve godine imaju dobar obuhvat podataka) i Zagreb-1 (nizak obuhvat samo u 2011. godini). Postaja Slavonski Brod-2 započela je s radom 2014. godine problemi s mjernim uređajem također su onemogućili reprezentativnost mjerenja i ispunjenje uvjeta obuhvata podataka.

Analiza mjerenih vrijednosti koncentracija benzena

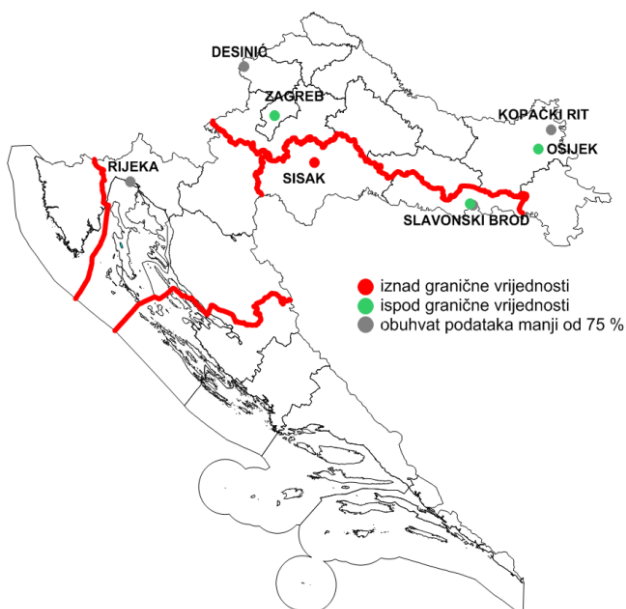
Srednje godišnje vrijednosti koncentracija benzena na analiziranim postajama sa zadovoljavajućim obuhvatom podataka prikazane su na slici 3.50. U razdoblju 2011.-2015. godine srednja godišnja vrijednost koncentracije benzena prekoračila je propisanu graničnu vrijednost od $5 \mu\text{g m}^{-3}$ u 2015. godini u zoni HR 02 (Sisak-1) i u aglomeraciji Zagreb (Zagreb-1). Izračunate srednje godišnje vrijednosti koncentracije benzena dane su u tablici 3.33., a prostorni prikaz dan je na slici 3.51.



Slika 3.50. Srednja godišnja vrijednost koncentracija benzena u razdoblju 2011.-2015. godine. Crvenom linijom označena je granična vrijednost (GV = $5 \mu\text{g m}^{-3}$).

Tablica 3.33. Srednje godišnje vrijednosti koncentracija benzena za razdoblje 2011.-2015. godine. Prekoračenja donjeg praga procjene ($2 \mu\text{g m}^{-3}$) su označene svijetlo sivom bojom, a prekoračenja gornjeg praga procjene žutom bojom ($3.5 \mu\text{g m}^{-3}$). Nedostatan obuhvat podataka označen je sa tamno sivom bojom.

Postaja	2011	2012	2013	2014	2015
Zagreb 1	2.60	2.15	1.57	2.23	5.33
Osijek 1	1.63	1.53	1.29	1.50	1.31
Rijeka 1	2.44	2.84	1.18		
Kopački rit					0.35
Sisak 1	4.35	2.54	1.87	3.46	6.63
Slavonski Brod 1	2.28	2.36	3.21	3.56	3.41
Slavonski Brod 2				1.81	1.81



Slika 3.51. Prostorni raspored postaja u državnoj mreži za trajno praćenje kvalitete zraka. Zelenom bojom označene su postaje na kojima granična vrijednost nije prekoračena u razdoblju 2011.-2015. godine, crvenom bojom postaje na kojima je granična vrijednost prekoračena, a sivom bojom postaje sa obuhvatom podataka mjerenja manjim od 75 %.

U razdoblju 2011.-2015. godine donji prag procjene srednje godišnje vrijednosti koncentracije benzena ($2 \mu\text{g m}^{-3}$) prekoračen je u zoni HR 02 na postaji Slavonski Brod-1 i. Međutim, treba napomenuti da su srednje godišnje koncentracije tijekom zadnje tri godine promatranog razdoblja na toj postaji bliske gornjem pragu procjene. Prostorni raspored postaja s prekoračenjima donjeg i gornjeg praga procjene dan je se na slici 3.52.



Slika 3.52. Prostorni prikaz postaja s obzirom na analizu donje i gornje granice procjene. Crvenom bojom označene su postaje s vrijednostima iznad gornjeg praga procjene. Žutom bojom označene su postaje s vrijednostima ispod gornjeg praga procjene. Zelenom bojom označene su postaje s vrijednostima ispod donjeg praga procjene. Sivom bojom označene su postaje na kojima nije zadovoljen kriterij obuhvata podataka.

Zaključak

Rezultati mjerenja koncentracija benzena ukazuju na osnovni problem – nedostatan obuhvat podataka, što ograničava analizu. Svi rezultati ovoga poglavlja zbog toga su problematični budući da zadovoljavajuć obuhvat podataka tijekom razdoblja 2011.-2015. ima samo postaja Slavonki Brod-1. Do prekoračenja granične vrijednosti srednje godišnje koncentracije došlo je 2015. godine na postaji Sisak-1. Donji prag procjene srednje godišnje koncentracije prekoračen je u zoni HR 02. Na temelju rezultata analize prekoračenja granične vrijednosti, te donjeg i gornjeg praga procjene, preporuča se nastavak kontinuiranih mjerenja u zoni HR 02 na postojećim postajama te u aglomeraciji Zagreb.

3.7 Ugljikov monoksid, CO

Mjerenja i obuhvat podataka

Mjerenja koncentracije ugljikovog monoksida na postajama državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka u razdoblju 2011.-2015. godine provodila su se u aglomeracijama Zagreb, Osijek i Rijeka te u zonama HR 01, HR 02 i HR 03. U svim aglomeracijama i zonama mjerenja se provode pomoću automatskih analizatora. Prostorni raspored postaja prikazan je na slici 3.53.



Slika 3.53. Prostorni raspored postaja na kojima se provode mjerenja CO. Crnom bojom su označene gradske postaje, a zelenom pozadinske postaje.

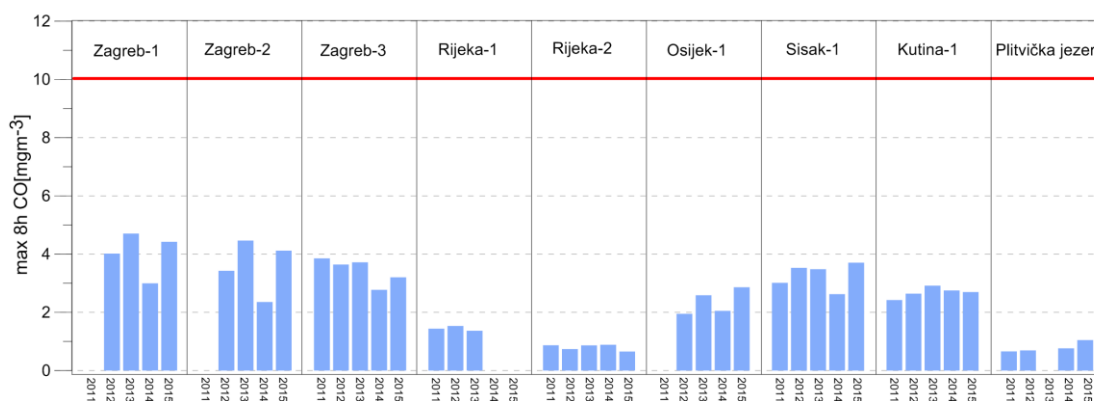
Obuhvat podataka mjerenja po godinama i postajama prikazan je u tablici 3.34. Zbog premalog obuhvata podataka rezultati mjerenja postaja Desinić (zona HR 01) nije uključena u analizu. Postaje Zagreb-1, Zagreb-2, Zagreb-3, Osijek-1 i Plitvička jezera imaju obuhvat podataka manji od 75 % tijekom 2011. godine. Postaja Slavonski Brod-2 je počela s radom u 2014. godini zbog čega je obuhvat podataka samo 14 %.

Tablica 3.34. Obuhvat podataka mjerenja satnih koncentracija CO na postajama državne mreže u razdoblju 2011.-2015. godine (%).

Postaja	2011	2012	2013	2014	2015
Zagreb-1	67	97	97	100	100
Zagreb-2	54	100	100	100	100
Zagreb-3	77	96	100	100	100
Osijek-1	61	99	94	91	99
Rijeka-1	100	100	100		
Rijeka-2	100	87	100	100	100
Desinić	34	71		17	10
Sisak-1	100	100	100	100	100
Kutina-1	100	97	83	95	95
Slavonski Brod-2				19	68
Plitvička jezera	78	86		86	91

Analiza rezultata mjerenja ugljikovog monoksida

Za ocjenu kvalitete zraka prema zahtjevima Uredbe korištena je najviša dnevna osmosatna vrijednost te vrijednosti gornje i donje granice procjenjivanja osmosatnog pomičnog srednjaka. Najviša osmosatna srednja vrijednost ugljikovog monoksida na postajama državne mreže u razdoblju 2011.-2015. ne prelazi iznos od 5 mgm⁻³. Najviše dnevne osmosatne koncentracija CO ne prelaze GV koja iznosi 10 mgm⁻³. Najviše osmosatne srednje koncentracije su prikazane na slici 3.54. i u tablici 3.35. Na slici nisu prikazani rezultati mjerenja s postaja na kojima je obuhvat podataka mjerenja bio manji od 75 %. U razdoblju 2011.-2015. godine na području Republike Hrvatske donja (5 mgm⁻³) i gornja (7 mgm⁻³) granica procjene najviše osmosatne srednje koncentracije ugljičnog monoksida nije prekoračena niti na jednoj postaji.



Slika 3.54. Najviše dnevne osmosatne koncentracije CO na postajama državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka u razdoblju od 2011.- 2015. godine. Crvenom linijom označena je granična vrijednost za CO.

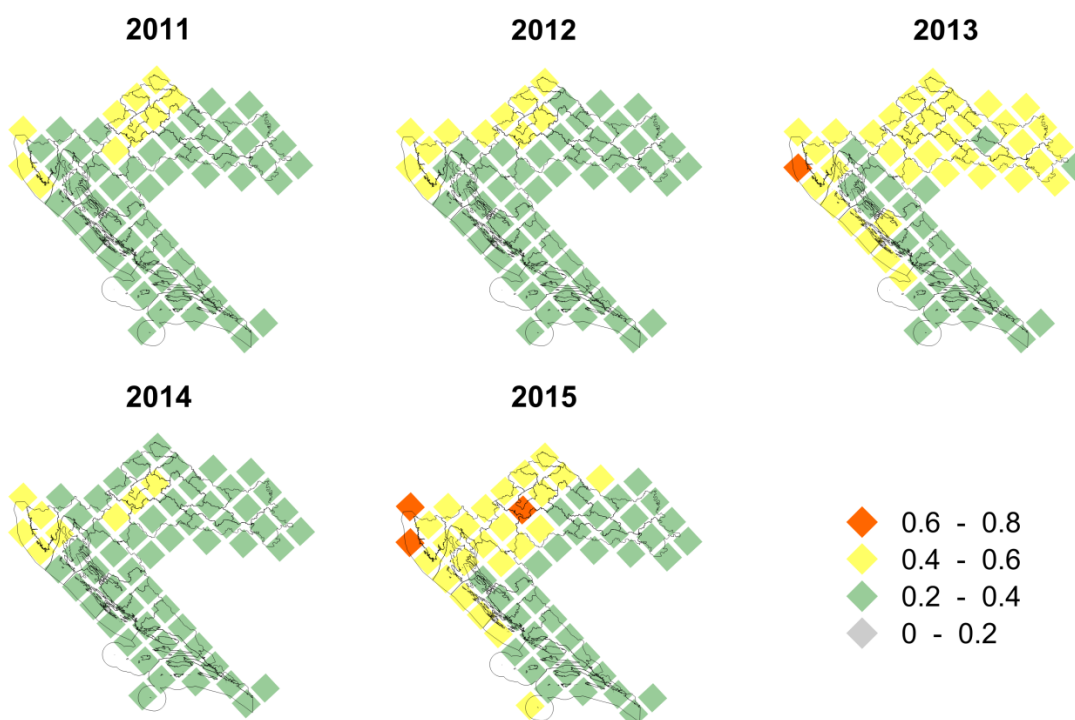
Tablica 3.35. Najviši dnevni osmosatni pomični srednjaci na razini godine dana za razdoblje 2011.-2015. godine. Sivom bojom označene su godine i postaje s obuhvatom podataka manjim od 75%.

Postaja	2011	2012	2013	2014	2015
Zagreb-1	4.00	4.02	4.71	3.00	4.43
Zagreb-2	2.54	3.43	4.46	2.35	4.12
Zagreb-3	3.85	3.64	3.72	2.77	3.20
Osijek-1	3.26	1.95	2.59	2.05	2.86
Rijeka-1	1.44	1.53	1.37		
Rijeka-2	0.87	0.74	0.87	0.89	0.65
Desinić	0.51	3.01		0.44	0.36
Sisak-1	3.01	3.53	3.48	2.63	3.70
Kutina-1	2.43	2.64	2.91	2.76	2.70
Slavonski Brod-2				3.25	4.72
Plitvička jezera	0.66	0.70		0.76	1.05

Rezultati modeliranja ugljikovog monoksida

Prostorna raspodjela najviše osmosatne srednje vrijednosti koncentracija ugljikovog monoksida, u točkama EMEP mreže gustoće 50 km x 50 km u razdoblju od 2011. do 2015. prikazan je na slici 3.55. Analiza dobivenih rezultata ukazuje da su koncentracije proračunate modelom na cijelom teritoriju RH niže od 0.8 mgm^{-3} , što je znatno niže od granične vrijednosti koja iznosi 10 mgm^{-3} kao i od donje (5 mgm^{-3}) i gornje (7 mgm^{-3}) granice procjene.

Rezultati modela, u usporedbi s rezultatima mjerenja pokazuju dobro podudaranje na pozadinskim postajama, dok su mjerene vrijednosti u aglomeracijama nekoliko puta više od modeliranih. S obzirom na rezoluciju modela, to je očekivani rezultat budući da prostorna skala mreže od 50 km ne može uzeti u obzir varijabilnost koja nastaje zbog lokalnih izvora (npr. promet).



Slika 3.55. Prostorna raspodjela najviše dnevne osmosatne srednje vrijednosti ugljikovog monoksida u razdoblju 2011.-2015. godine izračunate prema rezultatima EMEP modela.

Zaključak

U svim zonama i aglomeracijama zadovoljeni su kriteriji kvalitete zraka.

3.8 Sumporovodik, H₂S

Mjerenja i obuhvat podataka

Mjerenja koncentracije sumporovodika na postajama državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka u razdoblju 2011.-2015. godine provodila su se u zoni HR 02 na mjernim postajama Kutina-1, Sisak-1 i Slavonski Brod-1 te od 2014. godine i na postaji Slavonski Brod-2. Na svim postajama mjerenja se provode pomoću automatskih analizatora. Prostorni raspored postaja na području Republike Hrvatske prikazan je na slici 3.56.



Slika 3.56. Prostorni raspored postaja na kojima se provode mjerenja sumporovodika.

Obuhvat podataka mjerenja po godinama i postajama prikazan je u tablici 3.36. Postaja Kutina-1 ima obuhvat podataka manji od 75% tijekom 2011. godine. Postaja Slavonski Brod-2 počela je s radom u 2014. godini zbog čega je obuhvat podataka manji od 50 %.

Tablica 3.36. Obuhvat podataka mjerenja sumporovodika na postajama državne mreže u razdoblju 2011.-2015. godine (%). Sivom bojom označene su godine i postaje sa obuhvatom podataka manjim od 75 %.

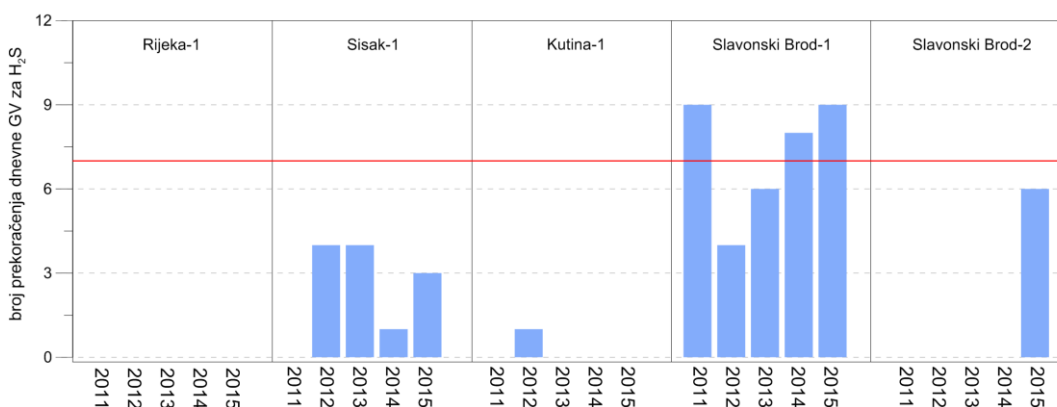
Postaja	2011	2012	2013	2014	2015
Rijeka 1	97	100	100		
Sisak 1	94	100	100	100	100
Kutina 1	55	98	81	94	95
Slavonski Brod 1	92	100	95	100	100
Slavonski Brod 2				49	96

Analiza rezultata mjerenja sumporovodika

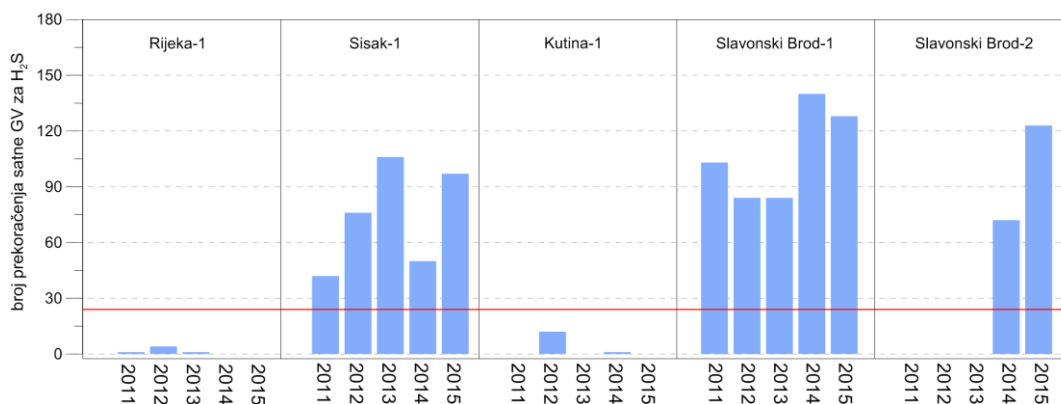
Za ocjenu kvalitete zraka prema zahtjevima Uredbe (NN 117/12) korištena je satna ($GV = 7 \mu\text{g m}^{-3}$) granična vrijednost koja ne smije biti prekoračena više od 24 puta u godini dana te dnevna granična vrijednost ($GV = 5 \mu\text{g m}^{-3}$) koja ne smije biti prekoračena više od 7 puta u godini dana. Korištene granične vrijednosti definirane su s obzirom na kvalitetu življenja i dodijavanja neugodnim mirisima. Dozvoljeni broj prekoračenja propisanih satnih graničnih vrijednosti tijekom promatranog razdoblja od 2011. do 2015. godine prekoračen je na postajama u Slavonskom Brodu i na postaji Sisak-1. Dozvoljeni broj prekoračenja propisanih srednjih dnevnih graničnih vrijednosti tijekom promatranog razdoblja prekoračen je na postaji Slavonski Brod-1. Na slikama 3.57. i 3.58. i u tablicama 3.36a. i 3.36b. prikazan je broj prekoračenja satne odnosno dnevne granične vrijednosti sumporovodika na mjernim postajama. Na slikama nisu prikazani rezultati mjerenja u godinama u kojima je obuhvat podataka mjerenja bio manji od 75 % osim ukoliko je došlo do prekoračenja dozvoljenog broja slučajeva s koncentracijama iznad propisanog praga.

Tablica 3.36a. Broj prekoračenja dnevne granične vrijednosti ($5 \mu\text{g m}^{-3}$, dozvoljeno 7) za razdoblje 2011.-2015. godine za H_2S na postajama državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka u razdoblju 2011.-2015. godine. Prekoračene vrijednosti označene su žutom bojom.

Postaja	2011	2012	2013	2014	2015
Rijeka-1	0	0	0		
Sisak-1	0	4	4	1	3
Kutina-1	0	1	0	0	0
Slavonski Brod-1	9	4	6	8	9
Slavonski Brod-2				3	6



Slika 3.57. Broj prekoračenja dnevne GV za sumporovodik na postajama državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka u razdoblju 2011.-2015. godine. Crvenom linijom označen je dozvoljen broj prekoračenja (7).



Slika 3.58. Broj prekoračenja satne GV za sumporovodik na postajama državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka u razdoblju 2011.-2015. godine. Crvenom linijom označen je dozvoljen broj prekoračenja (24).

Tablica 3.36b. Broj prekoračenja satne granične vrijednosti ($7 \mu\text{g m}^{-3}$, dozvoljeno 24) za razdoblje 2011.-2015. godine za H_2S na postajama Državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka u razdoblju 2011.-2015. godine. Prekoračene vrijednosti označene su žutom bojom.

Postaja	2011	2012	2013	2014	2015
Rijeka-1	1	4	1		
Sisak-1	42	76	106	50	97
Kutina-1	1	12	0	1	0
Slavonski Brod-1	103	84	84	140	128
Slavonski Brod-2				*72	123

Na lokalnoj postaji Zagreb-Jakuševac također su izmjerena prekoračenja satnih vrijednosti u naselju udaljenom manje od 1 km od odlagališta otpada. Broj prekoračenja od rujna do prosinca 2014. godine bilo je 114., a u 2015. godini iznosio je 335. Prekoračenja propisanih srednjih dnevnih vrijednosti nije bilo kroz 3 mjeseca 2014. godine, ali je bilo 32 prekoračenja 2015. godine.

Zaključak

Kriterij kvalitete zraka s obzirom na kvalitetu življenja u odnosu na sumporovodik nije zadovoljen u zoni HR 02 (Sisak-1, Slavonski Brod-1) te u neposrednoj blizini lokacije odlagališta otpada Jakuševac u Zagrebu.

3.9 Amonijak, NH₃

Mjerenja i obuhvat podataka

Mjerenja koncentracije amonijaka u razdoblju 2011.-2015. godine provodila su se u zoni HR 02 na postaji Kutina-1 pomoću automatskog analizatora. Obuhvat podataka prikazan je tablici 3.37. Na mjestnoj postaji Kutina-1 obuhvat podataka bio je veći od 75 % u 2014. i 2015. godini. Uzrok niskom obuhvatu podataka je dotrajnost instrumenta zbog čega dolazi do učestalih kvarova i do velike nesigurnosti mjerenja. Instrument se nastoji držati u funkcionalnom stanju međutim pouzdanost rezultata mjerenja je upitna.

Tablica 3.37. Obuhvat podataka mjerenja satnih koncentracija amonijaka (%) i broj prekoračenja srednje dnevne vrijednosti koncentracija (100 µg m⁻³, dozvoljeno 7) na postaji Kutina-1. Prekoračene vrijednosti označene su žutom bojom. Sivom bojom su označene godine s obuhvatom podataka manjim od 75 %.

Postaja	2011	2012	2013	2014	2015
Obuhvat podataka	20	62	73	78	90
Broj prekoračenja	4	0	*8	2	6

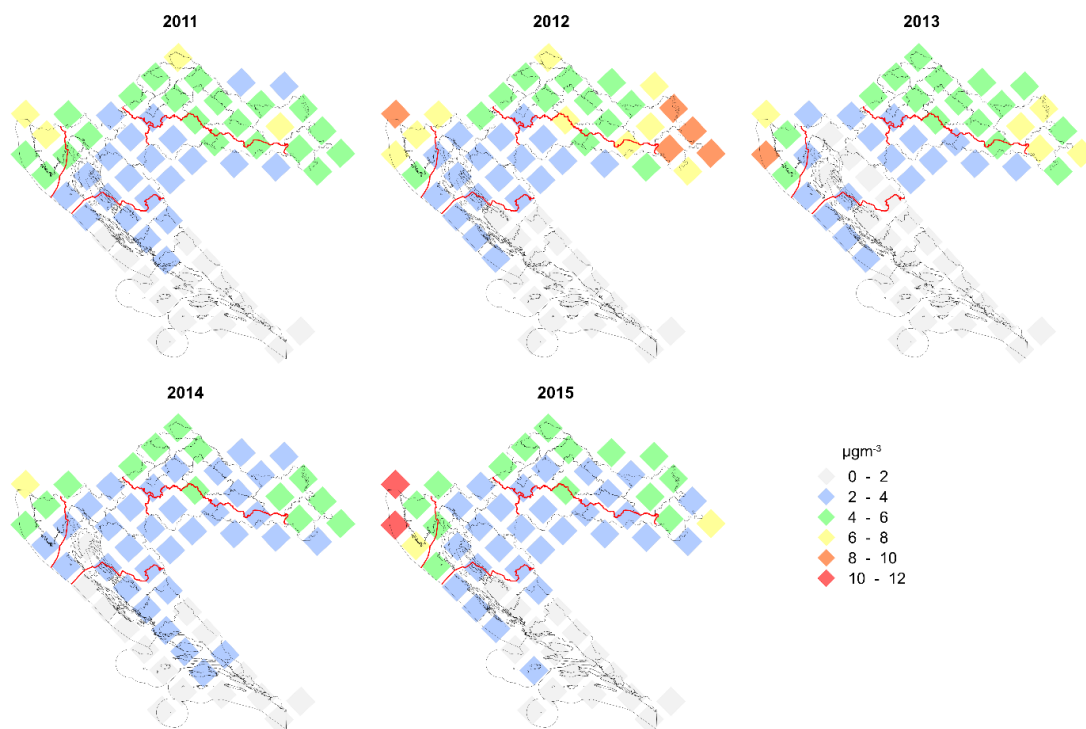
* obuhvat podataka manji od 75 %

Analiza rezultata mjerenja amonijaka

Za ocjenu kvalitete zraka prema zahtjevima Uredbe (NN 117/12) korišten je kriterij za srednju dnevnu graničnu vrijednost koncentracija koji iznosi 100 µg m⁻³ i ne smije biti prekoračen više od 7 puta tijekom kalendarske godine. Granična vrijednost za amonijak definirana je s obzirom na kvalitetu življenja (dodijavanje mirisom). Unatoč niskom obuhvatu podataka, broj dozvoljenih prekoračenja srednje dnevne koncentracije prekoračen je 2013. godine.

Rezultati modeliranja amonijaka

Prostorna raspodjela maksimalne dnevne vrijednosti koncentracija amonijaka, u točkama EMEP mreže gustoće 50 km x 50 km u razdoblju od 2011. do 2015. prikazan je na slici 3.59. Analiza dobivenih rezultata ukazuje da su koncentracije proračunate modelom na cijelom teritoriju RH niže od 12 µg m⁻³ što je znatno ispod propisane granične vrijednosti koja iznosi 100 µg m⁻³. Međutim, treba istaknuti da su emisije amonijaka u velikoj mjeri izazvane lokalnim izvorima onečišćenja što model regionalne skale nije u mogućnosti na odgovarajući način uključiti u proračune. Zbog toga su rezultati modela primjereni za ruralna područja gdje su i izvori emisije manji po intenzitetu ali raspoređeni na puno većem prostoru (poljoprivredne i stočarske farme, proizvodnja hrane i sl.).



Slika 3.59. Prostorna raspodjela maksimalne srednje dnevne koncentracije amonijaka u razdoblju 2011.-2015. godine na području Republike Hrvatske.

Zaključak

Kriterij kvalitete zraka s obzirom na kvalitetu življenja u odnosu na amonijak nije zadovoljen u zoni HR 02.

3.10 Teški metali: olovo (Pb), arsen (As), kadmij (Cd), i nikal (Ni)

Analiza rezultata mjerenja teških metala

Koncentracije teških metala u lebdećim česticama PM₁₀ u razdoblju 2011.-2015. godine analizirale su se na postajama Zagreb-1, Zagreb-3, Rijeka-1, Sisak-1 i Slavonski Brod-1. Na svim postajama obuhvat podataka mjerenja veći je od 90%. Prostorni raspored postaja na području Republike Hrvatske prikazan je na slici 3.60. Propisane srednje godišnje vrijednosti koncentracija dane su u tablici 3.38., a rezultati mjerenja u tablicama 3.39.-3.44.

Tablica 3.38. Granične vrijednosti srednjih godišnjih koncentracija teških metala i benzo(a)pirena u lebdećim česticama prema Uredbi o razinama onečišujućih tvari u zraku (NN 117/12).

Onečišujuća tvar	kadmij	olovo	nikal	arsen	Benzo(a)piren
Granična vrijednost u ngm ⁻³	5	500	20	6	1



Slika 3.60. Prostorni raspored postaja na kojima se provode mjerenja teških metala i benzo(a)pirena.

Analiza sadržaja olova u lebdećim česticama počela se sustavno provoditi 2015. godine dok su mjerenja na postaji Rijeka-1 ukinuta nakon 2012. godine. Nije bilo prekoračenja niti propisanih graničnih vrijednosti niti pragova procjene.

Tablica 3.39. Srednje godišnje vrijednosti koncentracija **olova** za razdoblje 2011.-2015. godine. Donji prag procjene iznosi 250 ngm⁻³, a gornji 350 ngm⁻³.

Postaja	2011	2012	2013	2014	2015
Zagreb-1					3.6
Zagreb-3					4.6
Rijeka-1		5.9			
Sisak-1					8.3
Slavonski Brod-1					9.5

Analiza sadržaja arsena u lebdećim česticama provodila se tijekom cijelog razdoblja na postajama Zagreb-1 i Sisak-1 dok su mjerenja na postaji Rijeka-1 ukinuta nakon 2012. godine. Mjerenja na postaji Slavonski Brod-1 uspostavljena su 2015. godine. Nije bilo prekoračenja niti propisanih graničnih vrijednosti niti pragova procjene.

Tablica 3.40. Srednje godišnje vrijednosti koncentracija **arsena** za razdoblje 2011.-2015. godine. Donji prag procjene iznosi 2.4 ngm^{-3} , a gornji 3.6 ngm^{-3} .

Postaja	2011	2012	2013	2014	2015
Zagreb-1	0.50	0.33		0.19	0.27
Zagreb-3					0.31
Rijeka-1		0.34			
Sisak-1	1.31	0.93	0.83	0.82	0.71
Slavonski Brod-1					1.21

Analiza sadržaja kadmija u lebdećim česticama provodila se tijekom cijelog razdoblja na postajama Zagreb-1 i Sisak-1 dok su mjerenja na postaji Rijeka-1 ukinuta nakon 2012. godine. Mjerenja na postaji Slavonski Brod-1 uspostavljena su 2015. godine. Nije bilo prekoračenja niti propisanih graničnih vrijednosti niti pragova procjene.

Tablica 3.41. Srednje godišnje vrijednosti koncentracija **kadmija** za razdoblje 2011.-2015. godine. Donji prag procjene iznosi 2 ngm^{-3} , a gornji 3 ngm^{-3} .

Postaja	2011	2012	2013	2014	2015
Zagreb-1	0.24	0.12		0.52	0.12
Zagreb-3					0.15
Rijeka-1		0.14			
Sisak-1	0.44	0.33	0.28	0.30	0.31
Slavonski Brod-1					0.35

Analiza sadržaja nikla u lebdećim česticama provodila se tijekom cijelog razdoblja na postajama Zagreb-1 i Sisak-1 dok su mjerenja na postaji Rijeka-1 ukinuta nakon 2012. godine. Mjerenja na postaji Slavonski Brod-1 uspostavljena su 2015. godine. Nije bilo prekoračenja niti propisanih graničnih vrijednosti niti pragova procjene.

Tablica 3.42. Srednje godišnje vrijednosti koncentracija **nikla** za razdoblje 2011.-2015. godine. Donji prag procjene iznosi 10 ngm^{-3} , a gornji 14 ngm^{-3} .

Postaja	2011	2012	2013	2014	2015
Zagreb-1	1.19	0.50		0.58	0.31
Zagreb-3					0.35
Rijeka-1		3.12			
Sisak-1	8.66	6.43	7.67	3.80	4.19
Slavonski Brod-1					3.74

3.11 Benzo(a)piren, B(a)P

Analiza rezultata mjerenja teških metala i benzo(a)pirena

Analiza sadržaja benzo(a)pirena u lebdećim česticama provodila se tijekom cijelog razdoblja na postajama Zagreb-1 i Sisak-1 dok su mjerenja na postaji Rijeka-1 ukinuta nakon 2012. godine. Mjerenja na postaji Slavonski Brod-1 uspostavljena su 2015. godine.

Koncentracije benzo(a)pirena, bilo da se radi o srednjoj godišnjoj vrijednosti ili pragovima procjene ne zadovoljavaju kriterije propisane Uredbom niti na jednoj postaji osim Rijeke-1. Rezultati analize prikazani su u tablicama 3.43. i 3.44. te na slikama 3.61. i 3.62. Nadalje, iz slike 3.61. i tablice 3.43. vidljivo je da su koncentracije benzo(a)pirena u porastu i u Zagrebu i u Sisku, dok je maksimalna godišnja vrijednost na cijelom teritoriju Republike Hrvatske izmjerena u Slavonskom Brodu. Izmjerene srednje godišnje koncentracije benzo(a)pirena na svim postajama, osim na postaji Rijeka-1, prekoračile su propisanu ciljnu vrijednost od 1 ngm^{-3} .

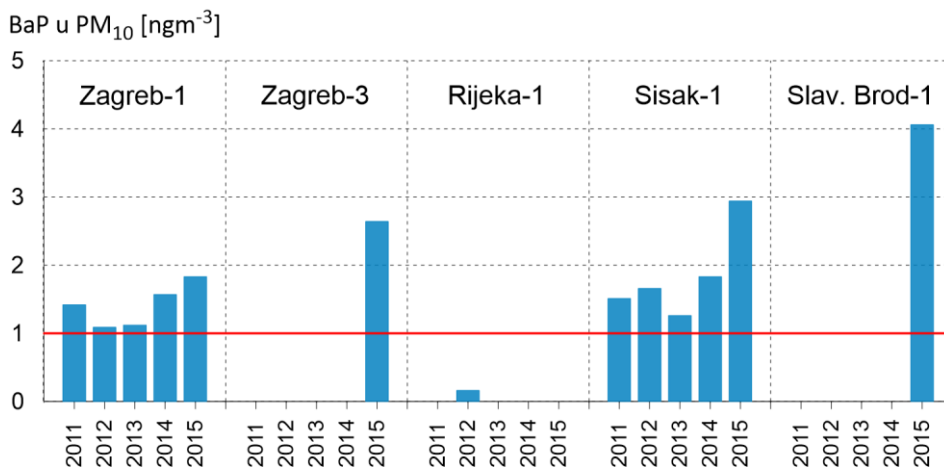
Iz tablice 3.44. i slike 3.62. vidljivo je da su koncentracije benzo(a)pirena prekoračile gornji prag procjene, ujedno i donji prag procjene, na svim postajama na kojima se provode mjerenja benzo(a)pirena, osim na postaji Rijeka-1. Na postajama Zagreb-3 i Slavonski Brod-1 postoje mjerenja za manje od tri godine u promatranom petogodišnjem razdoblju, zbog toga se na tim postajama ne mogu primjeniti kriteriji za ocjenu prekoračenja pragova procjene.

Tablica 3.43. Srednje godišnje vrijednosti koncentracija **benzo(a)pirena** za razdoblje 2011.-2015. godine. Srednje godišnje vrijednosti koje su prekoračile ciljnu vrijednost od 1 ngm^{-3} označene su žutom bojom. Sivom bojom označene su godine s obuhvatom podataka manjim od 75 %.

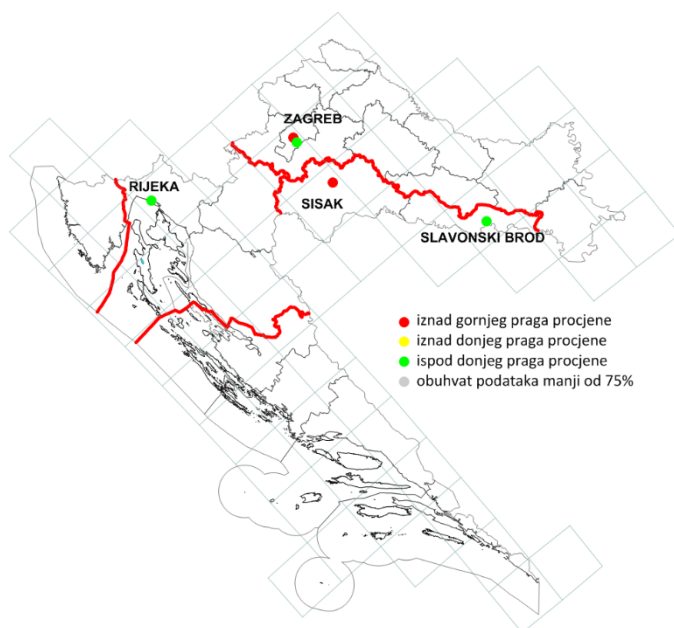
Postaja	2011	2012	2013	2014	2015
Zagreb-1	1.42	1.09	1.12	1.57	1.83
Zagreb-3				2.54	2.64
Rijeka-1		0.16			
Sisak-1	1.51	1.66	1.26	1.83	2.94
Slavonski Brod-1					4.06

Tablica 3.44. Srednje godišnje vrijednosti koncentracija **benzo(a)pirena** za razdoblje 2011.-2015. godine. Donji prag procjene iznosi 0.4 ngm^{-3} , a gornji 0.6 ngm^{-3} . Sivom bojom označene su godine s obuhvatom podataka manjim od 75 %, a žutom godine u kojima je došlo do prekoračenja gornjeg (i donjeg) praga procjene.

Postaja	2011	2012	2013	2014	2015
Zagreb 1	1.42	1.09	1.12	1.57	1.83
Zagreb 3				2.54	2.64
Rijeka 1		0.16			
Sisak 1	1.51	1.66	1.26	1.83	2.94
Slavonski Brod 1					4.06



Slika 3.61. Srednje godišnje vrijednosti koncentracija benzo(a)pirena u razdoblju 2011.-2015. Crvenom linijom označena je propisana ciljna vrijednost za benzo(a)piren (ngm^{-3}).



Slika 3.62. Rezultati analize gornjeg i donjeg praga procjene za benzo(a)piren na raspoloživim mjernim mjestima na prostoru Republike Hrvatske. Postaje na kojima su mjerenja ispod donjeg praga procjene označene su zelenom bojom, iznad donjeg praga procjene žutom, a one na kojima su mjerenja iznad gornjeg praga procjene crvenom bojom.

Zaključak

Sadržaj olova, arsena, kadmija i nikla u lebdećim česticama zadovoljava kriterije propisane Uredbom o razinama onečišćujućih tvari u zraku, kao i kriterije s obzirom na gornje i donje pragove procjenjivanja.

Međutim, koncentracije benzo(a)pirena, bilo da se radi o srednjoj godišnjoj vrijednosti ili pragovima procjene ne zadovoljavaju kriterije propisane Uredbom niti na jednoj postaji osim Rijeke-1.

Nadalje, koncentracije benzo(a)pirena su u porastu u Zagrebu i Sisku, dok je maksimalna godišnja vrijednost izmjerena u Slavonskom Brodu.

4. Literatura

Ocjena kvalitete zraka na teritoriju Republike Hrvatske u razdoblju 2006.-2010. godine prema EU direktivi 2008/50/EC, DHMZ, 2013.

Procjena mjernih postaja u svrhu uključivanja u mrežu za ocjenu sukladnosti primjenom metričkih metoda, DHMZ, 2012.

Analiza mikrolokacija i mjerne opreme mjernih postaja za mjerenje kvalitete zraka, DHMZ, 2012.

Prijedlog mreže za praćenje kvalitete zraka u Republici Hrvatskoj prema zahtjevima Direktiva 2008/50/EC i 2004/107/EC, DHMZ, 2012.

Objektivna ocjena kvalitete zraka u zonama Republike Hrvatske za 2012. godinu, DHMZ, 2013.

Objektivna ocjena kvalitete zraka u zonama Republike Hrvatske za 2013. godinu, DHMZ, 2014.

Objektivna ocjena kvalitete zraka u zonama Republike Hrvatske za 2014. godinu, DHMZ, 2015.

Objektivna ocjena kvalitete zraka u zonama Republike Hrvatske za 2015. godinu, DHMZ, 2016.

Godišnje izvješće o praćenju kvalitete zraka na području RH za 2011. godinu, AZO, 2012.

Godišnje izvješće o praćenju kvalitete zraka na području RH za 2012. godinu, AZO, 2013.

Godišnje izvješće o praćenju kvalitete zraka na području RH za 2013. godinu, HAOP, 2014.

Godišnje izvješće o praćenju kvalitete zraka na području RH za 2014. godinu, HAOP, 2015.

Godišnje izvješće o praćenju kvalitete zraka na području RH za 2015. godinu, HAOP, 2016.

Elaborat o mogućnostima postizanja ciljanog smanjenja izloženosti na nacionalnoj razini na temelju pokazatelja prosječne izloženosti za PM_{2,5} za 2015. godinu, IMI-P-377/2016, listopad 2015.

Zakon o zaštiti zraka (NN 130/11) s izmjenama i dopunama (47/14 i 61/2017),

Uredba o određivanju zona i aglomeracija prema razinama onečišćenosti zraka na teritoriju Republike Hrvatske (NN 1/14),

Uredba o razinama onečišćujućih tvari u zraku (NN 117/12),

Pravilnik o praćenju kvalitete zraka (NN 79/17),

Pravilnik o uzajamnoj razmjeni informacija i izvješćivanju o kvaliteti zraka i obvezama za provedbu Odluke Komisije 2011/850/EU (NN 3/16),

Uredba o utvrđivanju popisa mjernih mjesta za praćenje koncentracija pojedinih onečišćujućih tvari u zraku i lokacija mjernih postaja u državnoj mreži za trajno praćenje kvalitete zraka (NN 65/16),

Program mjerenja razine onečišćenosti zraka u državnoj mreži za trajno praćenje kvalitete zraka (NN 73/16).

The EMEP MSC-W chemical transport model – technical description, D. Simpson, A. Benedictow, H. Berge, R. Bergström, L. D. Emberson, H. Fagerli, C. R. Flechard, G. D. Hayman, M. Gauss, J. E. Jonson, M. E. Jenkin, A. Nyíri, C. Richter, V. S. Semeena, S. Tsyro, J.-P. Tuovinen, Á. Valdebenito, and P. Wind, *Atmos. Chem. Phys.*, 12, 7825-7865, 2012, *Atmospheric Chemistry and Physics Special Issue "EMEP – an integrated system of models and observations in support of European air quality and policy"* Editor(s): A. S. H. Prevot, D. Simpson, M. Sutton, H. C. Hansson, and M. Beekmann

Modelling Air Pollution: The EMEP model, Fagerli, H., and Wind, P., *META*, 2011, 4, 20-23

Illustrating the benefit of using hourly monitoring data on secondary inorganic aerosol and its precursors for model evaluation, M. Schaap, R. P. Otjes, and E. P. Weijers, *Atmos. Chem. Phys.*, 11, 11041-11053, 2011

Atmospheric composition change - global and regional air quality, Monks, P., Simpson, D., et al., Atmos. Environ., 43, 5268–5350, doi:DOI:10.1016/j.atmosenv.2009.08.021, 2009.

„EMEP Unified Model“ long description of model, Model Documentation System, European Topic Centre on Air Pollution and Climate Change Mitigation.

High Resolution Environmental Modelling and Evaluation Programme for Croatia (EMEP4HR) - Project description, Jeričević A., L. Kraljević, S. Vidič and L. Tarrasón, Geofizika Vol, 24, 137-143, (2007)

Application of EMEP Unified model on regional scale – EMEP4HR, Kraljević, L., D. Belušić, Z. B. Klaić, A. C. Benedictow, H. Fagerli, B. Grisogono, A. Jeričević, D. Mihajlović, K. Špoler Čanić, L. Tarrasón, S. Valiyaveetil, D. Vešligaj, S. Vidič, 2008, Croatian Meteorological Journal, 43, 151.

Directive 2008/50/EC, Official Journal of the European Union, 2008, L 152/1

Directive 2004/107/EC, Official Journal of the European Union, 2004, L 337/13

Directive 2015/1480 of 28 August 2015 amending several annexes to Directives 2004/107/EC and 2008/50/EC, Official Journal of the European Union, 2015, L 226/4

COMMISSION IMPLEMENTING DECISION of 12 December 2011 laying down rules for Directives 2004/107/EC and 2008/50/EC as regards the reciprocal exchange of information and reporting on ambient air quality, Official Journal of the European Union, 2011, L 335/86

Guidance on Assessment Under the EU Air Quality Directives, Final Draft, October 2000, European Commission/DG Environment, 2001, pp. 54., http://ec.europa.eu/environment/air/quality/legislation/pdf/IPR_guidance1.pdf

Guidance on the Commission Implementing Decision laying down rules for Directives 2004/107/EC and 2008/50/ as regards the reciprocal exchange of information and reporting on ambient air (Decision 2011/850/EU), 15 July 2013, Part I & II., http://ec.europa.eu/environment/air/quality/legislation/pdf/IPR_guidance1.pdf

5. Prilog 1: Koncentracije aniona i kationa u lebdećim česticama PM_{2.5}

Sumarni statistički podaci 24-satnih koncentracija aniona Cl⁻, NO₃⁻ i SO₄²⁻ i kationa Na⁺, NH₄⁺, K⁺, Mg²⁺ i Ca²⁺ u frakciji lebdećih čestica PM_{2.5} u zraku izmjereni tijekom 2015. godine na postajama Zagreb-PPI2,5 i Plitvička jezera državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka. prikazani su u tablici u nastavku.

Koncentracije iona u lebdećim česticama (i oborini) daju informaciju o kemijskim procesima u atmosferi i potencijalu za stvaranje sekundarnih polutanata, odnosno njihovom prijenosu na velike udaljenosti. Iz pregleda srednjih vrijednosti je vidljivo da i u gradskim uvjetima i na pozadinskim postajama postoje podjednako izraženi uvjeti za stvaranje sekundarnih spojeva koji utječu na zakiseljavanje i eutrofikaciju okoliša (visoke vrijednosti sulfata, nitrata i amonij iona). Srednje vrijednosti su na Plitvicama manje za sve ione osim magnezija i natrija što može biti posljedica prijenosa morskih soli u aerosolima na postaju Plitvice koja je bliža morskoj obali. Koncentracije nitrata su u Zagrebu četiri puta više nego u ruralnoj sredini, što može biti posljedica velike emisije dušikovih spojeva (promet), dok je razlika u koncentracijama sulfata i amonij iona znatno manja.

U gradskim uvjetima ovo onečišćenje će znatno utjecati na propadanje materijala (fasada na zgradama, spomenika i sl.), dok će se u ruralnoj sredini učinci pratiti na vegetaciji i biljnom pokrovu.

Sumarni statistički podaci koncentracija aniona i kationa u frakciji lebdećih čestica PM_{2.5}

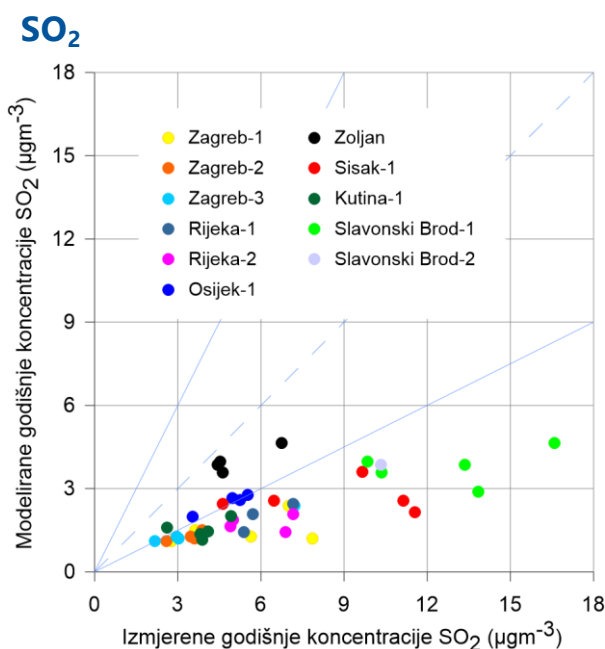
Koncentracije aniona i kationa u lebdećim česticama PM _{2.5}					
Zona/Agglomericija	Mjerna postaja	Onečišćujuća tvar	OP %	C sr. god.	Cmax
HR ZG	Zagreb-PPI 2.5	Cl ⁻	99.7	0.055	2.30
HR 03	Plitvička jezera		100.0	0.006	0.10
HR ZG	Zagreb-PPI 2.5	NO ₃ ⁻	99.7	1.754	21.21
HR 03	Plitvička jezera		100.0	0.416	6.85
HR ZG	Zagreb-PPI 2.5	SO ₄ ²⁻	99.7	2.361	11.23
HR 03	Plitvička jezera		100.0	1.739	11.53
HR ZG	Zagreb-PPI 2.5	Na ⁺	99.7	0.036	0.27
HR 03	Plitvička jezera		100.0	0.051	0.87
HR ZG	Zagreb-PPI 2.5	NH ₄ ⁺	99.7	1.537	9.11
HR 03	Plitvička jezera		100.0	0.896	5.93
HR ZG	Zagreb-PPI 2.5	K ⁺	99.5	0.193	1.59
HR 03	Plitvička jezera		100.0	0.075	0.54
HR ZG	Zagreb-PPI 2.5	Mg ²⁺	99.5	0.008	0.06
HR 03	Plitvička jezera		100.0	0.011	0.24
HR ZG	Zagreb-PPI 2.5	Ca ²⁺	99.7	0.103	1.73
HR 03	Plitvička jezera		100.0	0.074	0.68

6. Prilog 2: Usporedba rezultata mjerenja i modeliranja

Za potrebe ocjene kvalitete zraka na cijelom teritoriju Republike Hrvatske, osim rezultata mjerenja primijenjeni su i rezultati regionalnog modela EMEP kojim su koncentracije onečišćujućih tvari proračunate na prostornoj mreži veličine 50 km x 50 km s obzirom da nismo raspolagali podacima emisijama onečišćujućih tvari na skali finije rezolucije (npr. 10 km x 10 km).

Prostorna skala u velikoj mjeri određuje i mogućnost primjene modeliranja u svrhu ocjene onečišćenja. Tako je npr. nemoguće model koristiti za ocjenu onečišćenja u gradovima i aglomeracijama gdje je ovisnost o lokalnim emisijama velika. Nasuprot tome, rezultati modela su prihvatljivi u usporedbi s mjerenjima na regionalnoj skali budući da i same vrijednosti mjerenih koncentracija više ovise o regionalnom i daljinskom prijenosu onečišćenja nego o lokalnom. To je osobito vidljivo na grafovima usporedbe mjerenih i modeliranih vrijednosti koncentracija lebdećih čestica na ruralnim postajama budući da smo za usporedbu raspolagali dovoljnim brojem lokacija i podataka mjerenja.

U nastavku su grafički prikazani rezultati analize modeliranih i mjerenih vrijednosti po onečišćujućim tvarima.

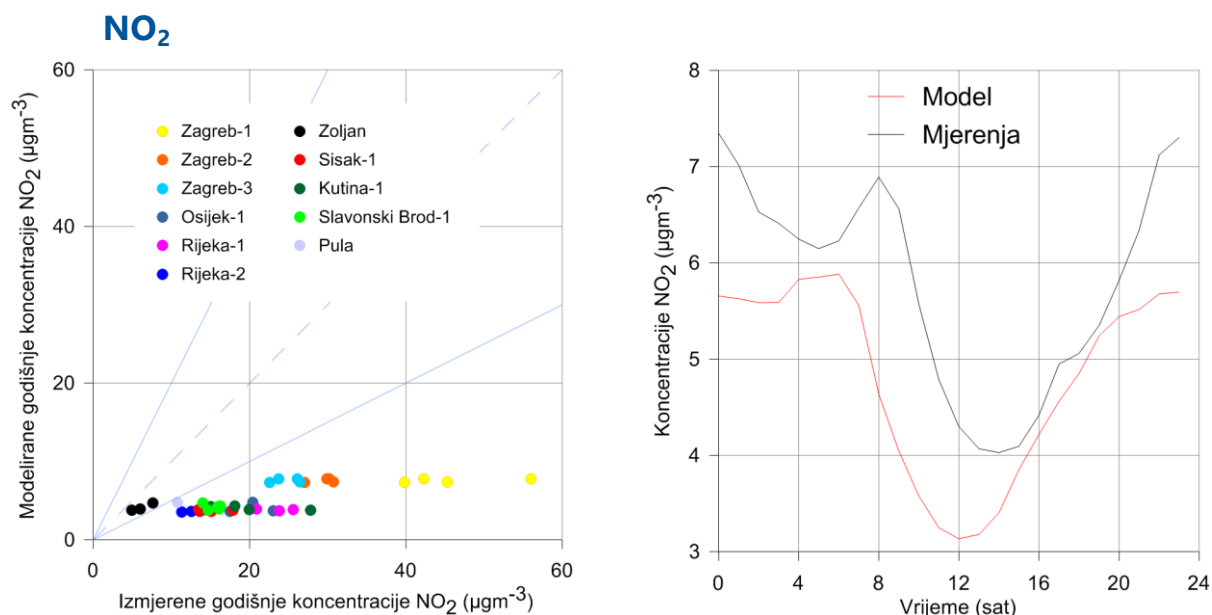


Na grafu je dana usporedba mjerenih i modeliranih godišnjih vrijednosti koncentracija sumporovog dioksida za razdoblje 2011-2015. godine.

Općenito, mjerene vrijednosti su na donjoj granici prihvaćanja modela za postaje Osijek-1, Kutina-1 i Zagreb-3 u pojedinim godinama, ali općenito ne zadovoljavaju traženi kriterij od 50% nesigurnosti.

To je očekivano budući da model nije predviđen za ocjenu razina onečišćenja u gradskim uvjetima.

Jedina postaja koja zadovoljava tražene uvjete je Zoljan koja ima karakteristike dominantno ruralne postaje te zbog toga i model s odgovarajućom točnošću za tu točku mreže daje rezultate usporedive s mjerenjima.

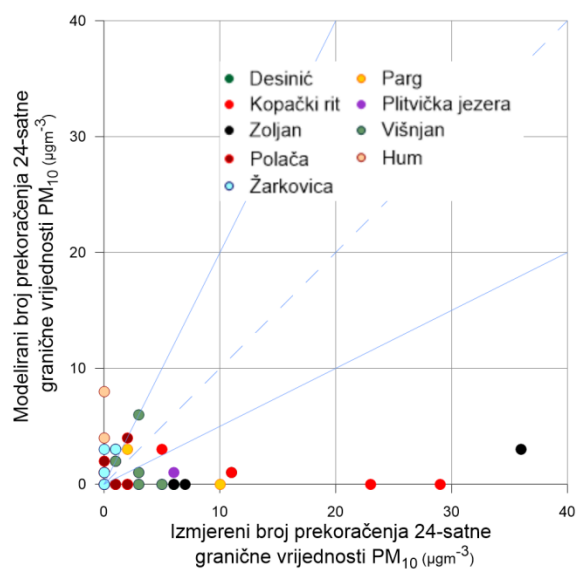
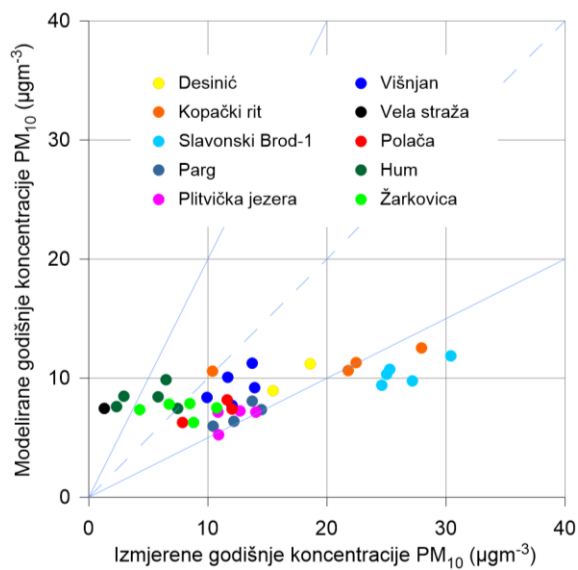


Kao i u slučaju usporedbe srednjih godišnjih koncentracija sumporovog dioksida, jednaki zaključci vrijede i za dušikove okside, samo su još izraženiji. Na lijevom grafu se vidi kako prometna lokacija Zagreb-1 u potpunosti odskaka od ostalih postaja s jedne strane, ali i od rezultata modela. I u ovome slučaju je postaja Zoljan unutar očekivanih vrijednosti koncentracija koje su međusobno usporedive na skali modela 50 km. Na desnom grafu je prikazan prosječan dnevni hod modeliranih i mjerenih vrijednosti koncentracija koji također pokazuje dobro poklapanje s time da u prijedpodnevnim satima postoji malo podcjenjivanje modela u odnosu na mjerenja, dok su u poslijepodnevnim satima krivulje gotovo podudarne. Može se reći da za ruralnu postaju rezultati modela zadovoljavaju tražene kriterije.

PM₁₀

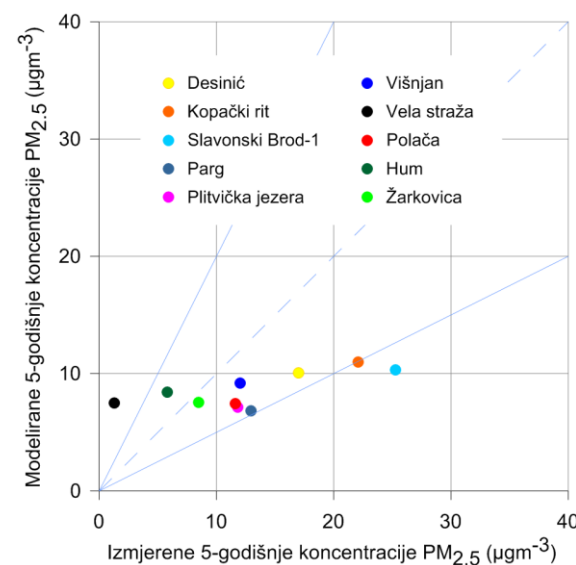
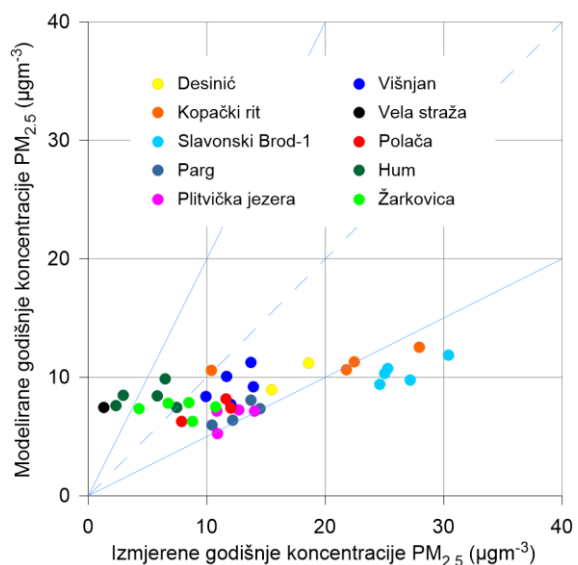
Na grafovima u nastavku dane su usporedne vrijednosti koncentracija PM₁₀ (lijevo) i broja prekoračenja srednje dnevne granične vrijednosti (50 µgm⁻³). Na svim ruralnim postajama su dobiveni rezultati mjerenja i modela usporedivi. Odstupanja su zabilježena na Veloj straži (mali broj podataka) i na postaji Hum (tijekom 2 godine). Kopački rit je većim dijelom u zoni prihvaćanja, dok je Slavonski Brod-1 izvan zone prihvaćanja što je i očekivano s obzirom na jaki utjecaj lokalnog onečišćenja na području Slavonskoga Broda.

Želimo li usporediti vrijednosti prekoračenja dobivene mjerenjima i modeliranjem vidimo da je to gotovo nemoguće, odnosno model ne može reproducirati taj kriterij. I to je očekivano budući da modelirane vrijednosti u pravilu dobro procjenjuju srednje vrijednosti koncentracija a slabije epizodne i visoke vrijednosti koncentracija.

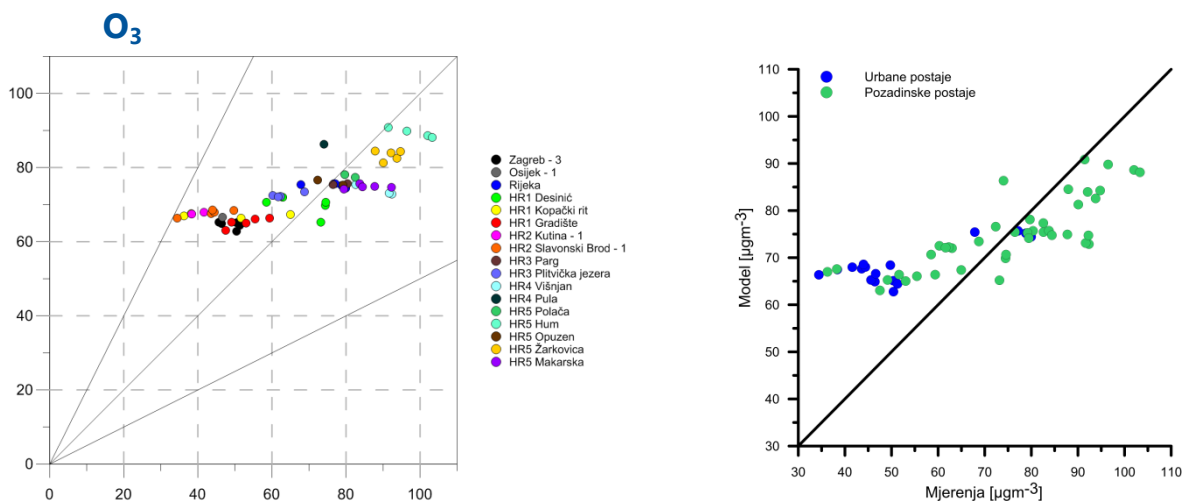


I u slučaju broja prekoračenja, odstupanja su značajna za gradske postaje dok su modelirane vrijednosti za ruralne postaje bliže vrijednostima mjerenja.

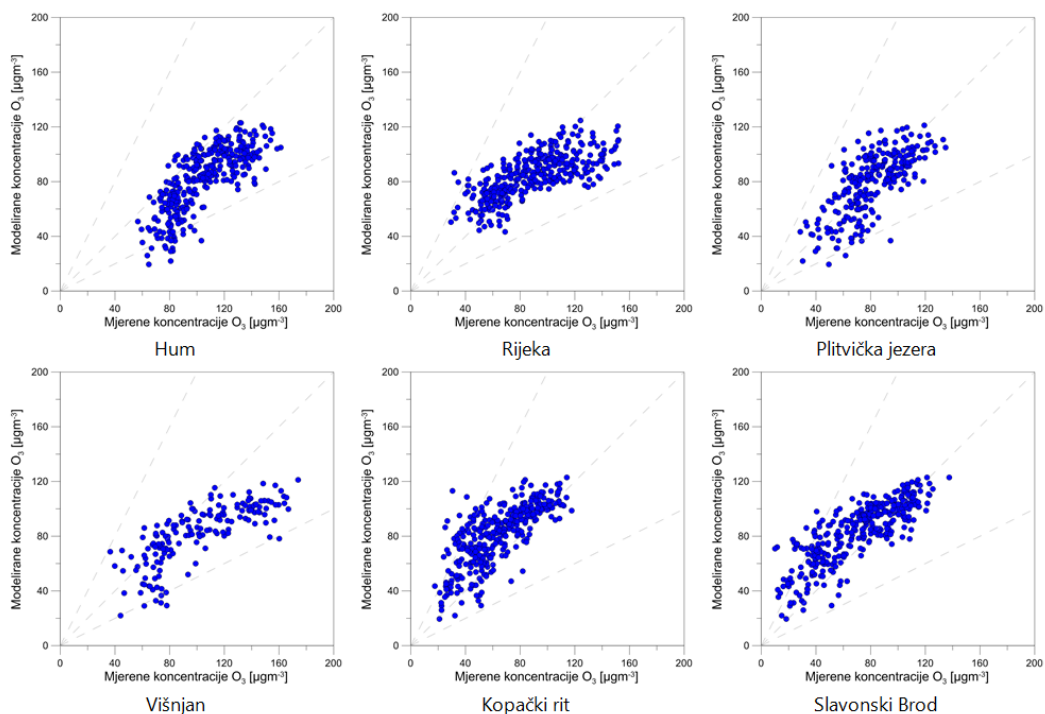
PM_{2.5}



Srednje vrijednosti koncentracija lebdećih čestica PM_{2.5} gotovo u cijelosti zadovoljava tražene kriterije nesigurnosti. Odstupa postaja Slavonski Brod, Kopački rit je na donjoj granici prihvaćanja a i vrijednosti modela za Hum su nepto više od mjerenih vrijednosti. Međutim, 90% vrijednosti je unutar granica nesigurnosti pa su rezultati modela prihvatljivi.



Usporedba mjerenih i modeliranih vrijednosti koncentracija ozona pokazuje da su i gradske i pozadinske postaje unutar granica prihvatljivosti na razini godišnje srednje vrijednosti. Na gornjim grafovima je dana usporedba gradskih i pozadinskih postaja iz koje se vidi da su modelirane vrijednosti za pozadinske postaje najvećim dijelom bliske mjerenima uz pravac podudaranja 1:1. Pogledamo li grafove u nastavku, vidjet ćemo da su vrijednosti maksimalnih 8-satnih pomičnih srednjaka u cijelosti unutar zone prihvaćanja rezultata modela što je i očekivano budući da je ozon parametar regionalnog onečišćenja tako da je regionalna skala od 50 km zadovoljavajuća.



7. Prilog 3: Popis slika i tablica

Popis slika

Slika 1.1. Shematski prikaz provjere kvalitete podataka automatskih mjerenja (SO ₂ , NO ₂ , PM ₁₀ , PM _{2.5}) i mogućnosti njihove primjene za ocjenu kvalitete zraka	19
Slika 2.2. Shematski prikaz provjere kvalitete podataka automatskih mjerenja (ozon) i mogućnosti njihove primjene za ocjenu kvalitete zraka	25
Slika 3.1. Lokacije mjernih postaja na kojima se mjere koncentracije sumporovog dioksida.	35
Slika 3.2. Broj prekoračenja satnih graničnih vrijednosti koncentracija sumporovog dioksida s obzirom na zaštitu zdravlja ljudi u razdoblju 2011.-2015. godine. Crvena linija označava dozvoljen broj prekoračenih satnih graničnih vrijednosti u jednoj kalendarskoj godini.	36
Slika 3.3. Rezultati analize prekoračenja granične vrijednosti SO ₂ s obzirom na zaštitu zdravlja ljudi razmatranim postajama.....	37
Slika 3.4. Srednje godišnje koncentracije SO ₂ na analiziranim postajama u razdoblju 2011.-2015. godine. Crvena linija označava vrijednost koncentracija kritične razine za zaštitu vegetacije.....	38
Slika 3.5. Srednje vrijednosti koncentracija SO ₂ zimskog razdoblja na analiziranim postajama u razdoblju 2011.-2015. godine. Crvena linija označava vrijednost koncentracija kritične razine za zaštitu vegetacije.....	40
Slika 3.6. Broj prekoračenja donjeg (svijetlo plavo) i gornjeg (tamno plavo) praga procjene srednjih dnevnih koncentracija sumporovog dioksida tijekom zimskog razdoblja s obzirom na zaštitu vegetacije u razdoblju 2011.-2015. godine.....	41
Slika 3.7. Rezultati analize gornjeg i donjeg praga procjene dnevnih koncentracija sumporovog dioksida s obzirom na zaštitu vegetacije tijekom zimskog razdoblja na razmatranim postajama.....	41
Slika 3.8. Broj prekoračenja donjeg (svijetlo plavo) i gornjeg (tamno plavo) praga procjene srednjih dnevnih vrijednosti koncentracija sumporovog dioksida s obzirom na zaštitu ljudi u razdoblju 2011.-2015. godine. Crvena linija označava dozvoljen broj prekoračenih dnevnih pragova procjene u jednoj kalendarskoj godini.....	42
Slika 3.9. Rezultati analize gornjeg i donjeg praga procjene dnevnih koncentracija sumporovog dioksida s obzirom na zaštitu zdravlja ljudi na razmatranim postajama.	44
Slika 3.10. Prostorna razdioba modeliranih srednjih godišnjih vrijednosti koncentracija sumporovog dioksida po zonama za razdoblje 2011.-2015. godine.	45
Slika 3.11. Srednje godišnje modelirane koncentracije sumporovog dioksida u razdoblju 2011.-2015. godine. Crvena linija označava vrijednost koncentracija kritične razine za zaštitu vegetacije.	46
Slika 3.12. Prostorna razdioba maksimalnih satnih modeliranih vrijednosti koncentracija sumporovog dioksida po zonama za razdoblje 2011.-2015. godine.	47
Slika 3.13. Prostorna razdioba maksimalnih dnevnih modeliranih vrijednosti koncentracija sumporovog dioksida po zonama za razdoblje 2011.-2015. godine.	47
Slika 3.14. Srednje modelirane koncentracije zimskog razdoblja sumporovog dioksida u razdoblju 2011.-2015. godine. Crvena linija označava vrijednost koncentracija kritične razine za zaštitu vegetacije.....	47

Slika 3.15. Broj prekoračenja donjeg (svijetlo plavo) i gornjeg (tamno plavo) praga procjene modeliranih srednjih dnevnih koncentracija sumporovog dioksida tijekom zimskog razdoblja s obzirom na zaštitu vegetacije u razdoblju 2011.-2015. godine.....	48
Slika 3.16. Postaje na kojima su mjerene koncentracije dušikovog dioksida u razdoblju 2011.-2015. godine.....	49
Slika 3.17. Srednja godišnje koncentracije dušikovog dioksida na mjernim postajama u razdoblju 2011.-2015. godine. Crvena linija označava graničnu srednju godišnju vrijedost koncentracija $GV = 40 \mu\text{gm}^{-3}$..	50
Slika 3.18. Mjerne postaje na kojima je prekoračen gornji ili donji prag procjene dušikovih oksida s obzirom na zaštitu vegetacije i prirodnog ekosustava u razdoblju 2011.-2015. godine.....	51
Slika 3.19. Srednja godišnja koncentracija dušikovog oksida za razdoblje 2011.-2015. godine. Prekoračenja kritične razine za zaštitu vegetacije ($30 \mu\text{gm}^{-3}$) crna linija, gornji prag procjene ($24 \mu\text{gm}^{-3}$) crvena linija, a donji ($19.5 \mu\text{gm}^{-3}$) zelena linija.....	52
Slika 3.20. Mjerne postaje na kojima je prekoračen gornji i donji prag procjene.	53
Slika 3.21. Broj prekoračenja donjeg praga procjene (svijetlo plavo, $100 \mu\text{gm}^{-3}$) i gornjeg praga procjene ($140 \mu\text{gm}^{-3}$) iz satnih vrijednosti koncentracija NO_2 za razdoblje 2011.-2015. godine. Crvenom linijom prikazan je dozvoljeni broj satnih prekoračenja (18).	53
Slika 3.22. Srednja godišnja vrijednost koncentracije dušikovog dioksida za razdoblje 2011.-2015. godine. Donji prag procjene ($26 \mu\text{gm}^{-3}$) - zelena linija, a gornji ($32 \mu\text{gm}^{-3}$) - crvena linija.	55
Slika 3.23. Modelirane srednje godišnje vrijednosti koncentracija dušikovog dioksida.	56
Slika 3.24. Najviše modelirane vrijednosti srednjih godišnjih koncentracija dušikovog dioksida po zonama.....	56
Slika 3.25. Modelirane maksimalne vrijednosti satnih koncentracija dušikovog dioksida u prostornoj mreži EMEP modela u razdoblju 2011-2015. godine	57
Slika 3.26. Prostorni raspored postaja na kojima se provode mjerenja koncentracija lebdećih čestica PM_{10} . Na postajama Kopački rit, Desinić, Parg, Višnjan, Plitvička jezera, Polača, Vela straža, Hum i Žarkovica mjerenja su eksperimentalna za razdoblje 2011-2014.....	59
Slika 3.27. Srednja godišnja vrijednost koncentracija PM_{10} (plavo) i broj prekoračenja 24-satne granične vrijednosti (crno) prema mjerenjima automatskih analizatora. Srednja godišnja $GV = 40 \mu\text{gm}^{-3}$. 24-satna $GV = 50 \mu\text{gm}^{-3}$, a dozvoljen broj prekoračenja u godini je 35. Na svim postajama državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka provedena je korekcija izmjerenih vrijednosti prema referentnoj gravimetrijskoj metodi.	63
Slika 3.28. Srednja godišnja koncentracija PM_{10} (plavo) i broj prekoračenja 24-satne dnevne granične vrijednosti (crno) prema referentnoj gravimetrijskoj metodi.	64
Slika 3.29. Trend broja dana s prekoračenjem srednje dnevne granične vrijednosti. Na slici su prikazane one postaje za koje je u najmanje jednoj godini iz promatranog razdoblja 2011. – 2015. prekoračen dozvoljen broj dana (35) s 24-satnom srednjom vrijednošću iznad $50 \mu\text{gm}^{-3}$	64
Slika 3.30. Prostorni prikaz lokacija na kojima su izmjerena prekoračenja srednje godišnje vrijednosti PM_{10} ili je zabilježen broj dana s prekoračenjem praga od $50 \mu\text{gm}^{-3}$ više od 35 puta. Zelenom bojom označene su postaje na kojima nisu izmjerena prekoračenja, a crvenom, lokacije na kojima je prekoračenje zabilježeno.	65

- Slika 3.31.** Gornji i donji prag procjene za PM₁₀ prema rezultatima mjerenja (kružići) i proračunima modela (kvadratići). Zeleno - ispod donjeg praga procjene, žuto - između donjeg i gornjeg praga procjene, crveno - iznad gornjeg praga procjene. Siva boja - nedovoljan obuhvat podataka. 68
- Slika 3.32.** Srednja godišnja koncentracija PM₁₀ (plavo) i broj prekoračenja srednje dnevne granične vrijednosti (crno) prema proračunu EMEP modelom u zonama HR 01, HR 02, HR 03, HR 04 i HR 05. Srednja godišnja granična vrijednost iznosi 40 µg m⁻³. Srednja dnevna granična vrijednosti iznosi 50 µg m⁻³, pri čemu je dozvoljen broj prekoračenja u jednoj godini 35. Pojedina zona predstavljena je s točkom mreže za koju je proračunata maksimalna koncentracija u naznačenoj godini. 69
- Slika 3.33.** Prostorna raspodjela prizemnih srednjih godišnjih koncentracija lebdećih čestica PM₁₀ u razdoblju 2011.-2015. godine prema proračunima EMEP modela. 69
- Slika 3.34.** Prostorna raspodjela broja prekoračenja 24-satne GV koncentracije lebdećih čestica PM₁₀ u razdoblju 2011.-2015. godine prema proračunima EMEP modela. 70
- Slika 3.36.** Srednje godišnje vrijednosti koncentracija PM_{2.5} na automatskim postajama državne mreže u razdoblju 2011.-2015. godine. Crvenom linijom označena je granična vrijednost za PM_{2.5} (µg m⁻³), a iscrtkanom crnom linijom granica tolerancije (koja je vrijedila do 2015. godine). Od 2015. godine nadalje tolerancija postepenog približavanja propisanoj graničnoj vrijednosti se više ne prihvaća. Uvjet za graničnu vrijednost od 25 µg m⁻³ mora biti zadovoljen na cijelom teritoriju države. Podaci svih postaja korigirani su u odnosu na referentnu metodu mjerenja za cijelo razdoblje analize. 75
- Slika 3.37.** Srednje godišnje vrijednosti koncentracija PM_{2.5} dobivene na osnovi mjerenja referentnom gravimetrijskom metodom u 2015. godini. Crvenom linijom označena je granična vrijednost za PM_{2.5}. 76
- Slika 3.38.** Prostorni raspored postaja državne mreže s obzirom na analizu prekoračenja granične vrijednosti ili granice tolerancije lebdećih čestica PM_{2.5}. 77
- Zelenom bojom označene su postaje na kojima su mjerenja ispod granične vrijednosti. Postaje na kojima su mjerenja tijekom barem jedne godine promatranog razdoblja iznad granične vrijednosti označene su crveno, a one na kojima su mjerenjima iznad granice tolerancije ljubičastom bojom. Postaje s nedostatnim obuhvatom podataka označene su sivom bojom. 77
- Slika 3.39.** Prostorna raspodjela srednjih godišnjih modeliranih vrijednosti koncentracija PM_{2.5} na području u razdoblju 2011.-2015. 79
- Slika 3.40.** Modelirane vrijednosti maksimalnih srednjih godišnjih koncentracija PM_{2.5} po zonama za razdoblje 2011.-2015. godine. Donji prag procjene označen je crvenom linijom. 80
- Slika 3.41.** Rezultati analize gornjeg i donjeg praga procjene za PM_{2.5} na raspoloživim mjerenim mjestima Državne mreže te modeliranih vrijednosti na prostoru Republike Hrvatske. Postaje na kojima je obuhvat podataka manji od 75 % označene su sivom bojom (Rijeka i Vela straža), one na kojima su mjerenja ispod donjeg praga procjene zelenom, iznad donjeg praga procjene crvenom, a iznad gornjeg praga procjene ljubičastom bojom. Područja s maksimalnom modeliranom srednjom godišnjom vrijednošću označena su zelenom bojom, odnosno označavaju da su vrijednosti ispod donjeg praga procjene u razdoblju 2011.-2015. godine 81
- Slika 3.42.** Prostorni raspored postaja na kojima se provode mjerenja koncentracija prizemnog ozona. 83
- Slika 3.43.** Godišnji broj dana s prekoračenjem najviše osmosatne srednje dnevne vrijednosti. Crvena linija označava broj dozvoljenih prekoračenja (25). 84

Slika 3.44. Godišnje vrijednosti i pripadni srednjaci AOT40 parametra za zaštitu vegetacije. Crvenom linijom označena je ciljna vrijednost od 18 000 $\mu\text{gm}^{-3}\text{h}$, a plavom, dugoročni cilj koji iznosi 6000 $\mu\text{gm}^{-3}\text{h}$.	88
Slika 3.45. Prostorna razdioba broja dana s prekoračenjem ciljne vrijednosti od 120 μgm^{-3}	90
Slika 3.46. Broj prekoračenja ciljne vrijednosti po zonama. Broj prekoračenja i koordinate točke modela za koji se odnosi broj prekoračenja nalaze se u tablici 3.30.	91
Slika 3.47. Prostorna raspodjela AOT40 parametra za zaštitu vegetacije	92
Slika 3.48. Vrijednosti AOT40 parametra s obzirom na zaštitu vegetacije po godinama i zonama uzimajući u obzir točku modela s najvećom vrijednošću AOT40 parametra u pojedinoj zoni. Crvenom linijom označena je ciljna vrijednost od 18 000 $\mu\text{gm}^{-3}\text{h}$, a plavom linijom dugoročni cilj koji iznosi 6 000 $\mu\text{gm}^{-3}\text{h}$.	93
Slika 3.49. Prostorni raspored postaja Državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka na kojima se provode mjerenja koncentracije benzena. Crnom bojom su označene gradske postaje, a zelenom - pozadinske postaje.	94
Slika 3.50. Srednja godišnja vrijednost koncentracija benzena u razdoblju 2011.-2015. godine. Crvenom linijom označena je granična vrijednost ($\text{GV} = 5 \mu\text{gm}^{-3}$)	95
Slika 3.52. Prostorni prikaz postaja s obzirom na analizu donje i gornje granice procjene. Crvenom bojom označene su postaje s vrijednostima iznad gornjeg praga procjene. Žutom bojom označene su postaje s vrijednostima ispod gornjeg praga procjene. Zelenom bojom označene su postaje s vrijednostima ispod donjeg praga procjene. Sivom bojom označene su postaje na kojima nije zadovoljen kriterij obuhvata podataka.	97
Slika 3.53. Prostorni raspored postaja na kojima se provode mjerenja CO. Crnom bojom su označene gradske postaje, a zelenom pozadinske postaje.	98
Slika 3.54. Najviše dnevne osmosatne koncentracije CO na postajama državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka u razdoblju od 2011.- 2015. godine. Crvenom linijom označena je granična vrijednost za CO.	99
Slika 3.55. Prostorna raspodjela najviše dnevne osmosatne srednje vrijednosti ugljikovog monoksida u razdoblju 2011.-2015. godine izračunate prema rezultatima EMEP modela.	100
Slika 3.56. Prostorni raspored postaja na kojima se provode mjerenja sumporovodika.	101
Slika 3.57. Broj prekoračenja dnevne GV za sumporovodik na postajama državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka u razdoblju 2011.-2015. godine. Crvenom linijom označen je dozvoljen broj prekoračenja (7).	102
Slika 3.58. Broj prekoračenja satne GV za sumporovodik na postajama državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka u razdoblju 2011.-2015. godine. Crvenom linijom označen je dozvoljen broj prekoračenja (24).	103
Slika 3.59. Prostorna raspodjela maksimalne srednje dnevne koncentracije amonijaka u razdoblju 2011.-2015. godine na području Republike Hrvatske.	105
Slika 3.61. Srednje godišnje vrijednosti koncentracija benzo(a)pirena u razdoblju 2011.-2015. Crvenom linijom označena je propisana ciljna vrijednost za benzo(a)piren (ngm^{-3}).	109

Slika 3.62. Rezultati analize gornjeg i donjeg praga procjene za benzo(a)piren na raspoloživim mjernim mjestima na prostoru Republike Hrvatske. Postaje na kojima su mjerenja ispod donjeg praga procjene označene su zelenom bojom, iznad donjeg praga procjene žutom, a one na kojima su mjerenja iznad gornjeg praga procjene crvenom bojom..... 109

Popis tablica

Tablica a. Prikaz razina onečišćenosti zraka prema granicama procjene.	4
Tablica b. Ocjena razine onečišćenosti prema graničnim vrijednostima i granicama procjene za zdravlje ljudi u razdoblju od 2011.-2015. godine po mjernim mjestima državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka prema važećim zonama i aglomeracijama (u zonama bez mjerenja primijenjeni su rezultati modela).	5
Tablica c. Ocjena razine onečišćenosti prema graničnim vrijednostima i granicama procjene za zdravlje ljudi u razdoblju od 2011.-2015. godine po mjernim mjestima državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka prema važećim zonama i aglomeracijama a koja se odnosi na arsen, kadmij, živu, nikal i policikličke ugljikovodike u vanjskome zraku.	6
Tablica d. Ocjena razine onečišćenosti prema kritičnim razinama za vegetaciju u razdoblju od 2011.-2015. godine po mjernim mjestima državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka prema važećim zonama. Kritične razine za vegetaciju se ne primjenjuju na područja aglomeracija (u zonama bez mjerenja primijenjeni su rezultati modela).	6
Tablica e. Najmanji obvezni broj mjernih mjesta mjerenja po zonama i aglomeracijama za ocjenu kvalitete zraka prema uvjetima iz Priloga V. direktive 2008/50/EK.....	7
Tablica f. Broj lokacija mjerenja po zonama i aglomeracijama u ovisnosti o broju stanovnika i ocjena o potrebi uspostave dodatnih mjerenja	8
Tablica g. Klasifikacija mjernih mjesta	14
Tablica 2.1. Onečišćujuće tvari i mjerila za ocjenu kvalitete zraka na području Hrvatske s obzirom na zaštitu zdravlja ljudi, kvalitetu življenja i zaštitu vegetacije.....	22
Tablica 2.2. Okolišni ciljevi (OC) i mjerne jedinice za izvješćivanje.....	23
Tablica 2.3. Točke EMEP modela po zonama u kojima su proračunate vrijednosti koncentracija onečišćujućih tvari	27
Tablica 2.4. Pregled mjerenja na postajama proširene mreže za praćenje kvalitete zraka	30
Tablica 3.1. Obuhvat podataka mjerenja satnih koncentracija sumporovog dioksida na analiziranim postajama u razdoblju 2011.-2015. godine.	36
Tablica 3.2. Srednje godišnje vrijednosti koncentracija SO ₂ na analiziranim postajama u razdoblju 2011.-2015. godine.	38
Tablica 3.3. Obuhvat podataka mjerenja satnih koncentracija sumporovog dioksida zimskog razdoblja na analiziranim postajama u razdoblju 2011.-2015. godine.	39
Tablica 3.4. Srednja vrijednosti koncentracija SO ₂ zimskog razdoblja u razdoblju 2011.-2015. godine. Prekoračenja kritične razine (20 µgm ⁻³) za zaštitu vegetacije označene su žutom bojom.	39

Tablica 3.5. Broj prekoračenja donjeg praga procjene srednje dnevne vrijednosti koncentracija SO ₂ s obzirom na zaštitu zdravlja ljudi u razdoblju 2011.-2015. godine. Broj dana s prekomjernim prekoračenjem označen je žutom bojom.....	42
Tablica 3.6. Broj prekoračenja gornjeg praga procjene (75 µgm ⁻³ , dozvoljeno 3) dnevne koncentracije sumporovog dioksida s obzirom na zaštitu ljudi u razdoblju 2011.-2015. godine. Broj dana s prekomjernim prekoračenjem označen je žutom bojom.....	43
Tablica 3.7. Srednje godišnje vrijednosti modeliranih koncentracija sumporovog dioksida po zonama u razdoblju 2011.-2015. godine. U zgradama su zapisane koordinate točaka EMEP modela.....	45
Tablica 3.8. Srednje vrijednosti modeliranih koncentracija sumporovog dioksida zimskog razdoblja po zonama u razdoblju 2011.-2015. godine. U zgradama su zapisane koordinate točaka EMEP modela.....	46
Tablica 3.9. Obuhvat podataka mjerenja koncentracija dušikovoga dioksida na analiziranim postajama u razdoblju 2011.-2015. godine.....	50
Tablica 3.10. Srednje godišnje vrijednosti koncentracija dušikovih oksida za razdoblje 2011.-2015. godine. Prekoračenja donjeg praga procjene (19.5 µgm ⁻³) označena su sivom, a gornjeg žutom bojom (24 µgm ⁻³).....	51
Tablica 3.11. Srednja godišnja koncentracija dušikovih oksida za razdoblje 2011.-2015. godine. Prekoračenja kritične razine za zaštitu vegetacije (30 µgm ⁻³) su označene žutom bojom.....	52
Tablica 3.12. Broj prekoračenja donjeg praga procjene (100 µgm ⁻³ , dozvoljeno 18) za razdoblje 2011.-2015. godine za satne vrijednosti koncentracija dušikovog dioksida. Prekoračene vrijednosti su označene žutom bojom.....	54
Tablica 3.13. Broj prekoračenja gornjeg praga procjene (140 µgm ⁻³ , dozvoljeno 18) iz satnih vrijednosti koncentracija NO ₂ za razdoblje 2011.-2015. godine. Prekoračene vrijednosti su označene žutom bojom, a tamno sivom bojom su označene postaje i razdoblja s obuhvatom podataka manjim od 75 %.....	54
Tablica 3.14. Srednja godišnja vrijednost koncentracije dušikovog dioksida za razdoblje 2011.-2015. godine. Prekoračenja donjeg praga procjene (26 µgm ⁻³) su označene svijetlo sivom bojom, a gornjeg - žutom bojom (32 µgm ⁻³). Tamno sivom bojom označene su postaje i razdoblja s obuhvatom podataka manjim od 75 %.....	55
Tablica 3.15. Najviše srednje godišnje vrijednosti modeliranih koncentracija NO ₂ u točkama EMEP mreže po predloženim zonama za 2011.-2015. godinu. U zgradama su navedene koordinate točaka EMEP modela.....	57
Tablica 3.16. Obuhvat podataka mjerenja koncentracija PM ₁₀ na analiziranim postajama u razdoblju 2011.-2015. godine.....	59
Tablica 3.17. Srednje godišnje vrijednosti PM ₁₀ koncentracija za razdoblje 2011.-2015. godine. Prekoračenja donjeg praga procjene (20 µgm ⁻³) označena su svijetlo sivom, a gornjeg žutom bojom (28 µgm ⁻³). Tamno sivom bojom naznačene su godine u kojima nije bio zadovoljen obuhvat podataka.....	60
Tablica 3.17a. Broj prekoračenja 24-satne granične vrijednosti (50 µgm ⁻³ , dozvoljeno 35) za razdoblje 2011.-2015. godine za PM ₁₀ izmjerenih automatskim mjerenjima i PM ₁₀ iz gravimetrijski određenih koncentracija. Prekoračene vrijednosti su označene žutom bojom.....	61

- Tablica 3.18.** Broj prekoračenja donjeg praga procjene ($25 \mu\text{g m}^{-3}$, dozvoljeno 35) za razdoblje 2011. – 2015. godine za srednju dnevnu vrijednost koncentracija PM_{10} . Prekoračene vrijednosti su označene žutom bojom dok su sivom bojom označene postaje i razdoblja s nedovoljnim obuhvatom podataka. ... 66
- Tablica 3.19.** Broj prekoračenja gornjeg praga procjene ($35 \mu\text{g m}^{-3}$, dozvoljeno 35) za razdoblje 2011. – 2015. godine za srednje dnevne vrijednosti koncentracije PM_{10} . Prekoračene vrijednosti su označene žutom bojom dok su sivom bojom označene postaje i razdoblja s nedovoljnim obuhvatom podataka. ... 67
- Tablica 3.20.** Srednje godišnje vrijednosti koncentracije lebdećih čestica PM_{10} u $\mu\text{g m}^{-3}$. Srednje godišnje vrijednosti koncentracija u pojedinoj zoni prikazane su kroz točku mreže (i, j) za koju je proračunata maksimalna srednja godišnja koncentracija u zoni u razdoblju 2011.-2015. godine. 71
- Tablica 3.21.** Broj prekoračenja donjeg ($25 \mu\text{g m}^{-3}$, dozvoljeno 35) i gornjeg ($35 \mu\text{g m}^{-3}$, dozvoljeno 35) praga procjene za razdoblje 2011.-2015. godine za srednje dnevne vrijednosti koncentracija PM_{10} prema proračunima modela. Prekoračene vrijednosti DPP označene su sivom, a GPP žutom bojom. 71
- Tablica 3.22.** Obuhvat podataka mjerenja koncentracija $\text{PM}_{2.5}$ na postajama državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka u razdoblju 2011.-2015. godine. 74
- Tablica 3.23.** Srednje godišnje vrijednosti koncentracija $\text{PM}_{2.5}$ za razdoblje 2011.-2015. godine. Prekoračenja donjeg praga procjene ($12 \mu\text{g m}^{-3}$) označena su svijetlo sivom bojom, a prekoračenja gornjeg praga, žutom bojom ($17 \mu\text{g m}^{-3}$). Postaje po godinama sa smanjenim obuhvatom podataka označene su tamno sivom bojom. 78
- Tablica 3.24.** Maksimalne vrijednosti modeliranih srednjih godišnjih koncentracija $\text{PM}_{2.5}$ u točkama EMEP mreže po zonama za razdoblje 2011.-2015. godine. Prekoračenja donjeg praga procjene ($12 \mu\text{g m}^{-3}$) označena su sivom. Prema rezultatima modela nije bilo prekoračenja gornjeg praga procjene ($17 \mu\text{g m}^{-3}$). 80
- Tablica 3.25.** Obuhvat podataka mjerenja (%) koncentracija ozona na mjernim postajama u razdoblju 2011.- 2015. godine. 83
- Tablica 3.26.** Broj prekoračenja ciljne vrijednosti ($120 \mu\text{g m}^{-3}$, dozvoljeno 25) najviših dnevnih osmosatnih srednjih vrijednosti ozona po godinama za razdoblje 2011.-2015. godine, po godinama i usrednjeno na 3 godine. Žuto su osjenčane vrijednosti s prekoračenim ciljnim vrijednostima za ozon. 85
- Tablica 3.27.** Postaje i termini u kojima je satna koncentracija ozona bila iznad $180 \mu\text{g m}^{-3}$ (prag obavješćivanja za ozon) i izmjerene vrijednosti koncentracija u tim terminima. 86
- Tablica 3.28.** Dan i sat kada je izmjerena vrijednost satne koncentracija ozona bila iznad $240 \mu\text{g m}^{-3}$ (prag upozorenja za ozon), te iznos izmjerenih vrijednosti koncentracija u tim terminima, $\text{C}(\text{O}_3)$ 87
- Tablica 3.29.** AOT40 po godinama i za razdoblje 2011.-2015. godine na raspoloživim podacima analiziranih postaja. Vrijednosti više od ciljne vrijednosti za zaštitu vegetacije ($18000 \mu\text{g m}^{-3} \text{ h}$) označene su žuto. 89
- Tablica 3.30.** Broj prekoračenja ciljne vrijednosti po zonama i godinama s pripadnim koordinatama točaka modela. 91
- Tablica 3.31.** Vrijednosti AOT40 parametra za zaštitu vegetacije po godinama i zonama uzimajući u obzir točku modela s najvećom vrijednošću. Vrijednost AOT40 parametra izražena je u $\mu\text{g m}^{-3} \text{ h}$ 92
- Tablica 3.32.** Obuhvat podataka mjerenja koncentracija benzena na postajama državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka u razdoblju 2011.-2015. godine. 95

Tablica 3.33. Srednje godišnje vrijednosti koncentracija benzena za razdoblje 2011.-2015. godine. Prekoračenja donjeg praga procjene ($2 \mu\text{g m}^{-3}$) su označene svijetlo sivom bojom, a prekoračenja gornjeg praga procjene žutom bojom ($3.5 \mu\text{g m}^{-3}$). Nedostatan obuhvat podataka označen je sa tamno sivom bojom.....	96
Tablica 3.34. Obuhvat podataka mjerenja satnih koncentracija CO na postajama državne mreže u razdoblju 2011.-2015. godine (%).....	98
Tablica 3.35. Najviši dnevni osmosatni pomični srednjaci na razini godine dana za razdoblje 2011.-2015. godine. Sivom bojom označene su godine i postaje s obuhvatom podataka manjim od 75%.	99
Tablica 3.36. Obuhvat podataka mjerenja sumporovodika na postajama državne mreže u razdoblju 2011.-2015. godine (%). Sivom bojom označene su godine i postaje sa obuhvatom podataka manjim od 75 %	101
Tablica 3.36a. Broj prekoračenja dnevne granične vrijednosti ($5 \mu\text{g m}^{-3}$, dozvoljeno 7) za razdoblje 2011.-2015. godine za H ₂ S na postajama državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka u razdoblju 2011.-2015. godine. Prekoračene vrijednosti označene su žutom bojom.....	102
Tablica 3.36b. Broj prekoračenja satne granične vrijednosti ($7 \mu\text{g m}^{-3}$, dozvoljeno 24) za razdoblje 2011.-2015. godine za H ₂ S na postajama Državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka u razdoblju 2011.-2015. godine. Prekoračene vrijednosti označene su žutom bojom.....	103
Tablica 3.37. Obuhvat podataka mjerenja satnih koncentracija amonijaka (%) i broj prekoračenja srednje dnevne vrijednosti koncentracija ($100 \mu\text{g m}^{-3}$, dozvoljeno 7) na postaji Kutina-1. Prekoračene vrijednosti označene su žutom bojom. Sivom bojom su označene godine s obuhvatom podataka manjim od 75 %	104
Tablica 3.38. Granične vrijednosti srednjih godišnjih koncentracija teških metala i benzo(a)pirena u lebdećim česticama prema Uredbi o razinama onečišujućih tvari u zraku (NN 117/12).....	106
Tablica 3.39. Srednje godišnje vrijednosti koncentracija olova za razdoblje 2011.-2015. godine. Donji prag procjene iznosi 250 ng m^{-3} , a gornji 350 ng m^{-3}	106
Tablica 3.40. Srednje godišnje vrijednosti koncentracija arsena za razdoblje 2011.-2015. godine. Donji prag procjene iznosi 2.4 ng m^{-3} , a gornji 3.6 ng m^{-3}	107
Tablica 3.41. Srednje godišnje vrijednosti koncentracija kadmija za razdoblje 2011.-2015. godine. Donji prag procjene iznosi 2 ng m^{-3} , a gornji 3 ng m^{-3}	107
Tablica 3.42. Srednje godišnje vrijednosti koncentracija nikla za razdoblje 2011.-2015. godine. Donji prag procjene iznosi 10 ng m^{-3} , a gornji 14 ng m^{-3}	107
Tablica 3.43. Srednje godišnje vrijednosti koncentracija benzo(a)pirena za razdoblje 2011.-2015. godine. Srednje godišnje vrijednosti koje su prekoračile ciljnu vrijednost od 1 ng m^{-3} označene su žutom bojom. Sivom bojom označene su godine s obuhvatom podataka manjim od 75 %.....	108
Tablica 3.44. Srednje godišnje vrijednosti koncentracija benzo(a)pirena za razdoblje 2011.-2015. godine. Donji prag procjene iznosi 0.4 ng m^{-3} , a gornji 0.6 ng m^{-3} . Sivom bojom označene su godine s obuhvatom podataka manjim od 75 %, a žutom godine u kojima je došlo do prekoračenja gornjeg (i donjeg) praga procjene.....	108

DRŽAVNI HIDROMETEOROLOŠKI ZAVOD
Sektor za kvalitetu zraka
Zagreb, studeni 2017.