

8. POROČILO O STANJU ALP

KAKOVOST ZRAKA V ALPAH

ALPSKI SIGNALI – POSEBNA IZDAJA 8



ALPENKONVENTION
CONVENTION ALPINE
ALPSKA KONVENCIJA
CONVENZIONE DELLE ALPI

UREDIL

Stalni sekretariat Alpske konvencije

Herzog-Friedrich-Straße 15
A-6020 Innsbruck
Avstrija

Izpostava

Viale Druso/Drususallee 1
I-39100 Bolzano/Bozen
Italija

www.alpconv.org

www.atlas.alpconv.org

info@alpconv.org

Prevod: **INTRALP** – Italija

Fotografija na naslovnici: **Giorgio Debernardi**

Oblikovanje naslovnice: **HELIOS** – Italija

Grafično oblikovanje: **De Poli & Cometto** – Italija

Podnebno nevtralna publikacija zahvaljujoč podjetju **Rete Clima** – Italija

Tisk: **Grafiche Antiga** – Italija

ISBN: **9788897500629**

© STALNI SEKRETARIAT ALPSKE KONVENCIJE, 2021



Izpusti toplogrednih plinov, ki so nastali pri izdaji te publikacije, so bili kompenzirani z aktivnostmi upravljanja gozdov v PEFC certificiranih gozdovih v alpski regiji.

8. POROČILO O STANJU ALP

KAKOVOST ZRAKA V ALPAH

ALPSKI SIGNALI – POSEBNA IZDAJA 8





Delo za pripravo 8. poročila o stanju Alp sta usklajevala francosko predsedstvo *ad hoc* delovne skupine in Stalni sekretariat Alpske konvencije.

Besedilo so pripravili člani in članice *ad hoc* delovne skupine s podporo francoskega predsedstva in Stalnega sekretariata.

8. poročilo o stanju Alp je v vseh alpskih jezikih in v angleščini na voljo na spletni strani www.alpconv.org. Vse zemljevide lahko pregledujete na www.atlas.alpconv.org.

KOORDINACIJA AD HOC DELOVNE SKUPINE

PRESEDSTVO

Éric Vindimian, Michel Pinet (*Conseil général de l'environnement et du développement durable, Ministère de la transition écologique, France – Generalni svet za okolje in trajnostni razvoj, Ministrstvo za ekološki prehod, Francija*)

STALNI SEKRETARIAT ALPSKE KONVENCIJE

Aureliano Piva

ČLANI IN ČLANICE AD HOC DELOVNE SKUPINE

AVSTRIJA

Andreas Bartel, Siegmund Boehmer (*Umweltbundesamt – Agenzia federale per l'ambiente*)

Katharina Isepp, Thomas Parizek (*Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie – Ministero federale per la protezione del clima, l'ambiente, l'energia, la mobilità, l'innovazione e la tecnologia*)

FRANCIJA

Hubert Holin, François Lamoise (*Ministère de la transition écologique – Ministrstvo za ekološki prehod*)

ITALIJA

Cristina Leonardi (*Ministero della transizione ecologica – Ministrstvo za ekološki prehod*)

Adriana Pietrodangelo (*Consiglio Nazionale delle Ricerche – Nacionalni raziskovalni svet*)

Giorgio Cattani (*Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale – Inštitut za varstvo in raziskave okolja*)

LIHTENŠTAJN

Veronika Wolff (*Amt für Umwelt – Urad za okolje*)

MONAKO

Laure Chevallier, Astrid Claudel-Rusin (*Gouvernement Princier, Principauté de Monaco – Vlada Kneževine Monako*)

NEMČIJA

Bryan Hellack (*Umweltbundesamt – Zvezni urad za okolje*)

Peter Frei (*Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz – Bavarsko državno ministrstvo za okolje in varstvo potrošnikov*)

Richard Schlachta (*Regierung von Oberbayern – Okrajna vlada Zgornje Bavarske*)

SLOVENIJA

Jože Jurša (*Ministrstvo za okolje in prostor*)

Rahela Žabkar (*Agencija Republike Slovenije za okolje*)

ŠVICA

Matthias Rinderknecht (*Bundesamt für Verkehr – Office fédéral des Transports – Ufficio federale dei trasporti – Zvezni urad za promet*)

OPAZOVALCI IN OPAZOVALKE V AD HOC DELOVNI SKUPINI

Geneviève Borodine, Éric Fournier (*Région Auvergne-Rhône-Alpes – Regija Auvergne-Rhône-Alpes*)

Thierry Billet, Claire Simon (*Društvo Alpsko mesto leta*)

Špela Berlot, Kristina Glojek, Matej Ogrin (*CIPRA*)

Ursula Schüpbach (*ISCAR – Mednarodni znanstveni odbor za raziskovanje Alp*)

SVETOVALCI IN SVETOVALKE V AD HOC STROKOVNI SKUPINI

Laure Malherbe, Laurence Rouïl, Morgane Salomon e Laurent Létinois (*INERIS – Institut national de l'environnement industriel et des risques – Nacionalni inštitut za industrijsko okolje in tveganja*)

DRUGE INSTITUCIJE IN OSEBE, KI SO PRISPEVALE K POROČILU

Susanne Lindahl, Viviane André, Andrea Bianchini, Nicola Ostertag (*Evropska komisija, Generalni Direktorat za okolje – DG ENV*)

Panagiota Dilara (*Evropska komisija, Generalni direktorat za notranji trg, industrijo, podjetništvo ter mala in srednja podjetja – DG GROW*)

Michael Bittner (*Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Earth Observation Center – Nemški center za zračni in vesoljski promet, Center za opazovanje Zemlje*)

Michel Rostagnat (*Delovna skupina Promet Alpske konvencije; Ministère de la transition écologique, France – Ministrstvo za ekološki prehod, Francija*)

Sylvia Medina (*Agence nationale de santé publique, France – Nacionalna agencija za javno zdravje, Francija*)

Johannes Kiesel (*Bayerisches Staatsministerium für Gesundheit und Pflege – Bavarsko deželno ministrstvo za zdravje in nego*)



UREJANJE IN PREGLED BESEDILA

Aureliano Piva, Nora Leszczynski, Nathalie Morelle, Živa Novljan, Stephanie Wolff, Gabriele Florà, Laura Wittkopp (*Stalni sekretariat Alpske konvencije*)

KONTAKTNE TOČKE ALPSKE KONVENCIJE

AVSTRIJA

Katharina Zwettler (*Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie – Zvezno ministrstvo za varstvo podnebja, okolje, energijo, mobilnost, inovacije in tehnologijo*)

FRANCIJA

Isabelle Paillet (*Ministère de la transition écologique – Ministrstvo za ekološki prehod*)

ITALIJA

Paolo Angelini (*Ministero della transizione ecologica – Ministrstvo za ekološki prehod*)

LIHTENŠTAJN

Heike Summer (*Amt für Umwelt – Urad za okolje*)

MONAKO

Wilfrid Deri (*Département des relations extérieures et de la coopération, Principauté de Monaco – Ministrstvo za zunanje zadeve in sodelovanje Kneževine Monako*)

NEMČIJA

Christian Ernstberger (*Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit – Zvezno ministrstvo za okolje, varstvo narave, gradnjo in jedrsko varnost*)

SLOVENIJA

Majda Lovrenčič (*Ministrstvo za okolje in prostor*)

ŠVICA

Marc Pfister (*Bundesamt für Raumentwicklung – Office Fédéral du Développement Territorial – Ufficio Federale dello Sviluppo Territoriale – Zvezni urad za prostorski razvoj*)

EVROPSKA UNIJA (EU)

Andrea Bianchini (*Evropska komisija, Generalni direktorat za okolje – DG ENV*)

PREDGOVORA

Pojem "čist alpski zrak" spominja na idejo okolja, ki se ga človeška roka ni dotaknila. Vendar gre za poenostavitev: Alpe – torej tudi alpski zrak – so izpostavljene meteorološkimi pojavom, kemijskim reakcijam v ozračju in človekovim dejavnostim. Vsa ta vprašanja se ne ustavijo na nacionalnih mejah, zato jih moramo reševati z nadnacionalnim sodelovanjem. Poleg tega ne smemo pozabiti, da ni mejne vrednosti, pod katero onesnaževala zraka ne bi ogrožala zdravja ljudi: povezovanje alpskega loka samo z neokrnjenim čistim zrakom pomeni nevarnost podcenjevanja zdravstvenih tveganj, ki so jim izpostavljeni alpski prebivalci. Prav tako lahko ovira razvoj razumnih javnih politik.

Vse to jasno kaže, zakaj je bilo za Alpsko konvencijo bistveno, da osmo Poročilo o stanju Alp posveti temi kakovost zraka. Konvencija je kot mednarodna pogodba med osmimi alpskimi državami in EU, ki združuje vsealpsko mrežo oblikovalcev politik, znanstvenikov in civilnih organizacij, ponovno najprimernejši prostor za temeljito raziskavo trenutnega stanja kakovosti alpskega zraka, za opredelitev glavnih specifičnih virov onesnaževal zraka v alpskem loku, predstavitev tega, kar se dogaja na različnih političnih ravneh, in pripravo učinkovitih in praktičnih priporočil za izboljšanje kakovosti zraka. Na kratko, rezultati analize kažejo, da je kakovost zraka dobra, vendar jo je mogoče in treba izboljšati. Poleg tega analiza kaže, da v Alpah obstajajo izzivi in dejavniki tveganja, zlasti na nekaterih območjih in s sklicevanjem na posebna onesnaževala. Predvsem pa poročilo dokazuje, da je pomembno, da ukrepamo skupaj in ukrepamo zdaj, da zagotovimo zdravje in dobro počutje alpskih državljanov in obiskovalcev!

Zelo sem hvaležna francoskemu predsedstvu Alpske konvencije, da je izbralo to temo, ter mednarodni ad hoc delovni skupini, da je izvedla tako podroben, posodobljen in temeljit pregled stanja, ki utira pot natančnejšim in učinkovitejšim rešitvam na različnih upravnih ravneh.

Alenka Smerkolj

generalna sekretarka Alpske konvencije



Ko govorimo o Alpah, jih le redko povezujemo z onesnaževanjem okolja. Naše gore pogosto povsem upravičeno vidimo kot pribežališča, kjer se lahko nadihamo čistega zraka. Dojemamo jih kot nasprotje našim mestom, med katerimi so številna onesnažena zlasti zaradi avtomobilskih izpustov. Toda, ali bomo v Alpah resnično našli čisti zrak? Kaj zares vemo o onesnaženosti zraka v alpskih dolinah? Ali moramo kakovost zraka v Alpah še izboljšati? Kakšne so možne rešitve?

Ta vprašanja je v osmem Poročilu o stanju Alp v času francoskega predsedovanja v obdobju 2019–2020 nasloвила Alpska konvencija. Aktivnosti so zajemale zbiranje natančnih podatkov, raziskave mehanizmov onesnaževanja in njegovih posledic za zdravje in naravo, pripravo in predstavitev zadnjih raziskovalnih rezultatov o zraku v Alpah ter, kar je najbolj pomembno, identifikacijo primerov dobrih praks.

Poročilo potrjuje, da je kakovost zraka v Alpah zelo dobra, toda nekaj dolin je vendarle izpostavljenih prekomerni onesnaženosti. Na splošno vrednosti, ki jih priporoča Svetovna zdravstvena organizacija, presegajo koncentracije delcev s premerom, večjim od 2,5 µm.

Ogrevanje na les, avtomobilski promet in kmetijstvo so, odvisno od lokacije in letnega časa, največji vzroki tega onesnaževanja. Lokalne skupnosti in države izvajajo številne pobude s ciljem zmanjšanja onesnaževanja okolja. Nekateri ukrepi imajo več koristi, kot so denimo zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov in onesnaženja zaradi hrupa.

Poročilo zaključuje svojo analizo z desetimi priporočili za nadaljnje izboljšanje kakovosti zraka v Alpah, za zaščito njihovih prebivalcev in pritegnitev obiskovalcev. Upam, da bodo ta priporočila uslišana in bodo politične oblasti v tem naboru možnosti odkrile ukrepe, s pomočjo katerih bodo lahko izpolnile prizadevanja prebivalcev za doseganje kakovosti zraka, ki je predpogoj za dobro zdravje.

Prav tako želim poudariti, da je to osmo Poročilo o stanju Alp v prvi vrsti skupinsko delo. Vsaka pogodbenica Alpske konvencije je imenovala usposobljene in motivirane strokovnjake, ki so sodelovali pri potprežljivem delu zbiranja podatkov in sintezi zaključkov. Vrhunski strokovnjaki so preverili najaktualnejšo znanstveno literaturo o virih onesnaževanja in atmosferskem prenosu ter njihovih posledicah za zdravje in ekosisteme. Duh sodelovanja je bilo čutiti tudi na naših srečanjih, ki smo jih morali zaradi trenutne zdravstvene situacije v večjem številu izvesti v obliki videokonferenc.

Imel sem čast koordinirati to skupino in v veselje mi je bilo opazovati ta sodelovalni duh vseh, nenehno stremenje k iskanju kompromisov in predvsem empatijo med nami vsemi. In prav ta duh dela Alpsko konvencijo tako veličastno. Vsem članom delovne skupine ter pogodbenicam Alpske konvencije se zahvaljujem za njihovo neumorno podporo.

Éric Vindimian

koordinator ad hoc delovne skupine za pripravo RSA 8

KAZALO

SEZNAM SLIK	14
SEZNAM TABEL	16
KRATICE, SIMBOLI IN FORMULE	18
POVZETEK	21
<hr/>	
1 UVOD IN CILJI	25
<hr/>	
2 ZAKONODAJA O KAKOVOSTI ZUNANJEGA ZRAKA	28
2.1 Zakonodaja Evropske unije	28
2.1.1 Direktivi o kakovosti zunanjega zraka	28
2.1.2 Direktiva o zmanjšanju nacionalnih emisij	30
2.2 Nacionalni predpisi v Avstriji, Lihtenštajnu, Monaku in Švici	31
2.2.1 NO ₂	32
2.2.2 Trdni delci	32
2.3 Načrtovanje kakovosti zraka	32
2.4 Mednarodne konvencije, sporazumi in koordinacija	32
2.4.1 Konvencija UNECE o onesnaževanju zraka na velike razdalje preko meja	32
2.4.2 Smernice SZO	33
2.4.3 Druge aktivnosti OZN	34
<hr/>	
3 OPIS ONESNAŽEVAL ZRAKA IN PROCESOV V ALPAH	35
3.1 Meterološko-podnebni procesi	35
3.1.1 Meteorološki pojavi v Alpah prispevajo k onesnaževanju ozračja	35
3.1.2 Ozonski režimi	38
3.1.3 Prenos zračnih mas na velike razdalje	39
3.1.4 Vpliv podnebnih sprememb na kakovost zraka v Alpah	40
3.2 Viri	40
3.2.1 Zgorevanje biomase	42
3.2.2 Cestni promet	44
3.2.3 Čezmejno onesnaževanje	46
3.2.4 Viri predhodnikov sekundarnih aerosolov	47
3.2.4.1 Sekundarni anorganski aerosoli	47
3.2.4.2 Sekundarni organski aerosoli	47



4	UČINKI ONESNAŽENOSTI ZRAKA	50
4.1	Učinki onesnaženosti zraka na zdravje ljudi: smrtnost	50
4.2	Učinki onesnaženosti na zdravje ljudi: obolevnost	50
4.3	Učinki onesnaženosti zraka na zdravje ljudi na območju Alp	52
4.4	Učinki onesnaženosti zraka na ekosisteme	53
5	STANJE KAKOVOSTI ZRAKA V ALPAH	55
5.1	Viri podatkov	55
5.1.1	Geografska razporeditev: pregled	55
5.1.2	Geografska razporeditev glede na posamezno onesnaževalo	58
5.2	Stanje koncentracij	61
5.2.1	Primerjava z evropskimi okoljskimi cilji in smernicami SZO	61
5.2.2	Primerjava z nacionalnimi mejnimi vrednostmi	67
5.3	Analiza trendov, korelacija s strategijami blaženja	67
5.3.1	NO ₂	67
5.3.2	Ozon	70
5.3.3	PM ₁₀	70
5.3.4	PM _{2,5}	70
5.3.5	BaP	71
6	RELEVANTNI RAZISKOVALNI PROJEKTI IN OPAZOVALNICE ZA KAKOVOST ZRAKA V ALPAH	72
6.1	Okoljski raziskovalni projekt "PUREALPS"	72
6.2	Okoljska merilna mesta na visokih nadmorskih višinah	73
6.3	Obstoječa mreža za spremljanje (razen mreže v okviru 2008/50/ES in 2004/107/ES) znotraj območja Alp s poudarkom na oceni onesnaženosti zraka	74
6.3.1	Nemška mreža za ultrafine delce	74
6.3.2	Projekt NEXTDATA za raziskave ozona	74
6.4	Opazovanje kakovosti zraka na območju Alp kot del Virtualnega alpskega observatorija (VAO) – Prispevek k Alpski konvenciji	75
6.4.1	Bioklimatski Informacijski Sistem (BIOCLIS)	76
6.4.2	Dva primera scenarijev	76
6.5	Kakšna je prihodnost spremljanja onesnaževal zunanjega zraka?	79

7	PRIMERI IN PAMETNE REŠITVE ZA ZMANJŠANJE ONESNAŽENOSTI ZRAKA	80
7.1	Zgorevanje biomase in splošni ogrevalni sistemi	80
7.1.1	Finančne spodbude	80
7.1.1.1	<i>Zmanjšanje izpustov delcev iz ogrevalnih sistemov na les v gospodinjstvih, Francija</i>	80
7.1.2	Krepitev znanja	80
7.1.2.1	<i>Ukrepi za rabo lesa v ogrevanju, Slovenija</i>	80
7.1.2.2	<i>Prenos znanja na različnih ravneh javne uprave: švicarsko združenje Cercl'Air o kakovosti zraka, Švica</i>	81
7.1.2.3	<i>Dogovor o majhnih kurilnih sistemih na les, Italija</i>	81
7.1.3	Daljinsko ogrevanje	81
7.1.3.1	<i>Ukrepi za gradnjo ogrevalnih sistemov v skladu z Operativnim programom ohranjanja kakovosti zunanjega zraka, Slovenija</i>	81
7.1.3.2	<i>Daljinski sistem ogrevanja na les v Disentisu - Mustéru, Švica</i>	82
7.1.3.3	<i>Širitev daljinskega sistema ogrevanja, Bavarska, Nemčija</i>	82
7.1.3.4	<i>Okoljska podporna shema za daljinsko ogrevanje na biomaso, Avstrija</i>	83
7.2	Zmanjšanje izpustov predhodnikov za HOS/ozon	83
7.2.1.1	<i>Zakonodaja o NMHOS, Švica</i>	83
7.2.1.2	<i>Poostrena določila za obrate z izpusti HOS, Nemčija</i>	83
7.3	Prometni sektor s poudarkom na zmanjšanju NO₂ in PM	84
7.3.1	Zakonodajni ukrepi in politika preusmeritve prometa s ceste na železnico: tovorni in potniški promet	84
7.3.1.1	<i>Preusmeritev prometa v tovornem prometu, celotne Alpe</i>	84
7.3.1.2	<i>Politika preusmeritve prometa v čezalpskem tovornem prometu, Švica</i>	86
7.3.1.3	<i>Preusmeritev prometa in politika prepovedi vozil, ki onesnažujejo, v čezalpskem tovornem in potniškem prometu, Avstrija</i>	87
7.3.1.4	<i>Območja z nizkimi izpusti in bonus za posodobitev vozil, Francija</i>	87
7.3.1.5	<i>Primer najboljših praks na morju: območje nadzorovanih izpustov za prevoz po morju (Monaco Sea Shipping Controlled Emission Area), Kneževina Monako</i>	89
7.3.1.6	<i>Dinamični zakonodajni ukrepi – BrennerLEC, Italija</i>	89
7.3.2	Upravljanje mobilnosti	89
7.3.2.1	<i>Institucionalni okvir za trajnostno mobilnost s strani koordinacijske pisarne, Švica</i>	90
7.3.2.2	<i>Mreža SwitzerlandMobility za potovanja po državi brez avtomobila, ki povezuje turizem, rekreacijo, hotelske nastanitve in zanimivosti, Švica</i>	90
7.3.2.3	<i>Koncept upravljanja mobilnosti na Koroškem, Avstrija</i>	91
7.3.2.4	<i>Povečanje privlačnosti sistema javnega prevoza z brezplačnim prevozom šolarjev, subvencioniranim javnim prevozom in brezplačnim javnim prevozom med konci tedna, Bavarska, Nemčija</i>	91
7.3.2.5	<i>Koncept mobilnosti z vključitvijo projekta primestne železnice (S-Bahn): prometni sektor, Kneževina Lihtenštajn</i>	92
7.3.2.6	<i>Promocija kolesarjenja v Salzburgu, Avstrija</i>	93
7.3.2.7	<i>Splošno spodbujanje uporabe koles namesto motoriziranih vozil na Bavarskem, Nemčija</i>	93



7.3.2.8	<i>Promocija pametne mobilnosti znotraj švicarske družbe PostAuto za povečanje deleža javnega prevoza, Švica</i>	94
7.3.2.9	<i>Krepitev mehke mobilnosti, Kneževina Monako</i>	94
7.3.3	Tehnični ukrepi: alternativna goriva/pogonski sistemi	94
7.3.3.1	<i>Energetska strategija 2050/energetski prihranki, Švica</i>	95
7.3.3.2	<i>Podrobna analiza spodbujanja nefosilnih načinov prevoza na javnih cestah, Švica</i>	95
7.3.3.3	<i>Spodbujanje e-mobilnosti, Bavarska, Nemčija</i>	96
7.3.4	Razvoj cestnega tovornega prometa	96
7.4	Celostno načrtovanje: načrtovanje mobilnosti in prostorsko načrtovanje	98
7.4.1.1	<i>Prostorski koncept Švice (Raumkonzept Schweiz), Švica</i>	98
7.4.1.2	<i>Celostni načrt za varstvo ozračja, Francija</i>	99
7.4.1.3	<i>Skupni regionalni program za čist zrak, različni sektorji, npr. prometni sektor, Italija</i>	99
7.5	Zmanjšanje izpustov amonijaka iz kmetijstva v gorskih območjih	100
7.5.1.1	<i>Zmanjšanje izpustov amonijaka iz kmetijstva, Švica</i>	100
8	POVZETEK IN POLITIČNA PRIPOROČILA	103
8.1	Zmanjšanje izpustov delcev, ki nastanejo zaradi zgorevanja lesa, vključno z BaP	103
8.1.1	<i>Meritve in informiranje</i>	103
8.1.2	<i>Pomoč za posodabljanje majhnih ogrevalnih sistemov</i>	103
8.2	Spodbujanje čiste mobilnosti	104
8.2.1	<i>Sprejetje ambicioznih politik mobilnosti</i>	104
8.2.2	<i>Naložbe v čist promet</i>	104
8.3	Zmanjševanje izpustov v kmetijstvu	105
8.4	Politike kakovosti zraka	105
8.4.1	<i>Oblikovanje pobud za kakovost zraka v Alpah</i>	105
8.4.2	<i>Razširiti uporabo zahtev Konvencije iz Espooja in Konvencije UNECE o onesnaževanju zraka na velike razdalje preko meja (CLRTAP)</i>	105
8.4.3	<i>Podpora pobudi zelenega dogovora Evropske unije na področju onesnaževanja zraka</i>	106
8.5	Povečanje poznavanja antropogenih dejavnikov onesnaževanja zraka	106
9	VIRI IN LITERATURA	108
PRILOGA 1:	PREGLED NAJPOGOSTEJŠIH ONESNAŽEVAL	116
PRILOGA 2:	POMEMBNI PROJEKTI V ALPSKI REGIJI	120

SEZNAM SLIK

Slika 1:	Zemljevid območja Alpske konvencije.	25
Slika 2:	Korelacija med temperaturno razliko na dveh višinskih točkah in delci PM ₁₀ v dolini Arve.	36
Slika 3:	Shematični prikaz procesov prenašanja onesnaženega zraka iz mejne plasti s sosednjih ravnin in dolin do najvišjih alpskih vrhov.	36
Slika 4:	V treh vrstah je prikazana porazdelitev ravni onesnaževal CO, NO ₂ in O ₃ v dolini reke Inn (Tirolska, Avstrija) 1. februarja 2006 zjutraj, pred poldnevom in popoldne.	37
Slika 5:	Shema kemičnih in fizikalnih procesov, odgovornih za troposferni ozon.	38
Slika 6:	Razvoj izpustov iz enosobnih kaminskih peči v Švici.	42
Slika 7:	Rezultati projekta SORUCES, ki prikazujejo deleže virov delcev PM ₁₀ v različnih krajih v Franciji.	48
Slika 8:	Zemljevid pričakovanega zmanjšanja smrtnosti v ne-antropogenem scenariju onesnaženosti v različnih skupnostih v dolini reke Arve.	52
Slika 9:	Najvišje preseganje kritične obremenitve depozicije dušika v švicarskih gozdovih in (pol)naravnih ekosistemih leta 2010 na km ² .	54
Slika 10:	Geografska razporeditev merilnih mest, delujočih v obdobju 2016–2018 na območju Alp, z dodanimi postajami švicarskih kantonalnih in lokalnih mrež za spremljanje za enako obdobje.	56
Slika 11:	Histogram prikazuje razporeditev merilnih mest v alpski regiji glede na nadmorsko višino, vključno s postajami švicarskih kantonalnih in lokalnih mrež za spremljanje, ki so delovala v obdobju 2016–2018.	56
Slika 12:	Zemljevid merilnih mest za dušikov dioksid v Alpah.	58
Slika 13:	Razporeditev letnih povprečnih koncentracij NO ₂ v letih 2016, 2017 in 2018 na območju Alp.	62
Slika 14:	Zemljevid razvoja preseganj dolgoročnih ciljev za zaščito zdravja za O ₃ na območju Alp.	62
Slika 15:	Razporeditev povprečnih letnih koncentracij PM ₁₀ v letih 2016, 2017 in 2018 na območju Alp.	63
Slika 16:	Preseganja dnevni mejni vrednosti PM ₁₀ za zaščito zdravja ljudi v letih 2016, 2017 in 2018 v francoskih in italijanskih delih Alp.	64
Slika 17:	Razporeditev srednjih letnih koncentracij PM _{2,5} v letih 2016, 2017 in 2018 na območju Alp.	65
Slika 18:	Zemljevid povprečnih letnih koncentracij PM _{2,5} leta 2018 v Alpah.	65
Slika 19:	Razporeditev povprečnih letnih koncentracij BaP v PM ₁₀ v letih 2016, 2017 in 2018 na območju Alp. Rumena črtkana črta predstavlja letno mejno vrednost direktive EU (2008/50/EC).	66
Slika 20:	Zemljevid povprečnih letnih koncentracij BaP leta 2018 na območju Alp. Preseganja ciljne vrednosti EU so označena z rdečo.	66



Slika 21:	Sprememba povprečnih letnih koncentracij NO ₂ v µg/m ³ na območju Alpske konvencije v obdobju 2009–2018.	68
Slika 22:	Sprememba števila dni, ko je koncentracija ozona preseгла maksimalno dnevno 8-urno povprečno vrednost 120 µg/m ³ na območju Alpske konvencije v obdobju 2009–2018.	68
Slika 23:	Potek povprečnih letnih koncentracij O ₃ glede na klasifikacijo postaj v obdobju 2009–2018.	69
Slika 24:	Sprememba povprečnih letnih koncentracij PM ₁₀ v µg/m ³ na območju Alpske konvencije v obdobju 2009–2018.	69
Slika 25:	Potek letnega povprečja PM _{2,5} v µg/m ³ na mestnih in primestnih merilnih mestih za meritve ozadja na območju Alpske konvencije v obdobju 2009–2018.	70
Slika 26:	Novejši trend za BaP na italijanski merilni postaji v Alpah. Polna črta kaže oceno trenda, prekinjena črta pa kaže 95 % interval zaupanja za trend.	70
Slika 27:	Rezultati meritev, vezanih na zračne mase: vpliv viškov v Alpah iz treh prevladujočih smeri, kot je razvidno, določene smeri kažejo višje koncentracije PCB in OCP.	73
Slika 28:	Okoljska raziskovalna postaja Schneefernerhaus na vrhu Zugspitze.	73
Slika 29:	Opazovalnica Sonnblick.	74
Slika 30:	Povprečna koncentracija troposfernega stolpca NO ₂ za obdobje od januarja do junija 2019 nad območjem Alp.	75
Slika 31:	Bioklimatski informacijski sistem, razdeljen po administrativnih enotah.	76
Slika 32:	Simulacija vpliva podvojitve cestnega prometa za obdobje 10 dni februarja 2018 na koncentracijo NO ₂ (zgoraj) in na koncentracijo finih delcev (PM ₁₀) (spodaj).	77
Slika 33:	Razlika med koncentracijami NO ₂ , izmerjenimi na 25 talnih merilnih mestih v Lombardiji, in modelom WRF-POLYPHEMUS/DLR za obdobje od 1. februarja do 13. aprila 2020.	78
Slika 34:	Prometne poti čez Alpe.	85
Slika 35:	Primerjava med dodatnim faktorjem zunanjih stroškov za cesto in železnico na območju Alp.	86
Slika 36:	Razvoj onesnaževal zraka in izpustov CO ₂ v obdobju med 2004 in 2018 na švicarskih avtocestah A2 in A13 na območju Alp.	87
Slika 37:	Razvoj emisijskih faktorjev za NO _x in NO ₂ na avtocesti A12 v Avstriji.	88
Slika 38:	Spremljanje in analiza tokov čezalpskega tovornega prometa v dveh čezalpskih predorih.	97

SEZNAM TABEL

Tabela 1:	Standardi kakovosti zraka za varovanje zdravja ljudi in rastlinstva iz direktiv EU o kakovosti zunanjega zraka.	29
Tabela 2:	Primerjava standardov kakovosti zraka za trdne delce, dušikov dioksid in benzo(a)piren v alpski regiji.	31
Tabela 3:	Smernice za kakovost zraka in ocenjene stopnje tveganja. Kadar smernice za kakovost zraka niso določene, se referenčne ravni računajo ob predpostavki sprejemljivega dodatnega tveganja za nastanek raka približno 1 na 100.000.	33
Tabela 4:	Doprinos zgorevanja biomase, prometa in nastajanja sekundarnih aerosolov h koncentracijam delcev PM ₁₀ v nekaterih alpskih dolinah.	41
Tabela 5:	Emisijski faktorji za izbrane tehnologije goriv, ki jih je uporabila avstrijska nacionalna evidenca emisij (za terajoul proizvedene energije).	44
Tabela 6:	Primerjava obstoječih vrednosti izpustov iz ogrevalnih sistemov na les s prihodnjimi zahtevami Direktive o izdelkih, povezanih z energijo.	45
Tabela 7:	Preseganje kritične obremenitve hranila dušika v različnih zaščiteneh ekosistemih v Švici v letih 1990, 2000 in 2010.	54
Tabela 8:	Razporeditev 234 merilnih mest glede na vrsto območja.	55
Tabela 9:	Merilna mesta za kakovost zraka na območju Alpske konvencije.	57
Tabela 10:	Mejne vrednosti izpustov za daljinske sisteme ogrevanja na biomaso (avstrijska okoljska podporni shema).	83
Tabela 11:	Primerjava izpustov med železniškim in cestnim tovornim prometom. Referenčno leto: 2018	85



KRATICE, SIMBOLI IN FORMULE

AEI	kazalnik povprečne izpostavljenosti (<i>Average exposure indicator</i>)	FR	Francija
AlpEnDAC	Alpski center za analizo okoljskih podatkov (<i>Alpine Environmental Data Analysis Centre</i>)	GAW	Program globalnega atmosferskega bdenja (<i>Global Atmosphere Watch Programme</i>)
AQG	smernice za kakovost zraka (<i>Air quality guidelines</i>)	GVŽ	glave velike živine
As	arzen	Hg	živo srebro
AT	Avstrija	HGV	težka tovorna vozila (<i>Heavy goods vehicle</i>)
BAFU	Švicarski zvezni urad za okolje (<i>Bundesamt für Umwelt</i>)	HOS	hlapna organska spojina
BaP	benzo(a)piren	IARC	Mednarodna agencija za raziskave raka (<i>International Agency for Research on Cancer</i>)
BioClIS	Bioklimatski informacijski sistem (<i>Bioclimatic Information System</i>)	IT	Italija
Cd	kadmij	LEZ	območje z nizkimi izpusti (<i>Low emission zone</i>)
CH	Švica	MC	Kneževina Monako
CLRTAP	Konvencija UNECE o onesnaževanju zraka na velike razdalje preko meja (<i>Convention on Long-range Transboundary Air Pollution</i>)	NEC	nacionalne zgornje meje emisij (<i>National emission ceilings</i>)
CO	ogljikov monoksid	NH₃	amonijak
C₆H₆	benzen	Ni	nikelj
DE	Nemčija	NMHOS	nemetanska hlapna organska spojina
DLR	Nemški center za zračni in vesoljski promet (<i>Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt</i>)	NO	dušikov monoksid
EEA	Evropska agencija za okolje (<i>European Environment Agency</i>)	NO₂	dušikov dioksid
EU	Evropska unija	NO_x	dušikovi oksidi
EUSALP	Strategija EU za alpsko regijo	OAPC	švicarski Odlok o nadzoru onesnaževanja zraka
FL	Kneževina Lihtenštajn	OCP	organoklorini pesticidi (<i>Organochlorine pesticides</i>)
		O₃	Ozon



PAO	policiklični aromatski ogljikovodik (<i>Polycyclic aromatic hydrocarbons</i>)	UNECE	Gospodarska komisija Združenih narodov za Evropo (<i>United Nations Economic Commission for Europe</i>)
Pb	svinec	UNEP	Program Združenih narodov za okolje (<i>United Nations Environment Programme</i>)
PCB	poliklorirani bifenili (<i>Polychlorobiphenyls</i>)	U.S. EPA	Agencija Združenih držav Amerike za varovanje okolja (<i>United States Environmental Protection Agency</i>)
PERC	perkloretilen (<i>Perchlorethylene</i>)	VAO	Virtualni alpski observatorij
PM	trdni delci (<i>Particulate matter</i>)	YLL	izgubljena leta življenja (<i>Years of life lost</i>)
PM_{2.5}	delci s premerom manjšim od 2,5 µm		
PM₁₀	delci s premerom manjšim od 10 µm		
POA	primarni organski aerosol		
POP	obstoječe organsko onesnaževalo (<i>Persistent organic pollutant</i>)		
ppb	delci na milijardo (<i>parts per billion</i>)		
SA	sekundarni aerosol		
SI	Slovenija		
SMO	svetovna meteorološka organizacija (WMO)		
SOA	sekundarni organski aerosol		
SOMO35	za ozon, vsota povprečij nad 35 ppb (<i>največja dnevna osemurna srednja vrednost</i>)		
SO₂	žveplov dioksid		
SZO	Svetovna zdravstvena organizacija (WHO)		
SZP	stisnjeni zemeljski plin (CNG)		
UFD	ultrafini delci s premerom manjšim od 0,1 µm		
UFS	Okoljska raziskovalna postaja Schneefernerhaus (<i>Umweltforschungsstation Schneefernerhaus</i>) Zugspitze		

PREGLED NAJPOGOSTEJŠIH ONESNAŽEVAL JE NA VOLJO V PRILOGI 1





POVZETEK

Zakonski predpisi o kakovosti zraka za Evropo in alpske države kot tudi mednarodne konvencije o onesnaževanju zraka spodbujajo ukrepe za povečanje poznavanja teh pojavov z namenom razumevanja njihovih temeljnih mehanizmov in trendov ter izvedbe ustreznega političnega ukrepanja za izboljšanje kakovosti zraka.

Čeprav predstavljajo zelo koristen okvir, pa pravni akti in sporazumi večjega obsega niso prilagojeni potrebam alpskega prostora. Na splošno je na območju Alp kakovost zraka visoka, kar je seveda korist za prebivalce in obiskovalce: čist zrak je osnovna dobrina za domačine, obenem pa tudi atrakcija za vse turiste, ki uživajo v alpski krajini in rekreativnih dejavnostih. Hkrati pa je treba poudariti, da je slaba kakovost zraka škodljiva za zdravje ljudi. Onesnaženost zraka je najpomembnejši okoljski dejavnik tveganja za zdravje ljudi in ima negativen učinek na velik del ekosistemov, kot o tem poroča znanstvena literatura.

Analiza razpoložljivih podatkov vseh stalnih merilnih mest v Alpah jasno kaže, da so ravni onesnaženosti v glavnem pod mejnimi vrednostmi, ki jih predpisuje Evropska unija (EU). Če onesnaženost zraka v Alpah primerjamo z drugimi kakovostnimi cilji, na primer s cilji Svetovne zdravstvene organizacije (SZO) za varovanje zdravja ljudi, pa je stvar drugačna: izmerjena koncentracija finih delcev s premerom, manjšim od $2,5 \mu\text{m}$ ($\text{PM}_{2,5}$), je na primer v nekaterih primerih večja od ravni, ki jih priporoča SZO, čeprav se je v zadnjem času znižala. Enako je opaziti pri rakotvornem policikličnem aromatskem ogljikovodiku (PAO) benzo(a)pirenu (BaP), vezanem na delce, ki je bil izmerjen na nekaterih merilnih postajah. Poleg tega depozicija dušika, ki je povezana z izpusti amonijaka v kmetijstvu, presega kritične obremenitve v nekaterih gozdovih v Alpah. Kljub temu pa je izvedena analiza trendov pokazala, da se je stanje glede vseh preučeni onesnaževal v zadnjem desetletju na splošno izboljšalo. Izjema je le ozon.

To poročilo analizira mehanizme onesnaževanja ozračja, kot ga opisuje najnovejša znanstvena literatura. Na območju Alp so v zadnjem desetletju potekali različni raziskovalni programi. Njihovi izsledki, objavljeni v znanstveni literaturi, se osredotočajo na ugotavljanje virov onesnaženja zraka. V Alpah so izpusti onesnaževal še posebej prisotni na območjih z gostim prometom in številnimi mestnimi naselji. Ogrevalne naprave pogosto kurijo les, kar je dobro za blažitev podnebnih sprememb, so pa zanje potrebni zaščitni ukrepi, da ne pride do onesnaževanja z izpusti trdnih delcev. Sekundarni aerosoli (SA) iz številnih virov, med katerimi je tudi kmetijstvo, povečujejo onesnaženost z delci in depozicijo dušika na tla. Alpe imajo tudi posebne vremenske razmere, zlasti temperaturne inverzije, ki preprečujejo vertikalno mešanje zračnih mas, tako da onesnažen zrak ostaja pri tleh. Posledica tega je, da v Alpah obstajajo kraji z visoko ravno onesnaženosti. V splošnem je kakovost zraka mogoče izboljšati tako, da se doseže zelo visok standard, ki ga je določila Alpska konvencija v svojem cilju C: »drastično zmanjšanje izpustov škodljivih snovi in obremenitev z njimi v alpskem okolju [...] do mere, ki ni škodljiva za ljudi, živali in rastline« (Alpska konvencija, 2018).

To poročilo vsebuje tudi seznam primerov dobrih praks in pametnih rešitev, ki so jih uvedle regionalne in lokalne uprave oziroma občine v alpskih državah. Čeprav ni popoln, ta niz pametnih rešitev jasno kaže, da so prebivalci Alp aktivno udeleženi v izboljšanje kakovosti svojega zraka. Rešitve zajemajo različne ukrepe, od ogrevalnih sistemov do upravljanja prometa in politik mobilnosti, od spodbujanja čiste tehnologije do lokalnih predpisov.

Nazadnje je podan sklop priporočil, ki izhajajo predvsem iz teh primerov pametnih rešitev in so namenjena oblikovalcem politik za izboljšanje kakovosti zraka v Alpah.

PRIPOROČILO 1

Podpreti pristojne ustanove, da:

- na lokaciji izmerijo prisotnost finih delcev (še posebej benzo(a)pirena), ki jih oddajajo grelniki in kotli na drva;
- obveščajo prebivalstvo o posledicah ogrevanja na les za zdravje.

PRIPOROČILO 2

Zmanjšati izpuste iz malih kurilnih naprav z izboljšanjem splošne energetske učinkovitosti stavb in obnovitvijo sistemov ogrevanja z manj onesnažujočimi napravami; nuditi pomoč in svetovanje vsem upravljavcem za:

- izboljšanje energetske učinkovitosti stavb;
- nadomestitev starih močno onesnažujočih ogrevalnih sistemov in kotlov;
- nadomestitev tradicionalnih goriv s čistejšo vrsto goriva.

PRIPOROČILO 3

Po posvetovanju in okoljski presoji sprejeti regionalne in lokalne mobilnostne pobude na področju potniškega in tovornega prometa, ki spodbujajo javni prevoz in aktivne načine mobilnosti, ter jih uskladiti z omejitvami tam, kjer je pričakovati pomemben vpliv na kakovost zraka.

PRIPOROČILO 4

Spodbujati strategijo čiste mobilnosti in vozil brez izpustov, na primer z uporabo uravnoveženega sistema obdavčitev in spodbud za internalizacijo zunanjih stroškov onesnaževanja v okviru realnih stroškov prevoza, ter okrepiti trg v korist spodbujanja čiste mobilnosti in vozil brez izpustov.

PRIPOROČILO 5

Spodbujati pametno upravljanje prometa, na primer z omejitvami hitrosti, cestninjenjem, spodbujanjem uporabe čistih vozil na alpskih avtocestah in v predorih za zmanjšanje izpustov, ter:

- spodbujati uvajanje alternativnih prevoznih tehnologij in kombiniranega prevoza;
- vključevati javni prevoz v multimodalne sisteme mobilnosti;
- podpirati spremembe načina prevoza potnikov in blaga.



PRIPOROČILO 6

Podpirati razvoj dobrih praks v kmetijstvu, ki omejujejo izpuste dušikovih spojin, na primer amonijaka, sežiganje zelenih odpadkov na prostem in posek v alpski regiji.

PRIPOROČILO 7

Spodbujati pogodbenice Alpske konvencije k oblikovanju pobud za kakovost zraka z vključitvijo ukrepov, ki obravnavajo najpomembnejše vire onesnaževanja zraka, kot so male kurilne naprave, mobilnost, energija, industrija in kmetijstvo.

PRIPOROČILO 8

Pogodbenice Alpske konvencije naj se povežejo s sosednjimi državami in regijami za spodbujanje zmanjšanja čezmejnega onesnaževanja na geografskem območju Alpske konvencije.

PRIPOROČILO 9

Pogodbenice Alpske konvencije naj:

- podprejo poglavje o kakovosti zraka zelenega dogovora EU;
- si prizadevajo za uresničevanje smernic SZO za kakovost zraka.

PRIPOROČILO 10

Razvijati specifične in poglobljene študije o kakovosti zraka v Alpah, predvsem tam, kjer so ugotovljene težave s kakovostjo zunanjega zraka ali kjer so napovedane težave na podlagi spremljanja stanja, z namenom preučiti vpliv virov onesnaževanja in tudi z njimi povezana socialna in politična vprašanja.



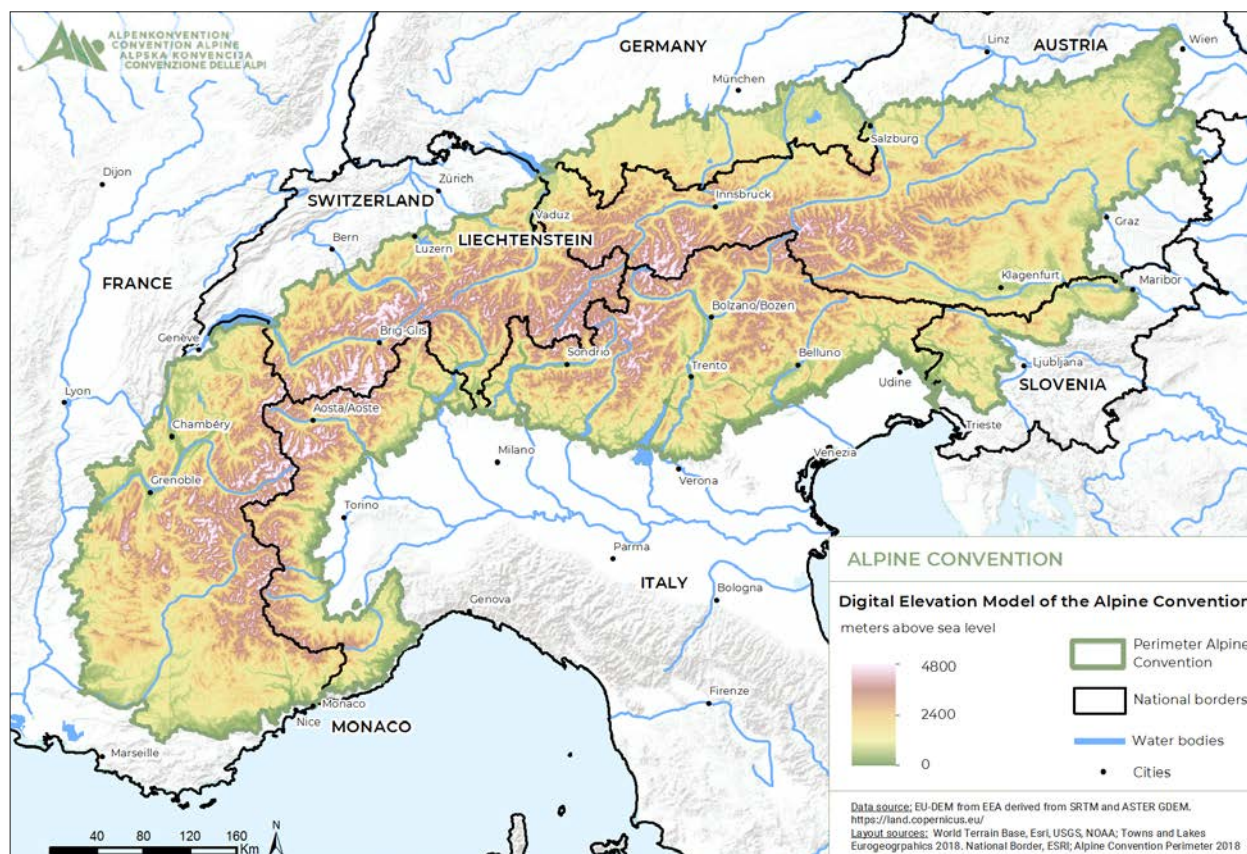
1. UVOD IN CILJI

Alpe so osrednje gorsko območje v Evropi. Štirinajst milijonov ljudi živi v Alpah in milijoni turistov uživajo v čudoviti alpski krajini, njihovi kulturni dediščini in v rekreacijskih objektih ter čistem zraku. Alpska konvencija pokriva območje 190.700 km², sega na ozemlja osmih držav, vključuje več mest z več kot 100.000 prebivalci, njeno območje pa je obdano z evropskimi velemesti. To poročilo obravnava kakovost zraka znotraj območja Alpske konvencije, kot je prikazano na zemljevidu slike 1.

Na splošno je kakovost zraka v alpski regiji precej visoka, kljub temu pa so viri onesnaževanja ozračja vsekakor prisotni, na primer aglomeracije in avtoceste ter izpusti, ki nastajajo pri zgorevanju lesa in v industriji. Dodati je potrebno tudi regionalne zračne mase ali zračne mase, ki prepotujejo

velike razdalje in lahko prispevajo k onesnaževanju zraka v Alpah. Čeprav so nekateri naravni izpusti vezani na kemijske pojave v ozračju, človekove dejavnosti predstavljajo glavni vir poslabševanja kakovosti zraka v Alpah.

Posebna orografija Alp je prav tako razlog za zapletene procese porazdelitve in koncentracije onesnaževal v gosto poseljenih dolinah. Doline in vznožja gora predstavljajo geografsko in meteorološko past, ki zadržuje onesnaževala ozračja. Alpska regija pa je tudi izjemno občutljiv ekosistem. Čist zrak v Alpah je nepogrešljiv element predvsem za turizem, za zdrave rekreativne dejavnosti in za zaščito ekosistemov. Analiza in izboljšanje kakovosti zraka v Alpah sta zato za pogodbenice Alpske konvencije prednostni nalogi.



Slika 1: Zemljevid območja Alpske konvencije.

Z vidika zdravja in ekološke zaščite EU in Švica izvajata nadzor nad glavnimi onesnaževali v okviru svojih zakonodaj. Države članice EU in njihovi partnerji ter Švica so tudi člani Konvencije o čezmejnem onesnaževanju zraka na velike razdalje (CLRTAP), ki ima vrsto protokolov s predpisi za dodatne snovi, kot so policiklični aromatski ogljikovodiki (PAO), obstojna organska onesnaževala (POP) ali težke kovine.

Na podlagi predloga prihajajočega francoskega predsedstva je XV. Alpska konferenca (Innsbruck, AT, 4. april 2019) sklenila, da bo osmo poročilo o stanju Alp obravnavalo temo kakovosti zraka v Alpah. Ustanovljena je bila *ad hoc* delovna skupina s strokovnjaki iz vseh alpskih držav, ki je imela nalogo, da v sledečem obdobju oblikuje to poročilo in ga predstavi XVI. Alpski konferenci (10. december 2020), ki ga je tudi uradno odobrila. Predlog francoskega predsedstva je izhajal iz dejstva, da se od leta 2006, ko je bilo pripravljeno prvo Poročilo o stanju Alp na temo prometa in mobilnosti, Alpska konvencija ni v zadostni meri ukvarjala s kakovostjo zraka. Poleg podnebnih sprememb, njihovega blaženja in prilagajanja nanje, ohranjanja biotske raznovrstnosti ter spodbujanja krožnega gospodarstva je zdaj visoka kakovost zraka osrednji cilj okoljskih in zdravstvenih politik. Cilj Alpske konvencije je »zagotavljati s preudarno in trajno rabo virov ter z upoštevanjem načela preventive, povzročiteljeve odgovornosti in sodelovanja enotno politiko za ohranitev in varstvo Alp« (Alpska konvencija, 2018a). Točka c) Splošnih obveznosti Okvirne konvencije (2. člen) se glasi: »Ohranjanje čistega zraka – s ciljem drastičnega zmanjšanja emisij škodljivih snovi in obremenitev z njimi v alpskem okolju ter njihovega vnašanja od zunaj do mere, ki ni škodljiva za ljudi, živali in rastline«.

Varovanje zdravja državljanov je glavna skrb in prednostna naloga politik kakovosti zraka, čeprav so učinki onesnaženosti zraka na pridelke in ekosisteme še vedno pomembna tema. Onesnaževala zraka prepotujejo velike razdalje, se ne ozirajo na državne meje in imajo negativne posledice za zdravje ljudi in ekosisteme: med drugim so odgovorna za zakisovanje, evtrofikacijo in onesnaževanje s prizemnim ozonom. Osmo Poročilo o stanju Alp na podlagi mandata XV. Alpske konference obravnava pet specifičnih tem:

- pripraviti posnetek stanja kakovosti zraka v Alpah, razumeti večplastne mehanizme, ki povzročajo njegovo slabšanje;
- sestaviti seznam veljavnih mednarodnih, nacionalnih in lokalnih predpisov;

- na kratko poročati o zdravstvenih težavah, povezanih z onesnaženostjo zraka, in tudi o vplivu onesnaženosti zraka na ekosisteme;
- prepoznati primere dobrih praks za izboljšanje kakovosti zraka, posebej v Alpah;
- pripraviti nabor priporočil za oblikovalce politik.

V prvem poglavju poročila je podana analiza zakonodajnega okvira za opredelitev pravnih predpisov, ki določajo ravni koncentracij onesnaževal zraka (mejne vrednosti koncentracij v zraku, ciljne vrednosti, mejne vrednosti izpustov itd.), režime spremljanja, zahteve za poročanje in predpise za ukrepanje v primeru preseganja. Analiza izpostavlja formalne referenčne okoljske cilje za primerjavo s sedanjimi poročili in podatki o kakovosti zraka.

Na podlagi kombinacije epidemioloških in toksikoloških študij ter študij o izpostavljenosti pa so strokovnjaki ugotovili, da se negativne posledice onesnaženosti zraka za človeka pojavljajo krepko pod zakonsko predpisanimi ravnmi. Za nekatera onesnaževala zraka, kot so fini delci, ni dokazov o obstoju praga, pod katerim ni verjetnosti, da bi se pojavile posledice za zdravje. V primeru, ko se verjetnost posledic poveča sorazmerno s stopnjo izpostavljenosti, bi bilo mogoče cilje kakovosti po dogovoru uskladiti s koncentracijami, pri katerih je verjetnost povzročanja škodljivih učinkov 1/100.000. Tudi zaradi tega je SZO oblikovala vrsto globalnih smernic za kakovost zraka (AQG), ki so trenutno v postopku pregleda. Evropska komisija je v svojem zelenem dogovoru (EK, 2019) napovedala, da bo predlagala *prenovo evropskih standardov kakovosti zraka z namenom podrobnejše uskladitve s priporočili SZO*.

Onesnaženost zraka je opredeljena kot mešanica plinastih, tekočih in trdnih onesnaževal. Veliko število teh, znanih kot primarna onesnaževala, je izpuščenih neposredno v ozračje. Sekundarna onesnaževala nastanejo zaradi kemijskih reakcij predhodnikov v ozračju, vključno z reakcijami z vodo in sončnim sevanjem. Za celovito razumevanje tematike kakovosti zraka je zelo pomembno poznati onesnaževala, ki so prisotna v zunanem zraku, in osnovne mehanizme, ki povzročajo njihovo izpuščanje, razpršitev, nastanek, spremembo in izpostavljenost. Poročilo te vidike naslavlja po poglavju, ki obravnava zakonodajni okvir. Analiza, ki so jo opravili strokovnjaki *ad hoc* delovne skupine, temelji na rezultatih številnih novejših raziskovalnih projektov o kakovosti zraka v Alpah.

Pomembno poglavje je posvečeno analizi stanja kakovosti zraka v Alpah, med drugim na podlagi



podatkov iz podatkovne baze Evropske agencije za okolje (EEA). Priprava in analiza podatkov sta potekali ob zagotavljanju homogenosti pri zbiranju in izračunavanju podatkov. To poglavje posreduje posodobljene informacije in zemljevide o kakovosti zraka v Alpah ter o trendih onesnaževanja zraka. Ugotovitve potrjujejo, da se kakovost zraka v Alpah postopno izboljšuje in da zakonsko določene mejne vrednosti v glavnem niso presežene. Poleg tega pa kažejo tudi, da cilji, usmerjeni v strožjo zaščito, še vedno niso doseženi, predvsem to velja za delce $PM_{2.5}$.

Poročilo nadalje vključuje pregled najpomembnejših raziskovalnih projektov in opazovalnic ka-

kovosti zraka v Alpah ter analizira težave, ki bi se lahko pojavljale v prihodnosti.

Izbira primerov dobrih praks je dodaten prispevek delovne skupine, ki jih je poimenovala *pametne rešitve*. V tem duhu naslednje poglavje prikazuje primere ukrepanja v Alpah s ciljem reševanja vprašanj iz začetnih poglavij poročila na različnih upravnih ravneh.

Na koncu poročila je navedena vrsta priporočil na temo kakovosti zraka v Alpah, ki v glavnem temeljijo na pametnih rešitvah. Priporočila predstavljajo poizkus naslavljanja vseh izzivov, izpostavljenih v poročilu.

2. ZAKONODAJA O KAKOVOSTI ZUNANJEGA ZRAKA

Namen tega poglavja je podati pregled pravnega okvira s prikazom ustrezne obstoječe zakonodaje na področju kakovosti zraka v alpski regiji. Osredotoča se na kakovost zunanjega zraka in se opira predvsem na zakonodajo Evropske unije (EU) in podobne zakone v državah, ki so pogodbenice Alpske konvencije, niso pa članice EU.

- Emisijski standardi in standardi energetske učinkovitosti za glavne vire onesnaževanja zraka, vključno z izpusti vozil, proizvodi in industrijo. Te standarde določa evropska zakonodaja, ki obravnava na primer industrijske izpuste, izpuste iz elektrarn, vozil in goriv v prometu ter energetske učinkovitost proizvodov in necestne mobilne mehanizacije.

2.1 ZAKONODAJA EVROPSKE UNIJE

Zakonodajni okvir o kakovosti zraka na območju Alpske konvencije v veliki meri določa evropska zakonodaja. EU je že od začetka 70. let začela razvijati pravni okvir za izboljšanje kakovosti zraka.

Trije stebri politike EU za čist zrak:

- Standardi za kakovost zunanjega zraka v obliki mejnih in ciljnih vrednosti, ki jih določajo direktive o kakovosti zunanjega zraka v zvezi z ravnmi onesnaževal v zunanjem zraku s ciljem varovanja zdravja ljudi in okolja kot celote.
- Skupne nacionalne izpuste določenih onesnaževal obravnava Direktiva o zmanjšanju nacionalnih emisij. Direktiva med drugim vsebuje zahteve (npr. nacionalne katastrofe emisij), nacionalne obveznosti zmanjšanja emisij za pet ključnih onesnaževal in nacionalne programe nadzora izpolnjevanja zavez.

2.1.1 DIREKTIVI O KAKOVOSTI ZUNANJEGA ZRAKA

Glavno orodje prvega stebra okvira EU o kakovosti zraka sta dve direktivi, ki določata standarde kakovosti zunanjega zraka: Direktiva 2008/50/ES in Direktiva 2004/107/ES, spremenjena z Direktivo Komisije (EU) 2015/1480. Opirata se na prejšnjo zakonodajo, ki so jo postopoma razvijali že od začetka 80. let. Direktivi določata standarde zunanjega zraka za vrsto onesnaževal, med katerimi so ozon (O_3), trdni delci (PM_{10} in $PM_{2,5}$)¹ in dušikov dioksid (NO_2) ter arzen, kadmij, živo srebro, nikelj in policiklični aromatski ogljikovodiki² (Direktiva 2004/107/ES). Skupaj predstavljata trenutni zakonodajni okvir³ za izboljšanje kakovosti zraka v EU in določata standarde, ki jih morajo države članice dosegati za 13 onesnaževal zraka (glej tabelo 1). Ker izziv kakovosti zraka še zdaleč ni rešen⁴, so pred nedavnim trenutni pravni okvir vključili v postopek preverjanja ustreznosti⁵ s poudarkom na obdobju od leta 2008 do leta 2018.

1. PM_{10} so delci manjši od 10 μm ; delci $PM_{2,5}$ so manjši od 2,5 μm .

2. <https://www.niehs.nih.gov/health/topics/agents/air-pollution/>.

3. Okvirna direktiva in prve tri hčerinske direktive so bile združene v eno leta 2008.

4. Postopki za ugotavljanje kršitev so bili uvedeni zoper številne države članice.

5. Več informacij o tem je na voljo na spletni povezavi: https://ec.europa.eu/environment/air/quality/aqd_fitness_check_en.htm. Končni rezultat postopka preverjanja ustreznosti je bila ugotovitev, da so standardi kakovosti zraka ključnega pomena za zmanjševanje koncentracij in presežnih vrednosti. Kljub temu pa še obstaja prostor za izboljšave, še posebno na dveh točkah: standardi kakovosti zraka EU niso popolnoma usklajeni z uveljavljenimi zdravstvenimi priporočili (in prav tako ne predvidevajo izrecnega mehanizma za prilagoditev standardov kakovosti zraka najnovejšim tehničnim in znanstvenim dosežkom). Poleg tega je v državah članicah prišlo tudi do bistvenih zamud pri odobritvi ustreznih in učinkovitih ukrepov za doseganje standardov kakovosti zraka ali pri poskusih omejevanja trajanja obdobja preseganja.



ONESNAŽEVALO	ČAS POVPREČENJA	KONCENTRACIJA	PRAVNA NARAVA	OPOMBE
STANDARDI KAKOVOSTI ZRAKA ZA VAROVANJE ZDRAVJA LJUDI				
PM ₁₀	1 dan	50 µg/m ³	Mejna vrednost	Vrednost ne sme biti presežena več kot 35-krat v koledarskem letu
	Koledarsko leto	40 µg/m ³		
PM _{2,5}	Koledarsko leto	25 µg/m ³	Mejna vrednost	Kazalnik povprečne izpostavljenosti (AEI) ⁶ leta 2015 (povprečje 2013–2015)
		20 µg/m ³	Obveznost glede stopnje izpostavljenosti	
		0–20 % zmanjšanje izpostavljenosti	Ciljno zmanjšanje izpostavljenosti na nacionalni ravni	
Ozon (O ₃)	Največja dnevna osemurna srednja vrednost	120 µg/m ³	Ciljna vrednost	Vrednost ne sme biti presežena več kot 25 dni v koledarskem letu triletnega povprečja
		120 µg/m ³	Dolgoročni cilj	
	1 ura	180 µg/m ³	Opozorilna vrednost	
		240 µg/m ³	Alarmna vrednost	
Dušikov dioksid (NO ₂)	1 ura	200 µg/m ³	Mejna vrednost	Vrednost ne sme biti presežena več kot 18-krat v koledarskem letu
		400 µg/m ³	Alarmna vrednost	
	Koledarsko leto	40 µg/m ³	Mejna vrednost	Meritev se opravi v treh zaporednih urah na površini 100 km ² ali na celotnem območju
Benzo(a)piren (BaP ⁷)	Koledarsko leto	1 ng/m ³	Ciljna vrednost	Celotna vsebnost v frakciji PM ₁₀
Žveplov dioksid (SO ₂)	1 ura	350 µg/m ³	Mejna vrednost	Vrednost ne sme biti presežena več kot 24-krat v koledarskem letu
		500 µg/m ³	Alarmna vrednost	
	1 dan	125 µg/m ³	Mejna vrednost	Vrednost ne sme biti presežena več kot trikrat v koledarskem letu
Ogljikov monoksid (CO)	Največja dnevna osemurna srednja vrednost	10 mg/m ³	Mejna vrednost	
Benzen (C ₆ H ₆)	Koledarsko leto	5 µg/m ³	Mejna vrednost	
Svinec (Pb)	Koledarsko leto	0,5 µg/m ³	Mejna vrednost	Skupna vsebnost v frakciji PM ₁₀
Arzen (As)	Koledarsko leto	6 ng/m ³	Ciljna vrednost	Skupna vsebnost v frakciji PM ₁₀
Kadmij (Cd)	Koledarsko leto	5 ng/m ³	Ciljna vrednost	Skupna vsebnost v frakciji PM ₁₀
Nikelj (Ni)	Koledarsko leto	20 ng/m ³	Ciljna vrednost	Skupna vsebnost v frakciji PM ₁₀
STANDARDI KAKOVOSTI ZRAKA ZA VARSTVO RASTLINSTVA				
O ₃	AOT40 ⁸ skupno od maja do julija	18.000 µg/m ³ · h	Ciljna vrednost	Petletno povprečje
		6.000 µg/m ³ · h	Dolgoročni cilj	
Dušikovi oksidi (NO _x)	Koledarsko leto	30 µg/m ³	Kritična vrednost	
SO ₂	Koledarsko leto in zima (od 1. oktobra do 31. marca)	20 µg/m ³	Kritična vrednost	

Tabela 1: Standardi kakovosti zraka za varovanje zdravja ljudi in rastlinstva iz direktiv EU o kakovosti zunanega zraka (EEA, 2019).

6. AEI: kazalnik temelji na meritvah, izvedenih na neizpostavljenih mestnih lokacijah, ki jih v ta namen uvedejo države članice; ocenjen je kot drseče letno povprečje v treh koledarskih letih.

7. BaP (Benzo(a)piren) se šteje kot glavna snov policikličnih aromatskih ogljikovodikov z rakotvornim potencialom.

8. AOT40 je indeks akumulirane izpostavljenosti O₃, izražene v µg/m³/h, nad mejno vrednostjo 40 ppb. Pomeni vsoto razlik med urnimi koncentracijami, večjimi od 80 µg/m³ (40 ppb), in 80 µg/m³, ki se akumulirajo preko vseh urnih vrednosti, izmerjenih med 8.00 in 20.00 po srednjeevropskem času (CET).

Namen direktiv o kakovosti zunanjega zraka je bil določiti ukrepe za⁹:

- opredelitev in določitev ciljev glede kakovosti zunanjega zraka, da bi se izognili škodljivim učinkom za zdravje ljudi in okolje kot celoto, jih preprečili ali zmanjšali;
- ocenjevanje kakovosti zunanjega zraka v državah članicah na podlagi skupnih metod in meril;
- pridobivanje podatkov o kakovosti zunanjega zraka, ki bi bili v pomoč pri zmanjševanju onesnaževanja zraka in motečih vplivov ter podlaga za spremljanje dolgoročnih gibanj in izboljšanj, ki so posledica ukrepov na vseh pristojnih ravneh upravljanja;
- zagotavljanje, da so podatki o kakovosti zunanjega zraka na voljo javnosti;
- ohranjanje kakovosti zraka, kjer je ta dobra, in njeno izboljšanje drugod;
- spodbujanje večjega sodelovanja med državami članicami pri zmanjševanju onesnaževanja zraka;
- priprava načrtov za kakovost zraka za doseganje skladnosti z mejnimi vrednostmi zunanjega zraka v najkrajšem možnem času v primeru preseganja.

Evropska zakonodaja o kakovosti zraka je zgrajena na vrsti načel, ki stremijo h končnemu cilju zmanjšanja škodljivih učinkov za zdravje ljudi in okolje kot celoto. Za spremljanje koncentracij onesnaževal in skladnosti z veljavnimi standardi kakovosti zunanjega zraka morajo države članice opredeliti območja in aglomeracije na svojih ozemljih in jih razvrstiti na podlagi predpisanih ocenjevalnih pragov; na ta način bodo določile uporabno metodo za ocenjevanje kakovosti zraka (meritve, modeliranje in/ali druge tehnike objektivnega ocenjevanja). V tem smislu direktivi o kakovosti zraka opredeljujeta skupne metode in merila za umestitev vzorčevalnih mest. Lokacije teh vzorčevalnih mest so namenjene varovanju zdravja ljudi, rastlinstva in naravnih ekosistemov. Države članice morajo nato o pridobljenih podatkih o kakovosti zraka poročati Evropski komisiji (glej poglavje 5).

Kjer ravni onesnaženosti presegajo mejne ali ciljne vrednosti, morajo države članice oblikova-

ti načrte za kakovost zraka, ki obravnavajo vire, odgovorne za onesnaževanje, zato da zagotovijo skladnost z ustrezno mejno ali ciljno vrednostjo. V primeru preseganja mejnih vrednosti morajo ti načrti predvideti ustrezno ukrepanje, zato da je obdobje preseganja čim krajše. Poleg tega morajo biti podatki o kakovosti zraka dani na voljo javnosti.

2.1.2 DIREKTIVA O ZMANJŠANJU NACIONALNIH EMISIJ

Glavno zakonodajno orodje drugega stebra okvira EU o čistem zraku je Direktiva (EU) 2016/2284 o zmanjšanju nacionalnih emisij in nekaterih atmosferskih onesnaževal (še vedno pogosto imenovana Direktiva NEC¹⁰), ki razveljavlja Direktivo 2001/81/EC. Direktiva NEC obravnava skupne nacionalne emisije petih ključnih onesnaževal. Njen namen je doseganje ciljev evropske politike o čistem zraku, torej petdesetodstotnega zmanjšanja vplivov onesnaženosti zraka na zdravje ljudi do leta 2030 v primerjavi z letom 2005 in zmanjšanja okoljskih vplivov.

V ta namen države članice posredujejo nacionalne evidence emisij preteklih let in projekcije za emisije v prihodnjih letih. Poročanje je popolnoma v skladu s smernicami poročanja v okviru Konvencije o čezmejnem onesnaževanju zraka na velike razdalje (Konvencija o zraku), ki je predstavljena v podpoglavju 2.4.1.

Te evidence emisij se uporabljajo za spremljanje in analiziranje stanja onesnaženosti zraka ter za nadzor spoštovanja nacionalnih obveznosti zmanjšanja emisij, ki so bile določene za obdobje 2020–2029 ter za obdobje od leta 2030 dalje. Obveznosti zmanjšanja emisij za obdobje 2020–2029 sovpadajo z obveznostmi, ki so jih države članice EU prevzele v okviru Göteborgskega protokola in Konvencije o zraku. Istočasno Direktiva NEC zastavlja bolj ambiciozne cilje zmanjšanja emisij do leta 2030.

Direktiva NEC od držav članic zahteva tudi, da oblikujejo, izvajajo in redno posodablajo Nacionalni program nadzora nad onesnaževanjem zraka¹¹, ki določa ukrepe, ki jih bodo države članice izvajale za zagotavljanje izpolnjevanja obve-

9. V skladu s 1. členom Direktive o kakovosti zunanjega zraka 2008/50/EC.

10. Direktiva o nacionalnih zgornjih mejah emisij.

11. Nacionalni programi nadzora nad onesnaževanjem (NAPCP) so na voljo na spletni povezavi: <https://ec.europa.eu/environment/air/reduction/NAPCP.htm>.



znosti zmanjšanja emisij za obdobje 2020–2029 in od leta 2030 dalje (Priloga II k Direktivi (EU) 2016/2284).

Nazadnje Direktiva NEC zahteva od držav članic tudi, da spremljajo vplive onesnaževanja zraka na ekosisteme z vzpostavitvijo mreže merilnih mest in poročanjem o ključnih kazalnikih; cilj je nuditi podatke v podporo prizadevanjem za zagotavljanje, da onesnaževanje zraka ne prispeva k višanju koncentracij preko kritičnih obremenitev in ravni v različnih ekosistemih v EU.

2.2 NACIONALNI PREDPISI V AVSTRIJI, LIHTENŠTAJNU, MONAKU IN ŠVICI

Švica, Monako in Lihtenštajn na splošno uporabljajo podobna pravila, ki temeljijo na direktivah EU o kakovosti zunanjega zraka. Področje onesnaževanja zraka ureja švicarski Odlok o nadzoru onesnaževanja zraka¹² (OAPC), ki temelji na Zve-

znem zakonu o varstvu okolja. Odlok (2018) določa standarde kakovosti zraka za onesnaževala v skladu s priporočili SZO iz leta 2005. Ta so za nekatera onesnaževala strožji kot trenutne mejne vrednosti, ki jih določa okvir EU o čistem zraku, kot je prikazano v spodnji tabeli 2.

193. člen Pogodbe o delovanju Evropske unije v zvezi s pravnimi akti, ki so bili sprejeti v skladu s 192. členom v okviru okoljske politike EU, državam članicam omogoča, da ohranijo ali uvedejo strožje zaščitne ukrepe, če so ti skladni s pogodbami EU. Avstrijski zvezni zakon o kakovosti zunanjega zraka, ki izvaja direktivi o kakovosti zunanjega zraka, je na primer uporabil ta predpis in uvedel strožje nacionalne mejne vrednosti za NO₂, PM₁₀ in BaP, kot je prikazano v spodnji tabeli 2. Ti standardi upoštevajo mejne vrednosti, povezane z vplivi, ki jih je razvila Avstrijska akademija znanosti v 70. in 80. letih.

Kneževina Monako znotraj svojega okvira za kakovost zunanjega zraka na podlagi skupnih metod in meril trenutno primerja podatke o ka-

ONESNAŽEVALO	ČAS POVPREČENJA, PRAVNA NARAVA	DRŽAVA UPORABE	KONCENTRACIJA	OPOMBE
PM ₁₀	1 dan, mejna vrednost	Švica, Lihtenštajn	50 µg/m ³	Vrednost ne sme biti presežena več kot 3 dni v koledarskem letu
		Avstrija		Vrednost ne sme biti presežena več kot 25 dni v koledarskem letu
		vse druge države		Vrednost ne sme biti presežena več kot 35 dni v koledarskem letu
	Koledarsko leto, mejna vrednost	Švica, Lihtenštajn	20 µg/m ³	
vse druge države		40 µg/m ³		
PM _{2,5}	Koledarsko leto, mejna vrednost	Švica, Lihtenštajn	10 µg/m ³	
		vse druge države	25 µg/m ³	
NO ₂	0,5 ure, mejna vrednost	Švica, Lihtenštajn	100 µg/m ³	Vrednost ne sme biti presežena več kot 18 ur v koledarskem letu
		Avstrija	200 µg/m ³	
	1 ura, mejna vrednost	vse druge države	200 µg/m ³	Vrednost ne sme biti presežena več kot 18 ur v koledarskem letu
	Koledarsko leto, mejna vrednost	Avstrija, Švica, Lihtenštajn	30 µg/m ³	
vse druge države		40 µg/m ³		
BaP	Koledarsko leto, mejna vrednost	Avstrija	1 ng/m ³	

Tabela 2: Primerjava standardov kakovosti zraka za trdne delce, dušikov dioksid in benzo(a)piren v alpski regiji.

12. OAPC, SR 814.318.142.1. Spletna povezava: <https://www.admin.ch/opc/en/classified-compilation/19850321/index.html#app7ahref0>.

kovosti zraka z mejnimi vrednostmi, podatki in alarmnimi vrednostmi za onesnaževala PM, O₃, NO_x, SO₂ in CO iz direktiv EU o kakovosti zraka ter sledi dolgoročnemu cilju SZO za leto 2030.

2.2.1 NO₂

Za NO₂ obstajajo razlike ne le v mejnih vrednostih, ampak tudi v ustreznem času povprečenja. Mejne vrednosti za povprečne letne ravni nihajo med 30 µg/m³ (Avstrija¹³, Švica in Lihtenštajn) in 40 µg/m³ (vse druge države članice EU). Kar zadeva kratkoročne mejne vrednosti sta Švica in Lihtenštajn določila polurno mejno vrednost 100 µg/m³ in dopuščata 18 preseganj. V Avstriji je bila določena mejna vrednost 200 µg/m³ za polurno srednjo vrednost, vse ostale države članice EU pa uporabljajo mejno vrednost 200 µg/m³ za urno srednjo vrednost. Razlike obstajajo tudi v številu dovoljenih preseganj za kratkoročne mejne vrednosti NO₂ v enem letu: v skladu z Direktivo o kakovosti zunanega zraka druge države članice EU dovoljujejo 18 preseganj urne mejne vrednosti v koledarskem letu, Avstrija pa prepoveduje preseganje polurne mejne vrednosti.

2.2.2 TRDNI DELCI

Za delce PM₁₀ so v Švici in Lihtenštajnu v skladu s smernicami SZO določeni standardi kakovosti zraka letnega povprečja 20 µg/m³, v državah članicah EU pa velja standard letnega povprečja 40 µg/m³. Mejna vrednost za dnevno povprečje delcev PM₁₀ je 50 µg/m³ za vse države alpskega loka, število dovoljenih preseganj v enem letu pa se spreminja: 3 dni v Švici, 25 v Avstriji in 35 v vseh drugih državah članicah EU.

Za delce PM_{2,5} je v Švici in Lihtenštajnu v skladu s smernicami SZO določena zgornja meja standardov kakovosti zraka pri 10 µg/m³ (letno povprečje), v državah članicah EU pa pri 25 µg/m³ (letno povprečje).

2.3 NAČRTOVANJE KAKOVOSTI ZRAKA

V skladu z Direktivo EU o kakovosti zraka morajo biti pripravljene načrti za primere preseganja

mejnih vrednosti kakovosti zunanega zraka s pomočjo ustreznih ukrepov, ki zagotavljajo usklajenost s standardi v najkrajšem možnem času. Pristojnost za pripravo teh načrtov je različno porazdeljena v posameznih državah članicah. V deželi Bavarski je to na primer v pristojnosti okrožnih vlad, za načrte kakovosti zraka in njihovo izvedbo so v Italiji pristojne regionalne uprave, v Avstriji pa deželne vlade.

2.4 MEDNARODNE KONVENCIJE, SPORAZUMI IN KOORDINACIJA

Mednarodne organizacije, nacionalne in lokalne oblasti, NVO-ji in drugi deležniki so začeli sprejemati ukrepe zaradi povečane ozaveščenosti o posledicah in rastočih stroških onesnaženosti zraka (glej poglavje 1). Zlasti Gospodarska komisija Združenih narodov za Evropo (UNECE), SZO in Program Združenih narodov za okolje (UNEP) so oblikovali ukrepe na svetovni ravni za reševanje težav z onesnaženostjo zraka.

2.4.1 KONVENCIJA UNECE O ONESNAŽEVANJU ZRAKA NA VELIKE RAZDALJE PREKO MEJA¹⁴

Konvencija UNECE o zraku (tudi CLRTAP), ki je bila sprejeta leta 1979, se ukvarja z varovanjem človekovega okolja pred onesnaževanjem zraka in s postopnim zmanjšanjem in preprečevanjem onesnaževanja zraka, vključno z onesnaževanjem zraka na velike razdalje preko meja. Razširjena je bila z osmimi protokoli, ki obravnavajo različna onesnaževala; zadnji protokol¹⁵ je orodje, ki upošteva več učinkov in več onesnaževal, oblikovano za zmanjšanje zakisovanja, evtrofikacije in prizemnega ozona. Za pogodbenice ta protokol določa mejne vrednosti številnih glavnih virov izpustov in vsebuje nacionalne obveznosti zmanjšanja emisij za pet glavnih onesnaževal. Te obveznosti so usklajene z obveznostmi zmanjšanja emisij v obdobju 2020–2029 iz Direktive NEC EU.

Konvencija o zraku nudi dostop do podatkov o izpustih, meritvah in modeliranju ter do informacij o posledicah onesnaževanja zraka za ekosisteme,

13. Preostalo sprejemljivo preseganje 5 µg/m³ velja od 1. 1. 2010.

14. V nadaljevanju tudi »Konvencija o zraku«. Na spletni povezavi: <https://www.unece.org/env/lrtap/welcome.html.html>.

15. Protokol za zmanjšanje zakisovanja, evtrofikacije in prizemnega ozona (Göteborgski protokol) iz leta 1999, spremenjen leta 2012.



zdravje ljudi, pridelke in materiale. Konvencija nudi tudi pomemben pravni okvir za številne projektne skupine, centre in mednarodne programe sodelovanja, ki vodijo raziskave in izdajajo znanstvene presoje o pomembnih vprašanjih v zvezi s kakovostjo zraka.

2.4.2 SMERNICE SZO

SZO se ukvarja z globalnimi standardi in okoljsko kakovostjo; razvila je Smernice za kakovost zraka (AQG), ki so bile objavljene leta 1987 in pregledane leta 1995 ter 2005. Utemeljitev in predpostavke Smernic za kakovost zraka so podane v poglavju 4.1. V tabeli 3 je povzetek z vrednostmi, ki jih je SZO predlagala (trenutno v postopku pregleda) za zmanjšanje vplivov onesnaževanja zraka na zdravje ljudi in naravne ekosisteme.

Za pregled evropskih politik o kakovosti zraka v

letu 2013 je Evropska komisija na SZO naslovila vrsto vprašanj¹⁶, da bi podprla ta postopek pregleda. Odgovori na vprašanja so bili izoblikovani v projektih »Review of evidence on health aspects of air pollution« (pregled dokazov o zdravstvenih vidikih onesnaževanja zraka) in »Health risks of air pollution in Europe« (nevarnosti za zdravje zaradi onesnaževanja zraka v Evropi)¹⁷. Kot rezultat teh projektov je SZO leta 2016 začela s pregledom svojih smernic¹⁸ za kakovost zraka. Na podlagi zadnjega poročila delovne skupine SZO/UNECE na temo zdravja¹⁹ ta pregled vključuje PM_{2,5}, PM₁₀, NO₂, O₃, SO₂ in CO. Sistematični pregledi dokazov o zdravstvenih posledicah teh onesnaževal zraka bodo podlaga za drugo fazo postopka posodobitve, konkretno za pridobivanje numeričnih priporočnih vrednosti izpostavljenosti, določanje vmesnih ciljev in druga priporočila. Druga faza je potekala v letu 2020, nove Smernice za kakovost zraka pa bodo objavljene leta 2021.

ONESNAŽEVALO	ČAS POVPREČENJA	AQG	REFERENČNA RAVEN	OPOMBE
PM ₁₀	1 dan	50 µg/m ³		99 % (3 dni na leto)
	Koledarsko leto	20 µg/m ³		
PM _{2,5}	1 dan	25 µg/m ³		99 % (3 dni na leto)
	Koledarsko leto	10 µg/m ³		
O ₃	Največja dnevna osemurna srednja vrednost	100 µg/m ³		
NO ₂	1 ura	200 µg/m ³		
	Koledarsko leto	40 µg/m ³		
BaP	Koledarsko leto		0,12 ng/m ³	
SO ₂	10 minut	500 µg/m ³		
	1 dan	20 µg/m ³		
CO	1 ura	30 mg/m ³		
	Največja dnevna osemurna srednja vrednost	10 mg/m ³		
Benzen (C ₆ H ₆)	Koledarsko leto		1,7 µg/m ³	
Pb	Koledarsko leto	0,5 µg/m ³		
As	Koledarsko leto		6,6 ng/m ³	
Cd	Koledarsko leto	5 ng/m ³		
Ni	Koledarsko leto		25 ng/m ³	

Tabela 3: Smernice za kakovost zraka in ocenjene stopnje tveganja. Kadar smernice za kakovost zraka niso določene, se referenčne ravni računajo ob predpostavki sprejemljivega dodatnega tveganja za nastanek raka približno 1 na 100.000 (EEA, 2019).

16. <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/activities/health-aspects-of-air-pollution-and-review-of-eu-policies-the-revihaap-and-hrapie-projects/key-questions-for-guidance-of-eu-policies>.

17. <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/activities/health-aspects-of-air-pollution-and-review-of-eu-policies-the-revihaap-and-hrapie-projects>.

18. <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/activities/update-of-who-global-air-quality-guidelines>.

19. http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/documents/2019/AIR/EMEP_WGE_Joint_Session/ECE_EB.AIR_GE.1_2019_17-1909805E.pdf.

Leta 2018 je v Ženevi potekala prva globalna konferenca SZO o onesnaženosti zraka in zdravju²⁰. Na konferenci so začeli z akcijskim programom za boj proti onesnaževanju zraka (SZO, 2018), ki obsega izvajanje rešitev za zmanjševanje vsakršne oblike zgorevanja, okrepitev ukrepov za zaščito najbolj ranljivih skupin prebivalstva (tj. otrok), podporo za izboljšanje kakovosti zraka v mestih, okrepitev skupnega ukrepanja na finančnem, zdravstvenem in okoljskem področju za spodbujanje specifičnih ukrepov s ciljem izboljšanja kakovosti zraka in blažitve podnebnih sprememb ter nadaljevanje skupnih prizadevanj za usklajeno spremljanje onesnaženosti zraka.

V okviru zelenega dogovora EU je Evropska komisija napovedala, da ima namen okrepiti določbe v zvezi s spremljanjem in modeliranjem kakovosti zraka ter pripravo načrtov za kakovost zraka. Komisija bo tudi pripravila predlog za tesnejšo

uskladitev evropskih standardov kakovosti zraka s priporočili SZO (COM/2019/640).

2.4.3 DRUGE AKTIVNOSTI OZN

Skupščina Združenih narodov za okolje je sprejela dve resoluciji v letih 2014²¹ in 2017²² ter ministrsko deklaracijo leta 2019²³, ki pozivajo članice, naj sprejmejo pomembne ukrepe za zmanjšanje onesnaževanja zraka in izboljšanje kakovosti zraka na svetovni ravni. Ministrska deklaracija je oblikovana po teh resolucijah in se zavezuje k izboljšanju nacionalnih okoljskih sistemov in tehnologij za spremljanje zraka ter k spodbujanju nacionalnih zmogljivosti za upravljanje okoljskih podatkov. Deklaracija tudi poziva UNEP, naj izboljša sodelovanje in izmenjavo informacij z državami članicami na vseh ravneh s ciljem čezmejnega obvladovanja onesnaževanja zraka.

20. <https://www.who.int/airpollution/events/conference/en/>.

21. Resolution 1/7 on Air Quality (https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/17135/UNEA1_Resolution7AirQuality.pdf?sequence=1&%3BisAllowed=).

22. Resolution 3/8 on Preventing and reducing air pollution to improve air quality globally (<https://papersmart.unon.org/resolution/uploads/k1800222.english.pdf>).

23. Ministerial Declaration: Towards a pollution-free planet (<https://papersmart.unon.org/resolution/uploads/k1800398.english.pdf>).



3. OPIS ONESNAŽEVAL ZRAKA IN PROCESOV V ALPAH

Kakovost zraka v alpski regiji in njena prostorska in časovna spremenljivost so večplasten rezultat izpustov ter lokalne in mezoskalne meteorologije ter topografije. Gorski vrhovi so v alpski regiji srednje visoki do visoki, veliko je alpskih dolin različnih oblik, ki so pogosto ozke in razmeroma dolge. Velike višinske razlike med dni dolin in vrhovi pogojujejo izrazite strmine pobočij. Večina od približno 14 milijonov prebivalcev v alpski regiji živi v dolinah, kjer se nahajajo glavne ceste in avtoceste. To pomeni, da so antropogeni izpusti v Alpah primarno prisotni v dolinah. Na prostorsko porazdelitev izpustov v dolinah vplivata (a) porazdelitev stalnega prebivalstva in (b) prisotnost avtocest, kjer se koncentrira medregionalni promet. Približno 45 % celotnega alpskega prebivalstva živi v občinah z manj kot 5.000 prebivalci (Price, M. F. in dr., 2011), kar pomeni, da več kot polovica prebivalstva živi v srednje velikih krajih ali redkih velikih mestih oziroma v njihovi bližini.

3.1 METEOROLOŠKO-PODNEBNI PROCESI

Ko razlagamo pojave onesnaževanja zraka (in depozicije) v Alpah, moramo upoštevati številne meteorološke procese:

- prenos onesnaževal zraka, ki izvirajo zunaj alpskega območja, na velike razdalje (> 100 km) in njihovo stekanje na alpsko območje, dviganje in transport zračnih mas ter povečana depozicija kot posledica orografskih padavin;
- prenos onesnaževal z nižinskih območij v bližini Alp v doline in po pobočjih navzgor;

- dnevni dolinski veter in cirkulacija pobočnih vetrov, ki prenašata in redčita onesnaženje znotraj dolinskih sistemov;
- atmosferski pogoji širjenja onesnaženja, ki ga sproža vertikalna porazdelitev temperatur;
- kompleksno medsebojno vplivanje prenosa, nastajanja in izginjanja ozona na različnih prostorskih in časovnih ravneh.

Dinamika, povezana z onesnaževanjem zraka, je odvisna tudi od širine in dolžine dolin ter njihove orientacije glede na sinoptične vetrove²⁴.

3.1.1 METEOROLOŠKI POJAVI V ALPAH PRISPEVAJO K ONESNAŽEVANJU OZRAČJA

Tipične vremenske slike v Alpah sledijo sezonskim vzorcem. Velike razlike so med poletnimi in zimskimi sezonami, ki vplivajo na premikanje zračnih mas, vrsto in intenziteto primarnih izpustov ter na pojave, ki povzročijo nastanek, prenos, redčenje in razgradnjo onesnaževal.

V evropskih Alpah je opredeljenih osem med seboj zelo različnih podnebnih regij (Sturman, A., Wanner, H., 2001): *visoko ležeča alpska regija*, za katero je značilno hladno in vlažno vreme; *celinska visoko ležeča alpska regija*, ki ima praviloma bolj suho vreme; *jugozahodne Alpe*, severno predgorje in *zahodno alpsko predgorje*, na katere vplivajo tople zračne mase s sredozemskega juga, kjer so navadno vlažne zime in suha poletja; *notranje alpske doline*, za katere je značilno suho ce-

²⁴ Sinoptični vetrovi nastanejo kot posledica razlik v pritisku, nanje pa ne vplivata relief ali konvekcija (npr. fen).

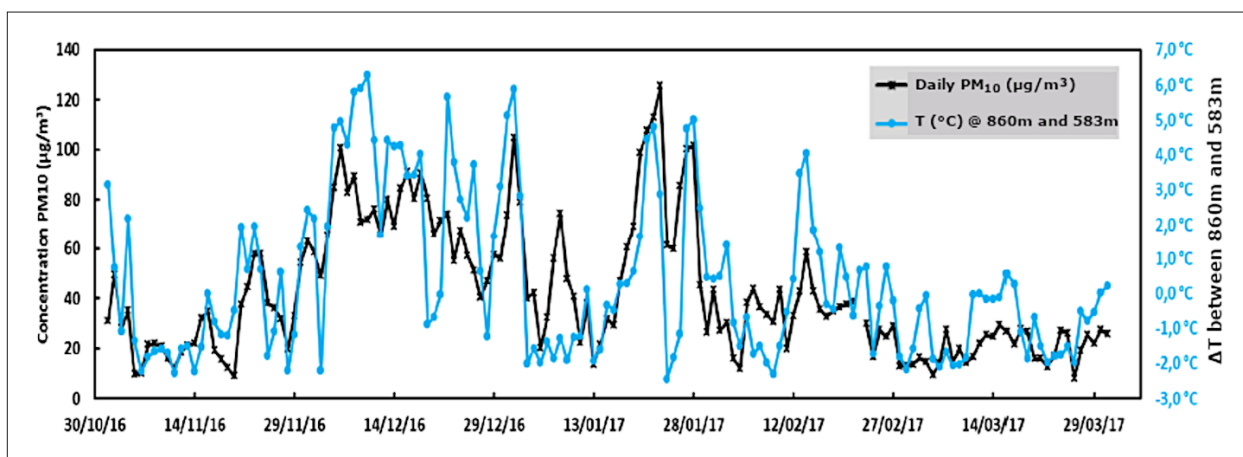
linsko podnebje; *severno in vzhodno alpsko predgorje* s celinskim podnebjem in deževnimi poletji; *jugozahodno predgorje* s prehodnimi deževnimi sezonami (Egger, I., Hoinka, K. P., 1992).

Alpska pregrada v obliki roga pogosto prispeva k nastajanju treh različnih mrzlih vetrovnih sistemov, ki jih povzročajo zapleteni učinki ustavljanja in usmerjanja: *mistral* v zahodni dolini Rone, *veter bise* med Jurskim pogorjem in Alpami na severu ter *burja* na jadranski obali vzhodno-jugovzhodno od Alp (Tibaldi, S., Buzzi, A., Speranza, A., 1990). Vremenski pogoji, ko prevladuje advekcija (posledica regionalnega vetra, ki nastaja zaradi

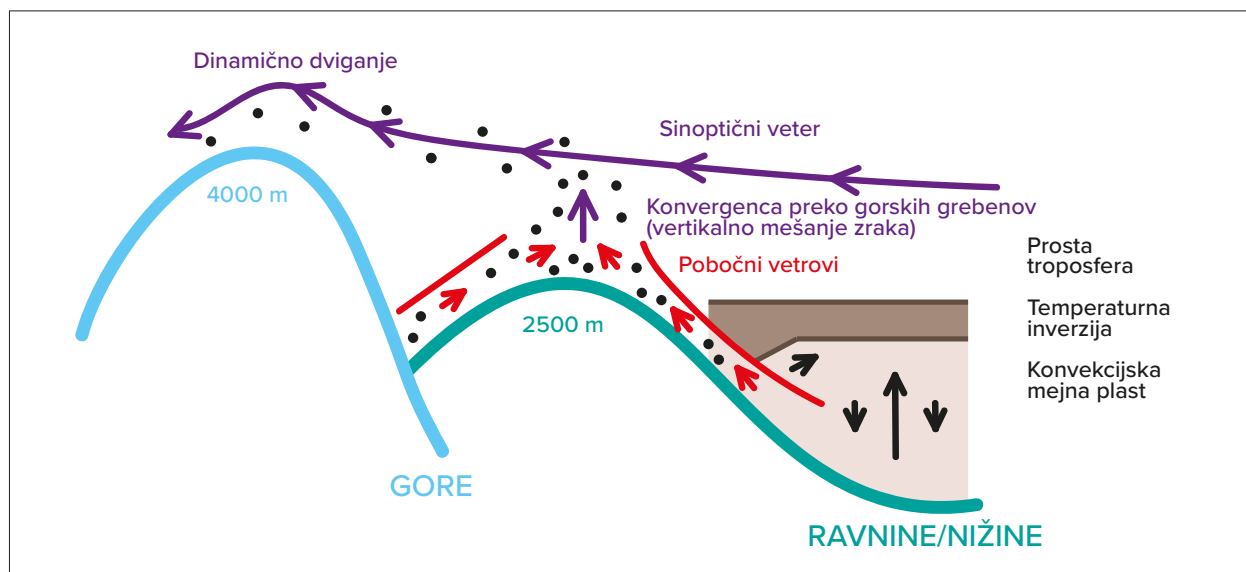
sistemov zračnega tlaka) naknadno povzročajo nastanek severnega in južnega fena.

Še ena pomembna značilnost alpskega okolja so termično generirani lokalni vetrovi, zlasti ob šibkih gradientih tlaka (Sturman, A., Wanner, H., 2001). Poleti se tekom dneva plast mešanja hitro razvije zaradi močnega osončenja, ki omogoča, da se lokalno nastala onesnaževala hitro redčijo in mešajo.

Pozimi (in manj pogosto jeseni) so razmeroma pogosti vremenski režimi, v katerih so prisotni umirjeni vetrovi, povezani z obsežnimi območji



Slika 2: Korelacija med temperaturno razliko na dveh višinskih točkah in delci PM_{10} v dolini Arve. (Favez, O. in dr., 2017a). Modra črta kaže temperaturno razliko med višinskima točkama 583 m in 860 m v stopinjah Celzija, črna črta pa povprečne dnevne ravni delcev PM_{10} v dolini. Črta variirata hkrati, kar pomeni, da so večje temperaturne razlike med dnom in vrhom doline povezane z večjo onesnaženostjo z delci PM_{10} .

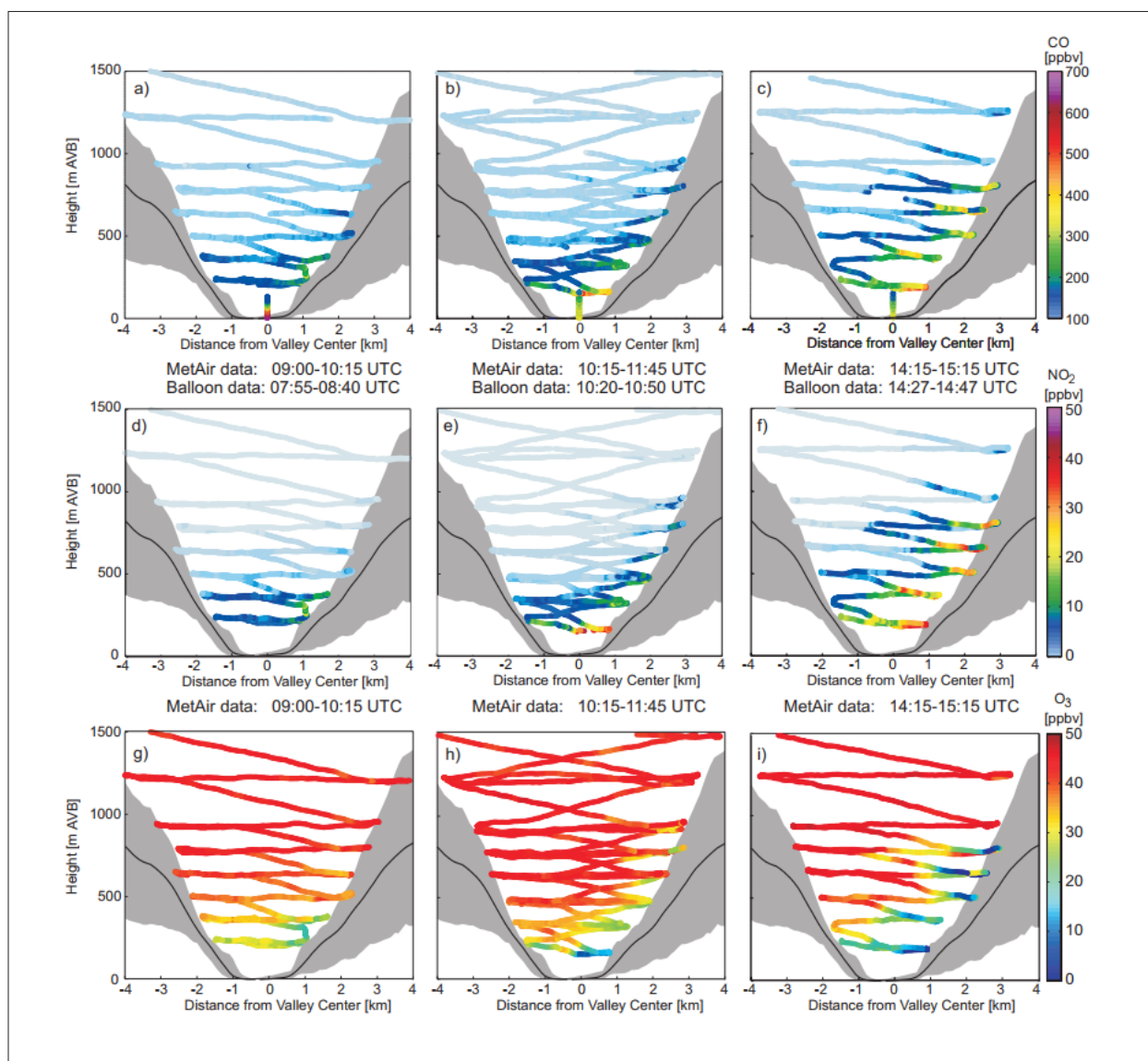


Slika 3: Shematični prikaz procesov prenašanja onesnaženega zraka iz mejne plasti s sosednjih ravnin in dolin do najvišjih alpskih vrhov. Od tu onesnaževala prehajajo v prosto ozračje (prilagoditev, z dovoljenjem: Seibert, P. in dr., 1996).

visokega pritiska (npr. Diemoz, H. in dr., 2019a). Ti pogoji so razlog za stabilnost ozračja: temperaturna inverzija traja vrsto dni in močno vpliva na kakovost zraka, ker se z nizko višino premešane plasti ob hkrati šibkem vertikalnem mešanju v inverzni plasti zraka zmanjšata disperzija in redčenje onesnaženja (slika 2). Potrebno je poudariti, da bi lahko temperaturni obrat, ki se v alpski regiji pojavlja na 800 m nadmorske višine, ustrezal plasti manj kot 200 m nad dolinami, s čimer prihaja do posebej kritičnih pogojev z vidika akumulacije in koncentracije onesnaženosti, zabeležene v ozračju v bližini dnov dolin. Poleg tega lahko zrak ostane nepremešan cel dan in celo po več dni za-

poredoma, če je dno pokrito s snegom. Podnevi so nizke plasti dobro premešane, vendar vztrajanje inverzije v dolinah pogosto onemogoča popolno vertikalno mešanje (Heimann, D. in dr., 2007; poročilo ALPNAP, 4. poglavje).

Za daljše obdobje stabilnosti ozračja s stabilnimi prizemnimi plastmi mrzlega zraka, ki so trajno prisotne v dneh dolin je značilna temperaturna inverzija v plasteh. To onemogoča vertikalno mešanje onesnaževal in vodi do kopičenja onesnaževal v nižji troposferi (Chemel, C. in dr., 2016). V alpski regiji je za doline v glavnem značilna stabilnost ozračja. Ob prisotnosti številnih virov iz-



Slika 4: V treh vrstah je prikazana porazdelitev ravni onesnaževal CO , NO_2 in O_3 v dolini reke Inn (Tirolska, Avstrija) 1. februarja 2006 zjutraj (prvi stolpec), pred poldnevom (drugi stolpec) in popoldne (tretji stolpec). Pogled prikazuje dolino v jugovzhodni smeri, prisojna stran je torej na desni (z dovoljenjem: Schnitzhofer, R. in dr., 2009).

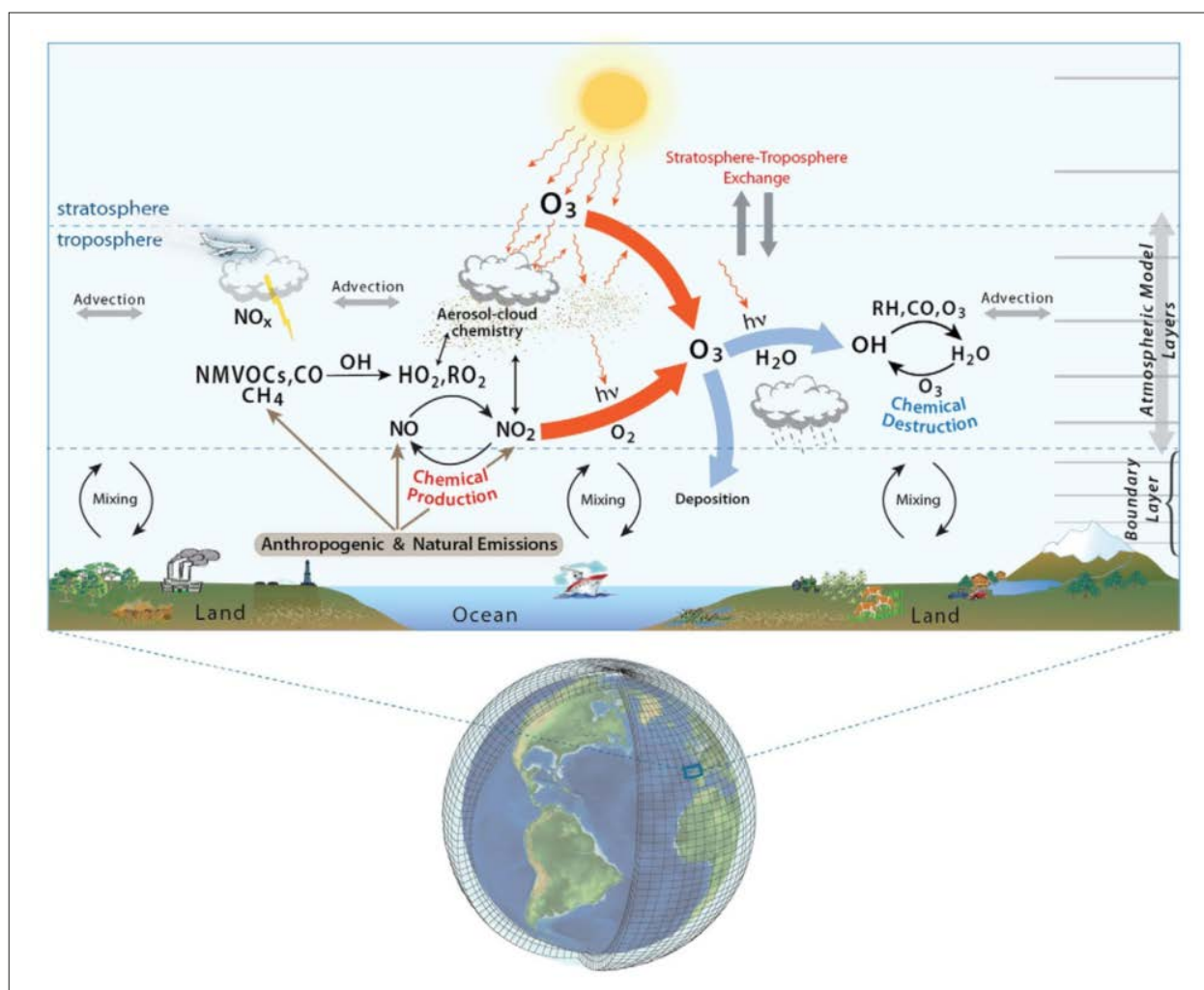
puustov to povzroča nastanek večjih koncentracij sekundarnih aerosolov v dolinah.

Kot je prikazano na sliki 3, je v značilnem dnevnem poteku mešanja gorskega in dolinskega zraka v jutranjih urah pozimi opaziti močno onesnaženost plasti zraka v dneh dolin zaradi stabilnosti atmosfere, pobočni vetrovi pa začnejo pihati okoli poldneva in omogočajo vertikalno izmenjavo zraka. Posledica tega je, da se ravni onesnaževal na dnu doline zmanjšajo v popoldanskih urah, ravni onesnaženosti na prisojni strani doline tja do 1.300 m nad dolino pa se dvignejo (Schnitzhofer, R. in dr., 2009). Na sliki 4 so prikazani trendi ravni onesnaževal CO, NO₂ in O₃ v zimskem času glede na njihovo časovno (od zgodnjih jutranjih do popoldanskih ur) in prostorsko (vzdolž preseka od

doline do vrha gore) porazdelitev. Prisojna stran gore je na desni strani slike. Za onesnaževali CO in NO₂ je bilo ugotovljeno postopno povečanje koncentracije (barvna lestvica se pomika proti rumeno-rdeči barvi, ki kaže na višje vrednosti) vzdolž prisojne strani doline od zgodnjega jutra do popoldneva. Vzporedno so na isti strani doline (in v dolini) zmanjšane ravni O₃. To je posledica reakcije (titracije) pri nastanku NO₂ iz sveže izpuščenega NO in O₃, ker reakcija za nastanek NO₂ porablja O₃ in NO.

3.1.2 OZONSKI REŽIMI

Poleti so posebej skrb vzbujajoča fotokemična onesnaževala, zlasti ozon. Praviloma so procesi,



Slika 5: Shema kemijskih in fizikalnih procesov, odgovornih za troposferni ozon.

Fizikalni procesi vključujejo adveksijski prenos, konvekcijo, turbulenco, mešanje mejnih plasti, temperaturo, vlažnost, oblačnost, zemljepisno širino/vpadni kot sončnih žarkov in letni čas. Kemijski procesi vključujejo fotokemični proces nastajanja in razgradnje ozona, medsebojni vpliv oblakov in aerosolov, vlažno in suho depozicijo ter izpuste predhodnike iz antropogenih in naravnih virov. Predhodniki ozona so podvrženi procesom, podobnim ozonskemu (z dovoljenjem: Young, P. J. in dr., 2018).



ki učinkovito vplivajo na spremembo koncentracije ozona, advekcijski prenos na daljavo, vertikalno mešanje, nastajanje ozona, ki ga povzroča ultravijolično sevanje, in suha depozicija. Slika 5 prikazuje splošen pregled mehanizmov, ki spodbujajo nastajanje in razgradnjo ozona.

Koncentracije ozona v neizpostavljenem okolju v Alpah so v glavnem odvisne od mezoskalnega prenosa in nastajanja ozona v mejni plasti zaradi izpustov predhodnikov v srednji Evropi – z velikimi regionalnimi deleži, ki jih prispevajo na primer Padska nižina in južna Nemčija ter nekatera vzhodna območja; velik delež prispeva tudi ozadje, značilno za kontinent in poloblo (Wotawa, G. in dr., 2000; Wierzbicka, A. in dr., 2005).

Na lokalni ravni so zvišanje ravni ozona in njihovi časovni vzorci vezani na dnevno cirkulacijo (dolinska in pobočna cirkulacija vetra, glej sliko 4 in podpoglavje 3.1.1).

Tudi prisotnost antropogenih izpustov predhodnikov in biogenih hlapnih organskih spojin (HOS) (kot so terpen, izopren in druge) v sosednjih dolinah ima lahko pomemben vpliv. Nastajanje in razgradnja ozona je zelo kompleksen in nelinearen proces, ki je medsebojno povezan z razpoložljivostjo predhodnih snovi ter prostorskih in časovnih vzorcev. Različne študije (Mazzuca, G. M. in dr., 2016 in sklicevanja na literaturo v njih) omenjajo, da HOS in NO_x omejujejo nastajanje ozona. Terpen in izopren lahko na primer znatno prispevata k nastanku ozona zaradi hidroksilnih radikalov (Derognat, C. in dr., 2003): vpliv izpustov biogenega izoprena in terpena na ravni fotokemičnega onesnaženja je bil predmet številnih študij (German Environment Agency, 2019). Študija, ki so jo izvedli na območju Grenobla, na primer kaže velik delež (približno 59 %), ki ga prispevajo biogeni izpusti HOS k nemetanskim hlapnim organskim spojinam (NMHOS). Zaradi prisotnosti listnatih in borovih gozdov v gorah, ki obdajajo mesto, bi biogeni izpusti lahko dejansko igrali precejšnjo vlogo pri onesnaževanju z ozonom, še posebej v izjemno sušnih obdobjih, na primer ob vročinskih valovih (Chaxel, E., Chollet, J. P., 2009).

To je pomemben dejavnik, ki kaže, da je treba za ustrezno pristopanje k strategijam za zmanjševanje onesnaževanja razumeti najpomembnejše procese na lokalni ravni.

Najvišje ravni ozona se pojavljajo okoli poldneva, saj nastajanje v dimnih plinih prispeva k že visoki ravni naravnega ozadja ozona zaradi intenzivnega mešanja. Pozno popoldne dolinski veter pos-

topoma oslabi: ozračje postane stabilno in koncentracije ozona upadejo zaradi titracije ozona z dušikovim monoksidom, nakopičenim v površinski plasti in suhih depozicijah. Čeprav je prisotnost naravnega ozadja ozona v glavnem posledica pojavov na mezoskalni ravni, lahko lokalni viri predhodnikov občasno igrajo pomembno vlogo v opazovanem dnevnem ciklu ozona.

Vročinski valovi bi bili lahko v prihodnosti pogostejši zaradi globalnega segrevanja. Za te dogodke so značilne stalne temperature in suhost tal z visokimi temperaturami ponoči ter čedalje bolj suha pritalna vegetacija. Modelske simulacije nudijo dokaze o možnem vplivu povišanja temperature na povišane koncentracije ozona. Študija, ki v modelu simulira povišanje temperature za 1 °C, je ugotovila, da so dinamike v ozračju skoraj nespremenjene. Zato so domnevali, da je bila višja raven ozona posledica kemijske kinetike. Avtorji so še posebej opazili, da visoke temperature sprožajo nastanek radikalov, kar pospeši nastajanje ozona, razen v mestnih središčih, kjer prevladuje titracija ozona z NO (Chaxel, E., Chollet, J. P., 2009).

3.1.3 PRENOS ZRAČNIH MAS NA VELIKE RAZDALJE

Zaradi prenašanja na velike razdalje se lahko zračne mase pomaknejo na alpsko območje, kjer njihovo dviganje sproži vertikalno porazdelitev onesnaževal vzdolž gorskega preseka.

Obstojna organska onesnaževala (POP)

Advekcija zračnih mas zaradi premikov na velike razdalje v literaturi obravnavajo kot glavni dejavnik pri povečanem nastanku obstojnih organskih onesnaževal (POP), ki so jih na visokogorskih lokacijah zaznali v zraku, snegu, vodi in tleh. Višji predeli gora lahko zadržujejo POP zaradi mrzlih temperatur na teh višinah (Finizio, A. in dr., 2006). V okviru projekta MONARPOP (Offenthaler, I. in dr., 2009; Weiss, P. in dr., 2015) so spremljali organska onesnaževala na oddaljenih gozdnih površinah v Alpah v Avstriji, Nemčiji, Italiji, Sloveniji in Švici. Ugotovili so, da so ravni policikličnih aromatskih ogljikovodikov (PAO) v smrekovih iglicah in tleh višje od njihovih izpustov v alpski regiji, kar pomeni, da so Alpe ponor PAO, ki se stekajo z okoliških območij.

V alpskih sistemih lahko gozdovi igrajo pomembno vlogo, ker so zmožni prestreči pomicanje POP v višje lege in jih zadržati v organski

snovi bogatih gozdnih tal (McLachlan, M. S. in dr., 1998; Wania, F. in dr., 2001; Meijer, S. N. in dr., 2003). Rastlinstvo ima funkcijo prehodnega območja za izmenjavo POP med ozračjem in tlemi (Jaward, F. M. in dr., 2005).

Trdni delci

Vpliv prenosa na velike razdalje na koncentracijo in sestavo delcev PM v zunanjem zraku na visoko ležečih neizpostavljenih lokacijah v Evropi je bil preučen v okviru projekta CARBOSOL. Z analizo trajektorij zračnih mas so ugotovili, da epizode z učinki izpustov fosilnih goriv in zgorevanja biomase iz baltskih držav, Belorusije, zahodnih predelov Rusije in Kazahstana prispevajo k visokim ravnem komponent PM spomladi in jeseni (Salvador, P. in dr., 2010).

Poleg tega je alpska regija zelo blizu Padske nižine. Opazili so, da od tam prihajajo deli zračnih mas, obogateni s sekundarnimi anorganskimi (amonijev sulfat in nitrat) in organskimi aerosoli (Diemoz, H. in dr., 2019b). Fenomenologija ponavljajočih se vnosov plasti aerosolov, ki jih potiska veter na območju severozahodnih italijanskih Alp, je bila predmet podrobne raziskave, ki je potekala na podlagi celostnega nabora podatkov meritev na več lokacijah, z več merilniki in s pomočjo orodij za modeliranje (Diemoz, H. in dr., 2014; Diemoz, H. in dr., 2019a; Diemoz, H. in dr., 2019b) in je bila osredotočena na dolino Aoste. Ugodni pogoji za razvoj advekcije se pojavljajo povprečno več kot 50 % dni (na podlagi triletnega obdobja opazovanja); še posebej v mrzli sezoni sinoptični vetrovi pihajo večinoma od vzhoda (Padska nižina) proti zahodu. V teh pogojih se lahko masne koncentracije delcev PM_{10} dvignejo tja do dnevnega povprečja $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ti delci v akumulacijskem velikostnem območju (delci med $0,07$ in $1 \mu\text{m}$) so v glavnem prispevali k povečanim masnim koncentracijam. Kemijske analize so pokazale povišanje sekundarne anorganske frakcije, ki jo sestavljajo nitrat, sulfat in amonij, in s tem potrdile njihov domnevni izvor (tj. Padska nižina).

3.1.4 VPLIV PODNEBNIH SPREMEMB NA KAKOVOST ZRAKA V ALPAH

Podnebje vpliva na ekosistem ter na procese izmenjave v ozračju (izpusti in depozicija). V prihodnosti bodo podnebne spremembe vplivale na porazdelitev zračnih mas, mešanje, vertikalno strukturo in kemijsko kinetiko ozračja. Trenutno je obseg podatkov in dokazov o tem, kako bodo

podnebne spremembe vplivale na kakovost zraka, posledično pa tudi na zdravje ljudi, omejen. Podnebne spremembe bodo predvidoma spremenile prenašanje na regionalni ravni, prezračevanje alpskih dolin in vertikalno mešanje zaradi spreminjajočega se podnebja in rastlinskih pasov na pobočjih alpskih dolin. Vse to bo seveda vplivalo na vse sestavine ozračja, različni kazalniki kakovosti zraka pa so podvrženi bolj specifičnim vplivom podnebnih sprememb.

Pričakovati je, da se bodo ravni NO_x , še posebej NO_2 , zmanjšale sorazmerno z zmanjšanjem antropogenih izpustov NO_x , povezanih s spremembami v prometnem in energetskem sektorju (glej pod poglavje 3.2.2). Potencialno spreminjajoča se kemija radikalov, ki vpliva na življenjsko dobo NO_x , je pri tem videti manj pomembna (glej spodaj).

V zvezi z ozonom poznamo dve nasprotujoči si značilnosti s še nejasnim trendom. Na eni strani zaradi zmanjšanja antropogenih izpustov NO_x pričakujemo manjšo regionalno in lokalno fotokemično produkcijo ozona, ki je odvisna predvsem od NO_x . Na drugi strani pa so posledica nižjih izpustov NO manjše titracijske izgube, torej višje ravni ozona v bližini območij z izpusti. Poleg tega je zaradi povečane pogostnosti vročinskih valov v povezavi s sušnimi obdobji pričakovati zmanjšanje hitrosti depozicije ozona kot posledico večje odpornosti listnih rež rastlinja na vodni stres (Lin, M. in dr., 2020). Nadaljnjih vidikov, kot so spreminjajoča se kemija radikalov zaradi stopnje ultravijoličnih žarkov, ravni onesnaževal in kinetičnih sprememb, še ni mogoče zanesljivo oceniti. Na splošno je ob podnebnih spremembah pomembno spremljati vplive sprememb predhodnikov in mehanizmov prenosa na ozonski sistem.

Podnebne spremembe bodo vplivale tudi na delce PM. Naraščajoče temperature v zimskem času bodo zmanjšale izpuste delcev PM, ki so povezani z ogrevanjem. Spreminjajoča se sestava in porazdelitev rastlinstva na pobočjih alpskih dolin, naraščajoče temperature in daljše vegetacijske dobe bodo spremenili in morda tudi zvišali izpuste biogenih HOS ter prispevali k večjim ravnem sekundarnega organskega aerosola (SOA).

3.2 VIRI

Glavni viri onesnaževal zraka v alpski regiji so povezani s človekovimi dejavnostmi na lokalni ravni, med katerimi sta najpomembnejši zgorevanje

biomase in cestni promet. (Price, M. F. in dr., 2011).

Drugi lokalni viri so kmetijstvo ter, na omejenem številu lokacij, industrija, elektrarne in toplotarne za daljinsko ogrevanje. Poleg tega so lahko v nekaterih predelih Alp izraziti biogeni izpusti HOS, na primer iz drevesnih krošenj. Dinamike in procesi v ozračju, še posebej prenos na dolge razdalje ter stabilnost ozračja, prav tako nevarno vplivajo na vire onesnaženja zaradi značilne topografije alpske regije.

Preučevanje vpliva, ki jo ima vsak vir onesnaževa-

nja posebej, je ključnega pomena za razvoj politik kakovosti zraka, ki se lotevajo predvsem vzrokov onesnaževanja. Kar zadeva trdne delce, je lahko na primer doprinos zgorevanja biomase k delcem PM_{10} v številnih alpskih krajih primerljiv ali celo večji od doprinosa cestnega prometa (Gianini, M. F. D. in dr., 2012). Ta vidik je prikazan v tabeli 4, ki navaja rezultate študij o določitvi virov onesnaževanja in projektov za alpsko regijo; rezultati zajemajo dolinska območja s količinskimi doprinosi (v odstotkih mase delcev PM_{10}) treh glavnih virov v masi delcev PM, konkretno zgorevanja biomase, prometa vozil in sekundarnih aerosolov.

Leto (letni čas ^(a))	Kraj (država)	Dolina ali območje	Doprinos k PM_{10} (v % mase PM_{10})			Reference
			Zgorevanje biomase	Promet	Sekundarni aerosol ^(b)	
2008 (w)	Erstfeld (CH)	Erstfeld	21–30	15–30	15–25	Ducret-Stich, R. E. in dr., 2013a Projekt financira BAFU
2008 (s)			8–15	13–15	35–40	
2010 (y)	Lanslebourg (FR)	Maurienne	57	31	9	Projekti Lanslebourg 2010–2014 (v: Favez, O. in dr., 2017a; SOURCES Poročilo o projektu)
2010 (y)	Lescheraines (FR)	Auvergne - Rhone - Alpes	58	6	ni na voljo	PARTICUL'AIR (v: Favez, O. in dr., 2017a; SOURCES Poročilo o projektu)
2010 (y)	Grenoble (FR)	Auvergne - Rhone - Alpes	42	10	ni na voljo	FORMES (v: Favez, O. in dr., 2017a; SOURCES Poročilo o projektu)
2013–14	Air RA (FR)	Auvergne - Rhone - Alpes	21	2	~ 20	AERA (v: Favez, O. in dr., 2017a; SOURCES Poročilo o projektu)
2013–14 (w)	Chamonix (FR)	Arve	70	5	15	Favez, O. in dr., 2017a; SOURCES Poročilo o projektu)
2013–14 (s)			10	5	35	
2013–14 (w)	Marnaz (FR)	Arve	64–71	4–8	8–12	DECOMBIO (v: Favez, O. in dr., 2017a; SOURCES Poročilo o projektu)
2013–14 (s)			< 3	8	30–35	
2013–14 (w)	Passy (FR)	Arve	66–74	4–8	12–15	
2013–14 (s)			< 3	5–10	40–50	
2013–14 (w)	Chamonix (FR)	Arve	57–62	3–14	18–21	
2013–14 (s)			5–10	7–12	38–43	

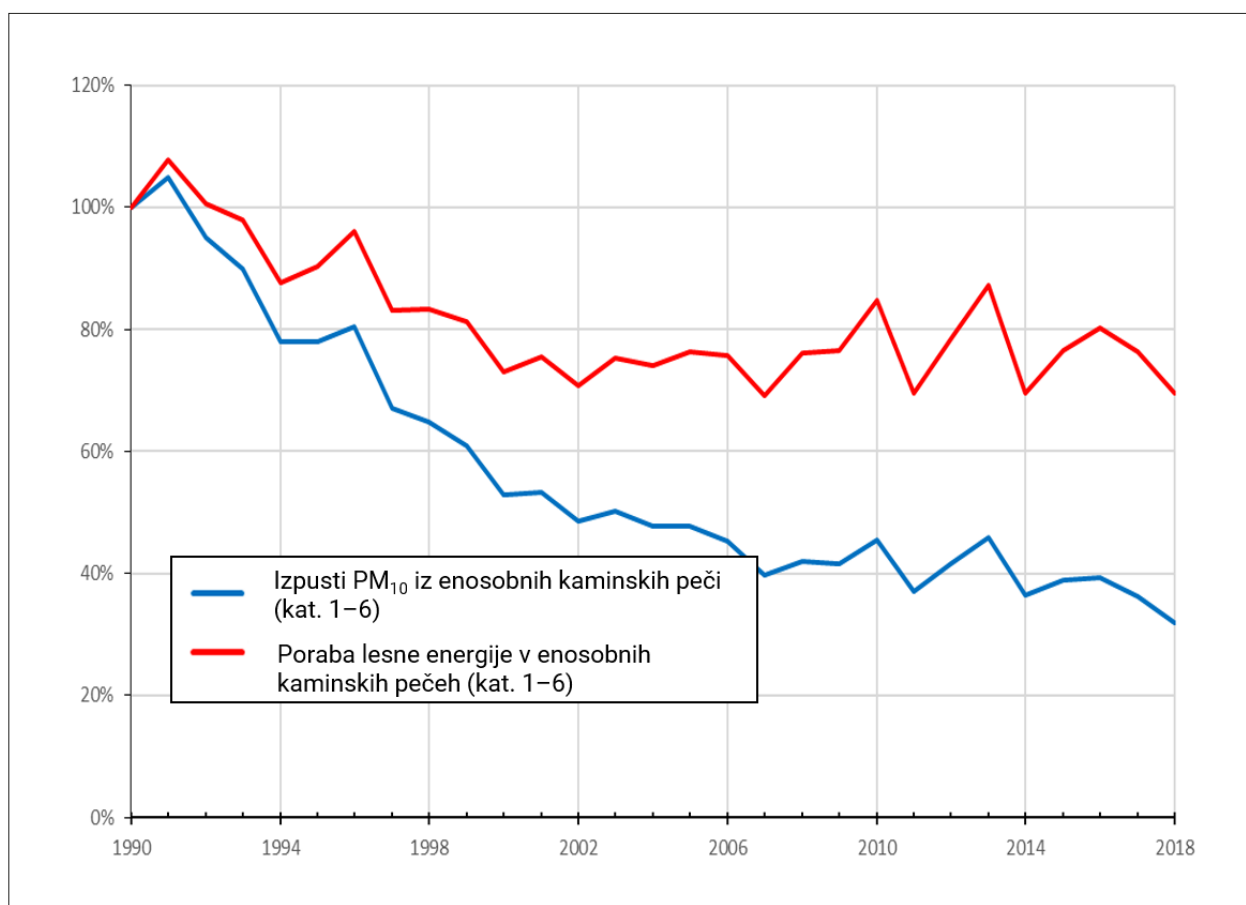
Tabela 4: Doprinos zgorevanja biomase, prometa in nastajanja sekundarnih aerosolov h koncentracijam delcev PM_{10} v nekaterih alpskih dolinah. (a) zima = z; poletje = p; leto = l. (b) SA je prikazan kot skupna vrednost vseh anorganskih in organskih komponent iz vsake študije.

3.2.1 ZGOREVANJE BIOMASE

Biomaso so v alpskih regijah stoletja uporabljali za kuhanje, ogrevanje in proizvodnjo tople vode. V zadnjih desetletjih so uporabo biomase spodbujali za nadomeščanje fosilnih goriv in za pospešitev lokalnega gospodarstva. Zakonske, finančne in institucionalne spodbude so povečale delež biomase v energetske mešanici gospodinjstev kot tudi energetskega sektorja (proizvodnja energije in daljinsko ogrevanje). Po drugi strani pa so ogrevalni sistemi na les v nekaterih regijah odgovorni za krčenje gozdov in predstavljajo vir izpustov delcev, črnega ogljika, HOS in PAO (npr. BaP). Pomen zgorevanja biomase kot vira plinastih in trdnih onesnaževal je bil poudarjen v številnih študijah, ki kažejo, da je alpska regija glavni vir ogljikovih aerosolov v hladnem delu leta. Les, ki se kuri v domačih pečeh, je splošno razširjen kot glavni ali dodatni vir ogrevanja stanovanjskih stavb (Szidat, S. in dr., 2007; Gilardoni, S. in dr., 2011; Pietrodangelo, A., in dr., 2014; Piot, C., 2011; Herich, H. in dr., 2014). Za zmanjšanje negativnih učinkov zgorevanja biomase je bil uveden zakonodajni okvir, ki vsebuje mejne vrednosti za male

gospodinjstve, srednje velike in velike toplotarne za daljinsko ogrevanje ter elektrarne.

Nedavne nacionalne statistike o izpustih delcev iz peči na les prinašajo med seboj različne podatke. V Avstriji so se na primer izpusti delcev PM_{10} in $PM_{2.5}$ med letoma 1990 in 2017 zmanjšali za 30 % in 40 %; tudi izpusti iz gospodinjstev so se zmanjšali za 32–34 %. V Švici so se izpusti delcev PM_{10} in $PM_{2.5}$ zaradi zgorevanja lesa v pečeh zmanjšali za približno dve tretjini med letoma 1990 in 2008, kot je prikazano v sliki 6, energetska poraba pa je se je zmanjšala za 30 %. To zmanjšanje je rezultat mešanice ukrepov, vključno z ozaveščanjem prebivalstva, programi podpore, razvojem tehnologije in pravnimi instrumenti. Vendar pa v Avstriji obstajajo razlike med zveznimi deželami: na Tirolskem in Predarlskem (dve avstrijski zvezni deželi v alpski regiji) na primer zmanjšanje izpustov iz gospodinjstev ni bilo tako izrazito kot v drugih zveznih deželah. V zadnjih desetih letih so se izpusti delcev PM na splošno zmanjšali, vendar je treba še naknadno preučiti relativni delež zgorevanja biomase v skupnih izpustih alpskih regij.



Slika 6: Razvoj izpustov iz enosobnih kaminskih pečih v Švici.



Izpusti pri zgorevanju biomase vsebujejo velik delež organskih spojin in kovin (Zhang, W. in dr., 2014; Pietrodangelo, A. in dr., 2014; Hasan, M. in dr. 2009; Wierzbicka, A. in dr., 2005; Avakian, M. D. in dr., 2002; Lighty, J. S. in dr., 2000); prvih bodisi v plinasti bodisi v trdni fazi, drugih predvsem v trdni fazi (kovine). Vse trdne sestavine dima pri zgorevanju biomase (organske snovi, kovine in v manjšem obsegu elementarni ogljik in mineralni delci) se nahajajo v drobnih ($PM_{2,5}$, PM_1) ali ultrafinih delcih v zraku (UFP: manjši od 100 nm), zato lahko ob vdihavanju prodrejo v telo tudi do najglobljega dela dihal. Zaradi tega je učinkovitost zgorevanja v gospodinjstvih kurilnih napravah, ki kurijo biomaso, bistvena za zaščito zdravja ljudi.

V študiji, ki so jo izvedli na pol-podeželskem območju v Italiji, so ugotovili, da 30–70 % PAO v delcih PM_{10} v zunanjem zraku nastaja zaradi zgorevanja lesa jeseni in pozimi (Van Drooge, B. L., Ballesta, P. P., 2009). V kurilni sezoni se včasih lahko delež, ki ga prispeva kurjenje lesa k masi delcev PM_{10} , poveča za več kot 80 % v nočnih urah. To je v skladu z rezultati iz Augsburga (Bavarska, DE), kjer so najvišje koncentracije PAO, vezanih na zgorevanje lesa, zabeležili ponoči; te koncentracije so tesno povezane z levoglukozanom, značilnim indikatorjem za določitev doprinosu delcev zaradi zgorevanja lesa v zunanjem zraku (Schnelle-Kreis, J. in dr., 2010; Elsasser, M. in dr., 2012; Belis, C. A. in dr., 2014). Zaradi velike raznolikosti družin organskih spojin, ki jih je mogoče najti v izpustih, nastalih zaradi zgorevanja biomase, je zelo težko pridobiti celovito kemijsko sestavo organskih sestavin v njih. Pred nedavnim so Stefanelli, G. in dr. (2019) analizirali kemijsko sestavo organskih spojin v izpustih iz različnih peči na les²⁵. Delež elementarnega ogljika v delcih PM, ki so prisotni v zraku pri zgorevanju biomase, ni zanemarljiv.

Študija iz leta 2014 je primerjala koncentracije elementarnega ogljika, organskega ogljika in delcev PM iz različnih študij; med letoma 2005 in 2010 so pregledali rezultate 23 merilnih mest, večinoma v alpski regiji. Najvišje povprečne kon-

centracije elementarnega ogljika zaradi zgorevanja lesa so zabeležili v krajih Cantù (IT), Chamonix (FR), Gradec (AT), Ispra (IT), Lanslebourg (FR), Lescheraines (FR), Milano (IT), Passy (FR) in Sondrio (IT). Večina teh lokacij je sredi alpskih dolin, postaje Cantù, Gradec, Ispra in Milano pa ležijo ob vznožju Alp. Visoke ravni elementarnega ogljika so prisotne tudi v krajih Ebnet - Kappel (CH), Grenoble (FR), Magadino (CH), Moleno (CH), Roveredo (CH), Zagorje (SI) in Zürich (CH). Vsi kraji z izjemo Züricha so v alpskih in predalpskih dolinah, kjer bi bilo možno, da zaradi inverznih plasti pride do povišanja koncentracij delcev PM (Herich, H. in dr., 2014).

V tabeli 5 je povzetek emisijskih faktorjev za izbrane tehnologije goriv, ki jih je uporabila avstrijska nacionalna evidenca emisij. Poraba plinskega olja, utekočinjenega naftnega plina ali drugih plinov v modernih tehnologijah ima kot posledico srednje visoke izpuste NO_x , zelo nizke izpuste delcev $PM_{2,5}$, SO_2 in NMHOS ter odsotnost izpustov BaP. Zgorevanje premoga spremljajo visoki izpusti vseh onesnaževal. Izpusti iz kurilnih sistemov na les so močno odvisni od uporabljene tehnologije in biomase: najnižje izpuste beležijo moderni kotli na pelete. Na trgu pa obstajajo tehnologije z zgorevanjem mešanice lesa in lesnih sekanec, pri katerih beležijo nižje izpuste v primerjavi s starejšimi sistemi. Poudariti je treba, da je na primer z namestitvijo majhnih elektrostatičnih filtrov možno dodatno zmanjšati izpuste delcev $PM_{2,5}$. Upoštevati je treba tudi, da bodo te tehnologije »na koncu verige« določale povišane stroške za naložbe in obratovanje.

Švica, Avstrija in Nemčija so že uvedle zakone za zmanjšanje izpustov onesnaževal, ki nastanejo pri zgorevanju biomase, in imajo stroge predpise za kurilne sisteme na les, ki upoštevajo njihovo velikost. Mejne vrednosti, povzete v tabeli 6, naj bi pripomogle k zmanjšanju izpustov delcev PM na prizadetih območjih.

Direktiva 2009/125/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 21. oktobra 2009 o določitvi okvira za

25. Hlape tipično sestavlja kompleksna mešanica nizkohlapnih nemetanskih organskih plinov (glej podpoglavje 3.3.3.2), rjavega ogljika (primarnega organskega aerosola (POA)) in črnega ogljika. Glavne družine organskih spojin, ugotovljenih v POA, so furani, aromatski ogljikovodiki z enim obročem (SAH), policiklični aromatski ogljikovodiki (PAO), huminske spojine (HULIS) in oksidirane aromatične spojine. Furani se sproščajo s celulozno pirolizo, SAH in PAO nastajajo zaradi nepopolnega zgorevanja (predvsem žarečega lesa) in oksidirane aromatske spojine so večinoma posledica pirolize lignina. Preostali del hlapov je bogat z oksidiranimi organskimi plini, ki delujejo kot predhodniki pri nastajanju SOA v ozračju, kot je opisano v podpoglavju 3.2.3. HULIS so ena izmed glavnih sestavin rjavega ogljika in igrajo ključno vlogo v atmosferskih procesih (npr. kondenzacijska jedra pri nastajanju oblakov, ledena jedra, povečanje higroskopske sposobnosti itd.), v sevalnih izmenjavah (visoka absorpcija ultravijolične svetlobe) in pri vplivih izpustov delcev PM v zunanjem zraku na zdravje ljudi zaradi oksidativnega stresa v celicah (Fang, T. in dr., 2019; Tuet, W. in dr., 2019).

določanje zahtev za okoljsko primerno zasnovano izdelkov, povezanih z energijo, je začela veljati 1. januarja 2020 za sisteme na zgorevanje biomase (kot so ogrevalni sistemi na pelete). Evropska uredba 2015/1185 zahteva, da ta začne veljati od 1. januarja 2022 za manjše ogrevalne sisteme na les, znane kot »individualne naprave za ogrevanje prostorov na trdno gorivo«. S to direktivo so v državah članicah strogo standardizirane minimalne zahteve. Rezultati bodo seveda odvisni od različnih sistemov nadzora in inšpekcijskih pregledov. Velika razlika je, če so meritve opravljene na terenu ali v kontroliranih testnih pogojih, in odvisno je tudi, kdo opravi meritve (npr. lastna izjava proizvajalca ali pristojni neodvisni laboratorij). Direktivo o okoljsko primerni zasnovi izdelkov morajo spremljati učinkoviti sistemi za nadzor trga, sicer bodo na trg prodrle cenejše in z vidika onesnaževanja manj primerne vrste peči.

3.2.2 CESTNI PROMET

Cestni promet je pomemben vir plinastih (NO_2 , HOS) in trdnih onesnaževal. Delce PM iz izpustov vozil sestavljajo predvsem elementarni ogljik in PAO, po navedbah SZO²⁶ pa je dokazano, da so dizelski izpusti rakotvorni. Poleg tega cestna vozila prispevajo k masi finih in grobih delcev PM_{10} , ki nastajajo zaradi obrabe zavor in pnevmatik ter dvigovanja cestnega prahu.

Vplivi in izpusti motornih vozil v prometu pa niso omejeni le na smeri glavnih tranzitnih cest in mestnih cest v dolinah, ampak vključujejo tudi podeželske ceste, ki povezujejo majhne kraje, in veliko število neutrjenih gorskih cest, ki peljejo do visoko ležečih polnaravnih gorskih območij. Slika 34 prikazuje glavne prometne poti, ki prečkajo Alpe. Poleg stalnih naselij prebivalcev, ki tu živijo, se v te kraje z osebnimi vozili po neutrjenih

Tehnologija goriv	PM _{2.5}	NO _x	NMHOS	BaP	SO ₂
	kg/TJ	kg/TJ	kg/TJ	g/TJ	kg/TJ
Plinsko olje: gorilniki z modrim plamenom z nizkotemperaturno ali kondenzacijsko tehnologijo	1,2	33,1	0,17	0,0	0,5
Gorilniki na zemeljski plin s prisilnim vlekrom	0,2	36,6	0,20	0,0	0,3
Peči na utekočinjen naftni plin	1,8	51,0	2,00	0,0	6,0
Peči na premog	122,4	132,0	333,30	33,4	543,0
Peči na drva in peči za kuhanje	118,4	106,0	583,59	121,0	11,0
Kotli na les in mešana goriva	113,8	122,1	422,99	29,8	11,0
Kotli na zemeljski plin s prisilnim vlekrom	40,0	80,0	325,00	0,2	11,0
Kotli na lesne sekance s konvencionalno tehnologijo	80,0	107,0	432,40	8,4	11,0
Kotli na lesne sekance s senzorji za kisik za zmanjševanje izpustov	44,0	80,0	78,00	0,6	11,0
Peči na pelete	24,0	60,0	39,00	10,0	11,0
Kotli na pelete	15,2	60,0	32,50	0,6	11,0

Tabela 5: Emisijski faktorji za izbrane tehnologije goriv, ki jih je uporabila avstrijska nacionalna evidenca emisij (za terajoul proizvedene energije). Opomba: tehnologije goriv so v različnih državah različno opredeljene, tako da bi neposredna primerjava nacionalnih naborov emisijskih faktorjev lahko vodila do napačnih razlag.

26. WHO-IARC 2012: Diesel engine exhaust carcinogenic (https://www.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/07/pr213_E.pdf).



Država	Grelnik prostorov na trdno gorivo	Mejne vrednosti ob 13 % kisiku	
		CO [mg/m ³]	PM
Evropska unija Uredba (EU) št. 2015/1185 Začetek 1. 1. 2022	Z odprtim kuriščem	2.000	50
	Z zaprtim kuriščem	1.500	40
	Z zaprtim kuriščem na pelete	300	20
	Štedilniki ^(a)	1.500	40
Avstrija ^(b)	Z odprtim kuriščem	640	120
	Z zaprtim kuriščem	640	120
	Z zaprtim kuriščem na pelete	640	120
	Štedilniki		
Francija Zahteve oznake <i>Flammeverte</i> , ki se izvajajo na prostovoljni podlagi – nove naprave od 1. 1. 2020	Z odprtim kuriščem	1.250	
	Z zaprtim kuriščem	1.500	40
	Z zaprtim kuriščem na pelete	250	30
	Štedilniki	1.500	40
Nemčija BimSchVStufe – nove naprave od 1. 1. 2015	Z odprtim kuriščem	1.250	40
	Z zaprtim kuriščem	1.250	40
	Z zaprtim kuriščem na pelete	250	20/30
	Štedilniki	1.500	40
Italija ^(c) DM 7 November 2017, n. 186 – že veljaven, vsebuje zahteve, ki se izvajajo na prostovoljni osnovi	Z odprtim kuriščem	1.500 - 1.250 - 650	40 - 30 - 25
	Z zaprtim kuriščem	1.500 - 1.250 - 650	40 - 30 - 25
	Z zaprtim kuriščem na pelete	364 - 250 - 250	40 - 30 - 15
	Štedilniki	1.500 - 1.250 - 650	40 - 30 - 25
Lihtenštajn	Z odprtim kuriščem	1.500	75
	Z zaprtim kuriščem	1.500	75
	Z zaprtim kuriščem na pelete	500	40
	Štedilniki	3.000	90
Monako	Z odprtim kuriščem	Se ne uporablja	Se ne uporablja
	Z zaprtim kuriščem	Se ne uporablja	Se ne uporablja
	Z zaprtim kuriščem na pelete	Se ne uporablja	Se ne uporablja
	Štedilniki	Se ne uporablja	Se ne uporablja
Slovenija	Z odprtim kuriščem	1.250	40
	Z zaprtim kuriščem	1.250	40
	Z zaprtim kuriščem na pelete	400	30 - 20 ^(d)
	Štedilniki	1.500	40
Švica ^(e)	Z odprtim kuriščem	1.500	75
	Z zaprtim kuriščem	1.500	75
	Z zaprtim kuriščem na pelete	500	40
	Štedilniki	3.000	90

Tabela 6: Primerjava obstoječih vrednosti izpustov iz ogrevalnih sistemov na les s prihodnjimi zahtevami Direktive o izdelkih, povezanih z energijo 2009/125/ES v povezavi z uredbo EU 2015/1185.

(a) »Štedilnik« pomeni lokalni ogrevalni prostorov na trdno gorivo, ki v enem ohišju združuje funkcijo lokalnega ogrevala prostorov na trdno gorivo in kuhalne plošče ali pečice ali obeh ter se uporablja za pripravo hrane in ki je povezana z odprtino dimnika ali kamina oziroma pri katerem je potreben dimni kanal za odvajanje produktov zgorevanja; (b) Avstrijske mejne vrednosti izpustov se nanašajo na prvotno meritev; za tipsko potrditev so v uporabi strožje vrednosti; (c) Podatke za Italijo ureja sistem oznak z ločenimi vrednostmi za oznake s 3 zvezdami, 4 zvezdami in 5 zvezdami; (d) Prva vrednost je za neposredno toploto, druga za prenos toplote na tekočino; (e) Za Švico velja Odlok o nadzoru onesnaževanja zraka, priloga 4, št. 212. Od 1. 1. 2022 bodo začeli veljati tudi predpisi Uredbe EU 2015/1185 za dajanje teh naprav v promet (glej prilogo 1.19 EnEV).

gorskih cestah vozi veliko turistov (Alpska konvencija, 2007: 8, 33, 129), bodisi v zimskih bodisi v poletnih mesecih, naprimer za smučanje in pohodništvo (npr. Blasco, M. in dr., 2006, 2008; Nascimbene, J. in dr., 2014). Na podlagi meritev mobilnih postaj v bližnjih vaseh in njihovi okolici ter v bližini dolinskih cest je bil promet opredeljen kot prevladujoči vir ultrafinih delcev z vidika številčne koncentracije, predvsem tistih manjših od 50 nm, zgorevanje biomase pa je glavni vir mase UFD (Weimer, S. in dr., 2009).

Študije in literatura kažejo, da je zgorevanje lesa enako pomembno za številne alpske doline, vpliv izpustov motornih vozil pa postane občuten samo na območjih z izredno visoko gostoto prometa (Szidat, S. in dr., 2007; Gianini, M. F. D. in dr., 2012; Zotter, P. in dr., 2014). Najobičajnejša oblika potniškega prevoza na tem območju je osebno vozilo, ki je za alpsko regijo problematično, ker je v bližnji prihodnosti pričakovati povečanje števila teh vozil (Alpska konvencija, 2007: 64). Poleg tega čezalpski tovorni promet, ki se odvija po alpskih dolinah, pomembno vpliva na kakovost zraka, saj prispeva svoj delež k regionalnemu in lokalnemu prevozu blaga znotraj alpskega območja (Heimann, D. in dr., 2007). Alpski kraji v dolinah so dejansko čedalje bolj pod vplivom izpušnih plinov iz cestnega prometa (Ducret-Stich, R. E. in dr., 2013a; Ducret-Stich, R. E. in dr., 2013b). Veliko študij prikazuje znatno povišanje koncentracij onesnaževal zraka, povezanih s cestnim prometom, v zunanjem zraku v bližini avtocest ali glavnih cest v vaseh, na primer NO_2 , elementarnega ogljika in delcev. Ljudje, ki živijo blizu cest, kažejo statistično pomembno več bolezenskih simptomov na dihalih, ki so tesno povezani z izpostavljenostjo onesnaževalom (Ducret-Stich, R. E. in dr., 2013b; Hazenkamp-von Arx, M. E. in dr., 2011).

Zaradi kompleksne alpske topografije je prometna infrastruktura omejena samo na manjše število koridorjev, ki peljejo skozi doline in čez prelaze, kjer se kopičijo izpusti. Če upoštevamo, da so tudi majhne vasi in mesta v Alpah strnjeni v dolinah, predvsem tistih z glavnimi avtocestami in železniškimi progami (Heimann, D. in dr., 2007), je pričakovati, da bo cestni promet vplival na velik del alpskega prebivalstva.

Elektrifikacija vozil po sektorjih (urbana logistika), stalna hibridizacija in diverzifikacija tehnologij, alternativnih goriv in pogonskih sistemov so procesi, ki že potekajo. Možno bi bilo namestiti nadzemne električne vode za električna težka tovorna vozila (HGV) vzdolž nižinskih odsekov.

Dizelski tovornjaki bodo na srednji rok še vedno v uporabi, če bo poskrbljeno za optimizacijo motorjev in sistemov čiščenja filtrov izpustov (glej podpoglavje 7.3.4). Zaradi tega je pričakovati izboljšanje kakovosti zraka v alpskih dolinah, predvsem če se bo povečal obseg prevoza tovornjakov po železnici.

3.2.3 ČEZMEJNO ONESNAŽEVANJE

V literaturi se nekatere razpoložljive študije ukvarjajo z vplivi premogovništva zunaj Evrope, samo ena publikacija pa navaja rezultate, ki zajemajo Evropo (Valverde, V. in dr., 2016). Zgorevanje premoga je lahko vir SO_2 , NO_2 , delcev PM, težkih kovin (živo srebro, svinec, arzen in kadmij) in seveda ogljikovega dioksida (Global energy monitor, 2019). Ti izpusti lahko prepotujejo velike razdalje.

Veliko število evropskih držav je napovedalo, da so pripravljene črtati premog s seznama virov energije. To predstavlja 48 % ogljičnega proračuna EU. Leta 2020 izmed vseh pogodbenic Alpske konvencije elektrarn na premog niso imeli v Avstriji, Lihtenštajnu, Monaku in Švici. Francija je napovedala prepoved do leta 2022, Nemčija bo postopoma zaprla svoje elektrarne na premog najkasneje do leta 2038, Italija pa bo postopno opustila premog do leta 2025. V Sloveniji obratuje novi blok 6 (600 MW) termoelektrarne na premog v Šoštanjju, ki je bil zgrajena leta 2016 in bo predvidoma obratoval do leta 2054.

Po skrbnem pregledu znanstvene literature nobena od nedavno objavljenih študij o onesnaževanju zraka in določitvi virov onesnaženja na območju Alp ne poroča o deležih, ki jih k izmerjenim ravnem onesnaženosti prispevajo lokalne termoelektrarne na premog. Na podlagi znanstvenih študij imajo ti obrati torej zanemarljiv ali nikakršen vpliv na kakovost zraka v alpski regiji.

Čeprav ta analiza ne vzbuja posebnih skrbi, je onesnaženost, ki se prenaša na velike razdalje, pomembna tema, s katero se ubada Konvencija o onesnaževanju zraka na velike razdalje. Opazovanja, popisi izpustov in modeliranje so orodja, ki jih uporablja Virtualni alpski observatorij (VAO) in so predstavljena v poglavju 6.4; pomembna so za razumevanje mehanizmov, morebitnih sprožilcev prenosa onesnaževal, ki lahko dovolj zgodaj opozorijo oblikovalce politik in javnost na težave s kakovostjo zraka.

3.2.4 VIRI PREDHODNIKOV SEKUNDARNIH AEROSOLOV

Predhodniki SA so plinaste spojine (npr. amonijak (NH_3), SO_2 , NO_x , HOS), podvržene kemijskim reakcijam in pretvorbi plinov v delce, pri čemer nastanejo delci neposredno v ozračju. Zgorevanje biomase in cestni promet (podpoglavji 3.2.1 in 3.2.2) sta med glavnimi viri, ki izpuščajo predhodnike SA. Drugi ključni viri predhodnikov v alpski regiji so kmetijstvo in območja gozdov. Poleg virov izpustov je kritični dejavnik, ki sproža nastajanje SA, stabilnost ozračja (podpoglavje 3.1.1), ki pripomore h kemijskim reakcijam nadaljnjega nastajanja delcev in višanja koncentracij v zunanjem zraku (Hao, L. in dr., 2018).

Kemijska sestava SA kaže na prevladovanje različnih virov predhodnikov glede na letni čas in na različne fizikalne in vremenske pogoje, ki spodbujajo reakcije njihovega nastanka v ozračju. SA so glavna sestavina delcev PM v zraku v alpski regiji tako pozimi kot tudi poleti iz dveh razlogov: povišani izpusti iz primarnih antropogenih virov, predvsem prometa in malih kurilnih naprav v zimskem času, in povišani izpusti iz biogenih virov (območja gozdov) v poletnem času. Sestava SA vključuje bodisi anorganske bodisi organske spojine.

Nastajanje anorganskih SA v ozračju (predvsem amonij, nitrat in sulfat) je posledica antropogenih virov, ki oddajajo NH_3 (kmetijstvo), NO_x in SO_2 (promet, male kurilne naprave, zgorevanje biomase) kot predhodnike. Po drugi strani pa je nastajanje organskih SA v ozračju (mešanica številnih različnih družin organskih spojin) posledica bodisi antropogenih (predvsem zgorevanja biomase in prometa) bodisi biogenih virov (območja gozdov), ki izpuščajo HOS v obliki predhodnikov (Rouvière, A. in dr., 2006; Srivastava, D. in dr., 2019; Stefenelli, G. in dr., 2019).

3.2.4.1 Sekundarni anorganski aerosoli

Anorganski SA so povečini sestavljeni iz amonijevega nitrata pozimi in amonijevega sulfata poleti, odvisno od kemijskega ravnovesja med tema spojinama (Squizzato, S. in dr., 2013). Tipične vrednosti doprinosov anorganskih SA k skupni masi delcev PM_{10} na dolinskih območjih alpske regije nihajo med 5 % in 15 %, kot so zabeležili v Aosti (Diemoz, H. in dr., 2019a), Chamonixu in Grenoblu (Weber, S. in dr., 2019), Lanslebourgu (Besombes, J. L. in dr., 2014) ter v drugih dolinah, čeprav so

v nekaterih primerih zabeležili vrednosti tudi do 30 % (Favez, O. in dr., 2017a). Delež anorganskih SA v masi delcev PM je močno odvisen od ravni amonija (in njegovega predhodnika amonijaka). Koncentracije amonija v zraku v alpskih dolinah se gibljejo približno med 0,1 in 0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; v tem razponu so najvišje vrednosti beležili jeseni in pozimi (Favez, O. in dr., 2017a; Diemoz, H. in dr., 2019a). Podobne vrednosti so opazili tudi pri amonijaku v zraku v alpskih krajih. Thimonier, A. in dr. (2019) so primerjali meritve amonijaka v zunanjem zraku v Švici v letih 2000 in 2014 na različnih alpskih pašnikih in na dveh površinah, podvrženih intenzivni pridelavi na prostem (Lozana in Vordemwald). Ravni so bile pod 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ na alpskih pašnikih in od 2 do 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ na intenzivno obdelanih površinah, brez občutnih razlik med letoma 2000 in 2014. Ker amonij (in njegov predhodnik amonijak) izhaja predvsem iz kmetijskih dejavnosti, te vrednosti na splošno kažejo majhen vpliv kmetijstva na kakovost zraka v alpski regiji (Lighty, J. S. in dr., 2000; Price, M. F. in dr., 2011).

Ravni amonija so veliko višje na območjih z intenzivno kmetijsko dejavnostjo, kot na primer v Padski nižini med 5 in 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, s povprečjem od 5 do 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (npr. Larsen in dr., 2012); podobne razpone so zabeležili tudi za amonijak v zunanjem zraku v kmetijskih naseljih v Avstriji in na Bavarskem (Löflund, M. in dr., 2002). Isti avtorji so zasledili hitro zmanjšanje koncentracij amonijaka v radiju 500 m od naselij, kar pomeni, da se amonijak hitro redči in izginja in zaradi tega ostane obremenitev z NH_3 lokalizirana.

3.2.4.2 Sekundarni organski aerosoli

V alpski regiji so v zimskem času organske spojine SA posledica izpustov, ki nastajajo pri zgorevanju biomase, in HOS iz prometa, poleti pa se organske spojine SA sproščajo z območij gozdov, ki oddajajo velike količine HOS zaradi višjih temperatur zunanjega zraka. Na splošno so HOS po izpustu podvržene oksidacijskim reakcijam z atmosferskimi oksidanti, kot so na primer hidroksilni radikali (OH), ozon (O_3) in nitratni radikali (NO_3), ki tvorijo sekundarne delce.

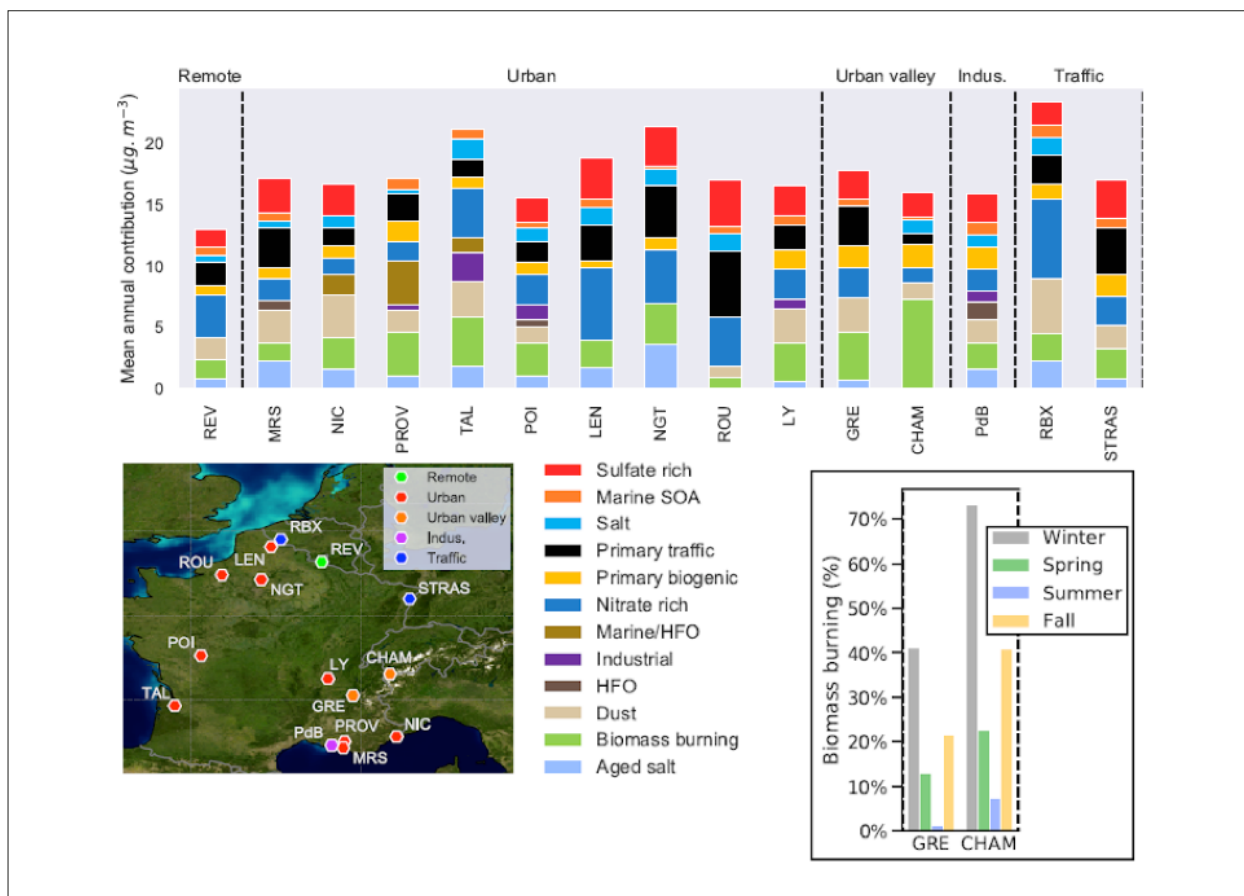
Rouvière A. in dr. (2006) so analizirali hlape ob zgorevanju borovega lesa v dolini Chamonix, kjer rastlinstvo sestavljajo večinoma iglavci. Analitski rezultati so pokazali prisotnost aromatoev (benzena, toluena, ksilenov), alkanov (heptana, oktana in nonana) in terpenov (izoprena, limonena in α -pi-

nena). Kot omenjeno, je sestava sekundarnih organskih aerosolov (SOA) zelo zapletena in je težko pridobiti celotno sliko vseh organskih skupin SA. Kljub temu so Squizzato in dr. (2013) nedavno opredelili različne vire, ki so prispevali svoje deleže k SOA, in ugotovili razlike v kemijski sestavi ter količini v neizpostavljenem podeželskem okolju v pariški regiji. Izmed teh prispevkov sta vsaj dva posledica izpustov zaradi zgorevanja biomase, tretji pa je povezan s prometom. To predstavlja približno 15 % skupnih SOA, ki predstavljajo približno 75 % skupnih organskih aerosolov.

Andreani-Aksoyoglu, S. in dr. (2008) so raziskovali vlogo biogenih izpustov pri nastajanju SAO v Švici in Italiji leta 2003. Modelske simulacije so pokazale, da je bil delež biogenih SOA (nastalih iz predhodnikov, ki so jih sproščala drevesa) glede na skupno vrednost SOA dokaj visok, približno 80 % v severnem delu Švice. Na tem območju so

biogeni prispevki posledica visokih izpustov monoterpena zaradi gozdov norveške smreke, ki jih je tam v izobilju. Po drugi strani pa so ugotovili, da so deleži SOA iz biogenih izpustov znatno nižji v južni Švici (približno 40 %), kjer so izpusti monoterpena nižji, in na onesnaženem območju v severni Italiji (Milano: od 15 do 25 %), kjer antropogeni viri prispevajo dosti večji delež k nastajanju SOA kot rastlinstvo. Podobno so v okviru projekta DECOMBIO (Favez, O. in dr., 2017a) beležili od 10 do 30 % SOA biogenega izvora v skupni masi delcev PM_{10} v Marnazu, Chamonixu in Passyju.

Potrebno je poudariti, da so šele pred kratkim študije o določitvi virov onesnaženja dokazale, da je delež, ki ga organske spojine prispevajo k skupni sestavi SA, na splošno primerljiv z deležem anorganskih spojin (Favez, O. in dr., 2017a; Srivastava, D. in dr., 2019). Čeprav je splošno znano, da viri in atmosferske reakcije povzro-



Slika 7: Rezultati projekta SORUCES, ki prikazujejo deleže virov delcev PM_{10} v različnih krajih v Franciji. Zgornji graf prikazuje znaten doprinos zgorevanja biomase na dveh alpskih lokacijah, v Grenobleu (GRE) in Chamonixu (CHAM), v primerjavi z drugimi kraji (ostali akronimi mest so na voljo v viru). HFO pomeni težko kurilno olje; bogato s sulfatom pomeni, da vsebuje SO_4^{2-} ; bogat z nitratom pomeni, da vsebuje NO_3^- ; prah je mešanica mineralnih aerosolov in delcev, povezanih s človekovimi dejavnostmi (graditev, dvigovanje cestnega prahu itd.). Spodnji graf na levi prikazuje sezonske spremembe virov zgorevanja biomase v Grenobleu in Chamonixu ter vpliv zgorevanja biomase v zimskem času (Weber, S. in dr., 2019).



čajo nastanek sekundarnih anorganskih delcev in se to odraža tudi v sprejemanju ukrepov za zmanjšanje izpustov in preprečevanje pojavov epizod povečanega onesnaženja zraka, so isti vidiki za nastajanje sekundarnih organskih delcev še vedno večinoma neraziskani. Še posebej je potrebno izboljšati poznavanje tako kemijskih profilov virov HOS (konkretno kateri viri sproščajo katere HOS) kot tudi atmosferskih reakcij, ki povzročajo nastanek sekundarnih spojin iz HOS (predvsem v nočnih urah, npr. z nitratnim radikalom).

Pomemben rezultat projekta SOURCES za politike kakovosti zraka je, da omogoča porazdelitev virov onesnaževanja za globalne koncentracije delcev PM_{10} v zunanjem zraku, tako da je mogoče zmanjšati onesnaževanje na izvoru. Slika 7 jasno kaže pomen zgorevanja biomase, na primer v francoskih alpskih dolinah. Čeprav študija ne kaže velikega prispevka delcev, bogatih z nitratom in sulfatom, v povezavi z intenzivnim kmetijstvom, pa se zdi ta dejavnik pomemben za druge regije in mora biti predmet podrobnih raziskav na alpskih območjih z intenzivnim kmetijstvom.

4. UČINKI ONESNAŽENOSTI ZRAKA

Najpomembnejša onesnaževala v zraku, ki učinkujejo na človekovo zdravje, so delci ($PM_{2,5}$, PM_{10}), NO_2 in ozon. Druga onesnaževala, ki nas zanimajo, so črni ogljik, PAO in druge skupine organskih spojin (furani, HULIS, oksidirani aromati) ter težke kovine kot del trdnih delcev. Znanstveno dokazani neugodni učinki na zdravje človeka temeljijo na epidemiologiji, toksikologiji in študijah kontrolirane človekove izpostavljenosti. Za ocenjevanje obremenitve škodljivih učinkov na zdravje, povezanih z onesnaženostjo zraka, je SZO razvila smernice o kakovosti zraka, ki temeljijo na strokovni oceni znanstvene literature (glej tabelo 3).

4.1 UČINKI ONESNAŽENOSTI ZRAKA NA ZDRAVJE LJUDI: SMRTNOST

Smrtnost zaradi onesnaženosti zraka obravnavajo epidemiološke študije. Napovedi, ki jih ponujajo takšni izračuni, se lahko močno razlikujejo med študijami in so med drugim odvisne od izbora metod, ki se uporabljajo pri ovrednotenju izpostavljenosti, od uporabljenih matematičnih funkcij, ki povezujejo stopnjo izpostavljenosti onesnaženosti zraka z učinkom na smrtnost in upoštevajo različne faktorje, ter od stopnje izpostavljenosti, kjer je bilo opaženo najmanjše tveganje (osnovni scenarij).

Razpon pri ocenah zmanjšane pričakovane življenjske dobe zaradi onesnaženosti zraka znaša od več tednov do nekaj let, odvisno od metodologije študije in obravnavane regije. Ocene na svetovni ravni izražajo povprečje učinkov onesnaženosti zraka na smrtnost z upoštevanjem vseh regij (npr. podeželje, onesnažena mesta), kar pomeni, da je njihova razlagalna moč omejena.

Na svetovni ravni Inštitut za učinke na zdravje (Health Effects Institute) ocenjuje, da onesnaže-

vanje zraka za 20 mesecev skrajša pričakovano življenjsko dobo otrok, ki so rojeni danes (Health Effects Institute, 2019). V Evropi onesnaževanje zraka predstavlja največje okoljsko zdravstveno tveganje (EEA, 2019). Evropska agencija za okolje (EEA) je za leto 2016 ocenila število izgubljenih let življenja (YLL) zaradi izpostavljenosti $PM_{2,5}$, NO_2 in O_3 . Informacije o YLL za 41 evropskih držav je povzetih v poročilu o kakovosti zraka za leto 2019. Ti izračuni temeljijo na letni populacijsko obteženi srednji koncentraciji $14,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ za $PM_{2,5}$ in $16,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ za NO_2 . Za ozon je bil uporabljen SOMO35 (vsota srednjih vrednosti nad 35 ppb^{27} za dnevni 8-urni višek) z vrednostjo $3,811 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na dan. V celotni Evropi 4,22 milijona izgubljenih let življenja pripisujejo delcem $PM_{2,5}$, 707.000 NO_2 in 160.000 ozonu. Povprečno število izgubljenih let življenja na 100.000 prebivalcev v celotni Evropi znaša 900 za $PM_{2,5}$, 100 za NO_2 in 30 za ozon. Ocene nekaterih novejših publikacij so dvakrat višje od teh vrednosti (Lelieveld, J. in dr., 2020).

Čeprav je smrtnost zaradi onesnaženosti zraka pomembna, pa obolevnost – ki prikazuje skupek bolezni, ki jih povzročajo ali slabša onesnaženosti zraka – igra bistveno vlogo pri zmanjšanju kakovosti življenja ljudi, včasih že od otroštva.

4.2 UČINKI ONESNAŽENOSTI NA ZDRAVJE LJUDI: OBOLEVNOST

Škodljivi učinki onesnaženosti zraka na zdravje so posledica različnih patofizioloških mehanizmov. Po eni strani gre za neposredno toksičnost onesnaževal za celice in genetski material. Po drugi strani pa imajo onesnaževala posredne učinke preko vnetnih procesov, oksidativnega stresa in slabšanja obrambnega mehanizma telesa. Vsi ti procesi delujejo na srčno-žilne in dihalne sisteme ter druge organe in na zmanjšano

27. Delcev na milijardo.



variabilnost srčnega utripa, povišan krvni tlak in strjevanje krvi, napredovanje ateroskleroze, zmanjšano dihalno zmogljivost, povišano bronhialno reaktivnost, pri nekaterih primerih pride do nenormalne rasti celic, motenj pri reprodukciji, motenj, vezanih na razvoj otrok, ter nevroloških in presnovnih motenj. Ti škodljivi učinki so odvisni od vrste izpostavljenosti, globine prodiranja onesnaževal v pljuča ter oksidacijske in dražilne narave onesnaževal²⁸.

Najbolj jasni dokazi učinkov onesnaževal v zraku na zdravje se kažejo v dihalnem sistemu zaradi neposrednega stika onesnaževala s človeškim telesom preko dihanja. To pomeni, da lahko sistemska vnetja in oksidativni stres, ki ga povzročata vnetje pljuč, spodbudijo škodljive učinke na zdravje kot so srčno-žilne bolezni in rak. V naslednjih poglavjih so opisani samo tisti učinki na zdravje, za katere je Agencija ZDA za varovanje okolja (U.S. EPA) vzpostavila vzročno povezavo ali verjetnost vzročne povezave.

Ozon, dušikov dioksid in žveplov dioksid so dražje plini s sposobnostjo oksidacije in imajo škodljive učinke na zdravje, ki povečujejo tveganje za obolenja pljuč, astmo in bronhitis. Pri različnih velikostih frakcij delcev (PM) obstaja največ bistvenih znanstvenih dokazov za škodljive učinke na zdravje za $PM_{2,5}$. Pri večini učinkov na zdravje zaradi izpostavljenosti PM_{10} , $PM_{2,5}$ in ultrafinim delcem je znotraj znanstvenih disciplin sicer nekaj negotovosti in omejitev, kar otežuje interpretacijo zaključkov (U.S. EPA, 2019). Kljub temu zadnje raziskovalne študije dokazujejo vlogo organskih spojin, primarnih in sekundarnih organskih aerosolov (POA in SOA, glej podpoglavji 3.2.1 in 3.2.4.2) v PM pri tvorbi endogenega reaktivnega kisika ali dušikove spojine, ki so neposredno odgovorne za celični oksidativni stres tudi v pljučnih tkivih. Prav tako je splošno znano, da poteka endogena tvorba reaktivnega kisika ali dušikovih spojin preko težkih kovin, ki so del PM (Fang, T. in dr., 2019; Tuet, W. in dr., 2019).

Verjetnost vzročne povezave obstaja med učinki na dihanje in kratkotrajno izpostavljenostjo $PM_{2,5}$, vključno s poslabšanjem astme, povečanjem težav s kronično obstruktivno pljučno boleznijo in kombiniranimi obolenji povezanimi z dihalni. Dokazi epidemioloških študij kažejo na povezave med dolgotrajno (letno povprečje) izpostavljenostjo $PM_{2,5}$ in razvojem astme pri otrocih, med po-

javnostjo astme pri otrocih, piskanjem v pljučih pri otrocih in vnetjem dihal (U.S. EPA, 2019).

Za učinke na srčno-žilni sistem U.S. EPA sklepa o vzročni povezavi med kratkotrajno izpostavljenostjo $PM_{2,5}$ ter obiski urgentnih oddelkov in hospitalizacijami povezanimi s srčno-žilnimi obolenji, še posebej to velja za ishemično bolezen srca in odpoved srca. Dolgotrajna izpostavljenost $PM_{2,5}$ (vzročna povezava) je lahko vzrok za različna srčno žilna obolenja, vključno z napredovanjem pri nalaganju ateroskleroznih oblog, zmanjšano sposobnostjo črpanja srca in spremembami v krvnem tlaku.

Prav tako obstaja verjetnost za vzročno povezavo med dolgotrajno izpostavljenostjo $PM_{2,5}$ in vrsto učinkov na živčni sistem, vključno z vnetji živčevja in oksidativnim stresom, nevrodegeneracijo, kognitivnimi učinki (upad kognitivnih funkcij, demenca) in učinki na nevrološki razvoj. Tako eksperimentalni kot epidemiološki dokazi so močno podkrepljeni in skladni ter kažejo v smeri vnetij živcev v določenih predelih možganov (U.S. EPA, 2019).

Pri raku obstaja verjetnost za vzročno povezavo z dolgotrajno izpostavljenostjo $PM_{2,5}$. Novejši eksperimentalni in epidemiološki dokazi kažejo na genotoksičnost, epigenetske učinke in karcinogeni potencial izpostavljenosti $PM_{2,5}$ skupaj z močnimi epidemiološkimi dokazi za povečanje tveganja za pojavnost raka na pljučih, še posebej pri ljudeh, ki niso nikoli kadili (U.S. EPA, 2019). Leta 2013 je Mednarodna agencija za raziskave raka (IARC), ki je specializirana agencija SZO, klasificirala onesnaženost zunanjega raka kot karcinogeno za človeka (WHO Europe, 2013b), saj obstaja dovolj dokazov, da izpostavljenost onesnaženosti zraka povzroča pljučnega raka. IARC je ločeno ocenjevala PM_{10} in $PM_{2,5}$ ter tudi njiju klasificirala kot karcinogeni snovi.

Pred kratkim so znanstveniki obravnavali vpliv onesnaženosti zraka na širjenje in smrtnost covid-19. Obravnavali so dva načina vplivanja: širjenje virusa preko finih delcev in višjo smrtnost zaradi predhodne prizadetosti pljuč ljudi, ki živijo na območjih z visoko onesnaženostjo. Medtem ko je bila prva hipoteza splošno zavržena, za drugo hipotezo še ni jasnih rezultatov in jo je potrebno nadalje raziskati. To temo trenutno obravnava več raziskovalnih projektov po celem svetu.

28. Agence Santé publique France, Sylvia Medina, junij 2019, predstavitev pri Delovni skupini RSA8.

4.3 UČINKI ONESNAŽENOSTI ZRAKA NA ZDRAVJE LJUDI NA OBMOČJU ALP

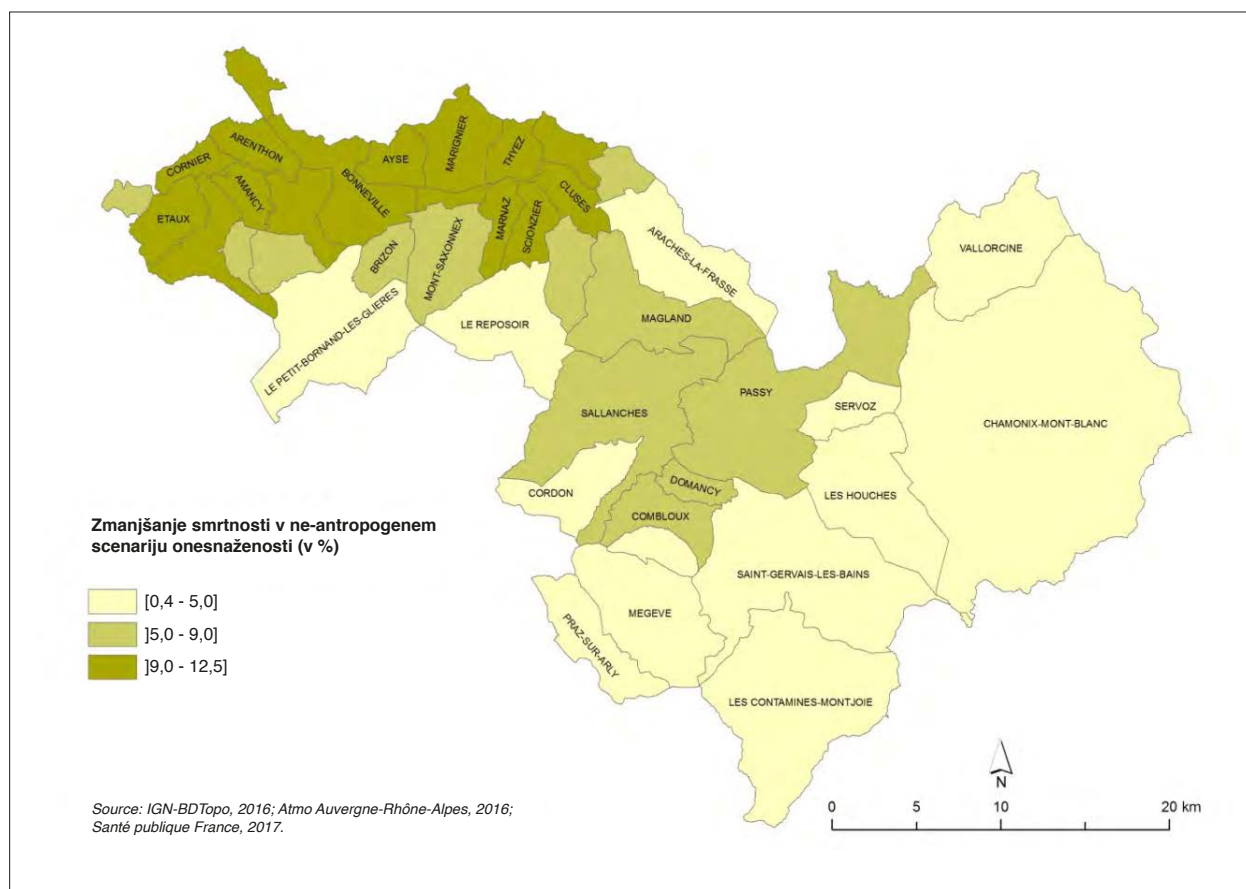
Povezava med onesnaženostjo zraka zaradi prometa, zaznavanjem izpuhov in vplivom na vedenje ali simptome bolezni je bila raziskana leta 1995 v dveh raziskavah s 1.989 odraslimi in 796 otroki v 13 majhnih alpskih lokalnih skupnostih na Tirolskem (AT) z uporabo odgovorov na anketo in merjenjem onesnaženosti zraka. Med simptomi so občutki utrujenosti/izčrpanosti/nerazpoloženosti/živčnosti ter razdraženost oči in bolečine želodca pokazali bistveno povezavo z izmerjeno kakovostjo zraka. Otroci v prometno izpostavljenih območjih manj časa preživijo zunaj. Zaznava avtomobilskih izpuhov je povezana s ponavljajočimi prehladi, kroničnim bronhitisom in indeksom hiperaktivnih dihalnih poti (Lercher, P. in dr., 1995).

Leta 2005 je bila izvedena navzkrižna študija s 1.839 odraslimi iz 10 lokalnih skupnosti ob avtocestnih koridorjih skozi Alpe v Švici, kjer so ra-

ziskovali vpliv izpuhov iz prometa na simptome respiratornih bolezni. Odkrili so povezave med bivanjem blizu avtocest in piskanjem v pljučih, če ni prisoten prehlad ali kronično kašljanje. Simptomi so dosegli vrednosti ozadja pri prebivalstvu, ki živi 400 do 500 m stran od avtoceste (Hazenkamp-von Arx, M. E. in dr., 2011).

V okviru obsežnega triletnega projekta (2005–2007) je konzorcij ALPNAP zbral in opisal posodobljene znanstveno zasnovane metode za opazovanje in napovedovanje onesnaženja zraka in hrupa ob čezalpskih prometnih koridorjih ter za ocenjevanje povezanih učinkov na zdravje in dobro počutje. Podatke o prebivalstvu so povezali z modelom širjenja zraka, pridobili pa so zemljevide porazdelitve izpostavljenega prebivalstva. Uporaba funkcij izpostavljenosti in odziva je nadalje omogočila ovrednotenje učinkov na zdravje in njihovo razširjenost na območju raziskave (Heimann, D. in dr., 2007).

Študijo o onesnaženosti zraka, smrtnosti in pričakovani življenjski dobi v dolini reke Arve in francoskih Alpah je leta 2017 izvedel Santé Publique



Slika 8: Zemljevid pričakovanega zmanjšanja smrtnosti v ne-antropogenem scenariju onesnaženosti v različnih skupnostih v dolini reke Arve (Pascal, M. in dr., 2017).



France (Pascal, M. in dr., 2017). Ta dolina ima neugodne topografske in podnebne pogoje z izrazitimi sezonskimi nihanji in pogostimi visokimi ravnmi onesnaženosti zraka pozimi. Študija se je osredotočila na $PM_{2.5}$ kot indikator onesnaženosti, za katerega je na voljo dovolj dokazov za oceno tveganja za smrtnost; onesnaženost s $PM_{2.5}$ je v Alpah močno razširjena, kot je razvidno v poglavju 5.2. Modeliranje je potekalo v sekvencah: meteorologija doline, izpusti iz prometa, industrije in gospodinjstev, razpršenost in kemijska preobrazba onesnaževal in na koncu povprečna izpostavljenost ljudi delcem na ravni lokalne skupnosti. Na istem območju so zbirali podatke o smrtnosti ljudi v starosti nad 30 let, ki ni bila posledica nesreč. Vzpostaviti je bilo možno klasični logaritemsko-linearni model (glej poglavje 4.1 zgoraj), ki je povezal smrtnost z izpostavljenostjo $PM_{2.5}$. Na ta način je bilo možno sklepati o zmanjšani smrtnosti zaradi zmanjšanja $PM_{2.5}$. Snovalci politik imajo sedaj možnost, da uporabijo ta model za preverjanje več različnih možnosti, s katerimi bi lahko predvideli njihove vplive z vidika smrtnosti ali pričakovane življenjske dobe (slika 8).

Študija je zaključila, da onesnaženost zraka s $PM_{2.5}$ v dolini kaže enak vpliv kot na drugih območjih v Franciji s srednje velikimi mesti, kar znaša 8 % skupne umrljivosti. Ta vpliv je pomemben, čeprav je manjši od deleža, ki je zaznan v najbolj onesnaženih velikih mestih v Franciji (13 %). Če bi zmanjšali koncentracije $PM_{2.5}$ za 30 %, bi v poprečju pričakovano življenjsko dobo podaljšali za pet mesecev. Nov projekt sodelovanja med lokalnimi švicarskimi in francoskimi partnerji, ki bo ocenil učinke na zdravje in stroške onesnaženosti zraka, se je ravno začel na širšem območju Ženeve.

4.4 UČINKI ONESNAŽENOSTI ZRAKA NA EKOSISTEME

Onesnaženost zraka prav tako močno vpliva na ekosisteme in biotsko raznovrstnost. Koncept kritične obremenitve²⁹ se uporablja za oceno izpostavljenosti kopenskih in vodnih ekosistemov depoziciji onesnaževal iz zraka nad mejno vrednostjo škodljivih posledic (Nilsson, J. in dr., 1988).

Zdi se, da SO_2 več ne predstavlja težave v Evropi: do leta 2010 je depozicija žvepla dosegla 90 % manjšo vrednost kot leta 1980 in je bila pod kritično obremenitvijo. Najbolj škodljive posledice na živalstvo, rastlinstvo, vodo in tla imajo ozon, NH_3 in dušikovi oksidi (NO_x), medtem ko toksične kovine (kot so arzen, kadmij, svinec, nikelj in živo srebro) in POP predstavljajo bistvena tveganja, saj lahko ostanejo v okolju, nekatera izmed njih pa se lahko nalagajo preko prehranske verige (EEA, 2019).

Atmosferska depozicija dušika v povezavi z uhanjem dušika iz tal povzroča eutrofikacijo rek in jezer, kar škoduje biotski raznovrstnosti. Paerl, H. W. (2003) je prikazal, da lahko atmosferska depozicija dušika doseže do 60 % celotnega dodatka dušika v morju. Ozon kot močan oksidant deluje na celice rastlin, zmanjša njihovo rast in moti reprodukcijo ter na ta način poškoduje gozdove, kulturne rastline in travišča.

Prav tako NO_x povzroča zakisovanje tal, jezer in rek. Amonijak in dušikovi oksidi vplivajo na ekosisteme preko eutrofikacije (čezmerno naganje dušikovih hranil) in na zakisovanja preko pretvorbe v zraku v dušikovo kislino, ki pada na tla s padavinami. Vpliv na biotsko raznovrstnost je pomemben. Depozicija dušika dokazano zmanjšuje bogastvo vrst na traviščih za 50 % v atlantskih delih Evrope, kjer depozicija dušika doseže 30 kg/ha/leto (Stevens, C. J. in dr., 2010). Poročilo konvencije CLRTAP iz leta 2016 navaja, »da koristni koraki, ki so do sedaj bili izvedeni za zmanjšanje izpustov dušikovih spojin, ne zadoščajo, da bi zagotovili pogoje, v katerih bi si lahko ekosistemi opomogli od eutrofikacije, in da so nujna nadaljnja zmanjšanja« (Maas, R., Grennfelt, P., 2016).

Onesnaževanje z dušikom v Alpah v znanstveni literaturi pogosto ni obravnavano specifično. Lahko je odvisno od lokalnih okoliščin na območjih z intenzivnim kmetijstvom. Celovita študija depozicije dušika, ki je bila izvedena v Švici med letoma 1990 in 2010 ter objavljena leta 2016 (Rihm, B. in dr., 2016), kaže, da je kritična obremenitev za dušik presežena v večjem delu države, čeprav se zdi, da prihaja po počasnega izboljševanja (tabela 7). Slika 9 prikazuje zemljevid presegevanja kritične obremenitve z dušikom v Švici.

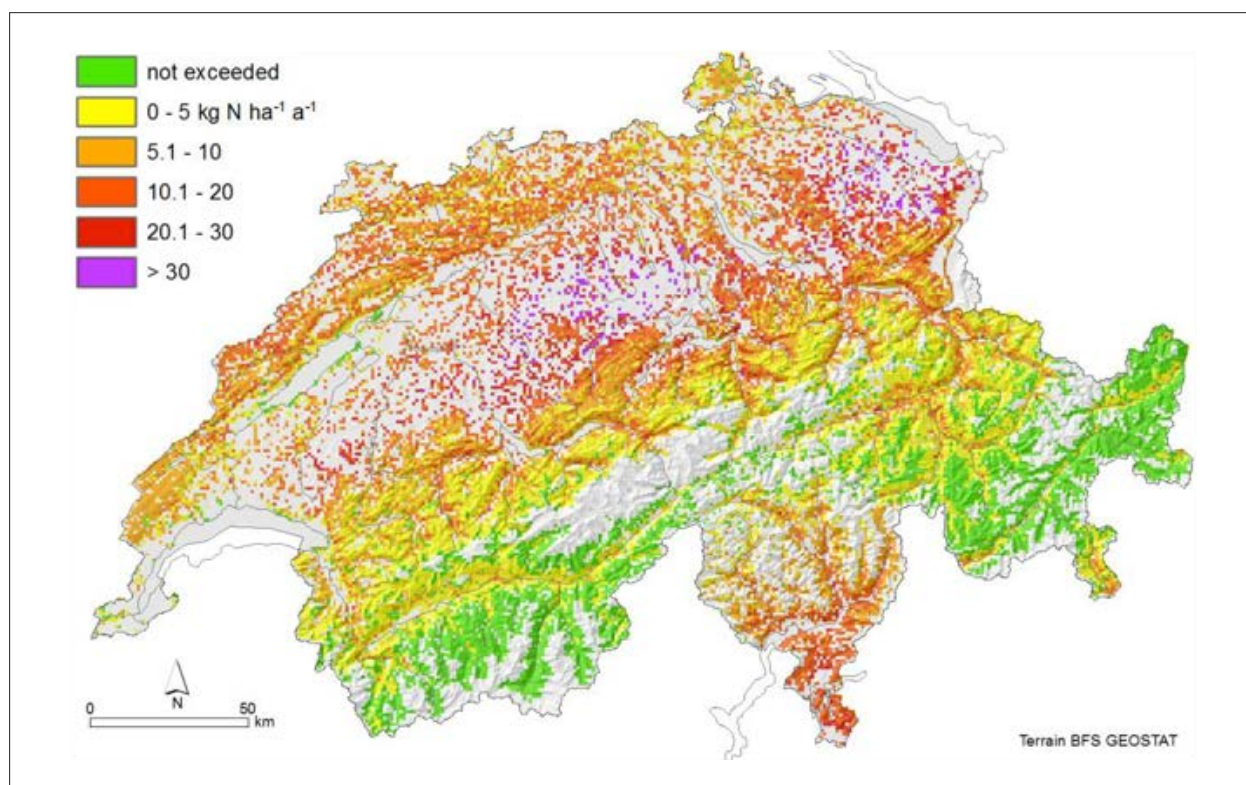
29. Kritična obremenitev: kvantitativna ocena izpostavljenosti depoziciji enega ali več onesnaževal, pod katero v skladu s trenutnim znanjem ne pride do znatnih škodljivih učinkov na občutljive elemente okolja. Presegevanje kritične obremenitve je definirano kot atmosferska depozicija onesnaževala nad kritično obremenitvijo.

Raziskava je pokazala, da se travišča obnavljajo počasi in le takrat, ko ne prihaja več do depozicije dušika. V tej studiji si je samo ena nitrofilna vrsta opomogla na njeno prejšnjo raven devet let po prenehanju poskusne depozicije (Bowman, W.

D. in dr., 2018). Takšen rezultat še podkrepi potrebo po izboljšanju politik vezanih na onesnaženje ozračja z NO_x in NH_3 , da bi tako preprečili izgubo biotske raznovrstnosti.

Ekosistem	Območje km ²	1990	2000	2010
Visoko barje	52	100 %	100 %	98 %
Nizko barje	188	91 %	82 %	76 %
Suho travišče (TWW) ^(a)	200	81 %	62 %	49 %
Gozd	10.290	99 %	96 %	95 %

Tabela 7: Preseganje kritične obremenitve hranila dušika v različnih zaščitenih ekosistemih v Švici v letih 1990, 2000 in 2010 (Rihm, B. in dr., 2016). (a) TWW: Trockenwiesen und -weiden (suhi travniki in pašniki).



Slika 9: Najvišje preseganje kritične obremenitve depozicije dušika v švicarskih gozdovih in (pol)naravnih ekosistemih leta 2010 na km² (Rihm, B. in dr., 2016).

5. STANJE KAKOVOSTI ZRAKA V ALPAH

V tem poglavju so uporabljeni podatki rednih meritev z namenom splošnega pregleda stanja kakovosti zraka na območju Alp. Prostorska razporeditev merilnih mest, s katerimi upravljajo države znotraj območja Alp, je analizirana glede na njihovo geografijo in okolico. Koncentracije onesnaževal v zadnjih letih so nato ocenjene na osnovi primerjave z letnimi statistikami evropskih standardov kakovosti zraka in smernic SZO, ki so navedene v podpoglavjih 2.1 in 2.4.2 tega poročila. Dolgoročno gledano je razvoj koncentracij pripravljen na osnovi analiz trendov.

5.1 VIRI PODATKOV

Metapodatke postaj in statistike koncentracij za Avstrijo, Francijo, Italijo, Nemčijo, Slovenijo in Švico smo pridobili z Evropskega portala za kakovost zraka, s katerim upravlja EEA, ki zbira uradne podatke o kakovosti zraka držav članic EU in drugih članic EEA ter sodelujočih držav.

Metapodatke za Lihtenštajn je zagotovil Urad Kneževine Lihtenštajn za okolje, ustrežna statistika pa je bila prenesena s spletne strani Ostluft (www.ostluft.ch). Metapodatke in statistiko koncentracije za Monako je zagotovila vlada Kneževine Monako (Oddelek za okolje).

Kot dodatne informacije so služili podatki švicarskih kantonalnih in lokalnih mrež za spremljanje, ki jih je dal na voljo švicarski Zvezni urad za okolje (BAFU), in ustrezne statistike, prenesene s spletne strani urada BAFU. Razen če ni izrecno navedeno, so uporabljene samo postaje in statistika švicarskega državnega omrežja.

5.1.1 GEOGRAFSKA RAZPOREDITEV: PREGLED

Na območju Alp je bilo identificiranih 234 merilnih mest, ki so delovala v obdobju med 2016 in

2018, za merjenje naslednjih onesnaževal: PM₁₀, PM_{2,5}, NO_x vključno z NO₂, SO₂, C₆H₆ (benzen), O₃, Pb, BaP, Ni, As, CO, Cd. 14 % teh merilnih mest se nahaja na nadmorskih višinah višjih od 1000 m, 7 % pa nad 1500 m. Slika 10 prikazuje njihovo geografsko razporeditev. Kot je prikazano v tabeli 8, se dve tretjini merilnih mest nahajata v predmestnih in mestnih okoljih, ena tretjina pa na podeželju.

Ta merilna mesta so bila v istem obdobju dopolnjena s 45 merilnimi mesti, ki pripadajo švicarskim lokalnim mrežam za spremljanje (slika 11). Med njimi se 22 mest nahaja v podeželskem okolju, 15 v predmestnem okolju in 8 v mestnem okolju.

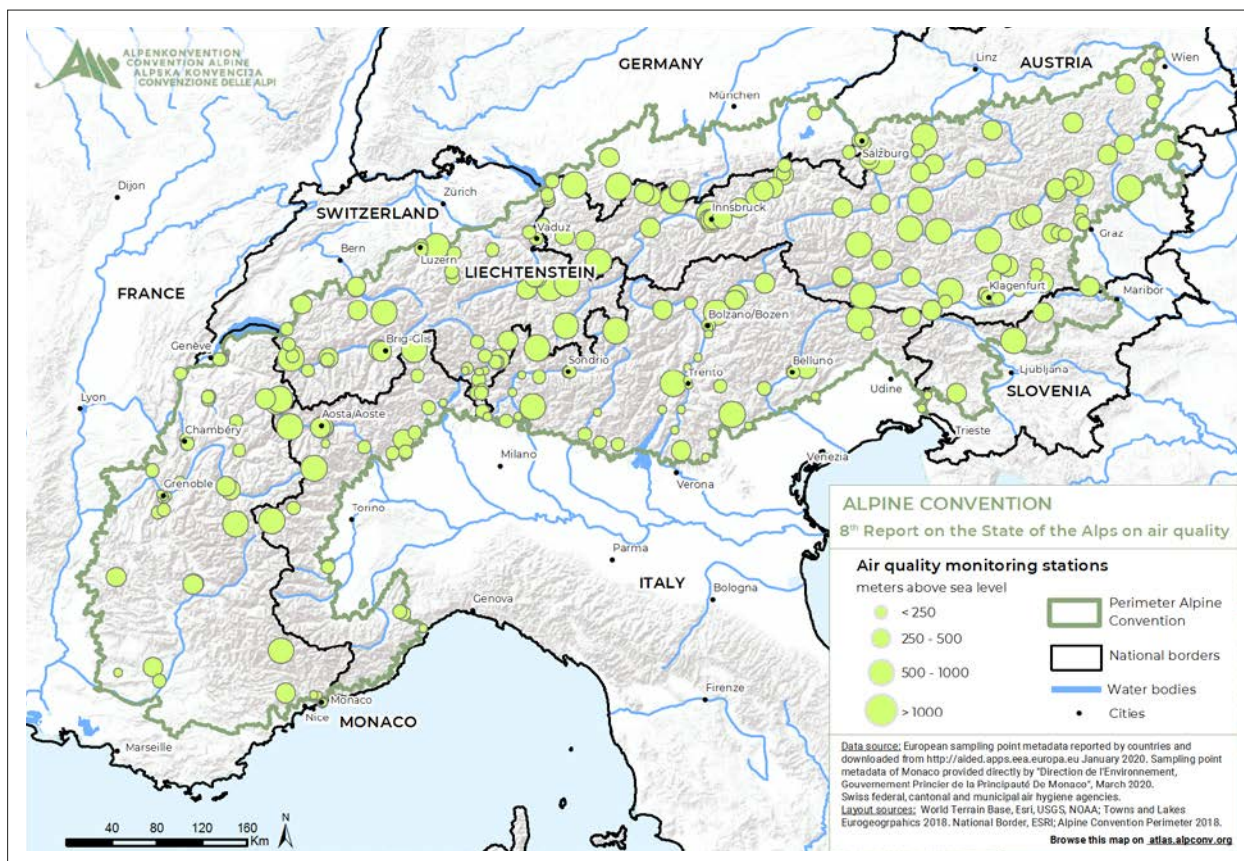
Vrsta območja	Število merilnih mest	Delež (%)
Podeželsko (nedoločeno)	38	16,2
Podeželsko – odročno	11	4,7
Podeželsko – regionalno	19	8,1
Podeželsko – blizu mesta	10	4,3
Primestno	72	30,8
Mestno	84	35,9

Tabela 8: Razporeditev 234 merilnih mest glede na vrsto območja.

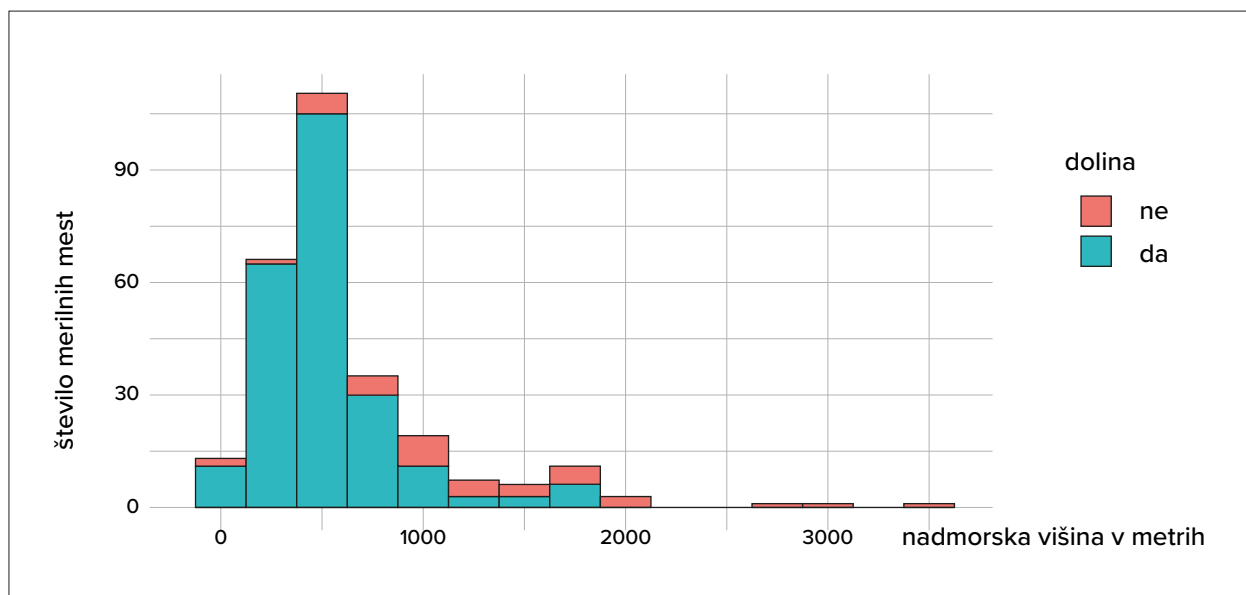
S prilagoditvijo obstoječe metodologije³⁰ je bilo ugotovljeno, da se približno 86 % merilnih mest, prikazanih na sliki 10, nahaja v dolinah (slika 11).

Nekatere države izvajajočasne kampanje z mobilnimi meritvami in metodami pasivnega zbiranja vzorcev (NO₂, NH₃, benzen, toluen, etilbenzen, ksilen), da bi tako dopolnile stalna merilna mesta in pridobile bolj podrobne podatke o kakovosti

30. Da bi lahko določili, katera merilna mesta se nahajajo v dolinah, je bila metodologija, ki jo predlagajo A. Simcox, D. Morse in G. Hamilton, 2016 (<https://www.arcgis.com/home/item.html?id=646ebe715800410d9e5c02aa3653546d>), prilagojena evropski situaciji. Doline (območja, ki so nižja od njihovih sosednjih območij) so bile določene na podlagi digitalnega modela višin (Evropski digitalni model višin EU-DEM – verzija 1.1, ločljivost 25 m), tako da je bila dejanska višina postaje odšteta od lokalnega povprečja višin znotraj določenega polmera, nato pa so bila izbrana območja, kjer je dejanska višina nižja od povprečja. Vzorci krajine so obsegali 5 lestvic (krogi s polmerom 1, 2, 4, 7 in 11 km), s čimer je bila upoštevana raznolikost oblik in velikosti dolin. Območja, ki so bila izbrana na vsaj treh lestvicah, so bila uvrščena med doline.



Slika 10: Geografska razporeditev merilnih mest, delujočih v obdobju 2016–2018 na območju Alp, z dodanimi postajami švicarskih kantonalnih in lokalnih mrež za spremljanje za enako obdobje³¹.



Slika 11: Histogram prikazuje razporeditev merilnih mest v alpski regiji glede na nadmorsko višino, vključno s postajami švicarskih kantonalnih in lokalnih mrež za spremljanje, ki so delovala v obdobju 2016–2018.

31. Švicarska merilna mesta iz kantonalnih in lokalnih mrež za spremljanje so predstavljena na tem zemljevidu. Sledeči zemljevidi izhajajo iz podatkov EEA.



Država	Onesnaževalo	Klasifikacija merilnih mest						
		Podeželje	Podeželje – blizu mesta	Podeželje – regionalno	Podeželje – odročno	Pri- mestje	Mesto	Skupaj
Avstrija	NO ₂	12	1	10	2	31	20	76
	PM ₁₀	10	0	6	1	22	19	58
	PM _{2,5}	1	0	0	1	4	8	14
	O ₃	11	2	12	7	19	7	58
	BaP	4	0	0	0	5	8	17
	Težke kovine	2	0	1	0	1	1	5
Francija	NO ₂	0	1	0	1	5	22	29
	PM ₁₀	0	3	0	1	5	22	31
	PM _{2,5}	0	2	0	1	1	9	13
	O ₃	0	2	2	2	5	15	26
	BaP	0	1	0	1	1	4	7
	Težke kovine	0	0	0	1	0	2	3
Italija	NO ₂	12	2	0	1	18	29	62
	PM ₁₀	9	1	0	0	15	27	52
	PM _{2,5}	2	1	0	0	7	14	24
	O ₃	15	2	0	1	14	18	50
	BaP	3	0	0	0	9	12	24
	Težke kovine	2	0	0	0	6	6	14
Lihtenštajn	NO ₂	0	0	0	0	1	0	1
	PM ₁₀	0	0	0	0	1	0	1
	O ₃	0	0	0	0	1	0	1
Monako	NO ₂	0	0	0	0	0	5	5
	PM ₁₀	0	0	0	0	0	2	2
	O ₃	0	0	0	0	0	2	2
	Težke kovine	0	0	0	0	0	2	2
Nemčija	NO ₂	0	2	1	1	2	2	8
	PM ₁₀	0	1	1	1	1	1	5
	PM _{2,5}	0	1	0	0	2	1	4
	O ₃	0	1	1	1	2	1	6
	BaP	0	0	0	0	1	0	1
Slovenija	PM ₁₀	0	0	0	0	1	0	1
	O ₃	2	0	0	0	0	0	2
	Težke kovine	0	0	0	0	1	0	1
Švica	NO ₂	4	0	0	0	2	2	8
	PM ₁₀	4	0	0	0	2	2	8
	PM _{2,5}	2	0	0	0	0	1	3
	O ₃	4	0	0	0	2	1	7
	BaP	1	0	0	0	0	1	2
	Težke kovine	4	0	0	0	0	1	5

Tabela 9: Merilna mesta za kakovost zraka na območju Alpske konvencije.

zraka. Ti podatki pri tej analizi niso bili upoštevani, saj se analiza v večini opira na informacije, ki so na voljo preko spletne strani Evropske agencije za okolje.

5.1.2 GEOGRAFSKA RAZPOREDITEV GLEDE NA POSAMEZNO ONESNAŽEVALO

V tem podpoglavju je obravnavana prostorska razporeditev merilnih mest glede na onesnaževalo in v skladu s klasifikacijo merilnih mest (tabela 9).

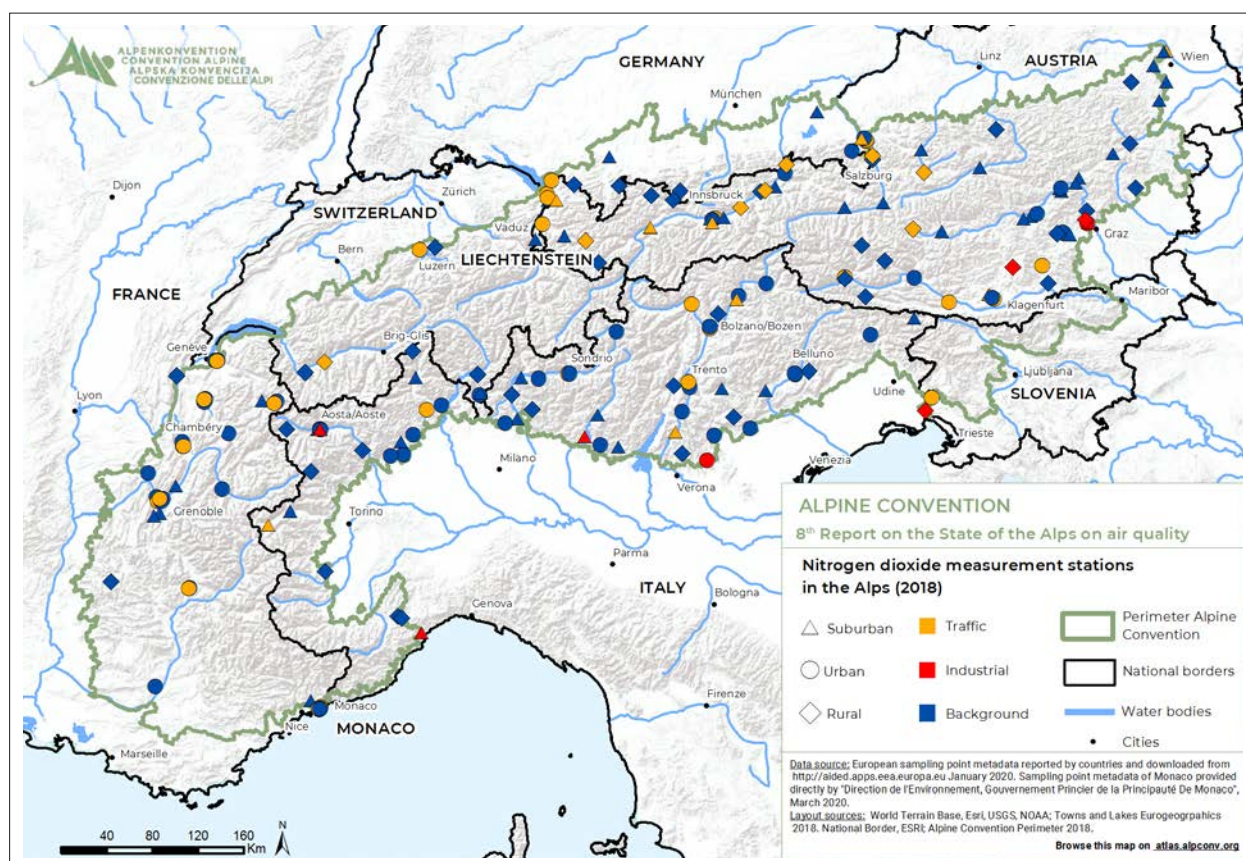
Nabor onesnaževal na posameznem tipu merilne postaje je povezan z glavnimi viri vpliva na ravni onesnaženja. NO_2 , O_3 in PM_{10} imajo najvišjo gostoto merilnih točk, kot je prikazano na sliki 12. Te točke so razporejene po celotni regiji, razen v visokogorju in na redko poseljenih območjih, njihovo število pa ostaja stabilno tekom obdobja obravnave (2016 do 2018). Medtem ko se ozon večinoma meri na podeželju ali v (pri)mestnih območjih ozadja, spremljanje NO_2 in PM_{10} obsega tudi prometna območja in v manjšem obsegu tudi industrijska območja. Predhodniki ozona, ki so navedeni v direktivi o kakovosti zraka 2008/50/ES, so

merjeni na enem mestu za meritve ozadja v Grenoble (FR). Celotni skupek vseh zemljevidov za posamezna onesnaževala in za posamezno leto (2016, 2017, 2018) je na voljo na spletnem naslovu <http://www.atlas.alpconv.org>.

Redkeje, vendar kljub temu precej obsežno spremljanje $\text{PM}_{2.5}$ in BaP se prav tako izvaja na območju celotnih Alp, večinoma na mestnih ali primestnih merilnih mestih ozadja. Dodatno k temu se izvajajo merjenja preostalih PAO na več merilnih mestih v Franciji in Italiji.

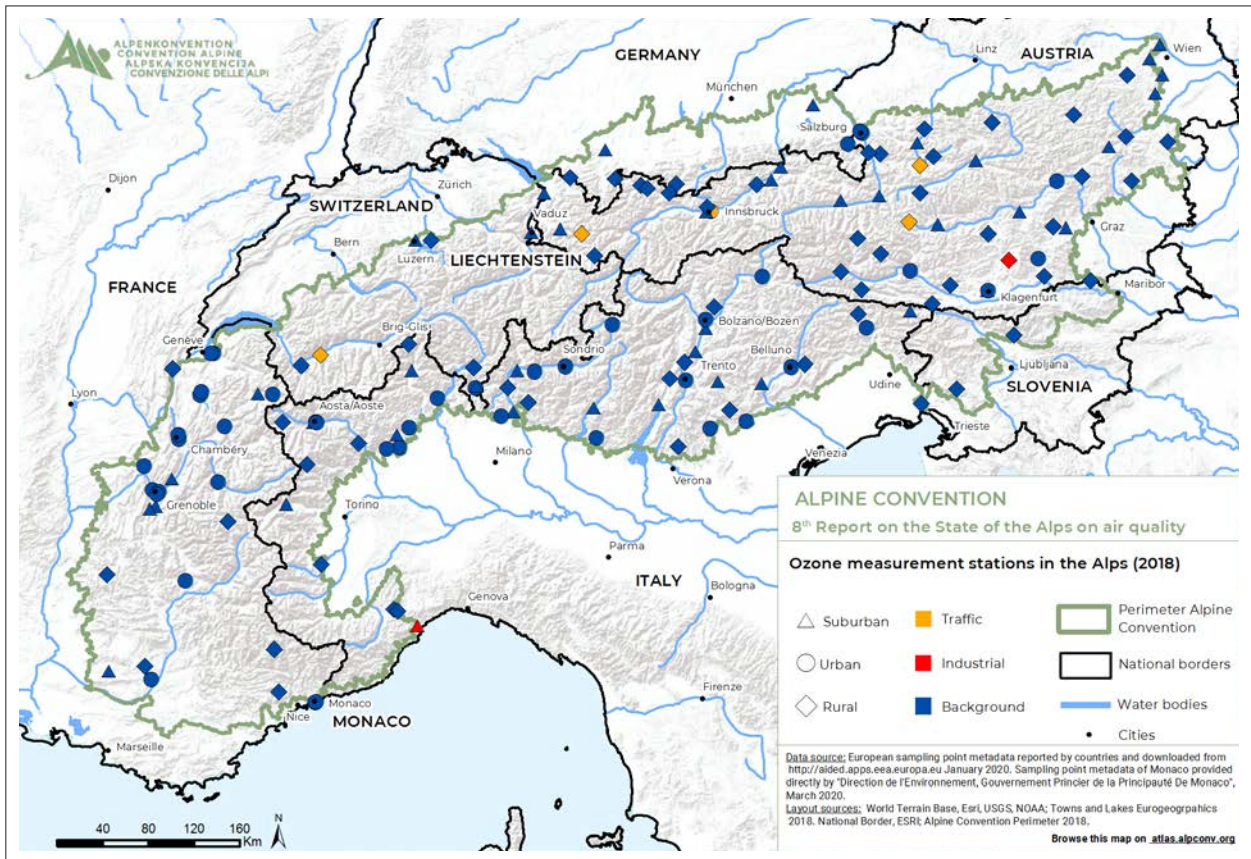
Ogljikovega monoksida in benzena se ne spremlja pogosto, kar je skladno za nizkimi ravnimi koncentracije za ti onesnaževali (glej podpoglavje 5.2.2), kar izhaja iz možnosti, ki jih ponujajo evropske direktive za izvajanje manj strogih ocenjevalnih metod (orientacijske meritve, modeliranje, ocene ciljev). Situacija je skoraj enaka za SO_2 , vendar se pri tem onesnaževalu na večjem številu merilnih mest nadaljujejo meritve na nekaterih območjih (v avstrijskih in italijanskih delih regije).

Težke kovine prav tako spadajo v kategorijo onesnaževal, ki kažejo nizke koncentracije v primer-



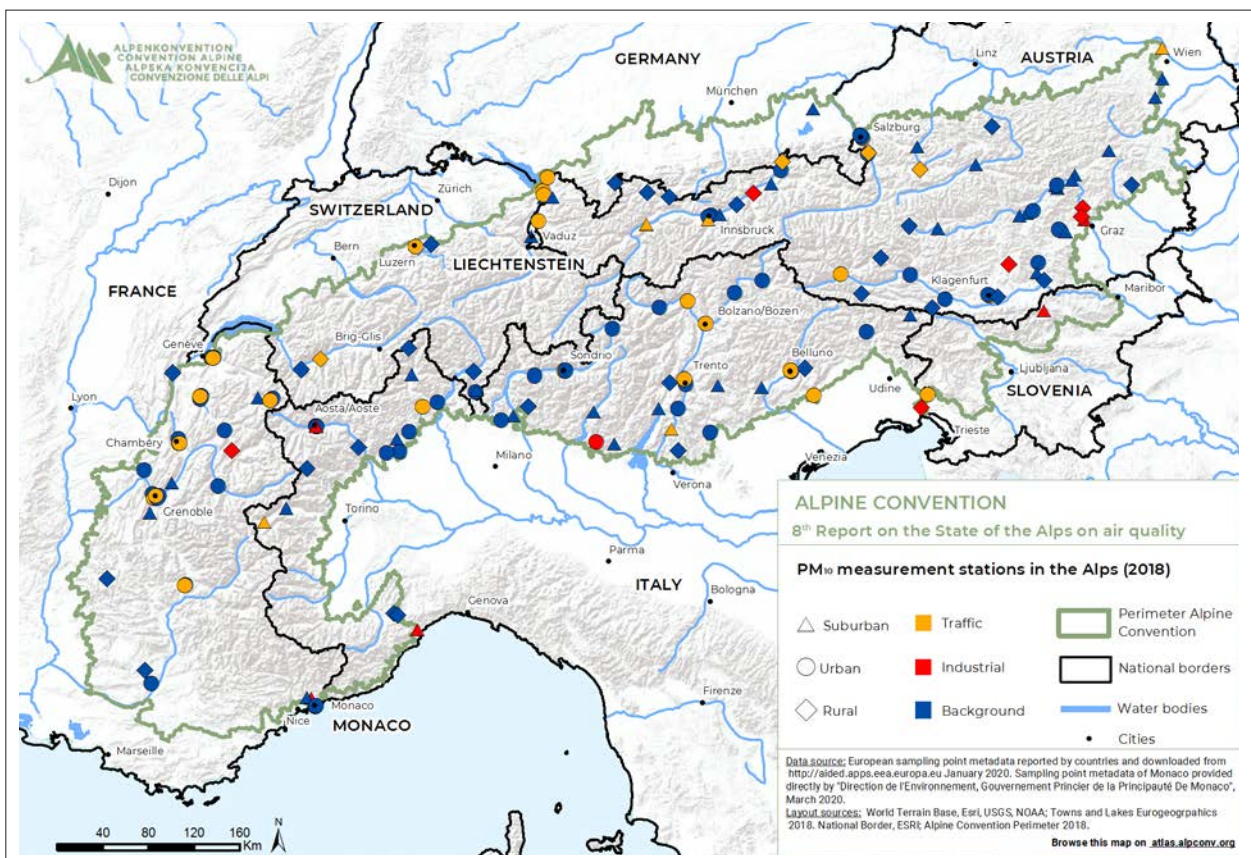
Slika 12a: Zemljevid merilnih mest za dušikov dioksid v Alpah.

Suburban = primestna; Urban = mestna; Rural = podeželska; Traffic = promet; Industrial = industrijska; Background = ozadje.



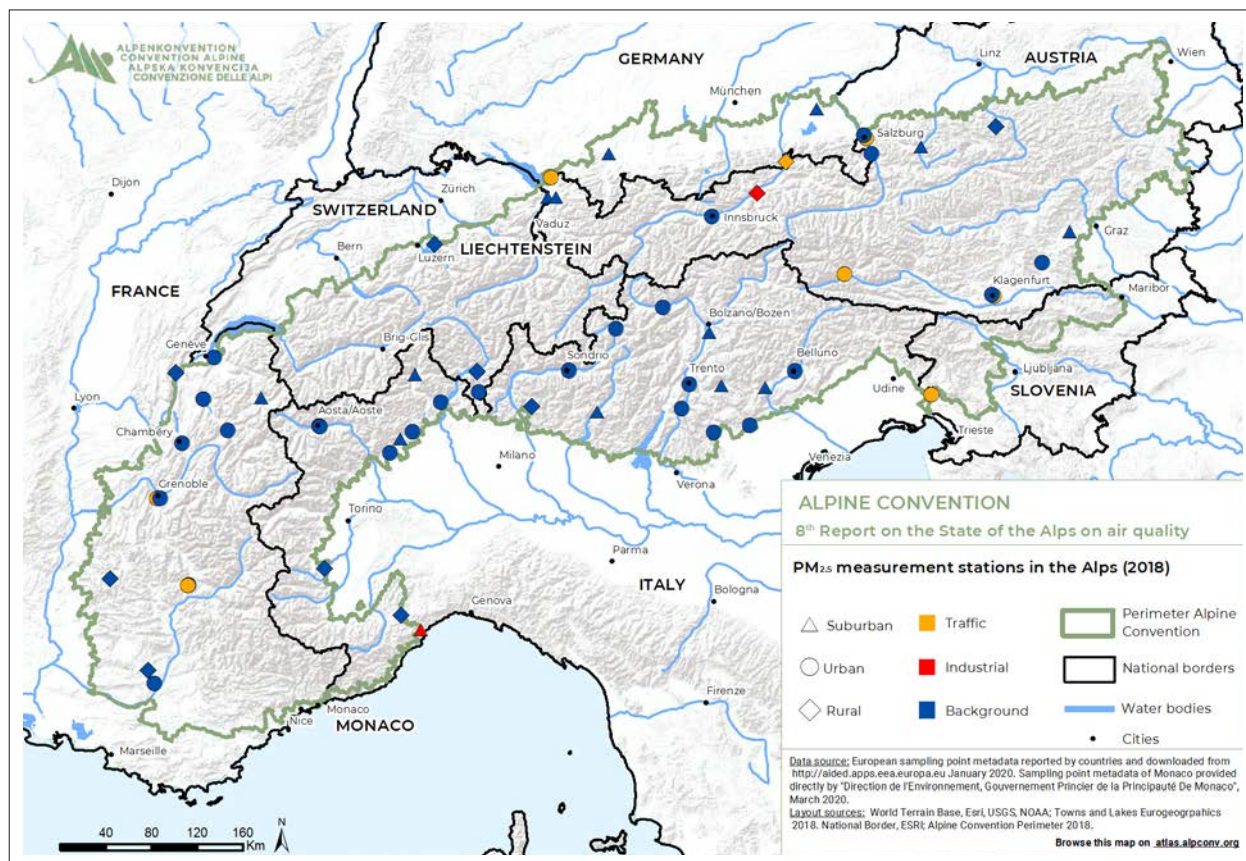
Slika 12b: Zemljevid merilnih mest za ozon v Alpah.

Suburban = primestna; Urban = mestna; Rural = podeželska; Traffic = promet; Industrial = industrijska; Background = ozadje.



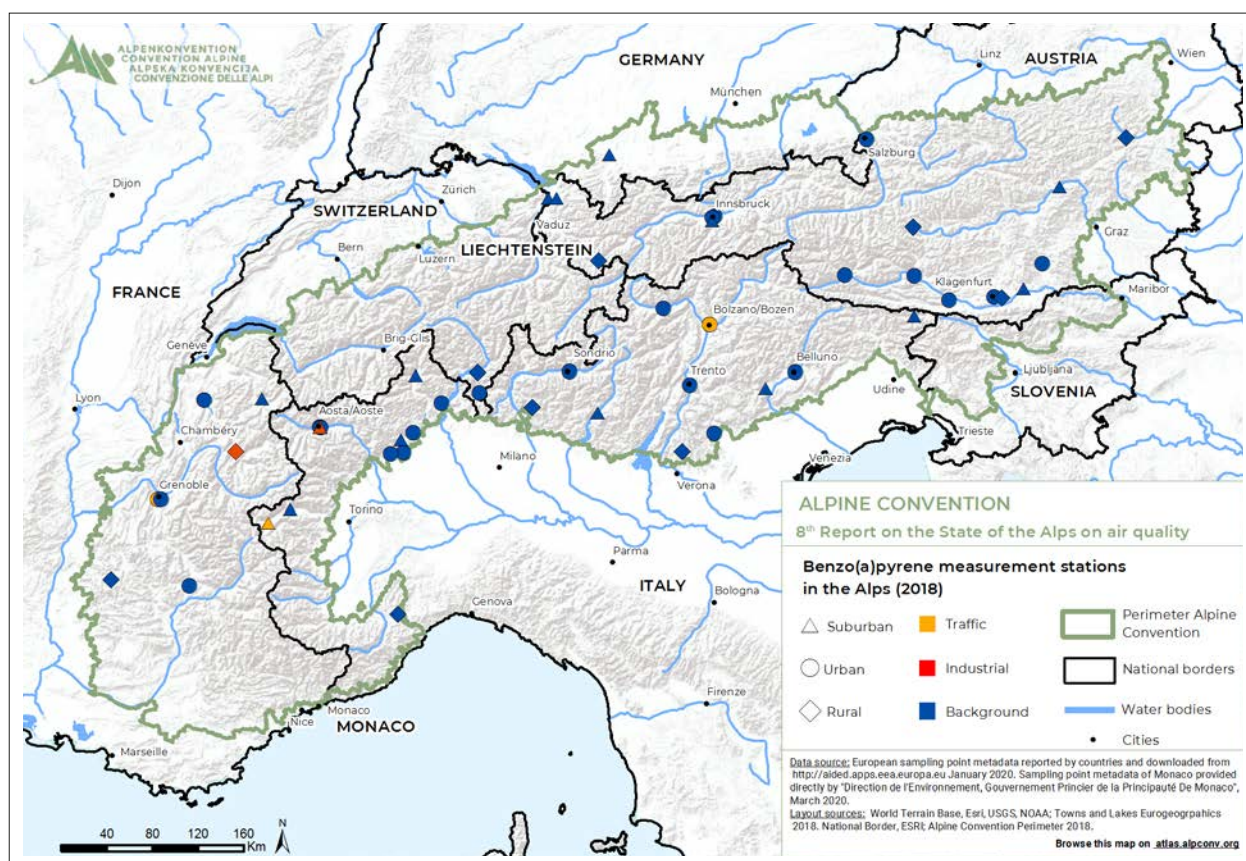
Slika 12c: Zemljevid merilnih mest za PM₁₀ v Alpah.

Suburban = primestna; Urban = mestna; Rural = podeželska; Traffic = promet; Industrial = industrijska; Background = ozadje.



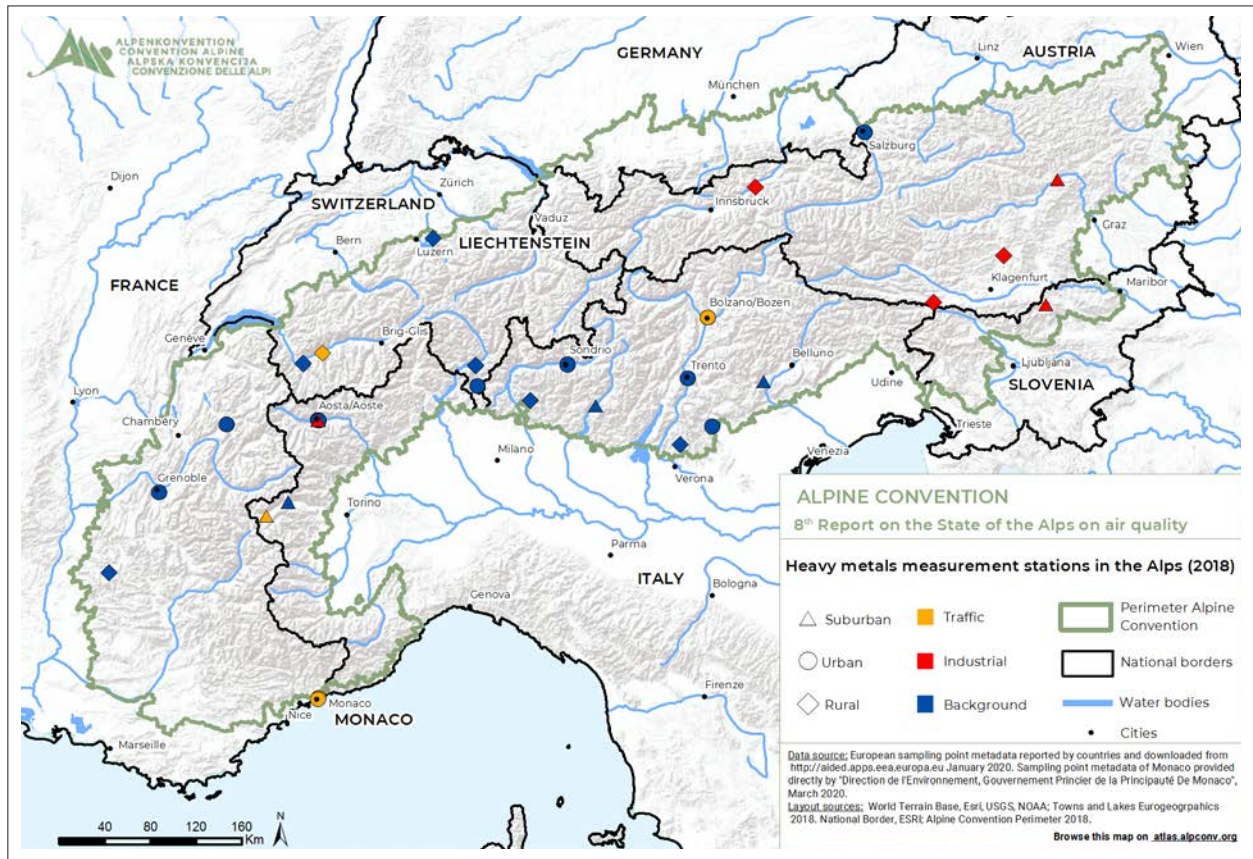
Slika 12d: Zemljevid merilnih mest za PM_{2,5} v Alpah.

Suburban = primestna; Urban = mestna; Rural = podeželska; Traffic = promet; Industrial = industrijska; Background = ozadje.



Slika 12e: Zemljevid merilnih mest za benzo(a)piren v Alpah.

Suburban = primestna; Urban = mestna; Rural = podeželska; Traffic = promet; Industrial = industrijska; Background = ozadje.



Slika 12f: Zemljevid merilnih mest za težke kovine v Alpah.

Suburban = primestna; Urban = mestna; Rural = podeželska; Traffic = promet; Industrial = industrijska; Background = ozadje.

javi z mejnimi vrednostmi, ki jih je določila EU, in imajo tako zmanjšan obseg spremljanja. Na splošno so spremljane na lokacijah za meritve ozadja, razen v Avstriji, kjer se meritve težkih kovin večinoma izvajajo na industrijskih območjih. Dodatno spremljanje vseh teh onesnaževal je prav tako del švicarskih lokalnih mrež.

Druge meritve se izvajajo na merilnih mestih na visokih višinah kot del raziskovalnih programov, ki niso tema tega poglavja; informacije o teh aktivnostih so na voljo v poglavju 6.2.

5.2 STANJE KONCENTRACIJ

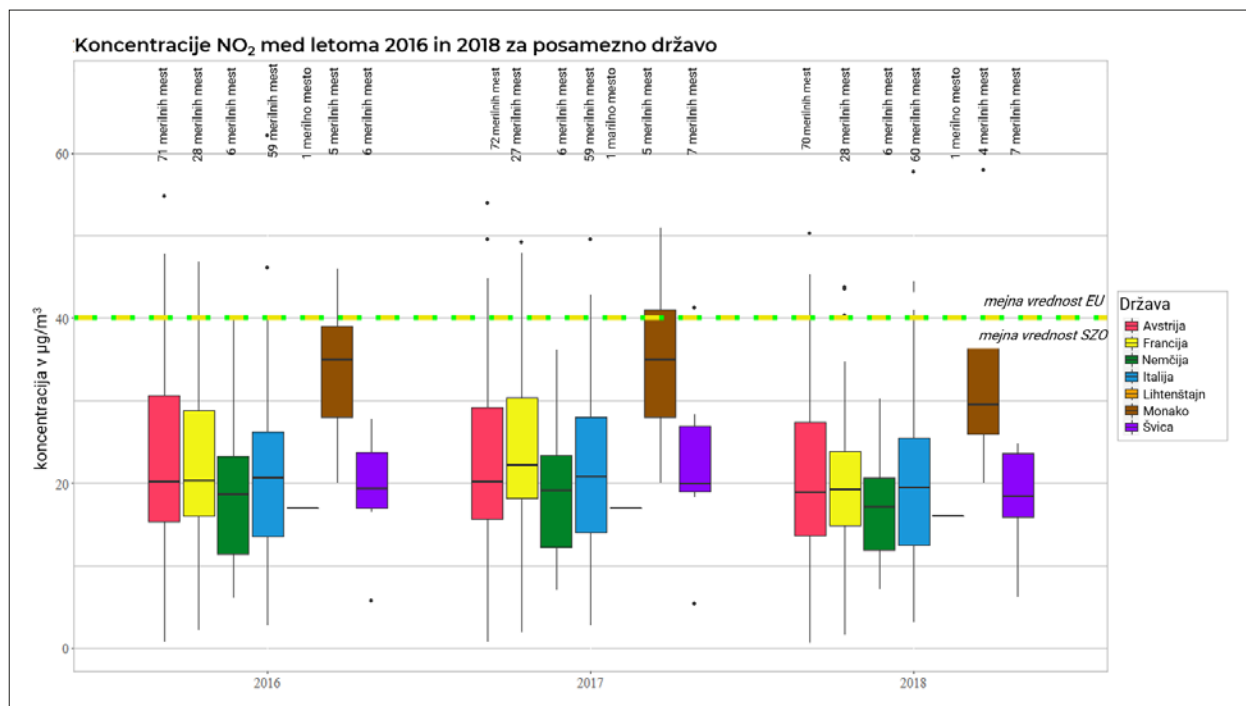
5.2.1 PRIMERJAVA Z EVROPSKIMI OKOLJSKIMI CILJI IN SMERNICAMI SZO

Primerjava je zasnovana na virih statističnih podatkov, ki so omenjeni v uvodu tega poglavja. Statistika iz švicarskih lokalnih mrež je upo-

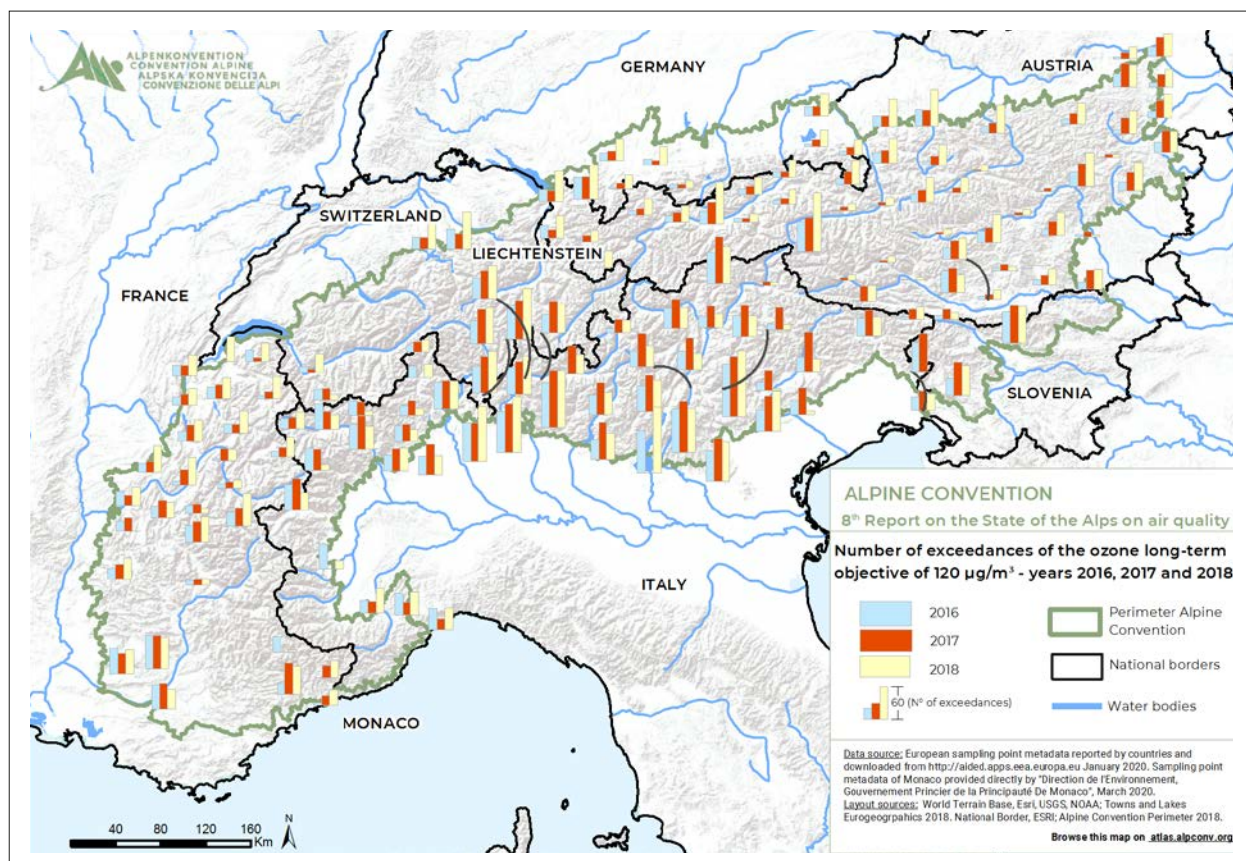
števana kot dodatna informacija, ki dopolnjuje rezultate. Celotni skupek grafov je na voljo na spletu (www.atlas.alpconv.org). Tukaj predstavljene koncentracije so primerjane z mejnimi vrednostmi iz direktive 2008/50/ES, ki predstavlja zakonodajno osnovo v EU (glej poglavje 2.1), te vrednosti pa so skupaj s smernicami SZO o kakovosti zraka zasnovane za zaščito človeškega zdravja (glej podpoglavje 2.4.2).

Dušikov dioksid

Slika 13 prikazuje razporeditev povprečnih letnih koncentracij NO_2 v letih 2016, 2017 in 2018. Ne glede na leto so bila vsa presejanja letne mejne vrednosti EU ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$), ki sovpada z letno smernico SZO, zaznana na mestih, povezanih s prometom (12, 14 in 7 presejanj v letih 2016, 2017 in 2018). Vsa merilna mesta, kjer so bila ta presejanja zaznana, se nahajajo v dolinah, kjer sovpadajo NO_x izpustov in temperaturne inverzije lahko povzročijo povišanje stopenj koncentracij NO_2 , kot je to opisano v podpoglavju 3.1.1.



Slika 13: Razporeditev letnih povprečnih koncentracij NO₂ v letih 2016, 2017 in 2018 na območju Alp. Rumena črtna črta pomeni letno mejno vrednost v okviru direktive EU (2008/50/ES), zelena črtna črta pa smernico SZO za zaščito zdravja ljudi. Spodnja in zgornja meja vsakega barvnega okvirja predstavljata prvi in tretji kvartil, vodoravna linija znotraj okvirja predstavlja mediano, končni točki navpičnih črt pa predstavljata najnižjo in najvišjo vrednost brez odstopanj. Pike so posamezne vrednosti izven razpona.



Slika 14: Zemljevid razvoja preseganj dolgoročnih ciljev za zaščito zdravja za O₃ na območju Alp.

Preseganja mejne vrednosti $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (urna smernica SZO) so bila občasno zaznana na nekaterih merilnih mestih (5, 4 in 3 merilna mesta v letih 2016, 2017 in 2018). Standard EU (vrednost $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ne sme biti presežena več kot 18-krat na leto) je bil presežen samo enkrat, in sicer na prometni lokaciji v Franciji 2016.

Ozon

Onesnaženje z ozonom močno vpliva na območje Alp. Slika 14 prikazuje število letnih preseganj dolgoročnih ciljev za leta 2016, 2017 in 2018, ki znašajo $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na merilno mesto.

Ciljna vrednost za zaščito zdravja ljudi je presežena na večini mest in na celotnem območju z izjemo Nemčije in Monaka. Na teh območjih je zaznana medletna variabilnost, v primerjavi z ostalimi leti pa po številu preseganj izstopa leto 2018.

Dolgoročni cilj za zaščito zdravja ljudi ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$) in smernica SZO ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$) sta presežena skoraj povsod. Kar zadeva ciljno vrednost in dolgoročni cilj za zaščito rastlinstva, sta ta presežena na številnih podeželskih območjih in na primestnih lokacijah za meritve ozadja v celotni regiji.

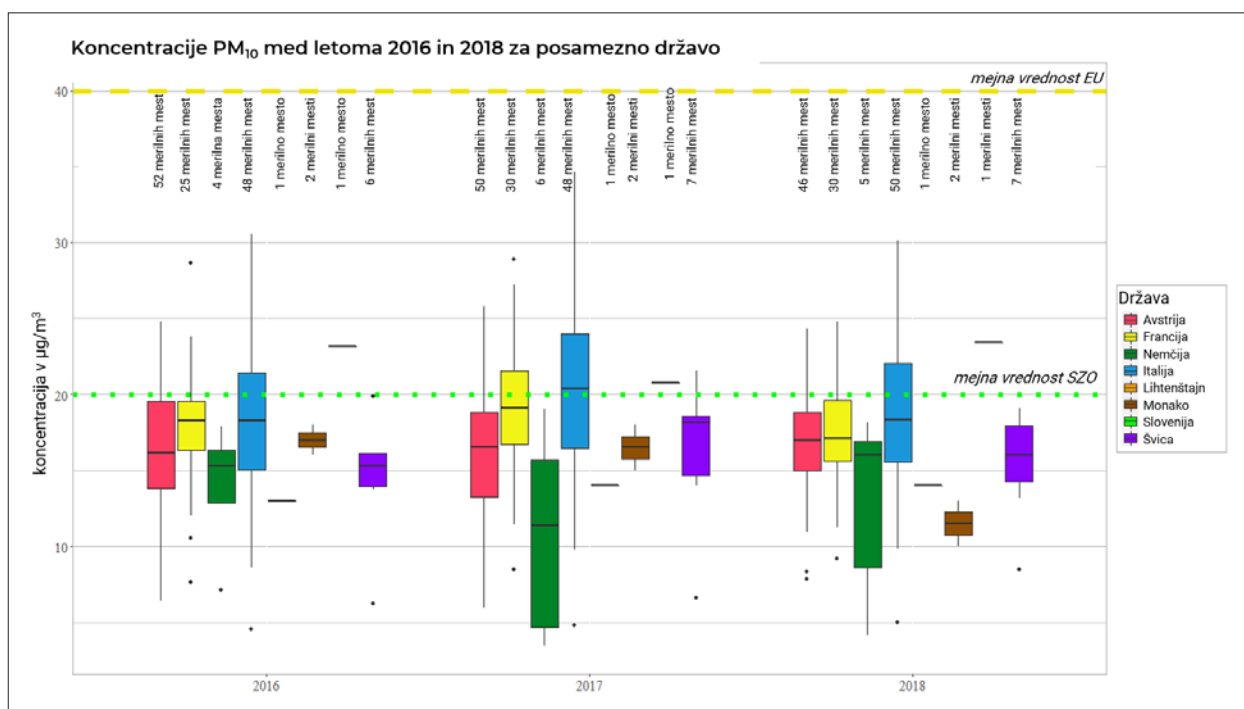
Delci – PM_{10}

Slika 15 prikazuje razporeditev povprečnih letnih koncentracij PM_{10} v letih 2016, 2017 in 2018. Kljub raznolikosti prostora na celotnem območju, so vse vrednosti bistveno pod letno mejno vrednostjo direktive EU 2008/50/ES ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Na drugi strani je cilj kakovosti zraka SZO ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) presežen vsako leto na približno četrtini vseh merilnih mest.

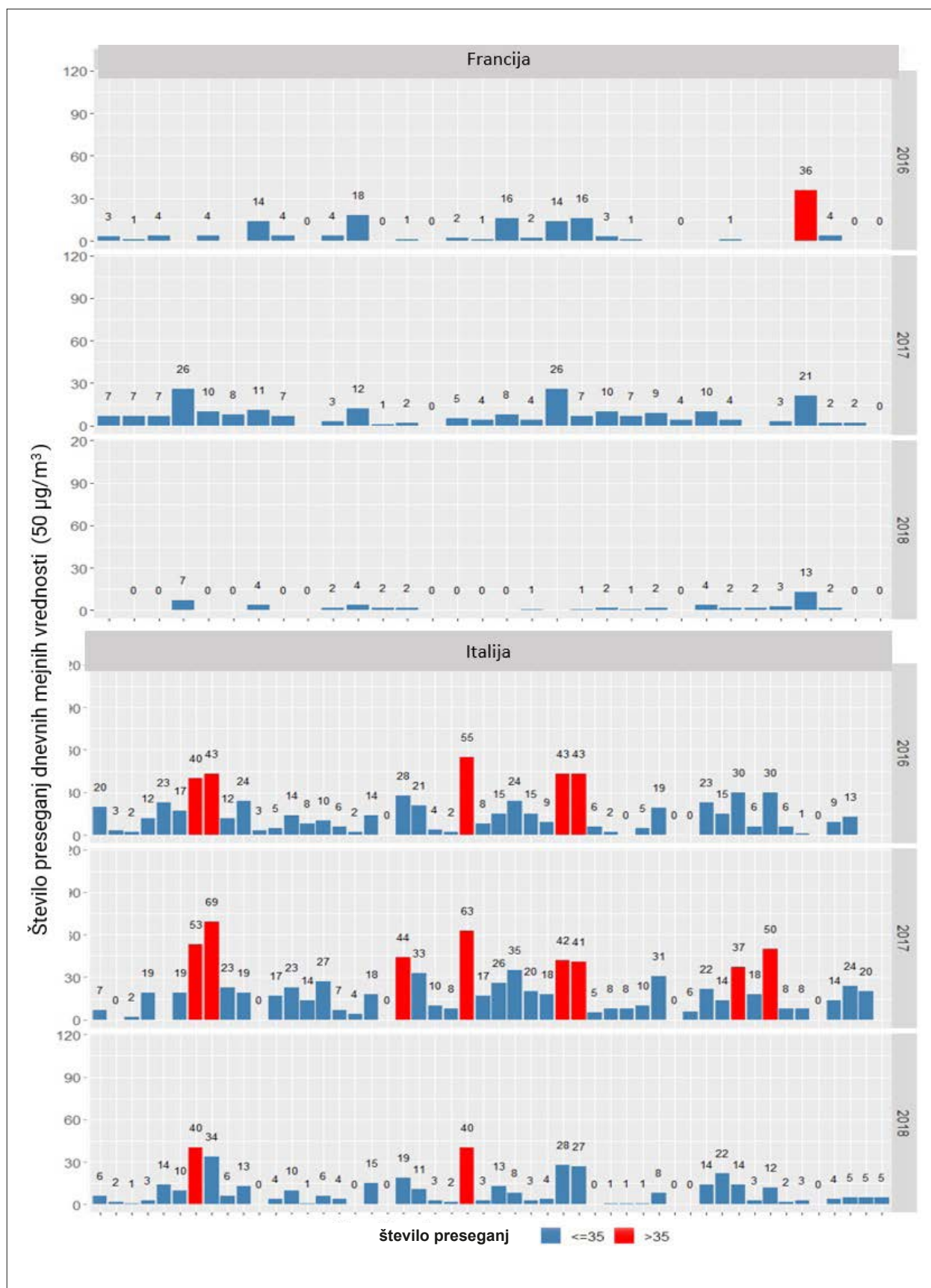
Slika 16 prikazuje letno število preseganj dnevne mejne vrednosti $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na merilno mesto, z rdečo pa so označena merilna mesta, kjer je to število bistveno višje kot 35-krat letno, kar je evropska mejna vrednost. Teh mest ni veliko (leta 2018 sta samo dve merilni mesti presegle mejo EU) in skoraj vsa se nahajajo v Italiji, v (pri)mestnih meritvah ozadja ali na industrijskih lokacijah. Skoraj polovica vseh merilnih mest (75 izmed 162) je preseгла bolj strogo smernico SZO ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ne več kot 3 dni na leto).

Delci – $PM_{2,5}$

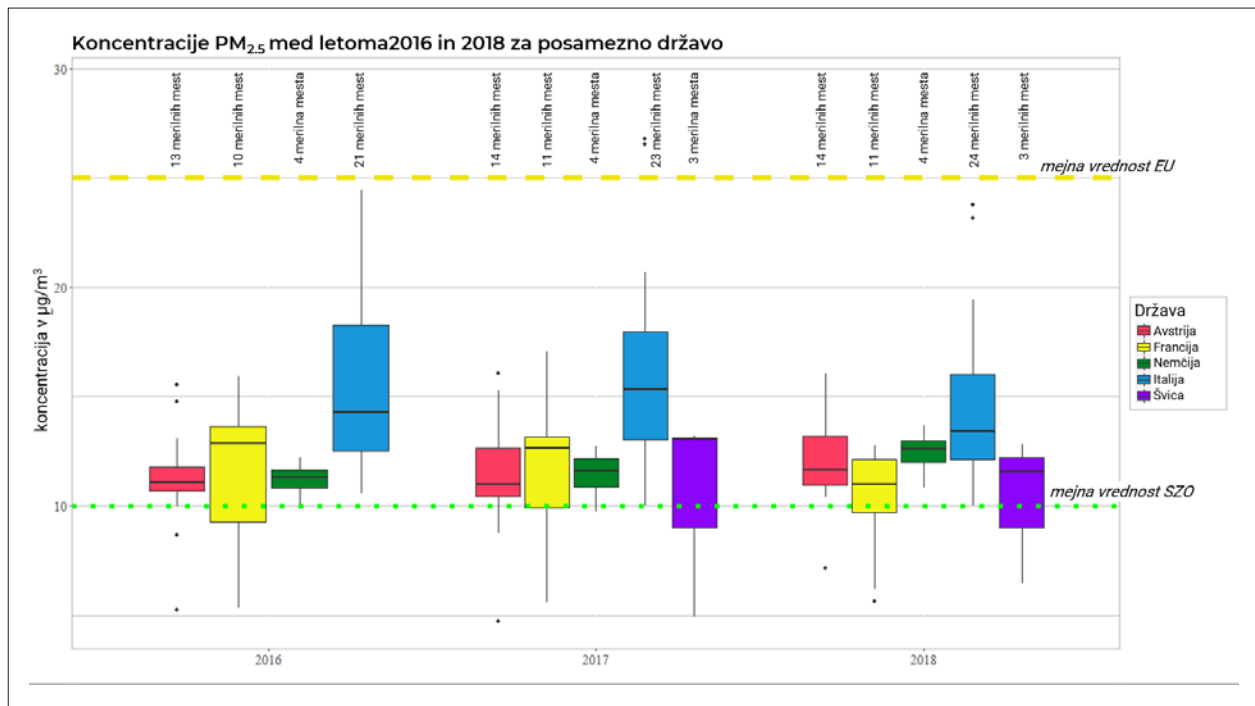
Podobno kot za delce PM_{10} je tudi za delce $PM_{2,5}$ značilna prostorska variabilnost srednjih vrednosti koncentracij širom celotne alpske regi-



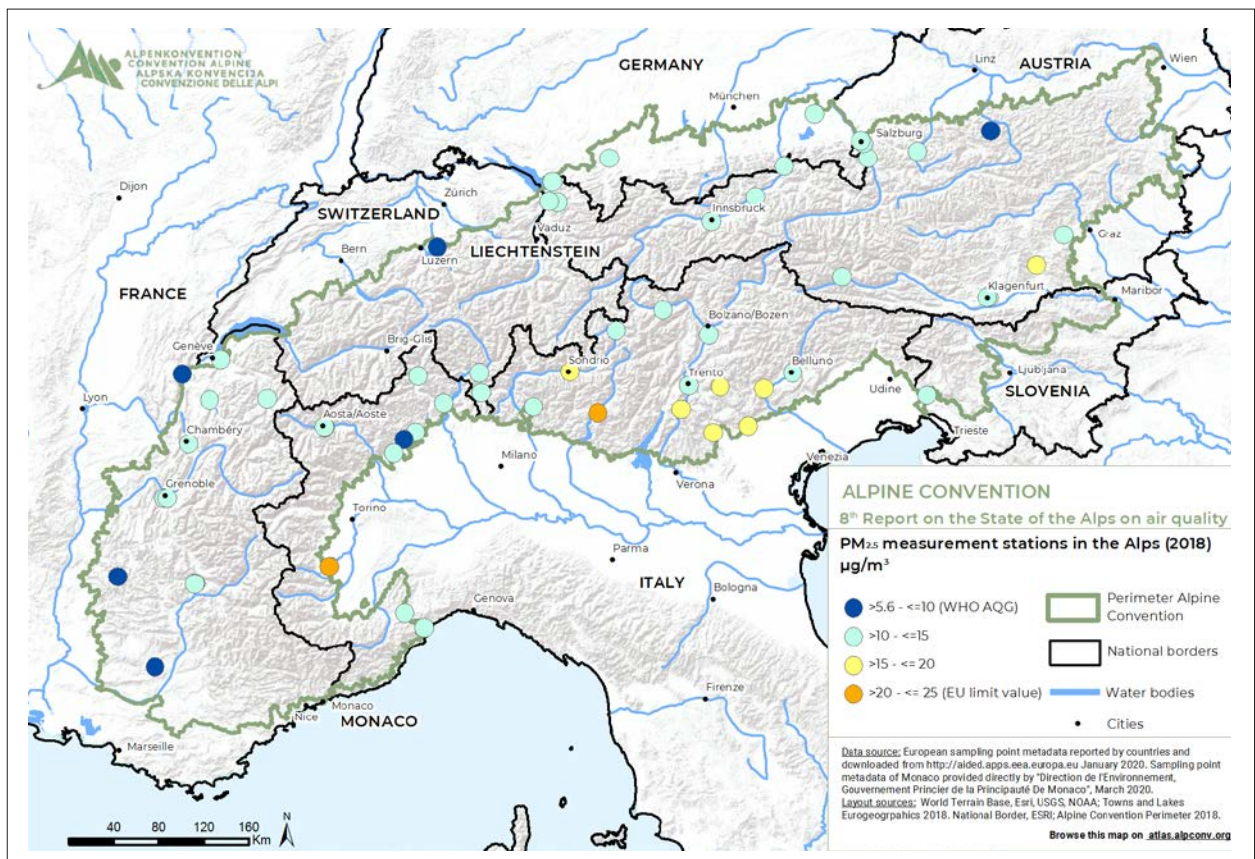
Slika 15: Razporeditev povprečnih letnih koncentracij PM_{10} v letih 2016, 2017 in 2018 na območju Alp.



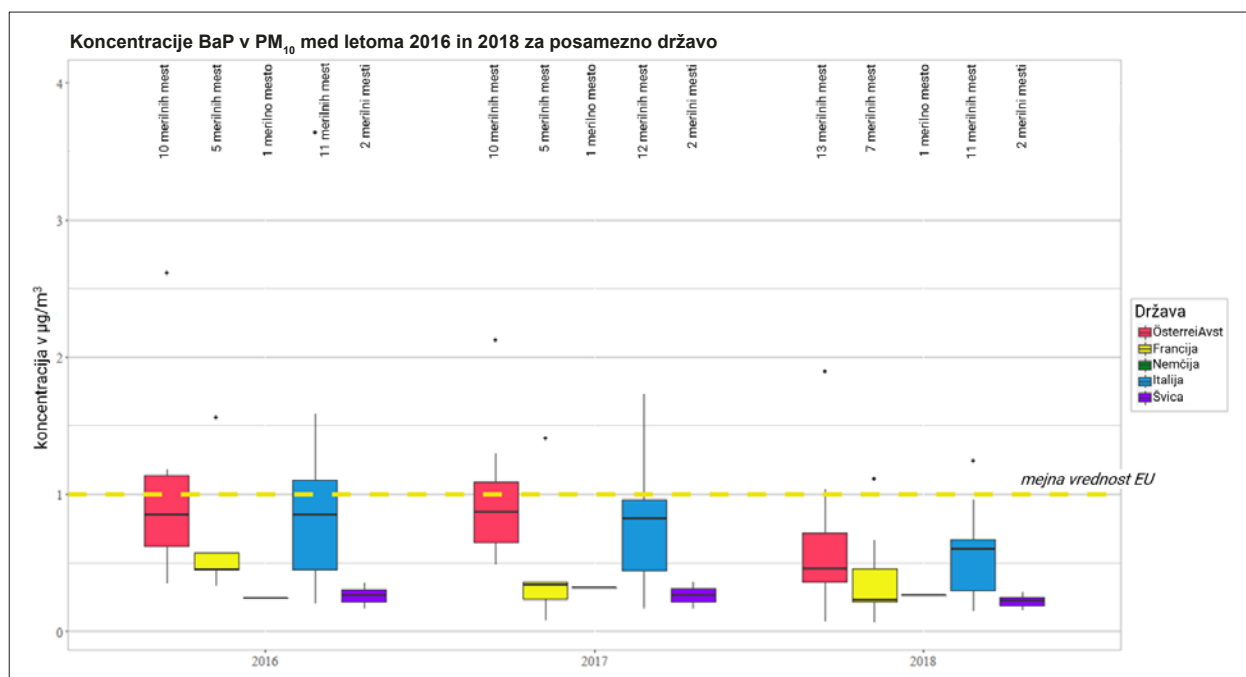
Slika 16: Preseganja dnevni mejnih vrednosti PM_{10} za zaščito zdravja ljudi v letih 2016, 2017 in 2018 v francoskih in italijanskih delih Alp. Razen francoskih in italijanskih območij, imajo vsi ostali predeli na območju Alp manj kot 35 dni preseganj.



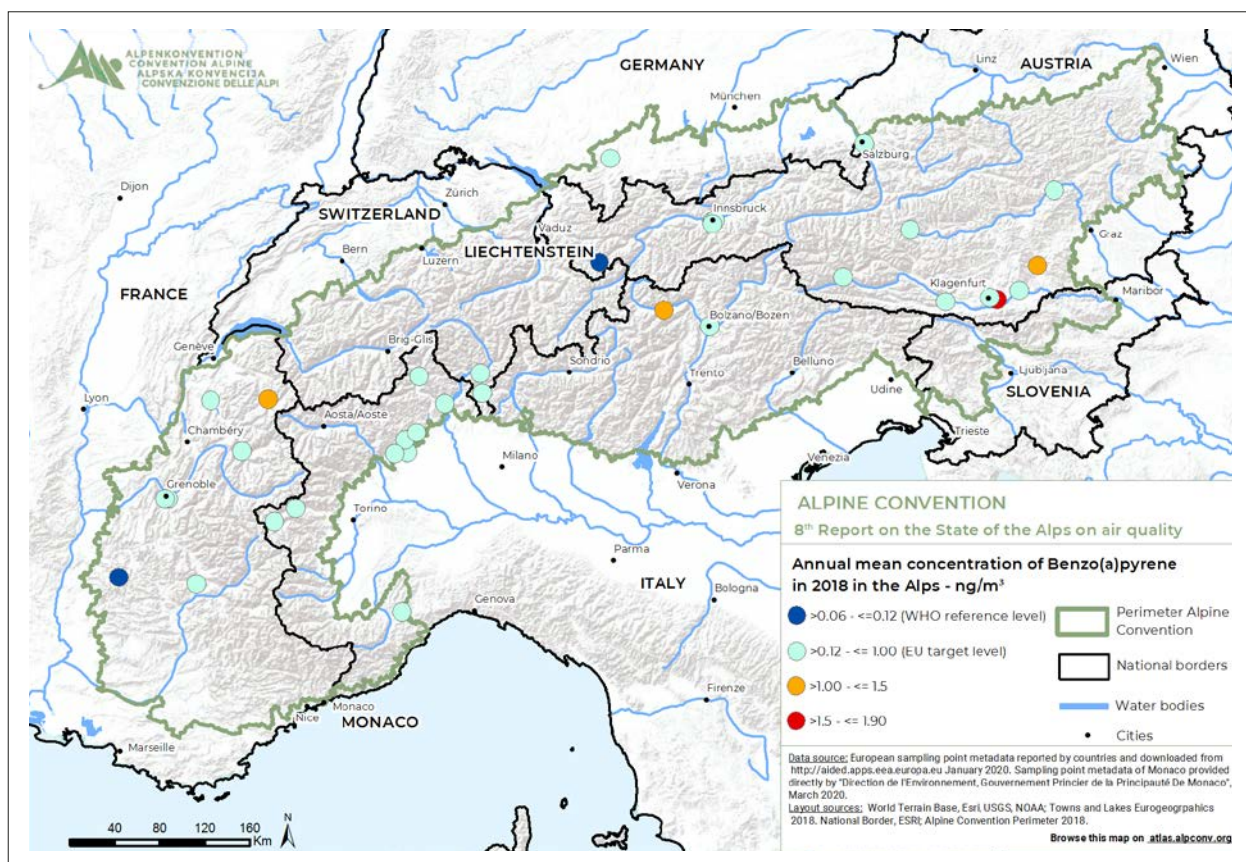
Slika 17: Razporeditev srednjih letnih koncentracij PM_{2,5} v letih 2016, 2017 in 2018 na območju Alp. Rumena črtkana črta predstavlja letno mejno vrednost direktive EU (2008/50/EC), zelena črtkana črta pa mejno vrednost smernice SZO za zaščito zdravja ljudi.



Slika 18: Zemljevid povprečnih letnih koncentracij PM_{2,5} leta 2018 v Alpah.



Slika 19: Razporeditev povprečnih letnih koncentracij BaP v PM₁₀ v letih 2016, 2017 in 2018 na območju Alp. Rumena črtna črta predstavlja letno mejno vrednost direktive EU (2008/50/EC).



Slika 20: Zemljevid povprečnih letnih koncentracij BaP leta 2018 na območju Alp. Preseganja ciljne vrednosti EU so označena z rdečo.³²

32. Glede na Direktivo 2004/107/EC so povprečne letne vrednosti, ki so večje od 1 in manjše od 1,5, zaokrožene na 1 ng/m³ in tako niso upoštevane kot preseganje v skladu s pravili poročanja EU; povprečne letne vrednosti, ki so večje ali enake 1,5, so zaokrožene na 2 ng/m³.



je. Slika 17 kaže, da se vse izmerjene vrednosti nahajajo bistveno pod letno mejno vrednostjo ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Prav tako v Alpah ni nobenih preseganj zakonskih mejnih vrednosti v skladu z direktivo EU 2008/50/EC. Kar zadeva zdravje ljudi, je cilj SZO o kakovosti zraka ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) presežen na večini merilnih mest. S tem ciljem je skladnih samo nekaj merilnih mest za meritve ozadja (med 7 in 10, odvisno od leta), ki so večinoma podeželska in primestna.

Rezultati spremljanja kakovosti zraka v Alpah jasno kažejo, da onesnaženje s $\text{PM}_{2,5}$ predstavlja glavni problem na celotnem območju Alpske konvencije. Čeprav se je število merilnih mest, kjer je presežena mejna vrednost EU, zmanjšalo, je preseganje smernice SZO za kakovost zraka močno razširjeno, kot kaže zemljevid na sliki 18.

Benzo(a)piren

Izmerjene ravni koncentracije ustrezajo ciljnim vrednostim ($1 \text{ ng}/\text{m}^3$) pri večini mest. Opazen je splošni upad koncentracije v letu 2018 (slika 19). Letne povprečne vrednosti, višje od $1 \text{ ng}/\text{m}^3$, so bile zaznane na nekaterih mestnih in primestnih merilnih mestih za merjenje ozadja v Avstriji in Italiji, s preseganji, zabeleženimi na 5, 10 in 1 merilnem mestu v letih 2016, 2017 in 2018, kot kaže zemljevid na sliki 20.

Druga onesnaževala

Za SO_2 , benzen, CO in težke kovine so ravni onesnaženja nizke in ne presegajo evropskih mejnih vrednosti. Samo dnevna smernica SZO za SO_2 ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$), ki ima višjo raven zaščite, je občasno presežena.

5.2.2 PRIMERJAVA Z NACIONALNIMI MEJNIMI VREDNOSTMI

V poglavju 2.2 je obrazloženo, da so Avstrija, Lihtenštajn in Švica uvedle nacionalne mejne vrednosti za onesnaženost zraka, ki so nižje od predpisanih vrednosti EU za NO_2 , PM_{10} in $\text{PM}_{2,5}$ (ter BaP samo za Avstrijo) (za pregled glej tabelo 2). Primerjava teh nacionalnih mejnih vrednosti z ugotovljenimi podatki pokaže naslednja dejstva.

Na eni strani so ravni NO_2 v Alpah precej podobne v vseh alpskih državah in vse pogodbenice Alp-

ske konvencije upoštevajo nacionalne zakonske meje z najvišjo zaščito, z izjemo mestne lokacije Monako. Prav tako ni dokazov o razlikah med državami s strožimi omejitvami in ostalimi.

Na drugi strani so podatki za ravni PM_{10} bolj raznoliki. V Franciji in vsaj za leto 2017 tudi v Italiji obstaja več merilnih mest, kjer je presežena vrednost najvišje zaščite, ki jo predvideva smernica SZO za zaščito zdravja ljudi. Kot kaže slika 7 in na osnovi zaključkov poglavja 3.2 so glavni razlogi, vsaj v mestih Grenoble in Chamonix, verjetno kurjenje biomase, promet in kmetijstvo v povezavi z neugodnimi pogoji razpršitve.

Kot je že navedeno zgoraj, je stanje pri $\text{PM}_{2,5}$ drugačno. Vse ravni onesnaženosti, izmerjene na območju Alpske konvencije, se nahajajo znotraj omejitve EU, vendar so hkrati višje kot nacionalne meje v Avstriji, Lihtenštajnu in Švici. Zdi se, da ima Švica nekoliko manjšo onesnaženost, kar je morda povezano zgodovinsko strožimi omejitvami in s strategijo omejevanja izpustov.

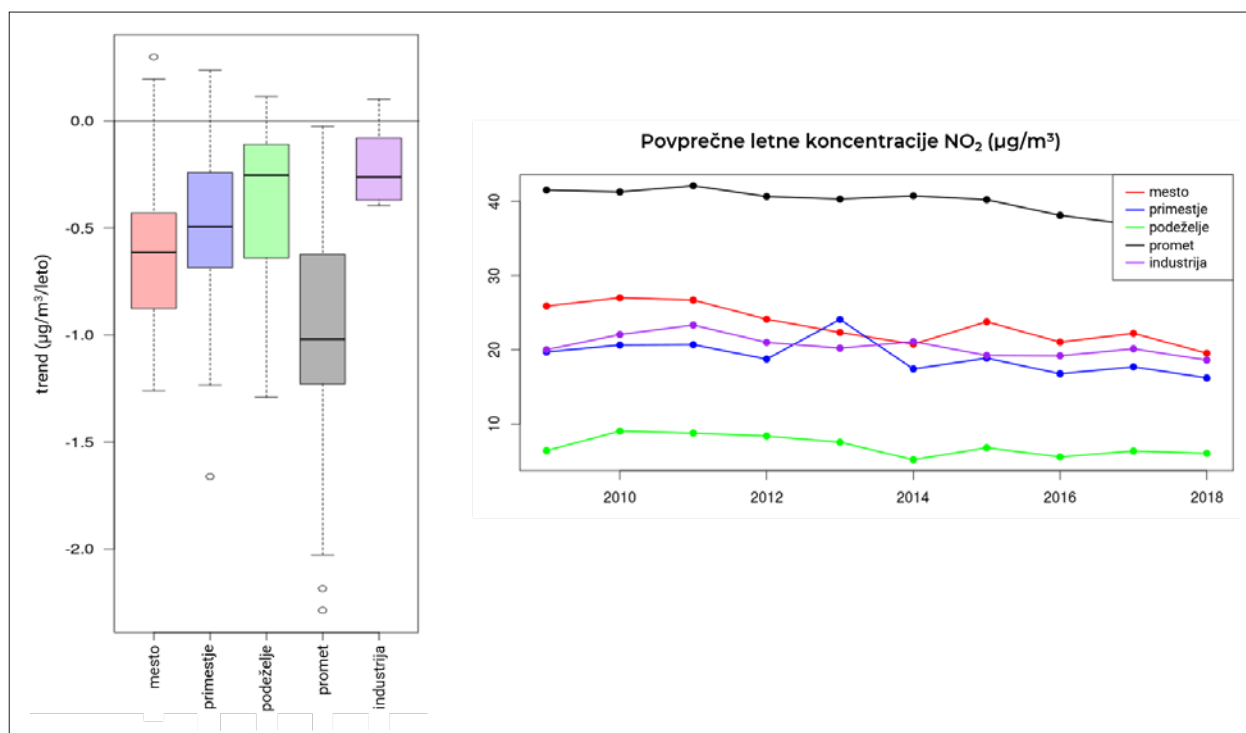
5.3 ANALIZA TRENDOV, KORELACIJA S STRATEGIJAMI BLAŽENJA

V tem poglavju so bili z namenom določitve trenda onesnaženosti analizirani podatki za obdobje med 2009 in 2019. Poteki trendov in njihov pomen so bili ovrednoteni z uporabo statističnih testov Mann-Kendall in Senova cenilka naklona. Merilna mesta za NO_2 , O_3 , PM_{10} in $\text{PM}_{2,5}$ so bila izbrana glede na kriterije o celovitosti podatkov, ki so bili določeni v prejšnjih študijah. Rezultati za vsako merilno mesto so bili nato agregirani glede na klasifikacijo mesta. Za BaP je bila analiza izvedena po posameznih merilnih mestih, saj je bil na voljo manjši obseg podatkov.

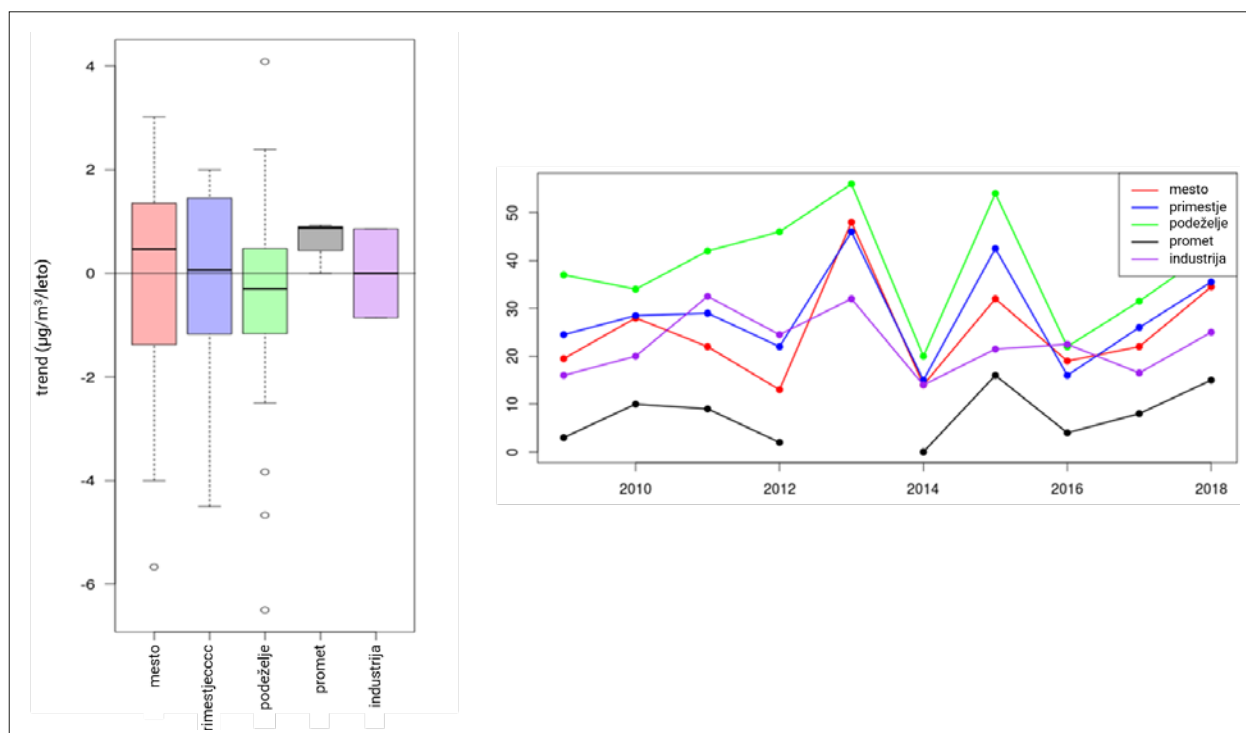
Z izjemo ozona se večina trendov zmanjšuje, kar pomeni izboljšanje kakovosti zraka v zadnjem desetletju. Podoben razvoj lahko opazimo tudi v evropskem povprečju.

5.3.1 NO_2

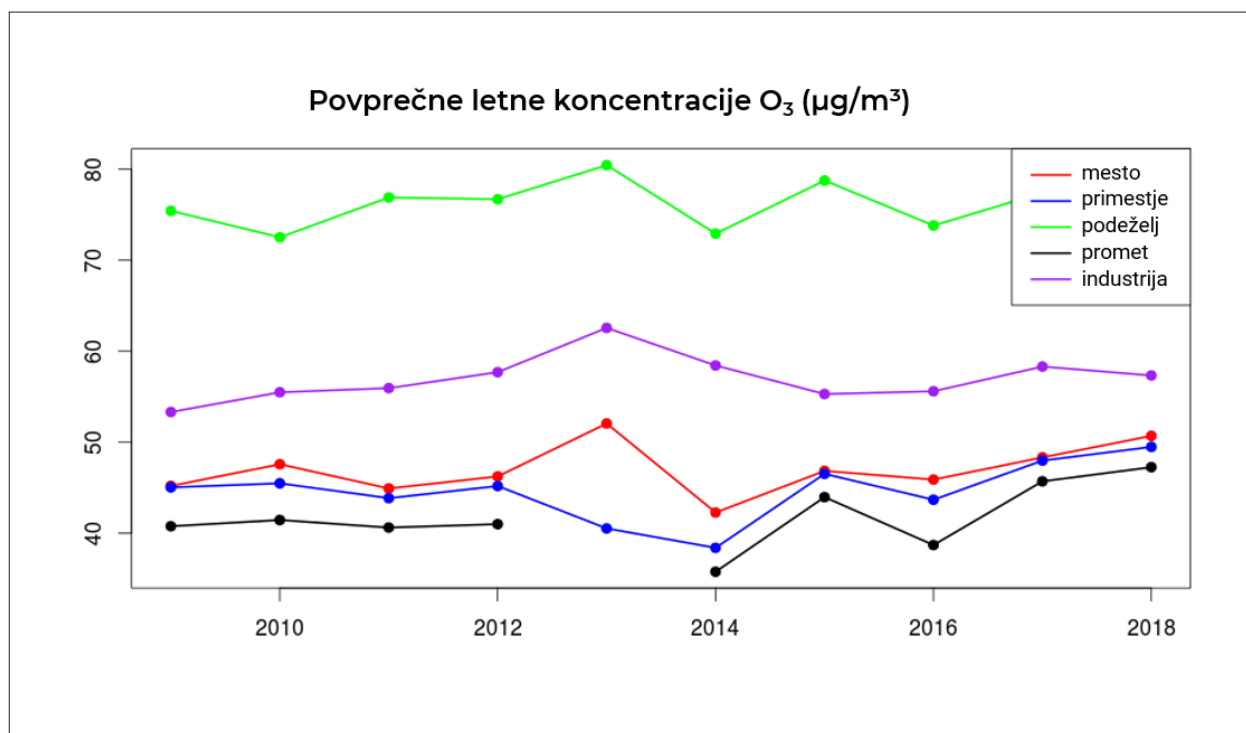
Grafi na sliki 21 kažejo, da se trend giblje v smeri počasnega izboljšanja kakovosti vezanega na NO_2 , ki se še posebej znižuje na prometnih merilnih mestih.



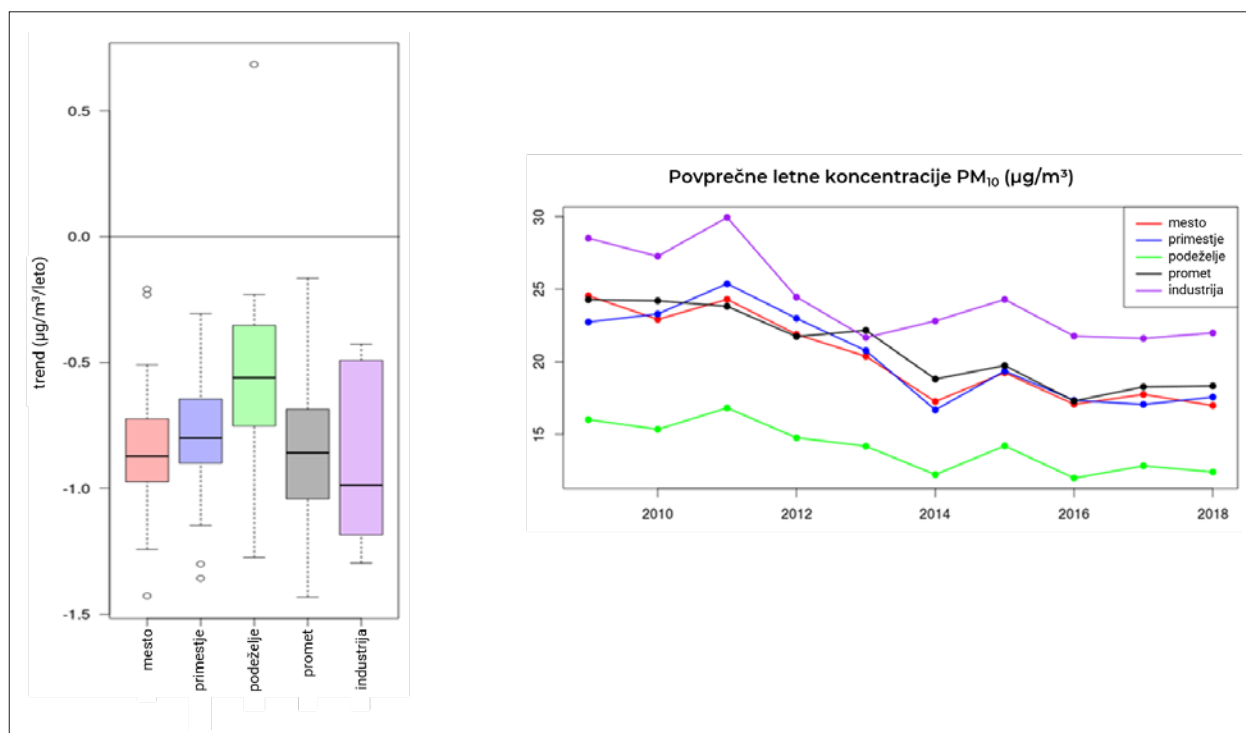
Slika 21: Sprememba povprečnih letnih koncentracij NO_2 v $\mu\text{g}/\text{m}^3$ na območju Alpske konvencije v obdobju 2009–2018. Levi graf: razporeditev naklonov linije trenda glede na klasifikacijo merilnih mest. Desni graf: potek letnega povprečja NO_2 v $\mu\text{g}/\text{m}^3$ glede na klasifikacijo merilnih mest v obdobju 2009–2018. Merilna mesta, uvrščena kot podeželska, primestna in mestna, so merilna mesta za meritve ozadja.



Slika 22: Sprememba števila dni, ko je koncentracija ozona presegla maksimalno dnevno 8-urno povprečno vrednost $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na območju Alpske konvencije v obdobju 2009–2018. Levi graf: razporeditev naklonov linije trenda glede na klasifikacijo merilnih mest. Desni graf: potek števila dni glede na klasifikacijo merilnih mest v obdobju 2009–2018. Merilna mesta, uvrščena kot podeželska, primestna in mestna, so merilna mesta za meritve ozadja.



Slika 23: Potek povprečnih letnih koncentracij O_3 glede na klasifikacijo postaj v obdobju 2009–2018. Merilna mesta, uvrščena kot podeželska, primestna in mestna, so merilna mesta za meritve ozadja.



Slika 24: Sprememba povprečnih letnih koncentracij PM_{10} v $\mu\text{g}/\text{m}^3$ na območju Alpske konvencije v obdobju 2009–2018. Levi graf: razporeditev naklonov linije trenda glede na klasifikacijo merilnih mest. Desni graf: potek letnega povprečja PM_{10} v $\mu\text{g}/\text{m}^3$ glede na klasifikacijo merilnih mest v obdobju 2009–2018. Merilna mesta, uvrščena kot podeželska, primestna in mestna, so merilna mesta za meritve ozadja.

5.3.2 OZON

Podatki z merilnih mest v Alpah ne razkrivajo jasnega trenda pri koncentraciji ozona. Za večino lokacij trend ni statistično pomemben. Močna nihanja znotraj enega leta so prikazana na sliki 22. Obstaja velika verjetnost, da so povezana s meteorologijo, saj sončna svetloba sproži nastanek O_3 iz njegovih predhodnikov.

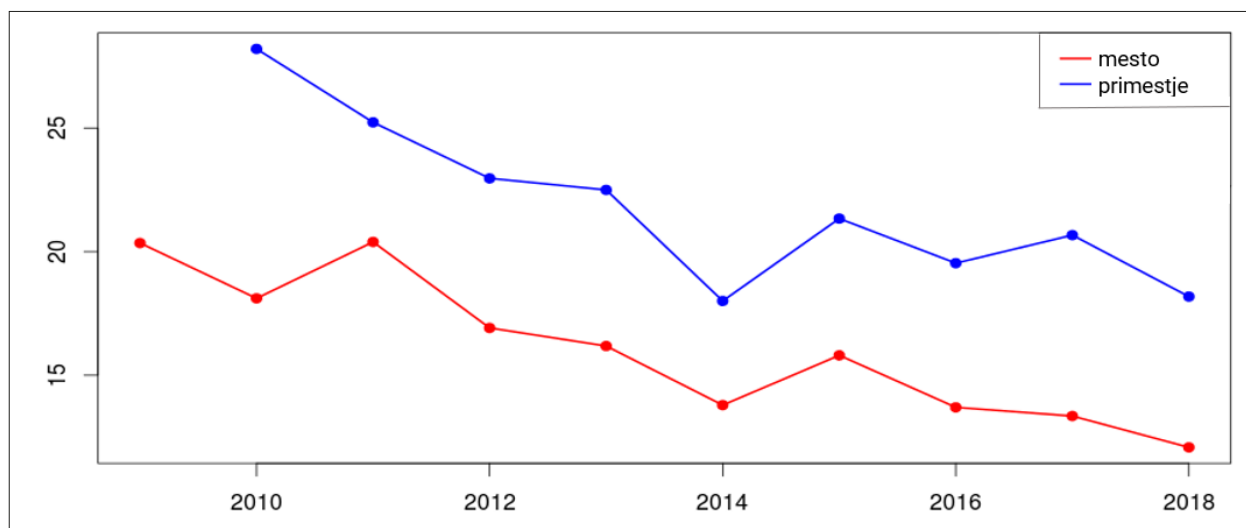
5.3.3 PM_{10}

Trend za PM_{10} kaže, da se je koncentracija tega onesnaževala močno znižala v obdobju med 2009

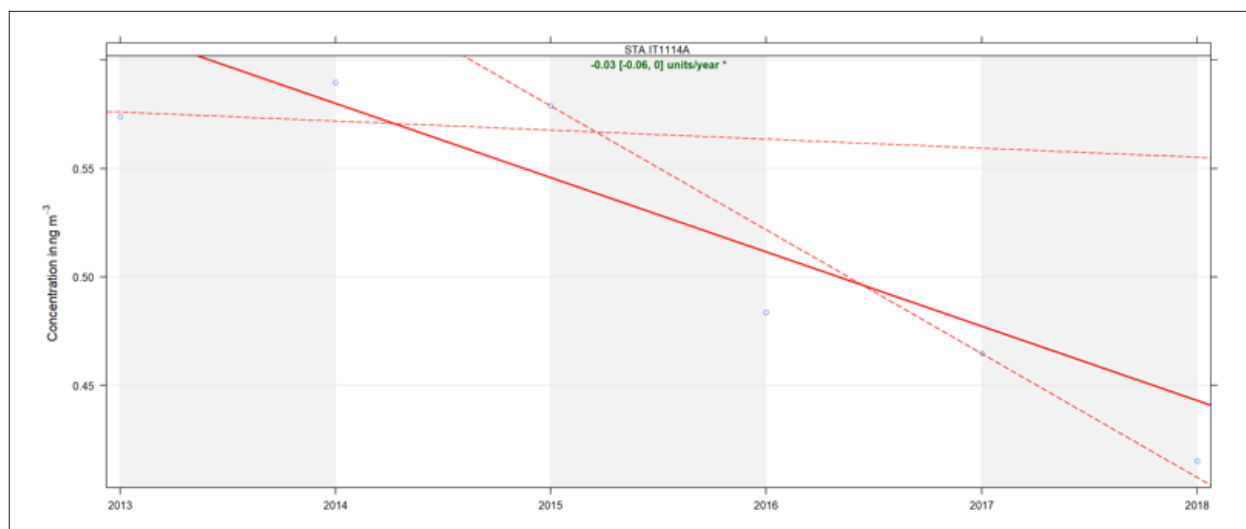
in 2014, v obdobju med 2014 in 2018 pa se je stabilizirala. Trend letnega povprečja za obdobje 2009–2018 je statistično pomemben za večino merilnih mest. Prav tako ni razlike v stanju med podeželskimi in mestnimi okolji ter med merilnimi mesti, ki predstavljajo industrijo ali promet (slika 24).

5.3.4 $PM_{2,5}$

Merilna mesta za $PM_{2,5}$ se nahajajo samo v mestnih in primestnih območjih. Jasen trend, ki ga vidimo na sliki 25, pomeni zmanjšanje koncentracije $PM_{2,5}$ na merilnih mestih v Alpah.



Slika 25: Potek letnega povprečja $PM_{2,5}$ v $\mu\text{g}/\text{m}^3$ na mestnih in primestnih merilnih mestih za meritve ozadja na območju Alpske konvencije v obdobju 2009–2018.



Slika 26: Novejši trend za BaP na italijanski merilni postaji v Alpah. Polna črta kaže oceno trenda, prekinjena črta pa kaže 95 % interval zaupanja za trend. Splošni trend je prikazan na zgornji levi strani kot $0,03 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na leto, interval zaupanja pa znaša $-0,06-0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ /leto. Znak * kaže, da je trend statistično pomemben na ravni 0,05.



5.3.5 BaP

Trende je bilo možno oceniti samo za 10 merilnih mest (1 v Nemčiji, 3 v Avstriji in 6 v Italiji), saj druga merilna mesta za to niso imela dovolj podatkov iz preteklosti. Na splošno lahko zaznamo trend upadanja, vendar v večini primerov ni značilen, razen pri eni postaji v Italiji, kjer je trend značilno negativen (slika 26).

Analiza trendov se je osredotočala na onesnaževala, ki kažejo preseganja evropskih mejnih ali ciljnih vrednosti in vrednosti smernic SZO. Analiza, ki je bila opravljena za obdobje 2009 do 2018, v skladu z izsledki v Evropi kaže splošno izboljšanje kakovosti zraka za več onesnaževal. Kot prikazujejo grafi, lahko koncentracije znotraj enega leta

močno nihajo. Ob upoštevanju desetletja, ki je bilo vključeno v raziskavo, je povprečna stopnja spremembe povprečne letne koncentracije negativna tako za NO_2 (-2,7 %/leto in -3,1 %/leto za prometna merilna mesta in mesta za meritve ozadja) kot za PM_{10} (-3,1 %/leto in -4,0 %/leto na istih vrstah merilnih mest). Koncentracije $\text{PM}_{2,5}$ kažejo najvišje povprečje upadanja: -5,6 %/leto na mestnih mestih za meritve ozadja. Za ozon ni bil ugotovljen noben trend. Za koncentracije benzo(a)pirena se zdi, da se nahajajo v trendu upadanja, vendar bi bilo treba to potrditi z več podatki. Ta splošni ugodni razvoj, skupaj z redkimi preostalimi preseganji mejnih vrednosti EU in smernic SZO, je spodbuden za nadaljevanje prizadevanj in aktivnosti proti onesnaženju zraka.

6. RELEVANTNI RAZISKOVALNI PROJEKTI IN OPAZOVALNICE ZA KAKOVOST ZRAKA V ALPAH

Dodatno k zakonsko reguliranim onesnaževalom zraka, prikazanim v tabeli 1, bodo v prihodnosti na območju Alp postale relevantne tudi druge snovi. To poglavje obravnava pomembne teme, ki so trenutno predmet raziskav sodelovalnih raziskovalnih programov, ki so podrobneje predstavljeni v prilogah.

Bistveni izziv na območju Alp, o katerem poroča več nacionalnih in transnacionalnih študij ter poročil, ki so povzeti v prilogi 2, so izpusti in ravni koncentracije delcev ($PM_{2,5}$ / PM_{10} /UFP) pri zgorevanju lesa. Kurjenje lesa je tradicionalno antropogeno vedenje, vendar težave, ki jih povzroča na področju POP in HOS, še poslabšuje posebna orografska situacija Alp.

Podnebje ima še poseben vpliv na ekosistem in na ozračje, kar posledično vpliva na razporeditev in depozicijo zračnih mas ter onesnaževal in tudi spreminja višino atmosferskih plasti ter kemijsko reakcijo. Trenutno so informacije in dokazi o tem, kako bodo podnebne spremembe vplivale na kakovost zraka in posledično na zdravje ljudi, še zelo omejeni. Naša splošna domneva je, da se bodo povprečne regionalne koncentracije ozona povečale.

Ta vprašanja so predmet znanstvenih obravnav in raziskav. Pričujoče poglavje obravnava glavne raziskovalne projekte, tako pretekle kot tiste, ki še potekajo, ter opazovalnice, ki bi lahko prispevale k boljšemu znanju o kakovosti zraka v Alpah.

6.1 OKOLJSKI RAZISKOVALNI PROJEKT "PUREALPS"

Projekt MONARPOP, ki je bil zaključen leta 2008 (glej prilogo), se je osredotočal na POP in druge organske snovi v ozračju na območju Alp. Od leta 2016 so se te meritve nadaljevale v okviru dveh projektov z enakim imenom PureAlps (Freier, K. P. in dr., 2019) v Avstriji in na Bavarskem. Pod drobnogledom so onesnaževala, kot so poliklorinirani dibenzo-dioksini in furani, poliklorirani bifenili (PCB), organoklorini pesticidi (OCP), halogenirani zaviralci gorenja, živo srebro in druge nove organske fluorove ter klorove spojine. Rezultati več kot 15-letnega spremljanja kažejo, da so območja na visokih nadmorskih višinah v Alpah izpostavljena vnosu POP zaradi učinka kondenzacije (slika 27). Čeprav so koncentracije onesnaževal bistveno nižje kot v mestnih regijah, je obseg depozicije onesnaževal podobnega velikostnega reda. To pomeni, da celo odročna območja v Alpah niso več izvzeta iz tveganj zaradi kemikalij v okolju. Določena onesnaževala s pomembnimi regionalnimi viri, kot so lindan iz lesnega materiala za kurjenje ali PAO iz zažiganja lesa, bolj prevladujejo v centralnih Alpah.

Zaradi uredbe EU REACH (registracija, evalvacija, avtorizacija in omejevanje kemikalij; Uredba (ES) št. 1907/2006) in Stockholmske konvencije so se koncentracije nekaterih onesnaževal v zunanjem zraku v Alpah zmanjšale. Ta onesnaževala



Slika 27: Rezultati meritev, vezanih na zračne mase: vpliv viškov v Alpah iz treh prevladujočih smeri, kot je razvidno, določene smeri kažejo višje koncentracije PCB in OCP³³.

obsegajo v veliki meri prepovedane organoklorne pesticide. V nasprotju s tem se je koncentracija dioksinov v zunanjem zraku do sedaj le malo zmanjšala oziroma je ostala stabilna v primeru PCB. Razlogi za to so še nejasni in jih bo potrebno podrobneje raziskati v okviru projektov PureAlps. Prišlo je do bistvenega povišanja oktaklorostirena v zraku – snovi, ki je namenjen stranski proizvod pri proizvodnji kloriranih topil in se sprošča pri zgorevanju kloriranih ogljikovodikov. Zaviralec gorenja dekabromdifenetan (DBDPE), ki se uporablja v velikih tonažah, je prav tako prvič presegel meje zaznavanja merilnih naprav leta 2012 in ima trenutno najvišjo koncentracijo v zunanjem zraku v skupini halogeniranih zaviralcev gorenja.

6.2 OKOLJSKA MERILNA MESTA NA VISOKIH NADMORSKIH VIŠINAH

Na območju Alp obstajajo merilna mesta na visokih nadmorskih višinah, kjer se izvajajo spremljanje in raziskave o onesnaženosti zraka, vremenu in podnebnju. Te so: Zugspitze pri Schneeferner-

hausu (DE, Urad za okolje Nemčije, glej sliko 28), Hohenpeißenberg (DE, Nemška meteorološka služba), Jungfrauoch (CH), Sonnblick (AT, glej sliko 29) in Plateau Rosa (IT). Te posebne lokacije v Evropi in v Alpah pomenijo, da so ta merilna mesta zelo zanimiva za znanstvene raziskave in naloge spremljanja, na primer transport onesnaževal na dolge razdalje, spremljanje obstojnih organskih snovi, ki se prenašajo po zraku, za cilje Stockholmske konvencije o POP³⁴, fizikalne in kemijske spremembe ozračja, vdor zračnih mas (in onesnaževal) iz stratosfere v troposfero ter ustvarjanje in transport onesnaževal. Večina zgoraj naštetih merilnih mest je del programa globalnega atmosferskega bdenja (Global Atmospheric Watch Programme – GAW) v okviru Svetovne meteorološke organizacije (SMO) ter evropske mreže za spremljanje in oceno EMEP in programa ACTRIC (Raziskovalna infrastrukturna mreža za aerosole, oblake in pline v sledih). Italija pri teh programih sodeluje še z enim merilnim mestom na visoki nadmorski višini – Monte Cimone (severni Apenini). Merilna mesta Plateau Rosa (in Monte Cimone), Zugspitze/Hohenpeißenberg in Jungfrauoch so prav tako del sistema za celostno opazovanje ogljika (ICOS) za dolgotrajno spremljanje toplogrednih plinov ter v omrežju spremljanja EMEP in GAW. Te alpske države tudi tesno sodelujejo znotraj programa GAW ter zbira-



Slika 28: Okoljska raziskovalna postaja Schneefernerhaus na vrhu Zugspitze ©Markus Neumann (UFS).

33. PureAlps – Spremljanje obstojnih onesnaževal v Alpah; brošuro sta izdali Bavarska agencija za okolje, Augsburg, in Agencija za okolje Avstrije, Dunaj; 2019, stran 5 (na voljo na <https://www.bestellen.bayern.de/>).

34. Stockholmska konvencija o obstojnih organskih onesnaževalih (POP).



Slika 29: Opazovalnica Sonnblick (© ZAMG/SBO Ludewig).

jo podatke o globalnih procesih v ozračju na področju komponent, ki vplivajo na transnacionalno in čezmejno podnebje.

Višinska merilna mesta Sonnblick (AT), Zugspitze in Hohenpeißenberg (DE) ter švicarska raziskovalna postaja na visoki nadmorski višini Jungfraujoch (CH) in podnebna opazovalnica "Ottavio Vittori" na Monte Cimone (IT) raziskujejo pline v sledih v zraku, ki se med drugim uporabljajo za spremljanje POP v okviru Stockholmske konvencije.

6.3 OBSTOJEČA MREŽA ZA SPREMLJANJE (RAZEN MREŽE V OKVIRU 2008/50/ES IN 2004/107/ES) ZNOTRAJ OBMOČJA ALP S Poudarkom NA OCENI ONESNAŽENOSTI ZRAKA

6.3.1 NEMŠKA MREŽA ZA ULTRAFINE DELCE

Merilno mesto za ultrafine delce (UFP) se nahaja pri Okoljski raziskovalni postaji (UFS) Schneefernerhaus Zugspitze, ki deluje znotraj nemškega omrežja za ultrafine delce (GUAN) skupaj z merilnim mestom na Hohenpeißenbergu ob vznožju Alp. Meritve UFP na postajah na visokih nadmorskih višinah primerjajo z meritvami UFP na območju Alp z zrakom v mestih in dajejo na voljo

informacije o tvorbi naravnih delcev v primerjavi z delci antropogenega izvora.

Zaradi občutljivosti merjenj je okoljska raziskovalna postaja Zugspitze trenutno v sodelovanju z Italijo, Avstrijo, Francijo in Švico vključena v projekt Virtualni alpski observatorij za višinske raziskave, spremljanje kakovosti zraka in razvoj modelov napovedi ter za razumevanje procesa podnebnih sprememb.

6.3.2 PROJEKT NEXTDATA ZA RAZISKAVE OZONA

V Italiji je bil cilj projekta NextData (2011–2013) Italijanskega nacionalnega raziskovalnega odbora (Consiglio Nazionale delle Ricerche – CNR) spodbujanje in integracija mreže v gorskih in odročnih območjih na osnovi atmosferskih opazovalnic za spremljanje sestave zraka in pomožne podatke (meteorološki parametri in sončno sevanje). Glavni namen tega omrežja je bil preučevanje procesov, ki vplivajo na variabilnost zračnih onesnaževal in spojin, ki spreminjajo podnebje (stratosferni halo-karboni, ki povzročajo izginjanje ozona in so urejeni s protokolom iz Montreala, toplogredni plini, ki niso CO₂ in so vključeni v Kjotski protokol, ozon in nemetanske hlapne organske spojine, mineralni aerosoli in črni ogljik) ter da stalno spremljajo pline v sledih in značilnosti aerosolov (razpršitev finih in večjih delcev, koeficient absorpcije).

Mrežo sestavlja pet atmosferskih opazovalnic: Monte Cimone (severni Apenini, 2165 m n. m.), projekt Plateau Rosa (zahodne Alpe, 3480 m n. m.), Col Margherita (vzhodne Alpe, 2550 m n. m.), Monte Portella-Campo Imperatore (centralni Apenini, 2401 m n. m.), in Monte Curcio (južni Apenini, 1796 m n. m.). Stalna merjenja O₃ so bila izvedena na Col Margherita, da bi ocenili možni prenos na zračne mase na visokih višinah, na katere vplivajo antropogeni izpusti. Kot kažejo druge gorske lokacije, je bila variabilnost O₃ čez dan očitna v času letne sezone z najvišjimi vrednostmi zvečer in ponoči ter najnižjimi vrednostmi podnevi. Tekom osrednjega dela dneva je možno, da pride do suhe depozicije ob gorskih pobočjih, kar povzroča padec koncentracije O₃, medtem ko se verjetno preko noči O₃ ponovno vzpostavi ali zaradi lokalnih antropogenih izpustov in ugodnih vremenskih pogojev ali ker je prišlo do transporta na velike razdalje iz stratosfere in izmenjave s stratosfero. Dodatno lahko opazimo tedenski cikel O₃ v poletnem času, kjer se vrednosti med tednom povišujejo. Obratno lahko v zimskem času opazimo obrnjen dnevno-nočni cikel.

6.4 OPAZOVANJE KAKOVOSTI ZRAKA NA OBMOČJU ALP KOT DEL VIRTUALNEGA ALPSKEGA OBSERVATORIJA (VAO) – PRISPEVEK K ALPSKI KONVENCIJI

Michael Bittner, Ehsan Khorsandi, Frank Baier, Thilo Erbertseder – Nemški center za zračni in vesoljski promet, Center za opazovanje Zemlje, Oberpfaffenhofen

Virtualni alpski observatorij³⁵ je združenje alpskih in pridruženih opazovalnic z drugih gorskih območij v Evropi, katerega namen je skupna obravnava znanstvenih in družbenih tem, ki so pomembne za Alpe, še posebej v kontekstu podnebnih sprememb. Alpska konvencija ima status opazovalke pri VAO.

V okviru VAO poteka spremljanje kakovosti zraka v alpskih in predalpskih regijah. Za ta namen uporabljajo podatke kopenskih merilnih mest, instrumentov v satelitih (še posebej iz programa Sentinel Evropske vesoljske agencije³⁶, slika 30) ter COPERNICUS-a, programa EU za opazovanje Zemlje³⁷.

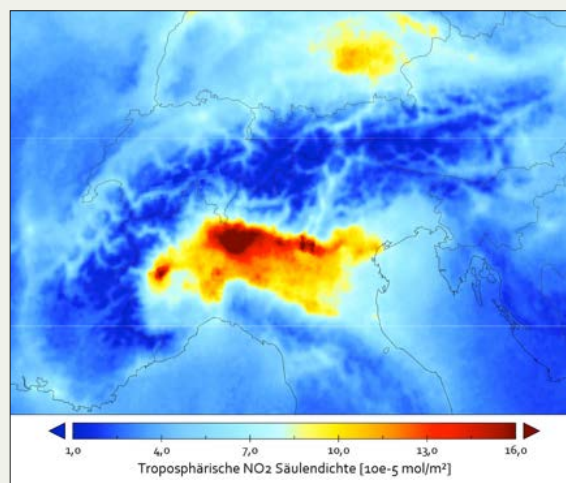
Za dnevne napovedi kakovosti zraka pri tleh (trenutno dva dni vnaprej) nemški center za zračni in vesoljski promet (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt – DLR) uporablja numerični modelni sistem, ki je sestavljen iz meteorološkega modela (WRF³⁸) in modela kemijskega transporta (POLYPHEMUS/DLR³⁹), ki upošteva posebne pogoje znotraj alpske regije. Razporeditev onesnaževal v zraku napovedujejo znotraj upravnih okrajev na urni osnovi s horizontalno natančnostjo 6 km. S tako imenovanimi »metodami gnezdenja« lahko prostorsko natančnost regionalno povečajo na 2 km. V mestnih območjih lahko s povezovanjem z

drugim hidrodinamičnim modelom (EULAG⁴⁰) dosežejo natančnost do nekaj metrov.

Kakovost zraka je eden izmed tako imenovanih »okoljskih stresorjev«. To pomeni, da lahko onesnaževala v zraku vplivajo na dobrobit človeka. Zaradi tega ta potencialni vpliv izbranih onesnaževal zraka – kakor tudi meteorološki stres – izračunavajo na dnevni ravni na osnovi stanja kakovosti zraka in meteorološkega stanja ter poročajo o tem v obliki »Zbirnega indeksa tveganja ARI« (Sicard, P. in dr., 2012) ali »Univerzalnega termičnega indeksa podnebja UTCI⁴¹«.

Vsi rezultati so dnevno na voljo za javnost preko centra za analizo alpskih okoljskih podatkov (Alpine Environmental Data Analysis Centre⁴² – AlpEnDAC) pri VAO, ki to ponuja kot storitev brez omejitev do njenega dostopa.

Zgoraj omenjeni sistem prav tako uporabljajo za znanstvene študije (npr. o vplivu podnebnih sprememb na kakovost zraka ali o vprašanjih vpliva pandemije covid-19 na koncentracije



Slika 30: Povprečna koncentracija troposfernega stolpca NO_2 za obdobje od januarja do junija 2019 nad območjem Alp (meritve na osnovi satelita Sentinel 5P – ESA, Nemški center za zračni in vesoljski promet).

35. <https://www.vao.bayern.de>.

36. <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/home>.

37. <https://atmosphere.copernicus.eu/>.

38. <https://www.mmm.ucar.edu/weather-research-and-forecasting-model>.

39. <https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-spie/10793/1079303/Air-quality-monitoring-and-simulation-on-urban-scale-over-Munich/10.1117/12.2503969.short?webSyncID=a0ce46e9-e6ec-7a49-dab6-a0cbad059329&sessionGUID=ad883c9d-902b-c999-3ced-268bead49a28&SSO=1>.

40. <https://www2.mmm.ucar.edu/eulag/>.

41. http://www.utci.org/isb/documents/windsor_vers04.pdf.

42. <https://www.alpendac.eu/>.

onesnaževal zraka), prav tako pa omogoča študijo scenarijev (npr. vprašanja o vplivu povečanega motoriziranega prometa na kakovost zraka, širjenja prometnic ali zgoščevanja mestnih okolij).

Nekateri primeri so predstavljeni spodaj.

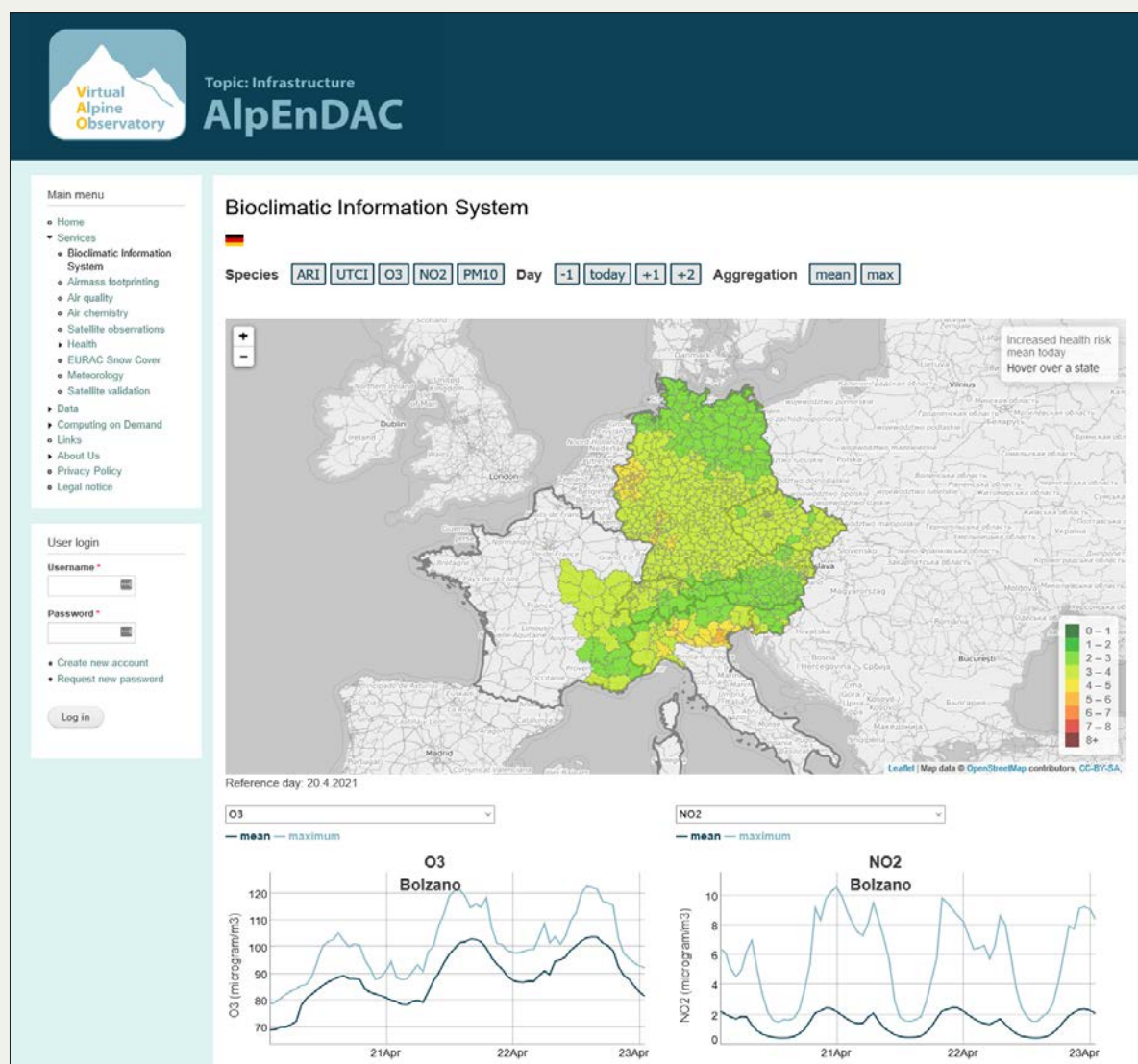
6.4.1 BIOKLIMATSKI INFORMACIJSKI SISTEM (BIOCLIS)

Ena izmed storitev (s statusom projekta), ki jo

ponuja AlpEnDAC je Bioklimatski informacijski sistem. Ta daje na voljo povprečne dnevne vrednosti kakor tudi časovne vrste onesnaževal v zraku, meteorološke parametre in vpliv na dobro počutje ljudi v obdobju štirih dni, združeno po okrajih. Slika 31 kaže posnetek zaslona spletnega mesta BioCliS.

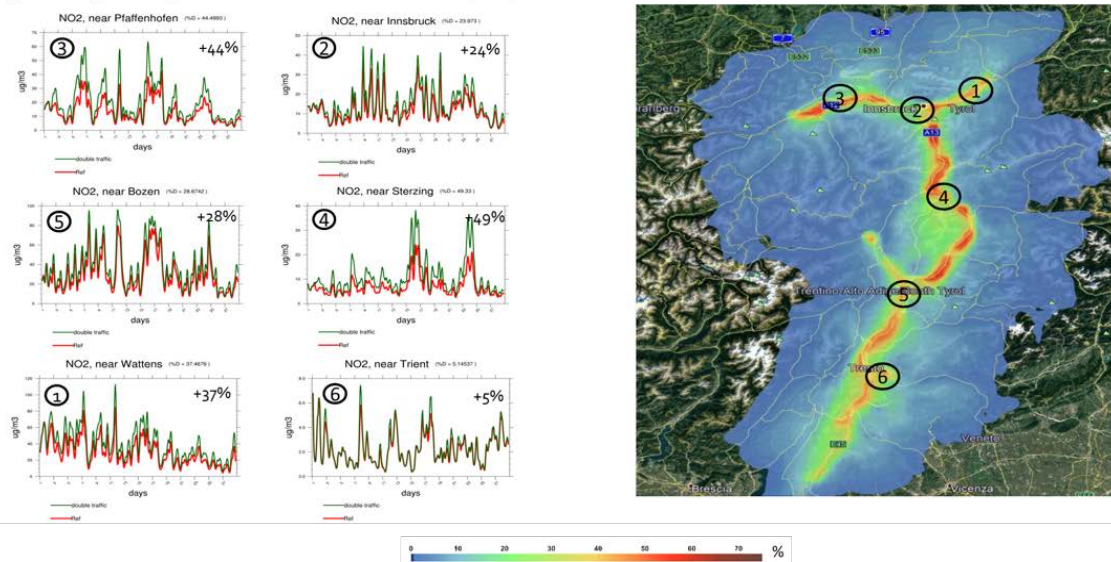
6.4.2 DVA PRIMERA SCENARIJEV

Kot primer tipičnega vprašanja slika 32 kaže simulacijo razporeditve NO₂ in razporeditve



Slika 31: Bioklimatski informacijski sistem, razdeljen po administrativnih enotah (dodatne informacije: <https://www.alpendac.eu/landkreis-tool>).

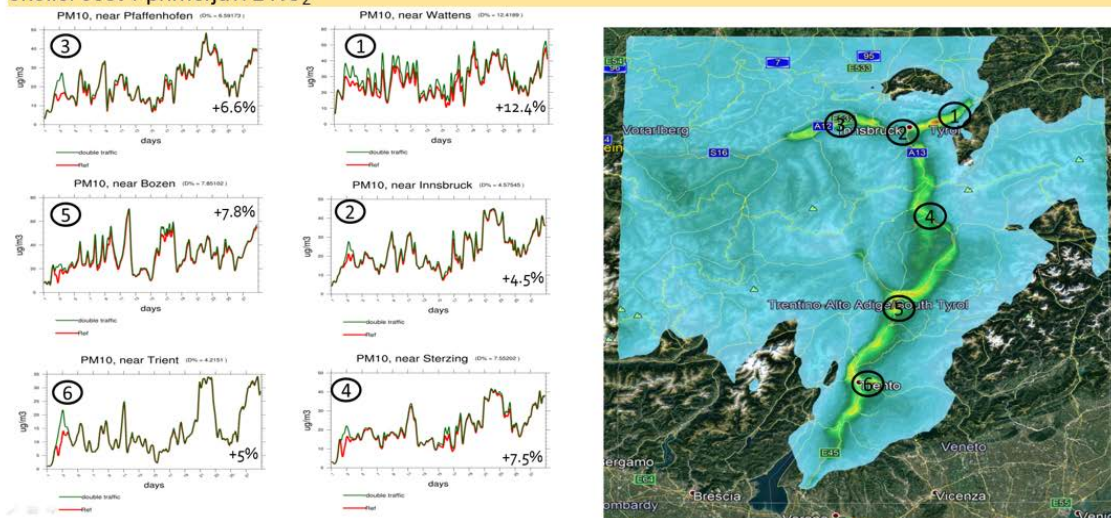
Povečanje onesaženja z NO₂ na izbranih merilnih mestih zaradi podvojitve prometa (ocena za trajanje 10 dni v februarju 2018)



Povečanje onesaženja s PM₁₀ na izbranih merilnih mestih zaradi podvojitve prometa (ocena za trajanje 10 dni v februarju 2018)

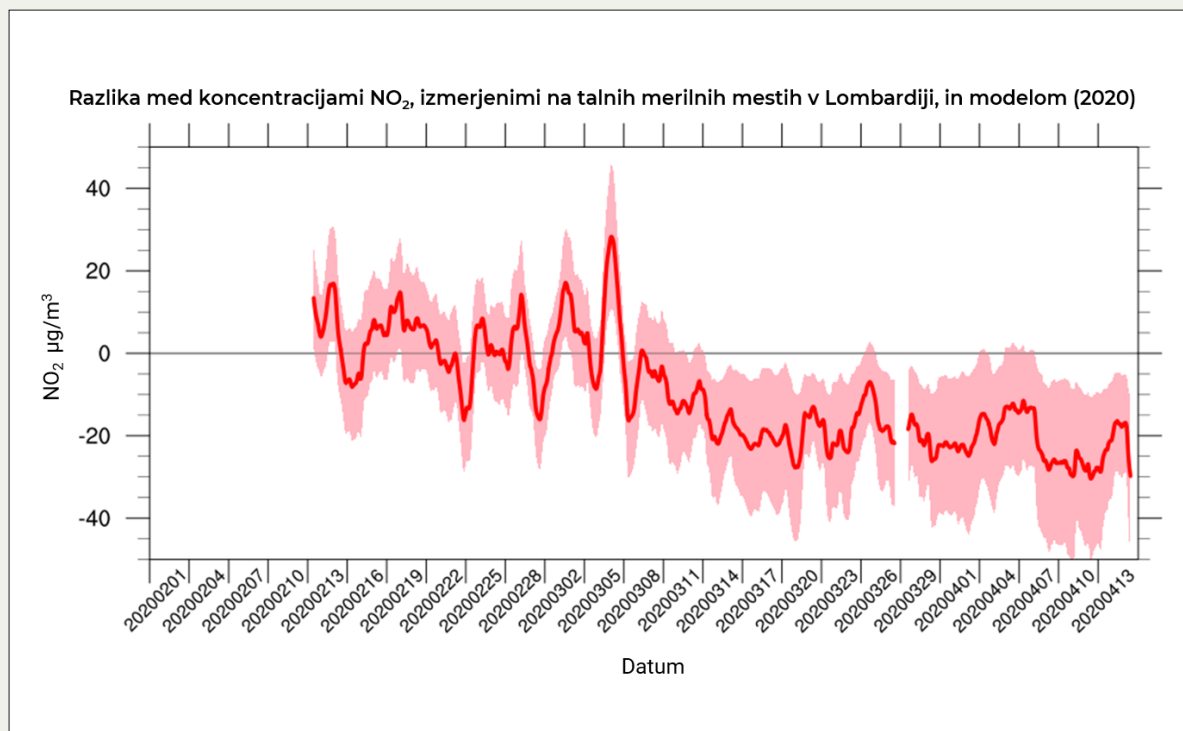


Opomba: PM₁₀ lahko potujejo na daljše razdalje; povečana gostota prometa torej vpliva na večja območja v okolici cest v primerjavi z NO₂



Slika 32: Simulacija vpliva podvojitve cestnega prometa za obdobje 10 dni februarja 2018 na koncentracijo NO₂ (zgoraj) in na koncentracijo finih delcev (PM₁₀) (spodaj).

Podatki so podani za običajni promet (rdeče) in za podvojeni promet (zeleno). Desno: zemljevid nakazuje povprečno odstopanje med običajnim in podvojenim prometom (samo na avtocesti) in vnesenim onesaženjem za prvih 10 dni februarja 2018.



Slika 33: Razlika med koncentracijami NO_2 , izmerjenimi na 25 talnih merilnih mestih v Lombardiji, in modelom WRF-POLYPHEMUS/DLR za obdobje od 1. februarja do 13. aprila 2020.

delcev PM_{10} , kot bi se to verjetno zgodilo, če bi podvojili cestni promet na osrednjih alpskih tranzitnih prometnih poteh. Slika kaže hipotetično situacijo za obdobje 10 dni februarja 2018 in nakazuje odstotek povečanja obremenitve z NO_2 v primerjavi z običajno situacijo. Grafi na levi strani slike za izbrane lokacije kažejo pričakovano višjo obremenitev z NO_2 . Potrebno je opozoriti, da bi bil za večja mesta, kot je na primer Innsbruck, vpliv podvojitve avtocestnega prometa primerljivo manjši zaradi vpliva visokih lokalnih emisij iz številnih virov. Spodnji graf na sliki 32 kaže situacijo PM_{10} .

Še en primer tipične poizvedbe prikazuje in slika 33. Prvo zaprtje javnega življenja zaradi pandemije covid-19 je močno omejilo ce-

stni promet in industrijo. Meritve NO_2 na kopenskih merilnih mestih ali celo iz satelitov kažejo na zmanjšanje onesnaženosti z NO_2 . Vendar naravne variacije pri obremenitvi z NO_2 zaradi vremena ta učinek zakrijejo v meritvah. Zmanjšanje onesnaženosti z NO_2 , ki jo je povzročilo zaprtje javnega življenja, postane še posebej očitno, ko primerjamo meritve z zgoraj omenjenim modelom, saj model upošteva številne naravne vplive na variabilnost NO_2 . Slika 33 kaže razliko med modelom in preko 25 meritvami kopenskih merilnih mest v Lombardiji. Zmanjšanje obremenitve z NO_2 med zaprtjem za okoli $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ je jasno vidno, kar ustreza zmanjšanju za okoli 45 % v primerjavi z običajnim stanjem.



6.5 KAKŠNA JE PRIHODNOST SPREMLJANJA ONESNAŽEVAL ZUNANJEGA ZRAKA?

Merjenje in spremljanje onesnaževal v sledeh, kot so POP, F-plini, halogenirani plini ter ultrafini delci, na merilnih mestih na visoki nadmorski višini je potrebno in nujno. Posebne značilnosti območja Alp, ki pomenijo, da je območje še posebej občutljivo na onesnaževala in da kaže dobro razpršenost onesnaževal ter je ob tem hkrati past za onesnaževala, kažejo, da moramo temu posvetiti dodatno pozornost. V tem kontekstu lahko Alpe vidimo kot »kontrolno območje« za zaznavanje onesnaževal, ki se razvijajo, in lahko tako opozorimo na prihodnje vplive novih aktivnosti človeka.

V tem kontekstu bi bilo merjenje UFP prav tako zanimivo za gosto naseljene lokacije v dolinah, kjer sta prisotna industrija in promet. Vendar tre-

nutno še poteka zbiranje znanstvenega znanja o metodologiji merjenja in oceni vpliva na zdravje ljudi. Zato so nujne nadaljnje raziskave o UFP in njihovih posledicah za zdravje ljudi in okolje.

Poleg zbiranja natančnih podatkov o onesnaževalih zraka morajo biti merilna mesta razporejena reprezentativno, saj lahko le tako zanesljivo opišemo specifične meteorološke značilnosti lokalnih območij.

Zaznavanje onesnaževal zraka preko podatkov iz satelitov in njihovo povezovanje z merjenji in modeliranjem in situ bo postalo vedno bolj pomembno, kot kaže primer VAO v poglavju 6.4. Takšen observatorij bo dal boljšo sliko o onesnaženju zraka v Alpah. Mreža cenovno ugodnih senzorjev bi prav tako lahko dopolnila obstoječe meritve in vključila javnost, s čimer bi izboljšali ozaveščenost o temah kakovosti zraka. Kljub temu pa to ne sme nadomestiti certificiranih meritev, saj zaradi nezanesljivosti ta način trenutno ni primeren za raziskave o posledicah za zdravje.

7. PRIMERI IN PAMETNE REŠITVE ZA ZMANJŠANJE ONESNAŽENOSTI ZRAKA

To poglavje je zasnovano na primerih meritev in rešitev, ki so jih zagotovili strokovnjaki delovne skupine. Te ukrepe je možno uporabiti na različnih ravneh, od nacionalne do lokalne, z namenom izboljšanja kakovosti zraka s poudarkom na območju Alp. Številne aktivnosti za izboljšanje kakovosti zraka imajo stranske učinke, ki jih trenutna analiza poskuša zaobjeti; pozitiven učinek na drugo okoljsko vprašanje, na primer na podnebne spremembe, ima lahko neugoden učinek na kakovost zraka (tipični primer tega je kurjenje lesa). Na drugi strani imajo lahko ukrepi, ki niso posebej zasnovani za zmanjšanje onesnaženosti zraka, tudi pozitiven učinek na kakovost zraka. Ta študija poudarja takšne situacije, ki imajo pozitiven učinek na več področjih. Na primer razogljičenje alpskega gospodarstva bi bilo lahko koristno tudi za kakovost zraka, če bi bili v uporabi bolj čisti prevozniki sistemi, lahko pa bi imela tudi neugodne učinke, če bi zgorevanje biomase razvijali brez primerne tehnologije.

7.1 ZGOREVANJE BIOMASE IN SPLOŠNI OGREVALNI SISTEMI

Pravni okvir, ki vsebuje mejne vrednosti in meritve, specifično zasnovane za ogrevalne sisteme, sisteme kurjenja lesa in industrijsko uporabo, je bil sprejet v zakonodajo nekaterih alpskih držav, kot je prikazano v 2. in 3. poglavju. Pametne rešitve za zmanjšanje izpustov iz ogrevanja, še posebej ogrevanja na les, se začnejo z določitvijo smernic in mejnih vrednosti za ogrevanje stavb. Dodatno k mejnim vrednostim in smernicam je možno organizirati finančne spodbude, da bi prebivalci lažje dosegli te vrednosti. Nadaljnji steber je vzpostavitev raziskav ali mrež za izmenjavo ter širjenje znanja. Na koncu je predstavljenih več primerov sistemov daljinskega ogrevanja. Pod določenimi pogoji predstavljajo sistemi daljinskega ogrevanja uporabno rešitev za zagotavljanje bolj učinkovitega in čistejšega ogrevanja.

7.1.1 FINANČNE SPODBUDE

7.1.1.1 Zmanjšanje izpustov delcev iz ogrevalnih sistemov na les v gospodinjstvih, Francija

V Franciji so na voljo skladi finančne pomoči za zasebna gospodinjstva, ki se nahajajo v lokalnih skupnostih, ki so še posebej onesnažene s PM. Namen teh sredstev je pomagati zasebnim gospodinjstvom pri zamenjavi visoko onesnažujočih ogrevalnih sistemov z izboljšanimi verzijami, katerih izpusti in energetska učinkovitost so certificirani. Vsa upravičena gospodinjstva imajo dostop do teh sredstev ne glede na njihov dohodek, kar nudi spodbudo za prebivalce, da nadomestijo svoje stare ogrevalne sisteme z novimi. Ti skladi so podprti s komunikacijskimi kampanjami za prebivalstvo za izboljšanje njihovega znanja o dobrih praksah na tem področju.

Za območja, ki so onesnažena z delci, je bil nujen preprost, a učinkovit ukrep. Preizkušanje takšne gospodarske spodbude v eni alpski regiji je trajalo štiri leta. Razvoj koncentracij PM_{10} , ki izvira iz kurjenja lesa, je bil merjen tekom celotnega obdobja pilotnega projekta. Opaziti je bilo moč naslednji izboljšanja:

- stabilno zmanjšanje PM v celotnem obdobju,
- zmanjšanje PM_{10} v obsegu od 4 % do 12 %, ob upoštevanju, da je bilo zamenjanih manj kot 30 % neučinkovitih ogrevalnih sistemov po štiri letih znotraj pilotnega projekta.

Ukrep se je izkazal za uspešnega in je bil razširjen na območje celotne države.

7.1.2 KREPITEV ZNANJA

7.1.2.1 Ukrepi za rabo lesa v ogrevanju, Slovenija

Strategija umne rabe lesne biomase v energetske namene s svojimi ukrepi dopolnjuje tiste, ki so bili zasnovani v okviru Operativnega programa ohr-



njanja kakovosti zunanjega zraka. Usmerjena je v izboljšanje rabe virov pri ogrevanju z lesom. Zasnovana je na natančni analizi uporabe lesa za ogrevanje stavb v Sloveniji, kjer 205.000 kurilnih naprav uporablja trdna goriva. Več kot polovica teh naprav je starih preko 20 let.

Cilji strategije:

- preudarna in učinkovita uporaba lesa kot lokalne in obnovljive surovine in vira energije;
- učinkovita predelava in uporaba hlodovine iz slovenskih gozdov v Sloveniji, predvsem v lesni industriji in sekundarno za energetske namene;
- zagotavljanje visoke učinkovitosti rabe lesa v energetske namene;
- podpora izgradnji sodobnih in učinkovitih skupnih kotlovnice za uporabo lesne biomase, kjer to omogoča prostorska razporeditev;
- podpora zamenjavi individualnih kurišč in zmanjšanje izpustov delcev iz zastarelih kurišč;
- vzpostavitev kompetenčnega centra za ogrevanje z lesom skupaj z mobilnim demonstracijskim centrom za mala kurišča;
- izboljšanje sodelovanja in koordinacije med odločevalci, strokovnjaki in drugimi deležniki, ki so vključeni v rabo obnovljivih virov energije.

7.1.2.2 Prenos znanja na različnih ravneh javne uprave: švicarsko združenje Cercl'Air o kakovosti zraka, Švica

Cercl'Air je združenje švicarskih javnih uradov in akademikov na področju kakovosti zraka in neioniziranega sevanja. Združenje znotraj zapletenega federalnega sistema spodbuja in krepi koordinacijo med kantoni pri izvajanju zakonov o zaščiti kakovosti zraka in prispeva k prenosu znanja med znanostjo in upravno ravnanje. Eno od področij dela združenja prav tako pokriva ogrevanje gospodinjstev (kurjenje lesa in kakovost goriva).

7.1.2.3 Dogovor o majhnih kurilnih sistemih na les, Italija

V Italiji je vzpostavljen sistem finančnih spodbud za zamenjavo starih kotlov z novimi z nizkimi iz-

pusti, vendar je prav tako nujno spodbujati spremembo kulture na tem področju. Zaradi tega je bil sklenjen dogovor⁴³ med ministrstvom za okolje, kopno in morje ter trgovskim združenjem Associazione Italiana Energie Agroforestali, ki zastopa več kot 500 podjetij znotraj lesne in energetske dejavnosti, vključno s proizvajalci in prodajalci kurilnega lesa, sekancev in certificiranih peletov, proizvajalcev grelnikov in naprav za kurjenje biomase ter njihovih inštalaterjev in vzdrževalcev. Združenje spodbuja rabo energije iz biomase iz kmetijstva in gozdarstva.

Ta dogovor spodbuja vlaganja v razvoj in raziskave pridruženih proizvajalcev z namenom podpore in pospeševanja procesa tehnoloških inovacij na področju naprav za kurjenje biomase, ki so usmerjene v izboljšanje učinkovitosti generatorjev in zmanjšanje emisij, s posebnim upoštevanjem PM in BaP. S tem aktivira primerne izobraževalne procese za posodabljanje in zagotavljanje strokovnih kvalifikacij za inštalaterje in vzdrževalce za kurilne naprave na lesno biomaso. Dogovor prav tako predvideva informacijske kampanje za proizvajalce in uporabnike ter spodbuja dodajanje »hitrega vodnika za pravilno rabo domačih naprav na les ali pelete« k navodilom za uporabo in vzdrževanje ogrevalnih sistemov v razredih visoke kakovosti. Določene so tudi nekatere aktivnosti za iskanje virov za spodbujanje zamenjave starih sistemov z novimi sistemi z nizkimi izpusti.

Dogovor je dostopen vsem regijam in avtonomnim pokrajinam, ki jih to zadeva, saj zagotavlja zaveze javne uprave tako za intenziviranje in krepitev dejavnosti za nadzor civilnih toplotnih naprav na biomaso kot tudi za stalno informiranost javnosti.

7.1.3 DALJINSKO OGREVANJE

7.1.3.1 Ukrepi za gradnjo ogrevalnih sistemov v skladu z Operativnim programom ohranjanja kakovosti zunanjega zraka, Slovenija

Operativni program ohranjanja kakovosti zunanjega zraka⁴⁴ bo pokrival vsa območja izven mestnih aglomeracij, saj imajo te individualne načrte za izboljšanje kakovosti zraka. Ukrepi se

43. https://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/allegati/inquinamento_atmosferico/Protocollo_Intesa_MATTM_AIEL.pdf.

44. Po javnem posvetovanju v začetku leta 2020 bo vlada sprejela program do konca leta 2020.

razlikujejo glede na prostorske značilnosti in med drugim obsegajo:

1. vzpostavljanje novih mikrosistemov za daljinsko ogrevanje na lesno biomaso v posameznih gosto naseljenih območjih in povezovanje vseh stavb na tem območju na sistem;
2. vzpostavljanje novih skupnih malih kurilnih naprav na lesno biomaso, kjer pogoji to omogočajo, in povezovanje vseh stavb na te naprave;
3. nadomeščanje zastaranih malih kurilnih naprav na lesno biomaso s sodobnimi, v razpršenih naseljih pa s toplotnimi črpalkami;
4. zagotavljanje informacij, komuniciranje in izobraževanje ljudi o dobrih praksah ter prikazovanje in spodbujanje pozitivnih učinkov na kakovost zraka na območjih, kjer so še vedno v uporabi zastarele male kurilne naprave.

7.1.3.2 Daljinski sistem ogrevanja na les v Disentisu - Mustéru, Švica

Z vzpostavljanjem mreže daljinskega ogrevanja v občini Disentis - Mustér v kantonu Grisons bi bilo možno v primerjavi z območji z decentralizirani ogrevalnimi sistemi bistveno znižati izpuste delcev s pomočjo pravilnega delovanja in sistemov filtrov. Kot gorivo je bil izbran les, ki ima nizke izpuste CO₂ in je lokalno na voljo.

Disentis - Mustér je gorska vas v kantonu Grisons. Novembra 2009 so bili številni ogrevalni sistemi na olje in plin v središču vasi zastareli in jih je bilo potrebno zamenjati. V začetku leta 2010 je lokalno prebivalstvo, namesto da bi ostali pri fosilnih gorivih, ob podpori lokalnih in kantonalnih oblasti prevzelo pobudo za izgradnjo daljinskega sistema ogrevanja, ki ga napaja lokalno razpoložljiv les, pridobljeno toploto pa nato razširijo po celotni vasi. Dobrodošel stranski učinek tega ukrepa je bilo zmanjšanje izpustov delcev. Do sedaj je na mrežo daljinskega ogrevanja priključenih 117 odjemalcev, vključno s samostanom Diesentis, mestno hišo in lokalno samopostrežno trgovino. Prvi kotel za ogrevanje ima nazivno moč 1.977 kW, drugi pa 1.955 kW. Celotni cevovod ima skupno dolžino 4,7 km. Naprava na letni ravni privarčuje približno 1,2 milijona litrov kurilnega olja in proiz-

vede 3,5 MW⁴⁵. Zaradi pomanjkanja primerljivih podatkov ne moremo podati nobenih konkretnih izjav o prihranku pri izpustu delcev. Vendar so prihranki občutni, saj je naprava opremljena s sodobnimi elektrostatičnimi filtri, izpusti pa so padli bistveno pod mejne vrednosti za fine delce, ki znašajo 20 mg/Nm³.⁴⁶

Prednost mreže za ogrevanje je, da namesto vgradnje več decentraliziranih ogrevalnih naprav obstaja samo ena centralna kontrolna enota, ki je opremljena z nujnimi sistemi filtrov in ima zelo nizke emisijske vrednosti ter visoko stopnjo učinkovitosti.

7.1.3.3 Širitev daljinskega sistema ogrevanja, Bavarska, Nemčija

Cilj tega ukrepa je zmanjšanje prispevkov k onesnaženosti zraka z nadomeščanjem individualnega ogrevanja hiš s priključitvijo gospodinjstev na centralni sistem za proizvodnjo toplotne in električne energije.

Primer:

Bioenergie Berchtesgadener Land (Bavarska)

Leta 2011 je podjetje Bioenergie Berchtesgadener Land GmbH v občini Schönau am Königssee začelo z obratovanjem naprave za proizvodnjo električne energije na biomaso. Naprava uporablja biomaso za proizvodnjo elektrike in toplote: za proizvodnjo energije uporabljajo samo regionalno dostopne lesne sekance, ki jih dobavljajo z območja, oddaljenega do 80 km. Večina lesa prihaja neposredno iz Berchtesgadenske kotline. Mreža daljinskega ogrevanja je razteza na razdalji 33 km ter obsega dele lokalnih skupnosti Schönau am Königssee, Berchtesgaden in Bischofswiesen. V povezavi s tehničnim sistemom za premostitev 150 m nadmorske višine je dobava toplote s strani Bioenergie Berchtesgadener Land vzorčni primer za uporabo obnovljivih virov energije na podeželju⁴⁷.

Z delovanjem centralizirane kombinirane proizvodnje toplote in elektrike so se izpusti onesnaževal zraka, kot so NO_x in PM, bistveno znižali v primerjavi z individualnimi ogrevalnimi sistemi, ki so bili v uporabi v vsakem gospodinjstvu.

45. https://www.gr.ch/DE/institutionen/verwaltung/bvfd/aev/dokumentation/EnergieeffizienzEnergieaperoDokumente/EA81_Sac.pdf.

46. Izraz »N« pomeni »normalen«, tj. pod normalnimi temperaturnimi in tlačnimi pogoji (po navadi 25 °C in 1 atm).

47. <http://www.bebgl.de/>.



7.1.3.4 Okoljska podporna shema za daljinsko ogrevanje na biomaso, Avstrija

Za spodbujanje daljinskega ogrevanja na biomaso je bila v Avstriji vzpostavljena okoljska podporna shema za daljinsko ogrevanje, ki je namenjena:

- napravam za daljinsko ogrevanje na biomaso;
- izgradnji in širitvi omrežij za daljinsko ogrevanje na osnovi biomase, geotermalne energije ali odpadne toplote iz industrije;
- optimizaciji lokalnih sistemov ogrevanja – primarnih in sekundarnih;
- obnovam sistemov kotlov v obstoječih lokalnih sistemih za daljinsko ogrevanje na lesno biomaso;
- soproizvodnjo biomase (SPTE z biomaso).

Predpogoj za pridobitev sredstev je udeležba v programu »Upravljanje kakovosti za ogrevalne naprave«, ki obravnava energetska učinkovitost in optimizacijo tehnologij in naprav. Nadaljnji pogoj je izgradnja in upravljanje naprave tako, da se ohranijo mejne vrednosti izpustov, kot kaže tabela 10.

7.2 ZMANJŠANJE IZPUSTOV PREDHODNIKOV ZA HOS/OZON

To poglavje obravnava dve državi, kjer so organizirana zmanjšanja izpustov HOS in NMHOS: zakonodajni okvir v Nemčiji za obrate, ki izpuščajo HOS, in ustrezno švicarsko zakonodajo ter zgodbo o uspehu iz Švice o premijah, vezanih na NMHOS.

7.2.1.1 Zakonodaja o NMHOS, Švica

Da bi znižali izpuste NMHOS, je Švica uvedla tri

politike in ukrepe: (i) mednarodna določila o izpušnih plinih motornih vozil, ki so v celoti prenesena v švicarska določila, (ii) Odlok o nadzoru onesnaženosti zraka za stacionarne vire in (iii) spodbudo NMHOS za zmanjšanje izpustov NMHOS.

Spodbuda za NMHOS je definirana v Odloku o davčni spodbudi za hlapne organske spojine, ki je stopil v veljavo leta 1997. Kot tržni instrument na področju varstva okolja odlok ustvarja finančne spodbude za nadaljnje zmanjševanje izpustov NMHOS. Preko te dajatve (CHF 3/kg HOS) se trenutno zbere okoli 110 milijonov CHF letno, ki jih v večini ponovno razdelijo prebivalcem Švice s pavšalnimi plačili.

Švicarski zvezni urad za okolje redno pregleduje učinek dajatve, analizira masne bilance, o katerih poroča in jih plačuje 600 izmed najbolj prizadetih podjetij. Dodatno je bila leta 2017 med podjetji izvedena anketa v sodelovanju z združenji industrije, ki jih to zadeva. Rezultati kažejo, da dajatev še nadalje prispeva k zmanjšanju izpustov. Od 2007 do 2016 so se izpusti, ki so regulirani s tem odlokom, znižali skupno za 15 %, medtem ko se je med podjetji, ki oddajajo masne bilance, vnos HOS povečal za 20 %.

Predložitev švicarskega informativnega poročila stanja 2020 (Informative Inventory Report 2020 – IIR) kaže, da so Odlok o nadzoru onesnaženosti zraka, spodbuda za NMHOS in razvoj emisijskih standardov Euro bistveno prispevali k zmanjšanju emisij HOS za skoraj 30 % v primerjavi z izpusti iz leta 2005⁴⁸.

7.2.1.2 Poostrena določila za obrate z izpusti HOS, Nemčija

Za zmanjšanje koncentracij ozona obstajajo številne direktive znižanja izpustov hlapnih organskih spojin iz obratov, na primer V. poglavje Direktive o industrijskih emisijah (2010/75/EU) in

Nazivna vhodna toplotna moč	≤ 500 kW	0,5–1 MW	1–2 MW	2–5 MW	5–10 MW	> 10 MW
NO _x (mg/Nm ³ ; 10% O ₂)	200	275	275	220	220	110
Delci (mg/Nm ³ ; 10% O ₂)	40	83	36	22	11	11

Tabela 10: Mejne vrednosti izpustov za daljinske sisteme ogrevanja na biomaso (avstrijska okoljska podporna shema).

48. Švicarsko četrto dvoletno poročilo UNFCCC 2020: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/CHE_BR4_2020.pdf.

direktivi o rekuperaciji bencinskih hlapov na prvi in drugi stopnji (1994/63/ES, 2009/126/ES). Z določitvijo strožjih zahtev pri izvajanju direktiv o HOS in uporabo najboljših razpoložljivih tehnik lahko v večjem obsegu zmanjšamo izpuste HOS.

Primeri:

Izvajanje V. poglavja Direktive o industrijskih emisijah v nemškem odloku, ki obravnava emisije HOS, ki izhajajo iz uporabe organskih topil v specifičnih obratih – 31. odlok BImSchV (Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes)⁴⁹:

- Številne mejne vrednosti za aktivnosti HOS so bile znižane.
- Za obrate za barvanje/tisk: ujeti odpadni plini brez čiščenja se obravnavajo kot nezajete emisije. To na splošno zahteva uporabo sheme za zmanjšanje ali čiščenje odpadnih plinov.
- Za obrate, kjer se zahteva okoljevarstveno dovoljenje, mora biti uporabljena najboljša razpoložljiva tehnologija.
- Zvezno določilo TA LUFT (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft) in njegove emisijske vrednosti za organske spojine razreda I št. 5.2.5 morajo biti uporabljene pri emisijah na dimnikih: 20 mg/Nm³ (v primerjavi s V. poglavjem IED: samo halogenirane HOS, katerim je dodeljen oziroma morajo biti opremljene s stavkom o nevarnosti H341 »Sum povzročitve genetskih okvar« ali H351 »Sum povzročitve raka«). Sredstva za kemično čiščenje: samo perkloretilen (PERC) je dovoljen kot halogenirano čistilno sredstvo. Stroji morajo biti opremljeni z elektronsko zaporo in merilno napravo za PERC. Vrata stroja se smejo odpreti samo, če je izmerjena masna koncentracija emisije v zraku iz bobna po čiščenju pod vrednostjo 2 g/m³.

Izvajanje direktiv o rekuperaciji bencinskih hlapov na prvi in drugi stopnji v 20. in 21. odloku BImSchV⁵⁰:

- Obseg 20. in 21. odloka BImSchV je veliko širši kot pa omenjeni direktivi ter vključuje primarni bencin in mešanice goriv z 10–90 % deležem bioetanol.
- Enote za rekuperacijo hlapov na terminalih: emisijska mejna vrednost znaša 50 mg C/Nm³

(brez metana) namesto 35 g/Nm³ (vključno z metanom).

- Sistem avtomatskih zapor na bencinskih servisih, ki dovoljuje prenos goriva iz cestne cisterne samo, če je uravnavna linija za hlape povezana z zbiralno cisterno.
- Avtomatsko spremljanje sistema rekuperacije hlapov na bencinskih servisih med polnjenjem vozil z gorivom je obvezno.

7.3 PROMETNI SEKTOR S Poudarkom NA ZMANJŠANJU NO₂ IN PM

Primeri iz prometnega sektorja, ki so navedeni tukaj kot prispevki iz držav in regij, predstavljajo največje področje aktivnosti z najširšim spektrom ukrepov, ki so usmerjeni v zmanjšanje onesnaženosti zraka. Večina tovrstnih ukrepov za zmanjšanje onesnaževal iz zraka vsebuje mešanico zahtev, ki so uveljavljene na področju infrastrukture, vozil, zakonskih določil, dejavnosti, tehnoloških in upravljavskih inovacij ter financiranja. V večini primerov so zakonodajne zahteve vzpostavljene na nacionalni ravni in ne specifično na ravni regij oziroma Alp. Akcijski načrti za čist zrak na regionalni ravni ali načrti za trajnostno mobilnost v mestih odražajo celostni karakter te kombinacije ukrepov, ki temeljijo na nacionalnih ali evropskih pravilih.

Kljub temu lahko regionalni javni organi znotraj območja Alpske konvencije, če bi bilo potrebno, uvedejo močne specifične ukrepe, ki so usmerjeni proti preseganjem mejnih vrednosti in ki jih blažijo.

7.3.1 ZAKONODAJNI UKREPI IN POLITIKA PREUSMERITVE PROMETA S CESTE NA ŽELEZNICO: TOVORNI IN POTNIŠKI PROMET

7.3.1.1 Preusmeritev prometa v tovornem prometu, celotne Alpe

Vse države in regije si prizadevajo zmanjšati onesnaženost zraka z nadomeščanjem cestnega pre-

49. Primeri: https://www.gesetze-im-internet.de/bimschv_31/.

50. Primeri: https://www.gesetze-im-internet.de/bimschv_20_1998/, https://www.gesetze-im-internet.de/bimschv_21/.

voza z železniškim, tako pri tovornem kot pri potniškem prometu, na nacionalni ravni in deloma v Alpah. Za alpsko regijo z njenimi ozkimi dolinami in omejenimi naravnimi viri še posebej velja, da bi zmanjšanje negativnega učinka na kakovost zraka s preusmeritvijo cestnega prometa na železnico lahko imelo bistvene pozitivne učinke. Večina držav in regij izvaja specifične ukrepe za spodbujanje intermodalnosti s ciljem povečanja deleža blaga, ki se prevažajo po železnici. V številnih primerih velja, da imajo ukrepi za spodbujanje intermodalnosti, ki so namenjeni in se izvajajo še posebej izven območja Alp, močan vpliv na zmanjšanje izpustov tudi znotraj območja Alp.

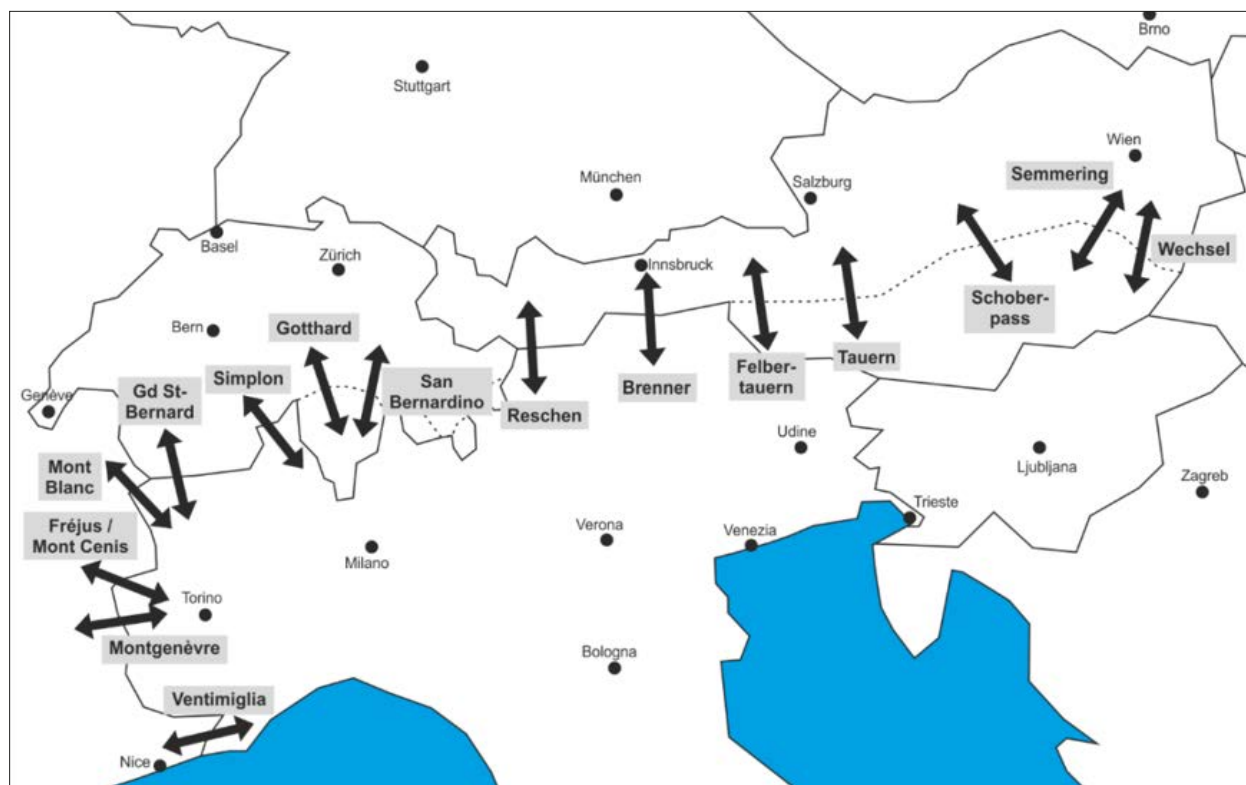
Primerjava izpustov med cestnim in železniškim tovornim prometom je podana v okviru posodobljenega priročnika emisijskih faktorjev, ki je povzet v tabeli 11 in ki ga uporablja tudi nemška Zvezna agencija za okolje (Umweltbundesamt Deutschland, UBA)⁵¹. Zadnja črta označuje faktor povprečne rabe tal (hitri vlak in na drugi strani avtocesta).

Nadalje sta študija Grace leta 2006 in novejša štu-

Onesnaževalo zraka v g/t.km / raba tal (brez dimenzij)	HCV (>3.5t) ^(a)	Tovorni vlak ^(b)
NO _x	0,269	0,037
PM ^(c)	0,004	0,000
VOC ^(d)	0,037	0,003
CO _{2equiv}	112	18
Faktor rabe tal ^(e)	3	1

Tabela 11: Primerjava izpustov med železniškim in cestnim tovornim prometom. Referenčno leto: 2018; g/t.km: grami za premik ene tone za en kilometer, vključno s transformacijskimi procesi.

(a) Mešanica različnih vrst težkih tovornih vozil > 3.5 t do 40 t, običajnih tovornjakov, tovornjakov s priklopnikom, polpriklopnikom. (b) Osnova: povprečna mešanica elektrike v Nemčiji. (c) Brez obrabe gum, zavor, cestne podlage, nadzemnega stika (d) brez metana. (e) <https://www.allianz-pro-schiene.de/themen/umwelt/flaechenverbrauch>.



Slika 34: Prometne poti čez Alpe (Alpine Traffic Observatory, 2020).

51. <https://www.hbefa.net/> in <https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/emissionsdaten#emissionen-im-guterverkehr-tabelle>.

dija EUSALP (2017) o eksternih stroških v gorskih območjih uspeli izračunati tako imenovani alpski »gorski faktor«, ki upošteva specifičnost gorskih regij pri zunanjih stroških okoljske degradacije. Ti faktorji gorskih stroškov predstavljajo razmerje med zunanjimi stroški v gorah in v negorskih območjih ter so povzeti v sliki 35. Dodatni faktorji zunanjih stroškov za onesnaženost zraka pri cestnem prometu dosežejo povprečje 4,2 v primerjavi s povprečjem 2,6 za železniški prevoz. Politike preusmeritve prometa s ceste na železnico lahko imajo v tej zvezi še posebej pozitivne učinke na območju Alp.

7.3.1.2 Politika preusmeritve prometa v čezalpskem tovornem prometu, Švica

V Švici je politika preusmeritve prometa v tovornem prometu ključna tema že 25 let. Leta 1994 je bil na osnovi ljudske pobude sprejet ustavni Zakon o varstvu Alp, čemur so sledili zvezni zakoni za uvedbo dajatve za težka tovorna vozila na osnovi učinkovitosti. Zakon o preusmeritvi prometa določa največje število dovoljenih težkih tovornih vozil v čezalpskem prometu (650.000 na leto), izgradnjo nove železniške povezave skozi Alpe in različne spremljajoče ukrepe. Dogovor o kopenskem prometu med Švico in EU vključuje ta splošni paket za izvajanje.

Politika preusmeritve prometa vključuje oba vidika: zmanjšanje prometa kar zadeva število vozil

in posredno zmanjšanje izpustov, povezanih s prometom. Ukrepi odbijanja in privlačevanja so:

- izgradnja infrastrukture kot alternative k cestnemu prometu = novi železniški bazni predori skozi Alpe;
- uvedba dajatev za HGV glede na njihovo učinkovitost (teža, razdalja in glede na izpuste);
- povečanje omejitve pri skupni teži za HGV z 28 na 40 t (učinkovitost prometa);
- ukrepi zakonskih reform za železnico;
- finančni ukrepi za spodbujanje železniškega tovora za kombiniran promet/prosta mesta v tovornem prometu, povezave do terminalov.

Od leta 2004 sta se bistveno znižali relevantni onesnaževali zraka NO₂ in PM zaradi izboljšane tehnologije vozil in zmanjšanja števila vozil, kot kaže slika 36. Kljub temu specifična topografija alpskih dolin še vedno prispeva k močnejšim negativnim učinkom onesnaževal v zraku v primerjavi z ravninskimi regijami, kar ima za posledico, da na nekaterih območjih prihaja do preseganja mejnih vrednosti za NO_x in PM. Dolgoročne izkušnje v obdobju preko 20 let kažejo, da so imeli kombinirani ukrepi zakonskih, tehničnih in finančnih zahtev, vključno s spodbudami, v okviru splošne politike trajnostnega tovornega prometa (cesta + železnica) pozitiven učinek na kakovost zraka in učinkovitost prometa⁵².

Cost category	Present EUSALP study		GRACE study (2006)	
	Road transport	Rail transport	Road transport	Rail transport
Air pollution	4.2 (1.3 – 14.2)	2.6 (0.9 – 6.6)	5.25 (2.4 – 19.8)	3.5 (2.1 – 5.2)
Noise	4.1 (1.3 – 14.7)	3.0 (1.0 – 11.25)	5.0 (2.3 – 19.8)	4.15 (2.1 – 10.4)
Nature & landscape	1.3 (1.0 – 1.6)	1.4 (0.8 – 2.0)	n.a.*	n.a.*
Accidents	3.9	n.a.	n.a.	n.a.

Slika 35: Primerjava med dodatnim faktorjem zunanjih stroškov za cesto in železnico na območju Alp (EUSALP, 2017, Fac smilile).

52. Glej 3. poglavje (Umweltkapitel) poročila o preusmeritvi prometa: [HYPERLINK "https://www.bavadmin.ch/dam/bav/de/dokumente/themen/verlagerung/verlagerungsbericht-2019.pdf.download.pdf/VERLAGERUNGSBERICHT_%20d.pdf"](https://www.bavadmin.ch/dam/bav/de/dokumente/themen/verlagerung/verlagerungsbericht-2019.pdf.download.pdf/VERLAGERUNGSBERICHT_%20d.pdf) Bericht über die Verkehrsverlagerung vom November 2019.

7.3.1.3 Preusmeritev prometa in politika prepovedi vozil, ki onesnažujejo, v čezalpskem tovornem in potniškem prometu, Avstrija

Avstrija ponuja pomembne primere za področje prometa, še posebej na Tirolskem, ki je močno pod vplivom glavne tranzitne poti po avtocestni poti po dolini Inna in brennerski avtocesti (A171 in A13 od Kiefersfeldna/Kufsteina/meje z Nemčijo do prelaza Brenner/meje z Italijo). Izpusti NO_x iz HGV so se bistveno zmanjšali kljub rasti prometa zahvaljujoč hitrejši obnovi voznega parka na tej osi, kot tudi kažejo rdeče in rumene vrednosti na sliki 37.

Glavni ukrepi so naslednji:

- stalna omejitev hitrosti na 100 km/h za osebna vozila je bila uvedena leta 2006, spremenjena v variabilno omejitev glede na koncentracije NO_2 in nato ponovno vzpostavljena kot fiksna omejitev hitrosti leta 2014;
- številne sektorske prepovedi za določeno blago

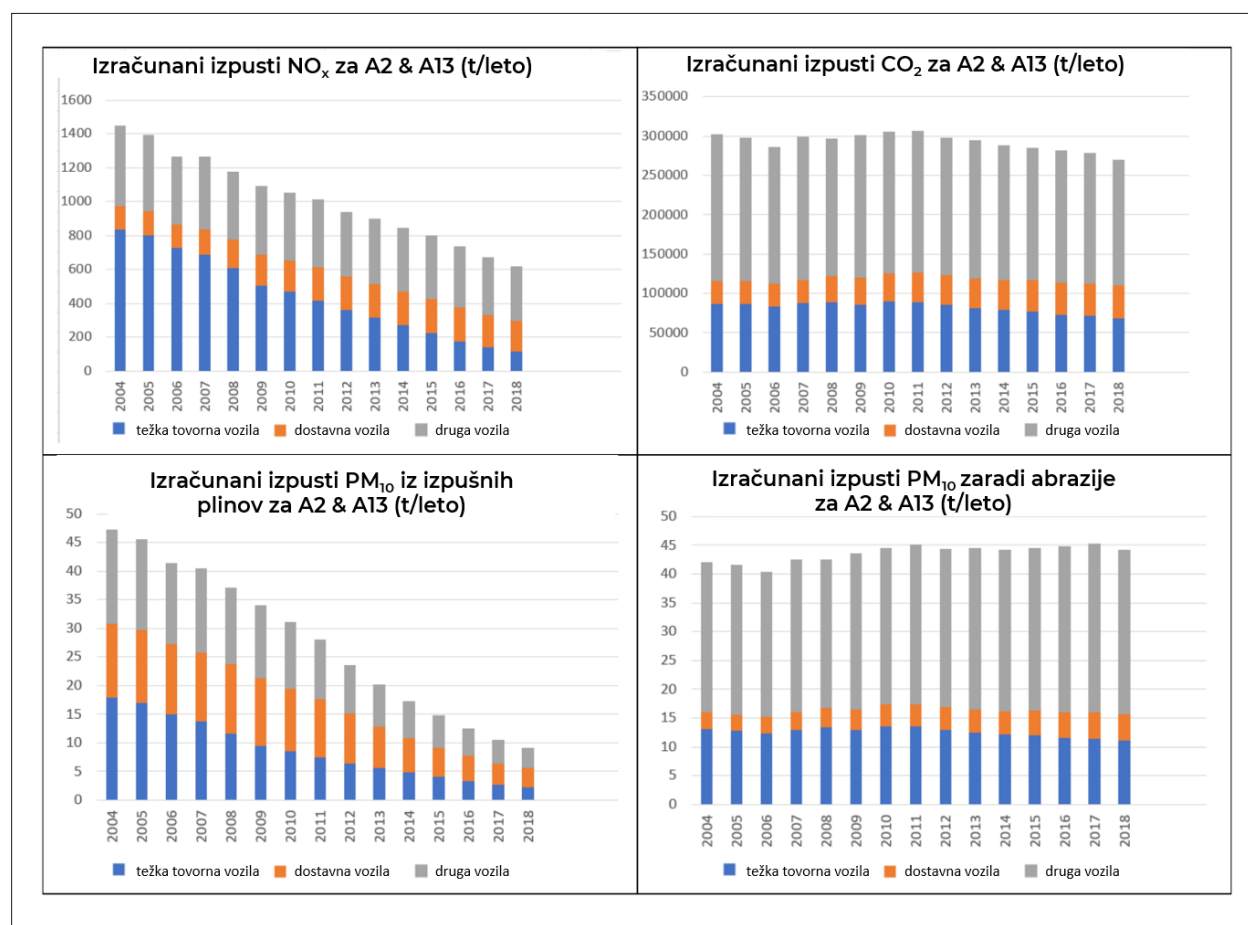
so bile uvedene za HGV leta 2007, razveljavljene leta 2011 in ponovno uvedene leta 2016, kar je spodbudilo preusmeritev na železnico;

- od leta 2006 je uvedena prepoved nočne vožnje HGV, z izjemo najnovjših Euro emisijskih razredov (trenutno razred Euro 6);
- postopna prepoved starejših HGV je bila uvedena za A12/13 in trenutno HGV z emisijskimi razredi do Euro 3 uporaba tranzitnih poti več ni dovoljena.

Izgradnja novega brennerskega železniškega baznega predora je del odgovora politike preusmeritve prometa za uravnoteženje čezalpskih tovornih tokov na koridorju Skandinavija - Sredozemlje.

7.3.1.4 Območja z nizkimi izpusti in bonus za posodobitev vozil, Francija

Uvedba območij z nizkimi izpusti (Low Emission Zone – LEZ) vpliva na občine in posameznike. Območje z nizkimi izpusti predvideva omejitev za



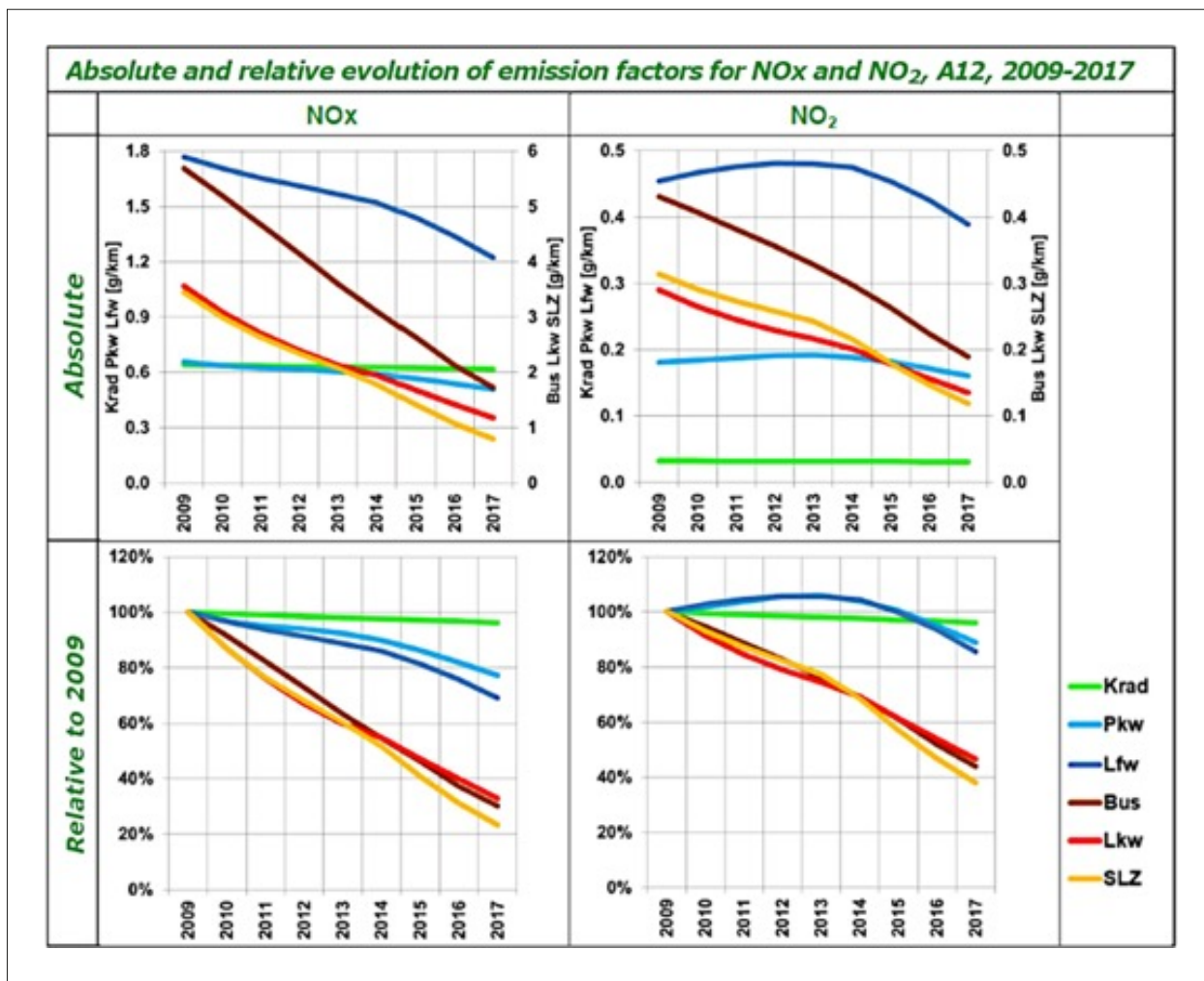
Slika 36: Razvoj onesnaževal zraka in izpustov CO_2 v obdobju med 2004 in 2018 na švicarskih avtocestah A2 in A13 na območju Alp.

določene vrste vozil, ki onesnažujejo, in trenutno v Evropi obstaja 220 LEZ⁵³. Vozila so označena z vidno nalepko, ki je nujna za vstop v ta območja. Francoska klasifikacija vozil je zasnovana na evropski klasifikaciji (Euro 1–6). Vidna oznaka na vozilu v teh območjih bo kasneje omogočala avtomatizirani nadzor.

Prav tako obstaja bonus za posodobitev vozil, subvencija za državljanke za prehod z njihovih starih vozil na nove modele, ki manj onesnažujejo (v povprečju 106 g CO₂/km, prehod najmanj na vozila Euro 4). Ta finančna spodbuda upošteva cilje LEZ, kar pomeni zmanjšanje izpostavljenosti prebivalstva škodljivim onesnaževalom.

Bonus za posodobitev vozil je od leta 2018 pripomogel k zamenjavi 550.000 vozil. To je ukrep je dosegel velik uspeh (pogoj je, da se ta vozila ne uporabljajo izven območja držav članic Evropske unije/EFTA), saj je presešel začasni proračun in bi lahko dosegel cilj posodobitve 1 milijona vozil pred letom 2022. Takšne spodbude prav tako ozaveščajo o vplivu prometa na kakovost zraka, zaradi česar je uvedba območij z nizkimi izpusti v mestnih okoljih splošno sprejeta (po celotni Franciji, ne le znotraj območja Alpske konvencije).

LEZ v Grenobleu je na primer začel veljati 2. maja 2019, hkrati z devetimi drugimi mesti, do februarja 2020 pa je vzpostavljen v 27 mestih⁵⁴. Vozila, ki



Slika 37: Ravzvoj emisijskih faktorjev za NO_x in NO₂ na avtocesti A12 v Avstriji⁵⁵. Krad: motorna kolesa; Pkw: osebna vozila; Lfw: dostavna vozila; Bus: avtobusi; Lkw: tovornjaki; SLZ: tovornjaki s priklopnikom.

53. <https://urbanaccessregulations.eu/userhome/map>.

54. <https://www.grenoblealpesmetropole.fr/761-la-zone-a-faibles-emissions.htm>.

55. https://www.tirol.gv.at/fileadmin/themen/umwelt/umweltrecht/Luftseiten/Luft/Evaluation_der_LKW-Massnahmen_auf_der_A12_Euroklassenfahrverbot_Nachtfahrverbot_Sektorales_Fahrverbot.pdf.



najbolj onesnažujejo, ne smejo vstopiti v ta mesta, izjema so avtoceste. Cilj je izogib preseganju mejnih vrednosti izpostavljenosti do leta 2026 za 4.300 ljudi, ki so trenutno pod tem vplivom.

LEZ je zelo učinkovit in stroškovno ugoden način izboljšanja kakovosti zraka, saj vzpostavlja neposredne omejitve za onesnaževanje iz prometa, ki je glavni vir onesnaženosti v mestnih območjih.

7.3.1.5 Primer najboljših praks na morju: Območje nadzorovanih izpustov za prevoz po morju (Monaco Sea Shipping Controlled Emission Area), Kneževina Monako

Z vzpostavitvijo območja nadzorovanih izpustov v Sredozemlju je bil zagotovljen nadaljnji zagon strategiji, ki jo je sprejela Mednarodna pomorska organizacija s konvencijo MARPOL (Mednarodna konvencija o preprečevanju onesnaženja morja z ladij). Ta ukrep je že uspešno uveden v Baltskem in Severnem morju. Splošna javnost in lokalni politiki se zavedajo vpliva pomorskega prometa na kakovost zraka in podpirajo takšen projekt. Zagotovitev uspeha projekta je ključna za izboljšanje kakovosti zraka v regiji. Ukrep bi vzpostavil kombinirano cono zmanjšanja izpustov SO₂ in NO_x v Sredozemskem morju. Specifični cilj za izpuste SO₂ je omejitev deleža žvepla v gorivu na 0,1 %.

Julija 2018 se je Kneževina Monako odločila, da drastično omeji uporabo težkega kurilnega olja za plovila v svojih teritorialnih vodah in pristaniščih, da bi tako zmanjšala izpuste iz ladij v zrak. Monaška vlada se je odločila tako ravnati že pred vzpostavitvijo območja kontroliranih izpustov v Sredozemlju in pred globalnim znižanjem stopnje žvepla v težkem kurilnem olju. Tako morajo od julija 2018 vse ladje, ki so opremljene z dizelskimi motorji, uporabljati gorivo za plovila kategorije ISO-F-DMA in zadostiti standardu ISO 8217, splošno poznanemu kot lahki dizel za plovila (DML) ali plinsko olje za plovila (MGO), ki ima najvišji delež žvepla 0,1 %. Alternativno morajo biti plovila opremljena s čistilnim sistemom za izpušne pline z izpiralko plinov v zaprtem sistemu. Odprti sistemi čiščenja plina so prepovedani z namenom omejitve vpliva na morsko biotsko raznovrstnost.

Francija in Italija podpirata vzpostavitev območja kontroliranih izpustov v Sredozemskem morju.

Predvideva se, da bo to zagotovilo zmanjšanje SO_x za 95 %, PM za 80 %, črnega ogljika za 51 % in NO_x za 5 % v primerjavi z obdobjem 2015–2016.

7.3.1.6 Dinamični zakonodajni ukrepi – Brenner-LEC, Italija

Namen projekta Life BrennerLEC je ustvariti »koridor nižjih izpustov« (Lower Emissions Corridor – LEC) ob avtocestni osi Brenner, s čimer bi bistveno izboljšali okolje kar zadeva zrak in varstvo podnebja ter zmanjšali onesnaževanje s hrupom⁵⁶.

Projekt se je začel septembra 2016 in izvedeni sta bili dve fazi eksperimentalnih testov za preverjanje učinkov dinamične omejitve hitrosti na nekaterih odsekih avtoceste. Zmanjšane omejitve hitrosti so bile objavljene na variabilnih sporočilnih tablah ob avtocesti kot izvajanje polavtomatskega sistema upravljanja prometa, da bi tako ocenili morebitne učinke za hrup, onesnaženost zraka in prometne tokove. Uvedba omejitev hitrosti je bila obvezna v prvi fazi testov, medtem ko je bila v drugi fazi samo priporočena za okoljske namene; ta druga faza je še vedno pokazala bistvene, čeprav manjše učinke.

V obeh primerih rezultati potrjujejo pozitivni učinek uvedbe dinamične omejitve hitrosti z vidika izboljšanja tako prometnih tokov ob dnevih z velikim številom vozil kot kakovosti zraka. Zmanjšanje koncentracije dušikovega oksida ob avtocesti sledi zmanjšanju hitrosti, ki je bilo zabeleženo med poskusnimi postopki. Še posebej so podatki iz poskusov, ki so bili zbrani ob priporočenih omejitvah, pokazali upad za okoli 7 % za NO in okoli 2–3 % za NO₂ s povprečnim znižanjem hitrosti za lahka vozila za približno 5 km/h, v primerjavi z obveznimi omejitvami, ki so povzročile povprečno znižanje hitrosti za lahka vozila v obsegu približno 14 km/h in upad za 10 % za obe onesnaževali.

7.3.2 UPRAVLJENJE MOBILNOSTI

Upravljanje mobilnosti pomeni spodbujanje trajnostnega prometa in upravljanje povpraševanja po rabi avtomobilov na način, da vplivamo na odnos in vedenje ljudi, ki potujejo, z namenom, da bi prišlo do preusmeritve z individualnega motori-

56. <https://brennerlec.life/it/home>.

ziranega prevoza na bolj trajnostne sisteme mobilnosti. Že od 1990-ih let naprej ta pristop pridobiva vedno več pozornosti kot del prizadevanj za uravnoteženje potreb po mobilnosti v nasprotju z negativnimi vplivi na kakovost okolja kot celote. V številnih primerih je upravljanje mobilnosti povezano tudi s celostnim načrtovanjem rabe prostora, kjer se vsebine, vezane na mobilnost, obravnavajo kot najbolj pomembni osnovni elementi za vsakršno prostorsko načrtovanje in načrtovanje rabe prostora na lokalni, regionalni in nacionalni ravni.

Privlačnost upravljanja mobilnosti je v številnih potencialnih koristih, vključno z naslednjimi:

- manj zastojev, kar posledično pomeni zmanjšanje onesnaženosti zraka in manj hrupa ter izgube časa v prometnih zastojih, kakor tudi manj stresa;
- večja raznolikost prometnih rešitev, kar pomeni boljšo dostopnost za vse;
- bolj učinkovita raba obstoječe prometne infrastrukture, kar pomeni manj porabljenih javnih sredstev za nepotrebno infrastrukturo in eksterne stroške;
- bolj učinkovito upravljanje rabe tal;
- prihranki za lokalne uprave, ustanove, zasebna podjetja in posameznike;
- bolj zdravi načini življenja in manj stresa zahvaljujoč aktivnim načinom mobilnosti, kot sta kolesarjenje in hoja.

Primeri so podani s področij mobilnosti od doma do delovnega mesta, mobilnosti od doma do šole, kolektivnega prevoza na velike dogodke, načrtov za trajnostno mobilnost v mestih, vključno s trajnostno mestno logistiko, upravljanjem parkiranja, aktivno mobilnostjo/kolesarjenjem in s potrebo po prevozu na klic. Specifično podpoglavje o medsebojni povezanosti prostorskega načrtovanja in načrtovanja mobilnosti podaja pregled pozitivnih vplivov celostnih načrtovalskih in izvajalskih postopkov.

7.3.2.1 Institucionalni okvir za trajnostno mobilnost s strani koordinacijske pisarne, Švica

V Švici je bilo vzpostavljeno medsektorsko koordinacijsko telo za projekte trajnostne mobilno-

sti, katerega namen je promocija in spodbujanje inovativnih projektov, ki pomagajo zmanjšati izpuste, vezane na promet. Koordinacijska pisarna za trajnostno mobilnost (COMO) je osrednja točka za stike in koordinacijo ter prva kontaktna točka na zvezni ravni za zadeve trajnostne mobilnosti. Podpira inovativne projekte s finančnim prispevkom in kot platforma za znanje daje na voljo informacije o zaključenih projektih in projektih v izvajanju. Za COMO je odgovornih šest zveznih uradov.

Projekti pokrivajo širok spekter dejavnosti na področju trajnostni mobilnosti⁵⁷:

- rešitve z IT področja;
- souporaba mobilnosti;
- prostočasna mobilnost;
- promet pešcev in kolesarjev;
- javni prevoz;
- bolj učinkovit zasebni motoriziran cestni prevoz;
- tovorni promet in logistika;
- otroci in mladina;
- upravljanje mobilnosti.

V zvezi s tem obstajajo številni primeri na področju mobilnosti, kot je ustanovitev »Quality Alliance Eco-Drive« (QAED), ki sta ga leta 1999 začela švicarska Zvezna pisarna za energijo (SFOE) in švicarsko energetska podjetje (Energie Schweiz) kot partnersko podjetje za izvajanje primerov dobre prakse pri ekovožnji in kot multiplikator za ekovožnjo pri izobraževanju inštruktorjev vožnje ter še posebej operaterjev vozniških parkov za težka vozila (avtobusi in HGV).

Prihranki pri izpustih še vedno niso jasni zaradi različnih faktorjev izpustov in raznolikosti vrst vozil.

7.3.2.2 Mreža SwitzerlandMobility za potovanja po državi brez avtomobila, ki povezuje turizem, rekreacijo, hotelske nastanitve in zanimivosti, Švica

SwitzerlandMobility/SchweizMobil je nacionalna mreža za nemotoriziran individualni promet, še posebej za rekreacijo in turizem, ki je pričela

57. <https://www.energieschweiz.ch/page/de-ch/komo-projekte> (v nemščini, francoščini in italijansčini).



delovati leta 1998. Načrtovalec poti na spletu in v aplikaciji na pametnem telefonu⁵⁸ (od 2012), povezan s poletnimi in zimskimi prostočasnimi/kulturnimi dogodki, muzeji, športnimi centri itd. ter s hotelskimi nastanitvami, omogoča potovanja z javnim prevozom brez uporabe avtomobila (železnice, ceste, gondolske žičnice, ladje itd.) in z aktivno, človeku lastno mobilnostjo (kolesarjenje, pohodništvo).

Načrtovalec poti so ustvarile in podprle številne organizacije kot so Switzerland Tourism, Veloland Schweiz, Swiss Hiking Trails (Švicarske pohodniške poti), švicarska planinska zveza, Inventory of the historical transport routes (zgodovinske prevozne poti) in drugi. Finančno so projekt podprli Švicarska konfederacija (različni zvezni uradi), vsi kantoni in Kneževina Lihtenštajn.

Cilja sta turizem in prostočasna mobilnost brez uporabe avtomobila, zasnovana na visoko razvitem sistemu javnega prevoza in aktivni mobilnosti, ter promocija gorskih in odročnih regij Švice z dodajanjem vrednosti v obliki turističnih znamenitosti, kulturnih dogodkov in športa.

Sicer je prispevek mreže k zniževanju izpustov težko oceniti, skupno število rezervacij pa presega en milijon letno.

7.3.2.3 Koncept upravljanja mobilnosti na Koroškem, Avstrija

Podjetja z okoli 3.000 zaposlenimi so največji delodajalci v regiji okrog kraja Šmihel nad Pliberkom na vzhodnem Koroškem. Ko je postala širitev poslovanja nujna, so se odločili preko upravljanja mobilnosti motivirati zaposlene, da preidejo z zasebnih avtomobilov na javni prevoz in kolesa.

Ukrepe znotraj koncepta mobilnosti je koordiniral Verkehrsverbund Kärnten (Združenje podjetij javnega prevoza na Koroškem) v imenu zvezne dežele Koroške. Do decembra 2017 so že izboljšali storitve primestne železnice (S-Bahn), zaposlenim so zagotovili več železniških povezav. Od avgusta 2018 je vzpostavljena povezava z električnim avtobusom med železniško postajo Šmihel in lokacijami obratov, ki je tako povezala zaposlene z lokacijami podjetij. E-avtobus je na-

domestil dizelska vozila podjetij in storitev je del javnega transportnega omrežja, tako da je na voljo vsem potnikom. Zaposleni kupijo vozovnice s popustom.

Vsem, ki živijo dovolj blizu, da se lahko na delovno mesto pripeljejo s kolesom, so izboljšali kolesarske povezave in bistveno povečali število parkirnih mest za kolesa. Dodatno so na železniški postaji Šmihel zgradili varovane kolesarnice.

7.3.2.4 Povečanje privlačnosti sistema javnega prevoza z brezplačnim prevozom šolarjev, subvencioniranim javnim prevozom in brezplačnim javnim prevozom med konci tedna, Bavarska, Nemčija

Bavarska kaže specifične primere, ki so usmerjeni v zmanjšanje odvisnosti ljudi od osebnih motoriziranih vozil in povečanje privlačnosti sistema javnega prevoza tako za lokalno prebivalstvo kot za turiste. Cilj je zmanjšanje individualnega motoriziranega prometa s povečanjem privlačnosti sistema javnega prevoza v več pogledih:

- **s ponudbo brezplačnega prevoza šolarjev (za zmanjšanje tako imenovanega »starševskega taksija«).**

Mladim bodo ponudili boljšo uporabo obstoječih linij, za nadaljnje zmanjšanje individualnih vozil staršev za razvažanje otrok pa bodo spodbujali sistem javnega prevoza. Otroci in mladostniki kot razlog za slabo uporabo obstoječega javnega prevoza (avtobusni prevozi) v prostem času navajajo kompleksnost in stroške. Da bi to težavo odpravili, so ponudbo vozovnic razvili skupaj z prevoznim podjetjem RVO, ki upravlja z večino avtobusnih linij v regiji Oberland.

Okraj Miesbach se je odločil, da dovoli učencem, ki imajo veljavo študentsko kartico za javni prevoz RVO⁵⁹ ali veljavno šolsko izkaznico, brezplačno potovanje z javnim prevozom od 1. novembra 2019 naprej. Ta ponudba velja brez starostne omejitve za vse učence, ki imajo svoje bivališče v okraju. Družba RVO prevažajo šolarje sodelujočih okrajev na vseh linijah bavarske regije Oberland. Imetniki šolske izkaznice RVO in učenci brez RVO študentske izkaznice, ki pa imajo veljavno šolsko

58. <https://www.schweizmobil.ch/en/summer.html>.

59. RVO: Regionalni promet za Zgornjo Bavarsko; regionalni javni avtobusni prevoz za višje predele Bavarske.

izkaznico, morajo kupiti »mesečno vozovnico za 0 €« pri vozniku. Za vsako od teh vozovnic bo RVO od okraja prejel 11 € neto. Kot okvir za okraj Miesbach so za zgornjo mejno vrednost določili 23.000 €. Dodelitev stroškov za uporabljene »mesečne vozovnice za 0 €« se nanaša natančno na avtobusno linijo, kjer je bila vozovnica prevzeta. RVO zagotavlja četrtletne statistike o številu uporabnikov. Te vozovnice so med počitnicami, ob koncih tedna in ob praznikih veljavne cel dan, ob dnevih pouka pa od 14. ure dalje.

- **z ambicioznimi finančnimi subvencijami za javni prevoz**

Kot primer zmanjšanja motoriziranega individualnega prometa in onesnaženja okolja ter za povečanje privlačnosti javnega prevoza si je mesto Sonthofen zadalo dolgoročnejši cilj, da želijo povišati privlačnost mestnega avtobusa (liniji 1 in 2). Mestni avtobusni liniji sta redno beležili število potnikov preko 20.000 v zadnjih petih letih. Mesto Sonthofen promovira mestni avtobus v Sonthofnu s ponudbo ugodnih tarifnih možnosti s finančno subvencijo v višini približno 3,50 € na prebivalca na leto.

- **s ponudbo brezplačnega prevoza ob koncih tedna in ob javnih praznikih**

Da bi zmanjšali uporabo osebnih vozil med turisti in ponudili brezplačno uporabo javnega prevoza znotraj občine in okoliških lokalnih skupnosti, »Stadtwerke Bad Reichenhall« ponujajo brezplačne storitve javnega prevoza ob koncih tedna in javnih praznikih za celotno območje izvajanja storitev »Bad Reichenhall, Bayerisch Gmain in Piding«. Številna manjša mesta na Zgornjem Bavarskem (Bad Heilbrunn, Benediktbeuren, Bad Tölz, Wolfratshausen, Lenggries, Jachenau, Kochel am See, Garmisch - Partenkirchen in številna druga) so uvedla brezplačen javni prevoz na lokalni in regionalni ravni za turiste z (elektronsko) kartico gosta ter se tako izognile številnim individualnim potovanjem z avtomobilom ter zmanjšale izpuste onesnaževal zraka in CO₂. Turizem in ogled znamenitosti v tej privlačni regiji s prečudovitimi gorami, jezeri in gradovi se nadalje spodbuja brezplačno potovanje z avtobusom in vlakom (»Allgäumobil im Schlosspark«).

Splošno velja, da turisti, ki prenočijo, prejmejo kartico gosta, ki jim omogoča brezplačno uporabo javnega prevoza. Območje, ki ga pokriva brezplačni javni prevoz, je odvisno od individualnih do-

ločil občin. Na primer, pozimi lahko počitniški gostje, ki prispejo v Lenggries, ter dnevni izletniki, ki prispejo z vlakom, uporabijo brezplačen smučarski avtobus za lokalne transferje do smučarskih centrov. Počitniške destinacije Garmisch - Partenkirchen, Grainau in tirolska Zugspitz Arena ponujajo gostom kartico Zugspitz Arena Bayern - Tirol Card, ki jim omogoča brezplačno uporabo različnih avtobusov in drugih oblik prevoza. Ta kartica je sofinancirana s strani Evropske unije kot projekt Interreg.

S kartico gosta turistične regije Berchtesgaden - Königssee gosti, ki prenočujejo, lahko brezplačno potujejo s skoraj vsemi linijami ponudnikov javnega prevoza »Regionalverkehr Oberbayern« (RVO) in »Berchtesgadener Land Bahn« (BLB) na območju turistične regije Berchtesgaden - Königssee. Prav tako so potovanja v Salzburg (avtobusna linija 840) in v Bad Reichenhall (avtobusna linija 841) s kartico gosta bistveno ugodnejša. Ta ponudba velja za skoraj vse linije južnega okraja Berchtesgadener Land - z nekaj izjemami: za linijo »Kehlstein« (avtobus 849), avtobus na klic »Berchtesgaden« in avtobus z izkušnjo Alp (avtobus 847) so v veljavi posebne tarife, za linijo Rossfeld (avtobus 848) se cestnina obračuna ločeno. Za potovanja v Salzburg in Bad Reichenhall je potrebno samo majhno doplačilo.

Zmanjšanje prometa in onesnaženosti okolja poveča privlačnost teh območij za turiste ter kot klimatskih zdraviliških krajev. Zagotovljene so dostopnost z vlakom in mobilnost na lokaciji ter obsežna mreža javnega prevoza. Ker vedno več gostov potuje z vlakom in uporablja (brezplačne) storitve mobilnosti, te počitniške destinacije postajajo destinacije brez individualnega motoriziranega prometa in zmanjšujejo pomanjkanje parkirnih prostorov.

7.3.2.5 Koncept mobilnosti z vključitvijo projekta primestne železnice (S-Bahn): prometni sektor, Kneževina Lihtenštajn

Koncept mobilnosti 2030, ki je bil posodobljen po sprejetju strategije za celotno prostorsko in mobilnostno načrtovanje iz leta 2015, ima glavni podarek na bolj strogem prostorskem načrtovanju, določitvijo razvojnih polov in zgostitvijo, da bi se izognili povečani potrebi po mobilnosti. Prav tako je usmerjen v boljšo rabo javnega prevoza (cesta + železnica), še posebej nov projekt primestne železnice (S-Bahn) FL-A-CH, ki povezuje Feldkirch (AT), Schaan (FL), Vaduz (FL) in Buchs (CH), ki ima



velik potencial, da preusmeri dnevne delovne migrante iz ceste na železnico⁶⁰.

7.3.2.6 Promocija kolesarjenja v Salzburgu, Avstrija

Kolesarjenje je eden izmed načinov prevoza z najbolj učinkovito rabo energije in prostora. Bistveni del dnevnih potovanj z avtomobilom bi lahko nadomestili s kolesarjenjem, saj je preko 50 % vseh poti krajših od pet kilometrov. S pravo infrastrukturo je kolesarjenje najhitrejši in najbolj učinkovit način potovanja na kratke razdalje, saj kolesarji večinoma sledijo najbolj neposredni poti z višjo povprečno hitrostjo v primerjavi z motoriziranim individualnim prometom.

Salzburg, prestolnica zvezne dežele s 156.159 prebivalci, se je pred kratkim posvetil izboljšanju pogojev za kolesarjenje. Mrežo kolesarskih poti so stalno nadgrajevali v obdobju zadnjih 30 let. Sedaj je na voljo 187 km kolesarskih poti in preko 6.000 parkirnih mest za kolesa. Več kot dve tretjini vseh enosmernih cest je odprtih za kolesarjenje in kolesarji jih lahko uporabijo tudi v nasprotni smeri. Kolesarjenje je dovoljeno v skoraj vseh conah za pešce in na avtobusnih pasovih. Glavni cilj kolesarske strategije 2025+ je, da bi kolesarjenje do leta 2025 predstavljalo 24 % skupnega števila opravljenih poti, kar pomeni 20.000 manj poti z avtom na dan v Salzburgu.

Pomembni ukrepi kolesarske strategije so:

- razvoj varne in udobne mreže glavnih kolesarskih poti z optimizacijo zimske službe;
- uvedba sistema izposoje koles »S-Bike« v prvi fazi s 50 postajami in 500 kolesi;
- izvedba prve »Premium kolesarske poti« v regiji Salzburg, ki vodi do Freilassinga (Bavarska) z novim mostom preko reke Saalach kot zgled za pomen kolesarjenja tudi kot povezave lokalnih skupnosti iz zaledja z mestom;
- kampanje in delo z javnostmi za več kolesarjenja;
- uporaba vseh nacionalnih in evropskih programov sofinanciranja z namenom povečanja proračuna za ukrepe promocije kolesarjenja.

Zaradi že zelo dobre kolesarske infrastrukture je

okoli 100.000 poti na dan v Salzburgu opravljenih s kolesom, kar predstavlja 20 % vseh poti. Vendar je s 45 % deležem število poti z avtomobili še vedno zelo visoko, medtem ko javni prevoz doseže 15 % delež vseh poti in ima dober potencial za rast. 20 % vseh poti v mestu Salzburg je opravljenih peš.

7.3.2.7 Splošno spodbujanje uporabe koles namesto motoriziranih vozil na Bavarskem, Nemčija

Zmanjšanje motoriziranega individualnega prometa in onesnaženje okolja povečujta turistično privlačnost območij, ki se predstavljajo kot klimatski zdraviliški kraji. Prav tako se tako zmanjša pomanjkanje parkirnih mest. Občine imajo različne pristope za spodbujanje uporabe koles namesto avtomobilov, kot na primer:

- priprava in izvajanje koncepta kolesarjenja, ki zagotavlja varno in dobro označeno povezavo med občinami in znotraj njih;
- vzpostavitev postaj za izposajo koles;
- širjenje kolesarske infrastrukture.

Primeri:

- Garmisch - Partenkirchen (Bavarska): hitra kolesarska pot »Loisachtal«, ki poteka na razdalji 33 km med mestoma Murnau in Garmisch - Partenkirchen, izdelana v okviru projekta za financiranje »Varstvo podnebja s kolesarjenjem« (nemško Zvezno ministrstvo za varstvo narave, gradnjo in jedrsko varnost).
- Jachenau (Bavarska): kolesarska pot za povezavo med krajema Jachenau in Lenggries.
- Jachenau (Bavarska): postaje za izposajo koles deloma ponujajo popuste za imetnike kartice gostov.
- Sonthofen (Bavarska): med letoma 2017 in 2019 so razširili kolesarsko infrastrukturo v Sonthofnu. Izvedeni so bili pomembni strukturni ukrepi: obnova zaščitnih in kolesarskih pasov, dodajanje in ustvarjanje zaščitnih pasov na križiščih s parkirišči, dodajanje manjkajočih delov kolesarskih poti, izgradnja mini-krožišč, izgradnja parkirnih mest v mestnem središču. Poleg tega mesto Sonthofen spodbuja promet za poslovne namene z nizkimi izpusti v ob-

60. <https://www.mobilitaet2030.li/>

dobju 2018–2020 s ponudbo tovornih koles za 30 % nabavne vrednosti. Prizadevanje mesta Sonthofen kot skupnosti na Bavarskem, prijazne kolesarjem, je 22. novembra 2019 nagradilo Bavarsko ministrstvo za bivanje, gradnjo in promet.

7.3.2.8 Promocija pametne mobilnosti znotraj švicarske družbe PostAuto za povečanje deleža javnega prevoza, Švica

Največji švicarski ponudnik cestnega javnega prevoza spodbuja rešitve pametne mobilnosti z izboljšanjem obstoječe verige mobilnosti z namenom zapolniti prisotne vrzeli in se odzvati na specifične potrebe, ki jih do sedaj ni bilo možno zadovoljiti zaradi stroškov⁶¹. Največji potencial za možno povečanje uporabe javnega prevoza imajo podeželske in gorske/turistične regije, saj je v mestnih in primestnih območjih uporaba javnega prevoza že zelo visoka. Poudarek je na:

- dinamičnem odzivu razpoložljivosti javnega prevoza v turističnih regijah odvisno od sezone in vremena, z možnostmi za zelo hitro povečanje avtobusnih storitev, da bi tako zadostili potrebam;
- povečanju kakovosti mobilnosti v manjših mestih v kombinaciji s pristopom pametnih vasi (primer Spiez v regiji Berner Oberland), kjer so kombinirani mobilnost, lokalne aktivnosti, nakupovanje, upravne storitve in prostor za skupno delo (co-working);
- razvoju multimodalne mobilnosti za neprekinjen prehod med običajnim javnim prevozom in zasebnim ter taksi prevozom (od vrat do vrat).

Ta pristop je zasnovan na sodelovanju velikega števila deležnikov, vključno z integracijo v program »Upravljanje mobilnosti za podjetja«, ki ga je razvilo energetska podjetje za švicarske občine (Energie Schweiz für Gemeinden) s pogledom dolgoročnega spreminjanja vzorcev in vedenja pri mobilnosti.

7.3.2.9 Krepitev mehke mobilnosti, Kneževina Monako

Mobilnost je eden glavnih izzivov monaške vlade, saj zadeva tako trajnostni razvoj kot tudi javno zdravje, poleg tega pa tudi igra pomembno vlogo v

gospodarstvu. Glavne aktivnosti so usmerjene v:

- Razvoj »čistega« mestnega javnega prevoza: trenutno vsi avtobusi družbe Compagnie des Autobus de Monaco uporabljajo diester, ki je čistejše fosilno gorivo. Raziskave, ki so v teku, so usmerjene v vozni park z električnimi avtobusi do leta 2025.
- Razvoj multimodalnega čistega prevoza: prosto razpoložljiva souporaba električnih vozil, izposoja električnih koles v celotni kneževini.
- Spodbude za uporabo parkirišč (okoli 15.500 parkirnih mest) na vstopu v kneževino v kombinaciji z uporabo javnega prevoza.
- Razvoj obsežne mreže javnih tekočih stopnic in dvigal na celotnem ozemlju z namenom spodbujanja hoje.
- Finančna podpora za nakup električnih ali hibridnih bencinskih vozil, ki se je začela leta 1994. Ta vozila sedaj predstavljajo okoli 5 % celotnega cestnega voznega parka v Monaku.
- Razvoj pametne države (Smart Nation) z uporabo senzorjev (med njimi senzorjev za kakovost zraka), ki kombinirajo neposredne informacije o prometu, lokalnih aktivnostih in okoljskih kazalnikih.

7.3.3 TEHNIČNI UKREPI: ALTERNATIVNA GORIVA/POGONSKI SISTEMI

Inovativna alternativna goriva in pogonski sistemi postajajo med tehničnimi ukrepi vedno bolj pomembni pri sistemih mobilnosti, ki jih podpira Evropska direktiva o vzpostavitvi infrastrukture za alternativna goriva (2014/94/EU, AFID). Države članice so okvire za nacionalne politike za razvoj trga alternativnih goriv in njihove infrastrukture razvile do novembra 2016.

Direktiva »vzpostavlja skupni okvir ukrepov za vzpostavitev infrastrukture za alternativna goriva v EU, da bi čim bolj zmanjšali odvisnost od nafte in ublažili negativen vpliv prometa na okolje. Ta direktiva podpira goriva z nizkimi izpusti, kot so električna energija, vodik, stisnjen zemeljski plin (SZP/bio-SZP) ali utekočinjen zemeljski plin (UZP/bio-UZP)« (Alpska konvencija, 2018b). Primerne spodbujanja vozil na alternativna goriva, vključno z e-mobilnostjo na lokalni in regionalni ravni, zagotavljajo številni deležniki.

61. Smart Mobility von PostAuto (<https://www.postauto.ch/de/file/134959/download?token=mE1KUth0>).



7.3.3.1 Energetska strategija 2050/energetski prihranki, Švica

Da bi pripravili Švico na trenutne izzive pri oskrbi z energijo ter na gospodarske, okoljske in tehnološke zahteve in potrebe naše bližnje prihodnosti, je Zvezni svet razvil Energetska strategija 2050. Ta bi naj Švici omogočila, da izkoristi nov izhodiščni položaj in ohrani svoje visoke standarde oskrbe. Hkrati strategija prispeva k zmanjšanju vplivov Švice, ki so povezani z energijo, na okolje.

Energetska strategija so sprejeli na referendumu maja 2017 in prvi korak k njenemu izvajanju se je začel leta 2018.

Namen Energetske strategije 2050 je postopno ukinjanje jedrske energije v Švici, povečanje rabe obnovljivih virov energije ter hkrati zmanjšanje odvisnosti od uvoženih virov energije. Strategija je sestavljena predvsem iz treh stebrov:

- povečanje energetske učinkovitosti (stavbe, mobilnost, industrija, stroji/naprave);
- povečanje deleža energije iz obnovljivih virov (tradicionalni obnovljivi viri [vodna energija] in novi obnovljivi viri [sonce, veter] z ukrepi spodbujanja in izboljšanjem zakonodajnega okvira);
- postopno ukinjanje jedrske energije.

Na področju mobilnosti, ki je odgovorna za eno tretjino izpustov CO₂ in onesnaževal zraka, je cilj zmanjšati porabo energije za 44 % pri osebni mobilnosti in 25 % pri prevozu blaga do leta 2050.

Instrumenti za doseganje tega cilja so povečanje energetske učinkovitosti, nadomeščanje z alternativnimi gorivi in pogonskimi sistemi, vključevanje decentralizirane proizvodnje obnovljive električne energije, lahke konstrukcije in eksperimentalni vidiki novih urbanih modelov ter zmanjšanje potreb po prevozu z razvojem novih družbenih in gospodarskih spretnosti⁶².

Na osnovi izraženega cilja za prihranke pri porabi energije za 44 % je zvezno združenje prodajalcev vozil v Švici (Auto Schweiz) objavilo jasen cilj 10/20, kar pomeni, da bo leta 2020 vsako deseto novo osebno vozilo, ki bo registrirano v Švici ali Lihtenštajnu, baterijsko električno vozilo (BEV)

ali priključni hibrid (PHEV). To je zelo ambiciozen cilj, saj je delež teh vozil na celotnem trgu na novo registriranih vozil v letu 2019 znašal samo 5,6 %⁶³.

7.3.3.2 Podrobna analiza spodbujanja nefosilnih načinov prevoza na javnih cestah, Švica

Marca 2019 je švicarski nacionalni svet (parlament) sprejel predlog 19.3000 »Pomoč nefosilnim načinom prevoza pri preboju na javne ceste«. Zvezni svet (vlada) si je prizadeval za sprejetje, še posebej zato, da bi lahko izvedli obsežno analizo razmerja med stroški in učinki pri spodbujanju avtobusov na alternativni pogon (poudarek na električnih avtobusih) in da bi poudarili že obstoječe podpirne ukrepe⁶⁴.

Cilji predlaganega poročila so naslednji: poročilo bo podalo obsežni pregled trenutnega in prihodnjega potenciala ter pridobitev zaradi alternativnih pogonov kot nadomestilo za obstoječe dizelske avtobuse ter predstavilo trenutne stroške/dodatne stroške na transparenten način. Dodatno bodo prikazani obstoječi in možni novi podporni ukrepi na nacionalni ravni. Da bi dosegli široko podporo in sprejetje rezultatov, je bila ustanovljena podporna skupina, v kateri so zastopani vsi relevantni akterji. Njen cilj je bil zaključiti osnovno študijo do junija 2020 in predstaviti predlog poročila jeseni 2020.

Poseben poudarek je na podeželskih in alpskih regijah, saj je na teh območjih potencial za izvajanje manjši, soočajo pa se tudi z velikimi izzivi (vremenski pogoji, višinske razlike, dolge razdalje, omejena finančna moč itd.). V podporni skupini so stalno zastopani predstavniki prevoznih podjetij na podeželju (RBS in PostAuto) in alpskih prevoznih podjetij (Engadin Bus). Analize se izvajajo na področju potenciala za tehnične rešitve ter glede dodatnih stroškov za različne obstoječe linije in grozde, vključno z zahtevnimi podeželskimi in gorskimi povezavami. Pri pregledu pilotnih projektov je že bilo ugotovljeno, da je pomanjkanje polnilnih postaj za električni pogon (in povezane infrastrukture, tj. dovolj močna oskrba z elektriko) bistvena tema na podeželju in v alpskih regijah, ki jo je prav tako treba obravnavati.

62. <http://www.sccer-soe.ch/en/home/>

63. <https://www.auto.swiss/themen/alternative-antriebe/>

64. <https://www.parlament.ch/de/suche#k=Postulat%2019.3000>

7.3.3.3 Spodbujanje e-mobilnosti, Bavarska, Nemčija

Prehod občinskih vozniških parkov na električna ali hibridna vozila

Cilj te politike je nadomestiti občinska vozila z motorji na notranje izgorevanje z električnimi ali hibridnimi vozili. Kot primer je mesto Sonthofen (Bavarska) od leta 2016 stalno opremljalo svoj vozni park z električnimi in hibridnimi vozili. Vozila na električni in hibridni pogon nadomeščajo tako opuščena osebna kot tudi gospodarska vozila z motorjem na notranje izgorevanje. Tri stara vozila so že nadomestili z električnimi vozili. Električna vozila polnijo z elektriko iz 100 % certificiranih obnovljivih virov (vodna energija z območja Alp).

Polnjenje poteka na polnilni postaji za občinska vozila (stenske omarice). Večina službenih poti se izvaja v mestnem okolju in dometa električnih vozil zadostuje za ta namen. E-vozila so dejansko brez izpustov na cesti in zmanjšajo onesnaženost s hrupom v mestnem središču. E-vozila so tudi bistveno cenejša za vzdrževanje v primerjavi z običajnimi vozili.

Prehod financira Zvezno ministrstvo za okolje, varstvo narave in jedrsko varnost (BMU) znotraj okvira nacionalne podnebne pobude na osnovi sprejete resolucije nemškega zveznega parlamenta.

Občinske ponudbe souporabe e-vozil ter postavitve novih električnih polnilnih postaj

S ponudbo privlačnega CO₂-nevtralnega občinskega sistema souporabe avtomobilov bodo tako prebivalci kot tudi lokalna industrija/trgovina motivirani, da ne uporabljajo več drugih oziroma dodatnih vozil. Rezultat je bistvena stroškovna prednost, saj na ta način prihranimo približno 2.000 € letno na avto, zmanjšamo zaloge drugih vozil v občini in zmanjšamo število vozil z motorji na notranje izgorevanje.

Mesto Fischbachau (Bavarska) spodbuja e-mobilnost s postavitvijo novih električnih polnilnih postaj za vozila.

Nadaljnji pristop je izboljšanje uporabe e-vozil namesto vozil z motorji na notranje izgorevanje z zasnovano in obratovanjem »inteligentne polnilne infrastrukture«. Garmisch - Partenkirchen (Bavarska) je sodeloval pri projektu »Inteligentna polnilna infrastruktura«, ki ga je financirala dežela Bavarska med letoma 2011 in 2016 kot vzorčno občino. Namen je bil razviti polnilno infrastrukturo brez ovir (možnost uporabe različnih opcij polnjenja; vzpostavitev mreže različne polnilne infrastrukture ali samostojnih rešitev itd.) z vmesniki za integracijo v občinski sistem pametne mreže s procesi prehajanja med mrežami in tokovi podatkov.

V mestu Sonthofen je možno od leta 2011 polniti električna vozila na javnih polnilnih postajah, ki se nahajajo v mestnem središču. Sonthofen stalno širi in posodablja polnilno infrastrukturo. Posebej določena parkirna mesta v središču mesta so rezervirana za e-vozila. Tako je v Sonthofnu na voljo devet sodobnih javnih polnilnih postaj, s čimer presegajo priporočila direktive o vzpostavitvi infrastrukture za alternativna goriva. Za ta namen mesto Sonthofen tesno sodeluje s podjetjem »Allgäuer Kraftwerke«. Izgradnjo je podprlo Zvezno ministrstvo za promet in digitalno infrastrukturo (BMVI) na osnovi resolucije nemškega zveznega parlamenta.

Za podeželska okraja Berchtesgadener Land in Traunstein so razvili koncept krepitve elektromobilnosti, ki ga je podprlo ministrstvo za promet in digitalno infrastrukturo. Poudarek je na zasnovi visokozmogljive polnilne infrastrukture, temelječe na potrebah za polnjenje električnih vozil na osrednjih lokacijah in turističnih destinacijah za zaposlene, hotele in bivalna okolja z večstanovanjskimi stavbami. Posledično so določili število in lokacije polnilnih postaj za vseh 50 občin.

7.3.4 RAZVOJ CESTNEGA TOVORNEGA PROMETA

Predsedujoči Delovne skupine Promet Alpske konvencije je analiziral trende, ki zadevajo prevoz tovora po cestah v Alpah.

Z vidika onesnaženosti zraka so Euro standardi vodili do nedvoumnega izboljšanja na cestah.

Statistike za dva francosko-italijanska predora so prikazane na sliki 38.

Če upoštevamo stopnjo, s katero se obnavlja vozni park HGV, lahko upravičeno domnevamo, da bodo v roku 5 let vsa HGV, ki obratujejo na čezalpskih poteh, zadostila standardu Euro 6 in bo temu kmalu sledila operativna kabotaža HGV. To bi pomenilo izboljšanje na ravni prib-



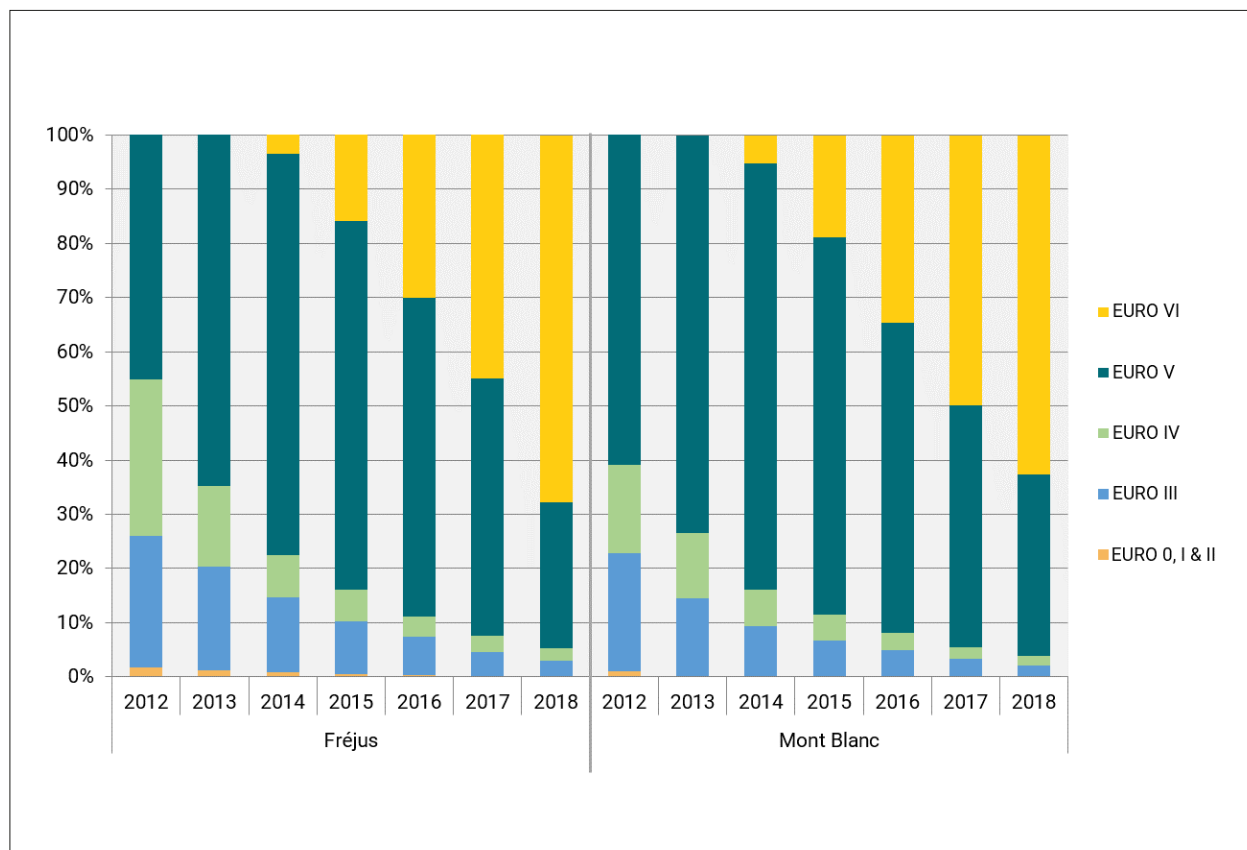
ližno 25 % za izpuste NO_x in PM. Delež vozil Euro 6 je še višji v Švici in Avstriji, kar zmanjšuje njune možnosti za izboljšave.

Srednjeročni izgledi so bolj odprti. Morali bi zaznati tudi nekatere »šibke signale«. Elektrifikacija HGV ni več nekaj nedosegljivega. V skladu z zadnjimi analizami francoskega ministrstva za ekološki prehod je strošek (v tonah/km) za prevoz 40-tonskega električnega tovornjaka približno enak dizelskemu tovornjaku, medtem ko so bili električni tovornjaki bistveno dražji še leta 2017. Upravičeno lahko upoštevamo možnost za proizvodnjo baterij z zmogljivostjo 300 Wh/kg v letih 2025–2030 in 400 do 500 Wh/kg leta 2040. Na ta način bi 4-tonska baterija zagotavljala domet 800 km za poltovornjak in bi tako odprla čezalpsko tržišče.

V teh pogojih bi glavno preostalo lokalno onesnaževanje prihajalo od stika gum s cesto in ostankov pri zaviranju. V Franciji ocenjujejo,

da to predstavlja najmanj 40 % onesnaženja z delci, ki prihajajo iz cestnega prometa. Če bi bil vozni park tovornjakov v celoti električen, bi ta neprijetnost še vedno ostala. Kljub temu pa lahko pričakujemo upad tega prispevka iz vsaj dveh razlogov: dejstvo, da je zaviranje električnih vozil deloma popolnoma električno, torej brez stika, in da že obstajajo obetavne tehnološke raziskave (biorazgradljiva plast gum, vakuumski čistilnik z delce pred zavorami ...).

Zagotovo drži, da se bodo zakonske omejitve na področju onesnaženosti zraka in globalnega onesnaževanja zaostrole. Po Euro 6 bo do leta 2025 pripravljen standard Euro 7. Zato lahko ob domnevi, da je to predvidoma ekonomsko dobičkonosno, pričakujemo, da bo srednjeročno prišlo do širšega uveljavljanja električnega pogona za HGV in s tem tudi do dvotretjinskega zmanjšanja onesnaženja z delci v primerjavi s standardom Euro 6, kar bi pomenilo eno četrtno onesnaženja, ki ga sedaj povzroča cestni tovorni promet.



Slika 38: Spremljanje in analiza tokov čezalpskega tovornega prometa v dveh čezalpskih predorih. Euro 0 do VI so emisijske mejne vrednosti EU za tovorna vozila: stopnja NO_x na primer, se je znižala z 14,4 g/kWh na 0,4 g/kWh med Euro 0 in Euro VI (Alpine Traffic Observatory).

7.4 CELOSTNO NAČRTOVANJE: NAČRTOVANJE MOBILNOSTI IN PROSTORSKO NAČRTOVANJE

Povezava med načrtovanjem mobilnosti in prostorskim načrtovanjem ali načrtovanjem rabe prostora je bistvena za prihodnost potreb po prevozu, tako zasebnem kot javnem, potniškem in tovornem. Ne glede na geografsko regijo prispevajo celostni načrtovalski procesi na vsaki administrativni ravni (lokalni, regionalni, nacionalni, nadnacionalni) k učinkovitim sistemom mobilnosti in v največji možni meri k ohranjanju naravnih virov ter omejevanju negativnih vplivov na okolje in zdravje.

V EU Direktiva o kakovosti zunanjega zraka zahteva načrte za kakovost zraka na območjih, kjer so mejne vrednosti presežene. V Švici mora v skladu z Zvezno uredbo o nadzorovanju onesnaženosti zraka (Luftreinhalteverordnung) in Zakonom o varstvu okolja vsak kanton zagotoviti akcijski načrt za kakovost zraka. Vsi kantoni znotraj območja Alpske konvencije so sprejeli takšen akcijski načrt. Akcijski načrt za kakovost zraka je običajno sestavljen iz opisa virov izpustov, ki so odgovorni za ustvarjanje presežnih koncentracij in ukrepe za njihovo zmanjšanje ali eliminacijo. Nadalje količinsko opredeli učinek posameznih ukrepov in določa roke za njihov vrstni red in izvajanje.

7.4.1.1 Prostorski koncept Švice (Raumkonzept Schweiz), Švica

Švicarski koncept (objavljen 2012) ima naslednje glavne cilje v zvezi s prometom in mobilnostjo:

- Švica upravlja s trajnostnim, varnim in zanesljivim prometnim sistemom za potniški in tovorni promet.
- Stroški obratovanja, vzdrževanja in obnove so cenovno dostopni.
- Prebivalstvo in gospodarstvo Švice ima koristi od dobre mednarodne in regionalne dostopnosti. To krepi regionalno konkurenčnost in kohezijo države.
- Prometni sistem spodbuja notranji razvoj naselij in zmanjšuje negativni vpliv mobilnosti na kakovost življenja, porabo energije in krajino.

- Prebivalstvo Švice ima koristi zaradi kratkih razdalj med delovnim mestom in lokacijami bivanja ter pristočasnih aktivnostmi.
- Močni centri na podeželju s poslovno in industrijsko dejavnostjo pomagajo zmanjšati dnevne migracije zaradi dela.
- Pri načrtovalskih procesih bi se morali razvojni poudarki (Entwicklungsschwerpunkte) posvetiti dodatnim delovnim mestom, poslovnim dejavnostim, šolam ter pristočasnim aktivnostim in športu na primernih lokacijah z upoštevanjem zmanjšanja in koncentriranja mobilnosti na obstoječo (in razširjeno) prometno infrastrukturo ter izogibanju nadaljnega širjenja urbanih območij in dodatnih potreb po mobilnosti tako za zasebni individualni kot za javni prevoz.

Na različnih ravneh načrtovanja (lokalni, regionalni in nacionalni) potrebujejo nova območja za bivanje/naselja, poslovno dejavnost, delovna mesta, nakupovalna središča ter pristočasne in športne aktivnosti s prometno intenzivnimi zasnovami (>2000 premikov avtomobilov dnevno) posebni ex ante načrt mobilnosti, ki upošteva večino pričakovanih potreb po mobilnosti s trajnostnimi načini prevoza, na primer javni prevoz ali mehka mobilnost (kolesarjenje + hoja), preden je projekt potrjen. Večino teh modelov z večjo intenziteto prometa predstavljajo tako imenovani »modeli ukrepanja v prometu« (Fahrleistungsmodell), kjer projektni vodja pokaže, kako bo potreba po prevozu, ki jo bo ustvaril projekt, pokrita s strani razdelitve načinov prevoza med javnimi in zasebnimi načini, še posebej z razširitvijo javnega prevoza (infrastruktura + obratovanje), mehko mobilnostjo in dodatnim gibanjem zasebnih avtomobilov. Skupek modeliranih dodatnih izpustov, ki jih ustvarja promet, in obstoječe onesnaževanje zunanjega zraka mora biti v okviru mejnih vrednosti, ki so predpisane z Zvezno uredbo o nadzoru onesnaženosti zraka (OAPC)⁶⁵.

V sporazumu med projektnim vodjem/investitorjem in relevantno lokalno ali regionalno upravo izračunane deleže posameznih oblik prometa spremljajo in jih opremijo s sistemom bonusov/malusov odvisno od doseženih vrednosti. Bernski model ukrepanja v prometu od njegove implementacije leta 2001 naprej služi kot načrtovalski instrument za številne občine. Kot nadaljnji korak

65. <https://www.admin.ch/opc/en/classified-compilation/19850321/index.html>.



so osnovna pravila modela vključili v kantonalne načrte urejanja prostora in mobilnosti (kantonalne Richtplanung).

Zvezna vlada, kantoni, mesta in občine med sabo koordinirajo načrtovanje prometne infrastrukture s svojimi posebnimi razvojnimi idejami.

Švicarski Raumkonzept⁶⁶ je še posebej priporočljiv za prostorski razvoj v Alpah:

- Spodbujanje trajnostnega razvoja v stranskih dolinah z njihovo tipično krajino.
- Naseljeno prebivalstvo bi naj ostalo v še funkcionalnih območjih stranskih dolin.
- To zahteva, da sta zagotovljeni oskrba z osnovnim blagom in storitvami ter delovna mesta v alpskih turističnih območjih in padeželskih središčih.
- Regionalne strategije prostorskega razvoja bi morale biti osnovane na teh prednostnih nalogah.
- Cilj je doseči optimalno kombinacijo naravnega in kulturnega turizma, kmetijstva in trgovine.
- Tradicionalno kulturno krajino z njenimi tipičnimi oblikami naselij in prometno zgodovino bi morali previdno ohranjati in razvijati.

7.4.1.2 Celostni načrt za varstvo ozračja, Francija

V Franciji nekatere regije obravnavajo kot občutljive na onesnaženje zraka in v teh območjih se izvajajo dodatni akcijski načrti za izboljšanje kakovosti zraka. V Alpah je najboljši primer takšnega načrta dolina reke Arve. Zaradi topografije regije je onesnaženost zraka postala težava za njene prebivalce, zato je od leta 2012 vzpostavljen načrt zaščite ozračja⁶⁷. Vsakih 5 let se izvaja ocenjevanje, ki mu sledi ponovno izvajanje revidiranega načrta. Načrt, ki je bil sprejet leta 2019, vključuje naslednje lokalne aktivnosti:

Energija:

- »Sklad zračnih plinov«: financiranje fizičnih oseb pri spremembi z ogrevalnih sistemov na les na sisteme na zemeljski plin, ki imajo bistveno nižje izpuste delcev.

- Prepoved uporabe odprtih kurišč (visoki izpusti PM): uredba, ki prepoveduje uporabo odprtih kurišč.
- Razvoj proizvodnje bioplina: razvoj koriščenja različnih vrst odpadkov za proizvodnjo zelene energije.

Kmetijstvo:

- Izobraževanje kmetov o dobrih praksah pri zmanjševanju izpustov onesnaževal: obveščanje in izobraževanje kmetov o njihovem vplivu na kakovost zraka in o novih metodah z minimalnim učinkom.

Urbanizem:

- Upoštevanje kakovosti zraka pri urbanističnem načrtovanju, da bi tako spodbudili ustvarjanje kompaktnih urbanih vozlišč, razvoj daljinskega ogrevanja.

Promet:

- Spodbujanje ekovožnje in skupne uporabe avtomobilov: spodbujanje mreže parkirišč za avtomobile z več potniki, morebiti v obsegu, ki bi bil bolj prilagojen redkeje poseljenim območjem; razvoj platforme za povezovanje ljudi za skupno rabo avtomobilov (carpooling).
- Izboljšanje kapacitete in učinkovitosti javnega prevoza ter spodbujanje aktivne mobilnosti.
- Povečanje preusmeritve tovora s cest na železnico z zmanjšanjem prometne obremenitve na cestah v regiji.

7.4.1.3 Skupni regionalni program za čist zrak, različni sektorji, npr. prometni sektor, Italija

Severne in osrednje italijanske regije ter mesta, ki so gosto poseljena in močno onesnažena, sodelujejo pri skupnem programu za čist zrak, ki je poznan kot Life PrepAir⁶⁸. Sofinancira ga Evropska unija, program pa je operativen v obdobju 2017–2024 ter je namenjen regiji Emilija - Romajna s 17 partnerji. Aktivnosti so predvidene v naslednjih sektorjih: kmetijstvo, kurjenje biomase, promet, energija, ocena izpustov, komunikacija in krepitev usposobljenosti.

66. <https://www.are.admin.ch/are/de/home/raumentwicklung-und-raumplanung/strategie-und-planung/raumkonzept-schweiz.html>.

67. https://www.haute-savoie.gouv.fr/content/download/15754/92617/file/ppa_20120305.pdf.

68. <https://www.lifeprepare.eu/?lang=en>.

Glavne aktivnosti za področje prometa so:

- **Promocija aktivne mobilnosti/kolesarjenja**

Partnerji, ki so vključeni v projekt, promovirajo aktivno in kolesarsko mobilnost preko različnih aktivnosti glede na različne teritorialne in načrtovalske posebnosti. Aktivnosti obsegajo izobraževalne tečaje za javne uradnike in državljane ter študente, da bi tako spremenili in izboljšali načrtovanje in rabo kolesarske mobilnosti; anketa o dostopnosti kolesarske infrastrukture na železniških postajah; izboljšanje kolesarske infrastrukture, geosledenje kolesarskim potem in kolesarski navigator; analiza uporabe različnih načinov potovanja.

- **Prikaz aktivnosti za prehod z dizelskega na električni pogon**

Po izboru najdaljše avtobusne linije na projektnem območju bo izdelana študija izvedljivosti o predelavi dizelskega avtobusa in o proizvodnji prototipa modularnega električnega pogonskega sistema, ki bi bil primeren za mestne avtobuse z namenom testiranja na resničnih/operativnih javnih prevoznih linijah.

- **Racionalizacija tovarne logistike na kratke razdalje v mestnih in primestnih območjih**

Racionalizacija tovarne logistike na kratke razdalje v mestnih območjih, večinoma v mestnih središčih, in izven mest ter v primestni logistiki na kratke razdalje z opredelitvijo najbolj razširjenega logističnega modela in izvedbo pilotne študije za natovarjanje/raztovarjanje blaga.

- **Razvoj IKT instrumentov v javnem prevozu**

Predlagana aktivnost ima cilj oblikovanja in razvoja novega multimodalnega »odprtega« in celostnega orodja za načrtovanje poti za storitve javnega prevoza na regionalni ravni preko spleta in aplikacije.

- **Splošna promocija električne mobilnosti**

Sodelovanje in informiranje javnosti ter zasebnih deležnikov z namenom krepitev razširjenosti električne mobilnosti tudi na ravni politik. Začeli bodo s tečaji za lokalne administratorje, strokovnjake in upravljalce mobilnosti, skupaj s svetovanjem in študijami.

- **Instrukcije za ekološko vožnjo**

Način vožnje z imenom »ekovožnja« lahko pomaga zmanjšati porabo goriva in izpuste vozil,

ki so v večini pogojeni z vedenjem voznika. Ta aktivnost je namenjena voznikom avtobusov in taksijev ter inštruktorjem v šolah vožnje in obsega program učnih enot ekovožnje, razvoj in prevzem tehnoloških rešitev ter integracijo ekovožnje v program učenja in izpite v šolah vožnje.

7.5 ZMANJŠANJE IZPUSTOV AMONIJAKA IZ KMETIJSTVA V GORSKIH OBMOČJIH

7.5.1.1 Zmanjšanje izpustov amonijaka iz kmetijstva, Švica

Kot del kmetijske politike 2014–2017 si je Švica zadala cilj zmanjšanja izpustov amonijaka iz kmetijstva na največ 41.000 ton dušika letno do leta 2017. V poročilu za odločitev zvezne vlade o finančnih virih za kmetijstvo za obdobje 2018–2021 je navedeno, da bi morali ciljem, ki so bili predlagani v kmetijski politiki 2014–2017 slediti tudi kot mejnikom do leta 2021. Časovno neopredeljen okoljski cilj so izpusti v višini največ 25.000 ton na leto.

Kmetijstvo je odgovorno za 93 % vseh izpustov amonijaka v Švici. Daleč največji delež (93 %) prihaja iz živinoreje, znotraj nje pa iz govedoreje (78 %). V evropski primerjavi ima Švica najvišje izpuste na hektar kmetijskih površin za Nizozemsko. Razlogi za tako visoke izpuste so v razširjeni praksi v Švici, kjer so prisotni odprti hlevi, in še posebej v gostoti prireje živali. V obdobju med letoma 1990 in 2015 so se izpusti amonijaka v kmetijstvu v Švici zmanjšali za 18 %, večinoma zaradi zmanjšanja števila živali med letoma 1990 in 2000. V tem obdobju se je število glav velike živine (GVŽ) v Švici zmanjšalo za skoraj 115.000 na okoli 1.337.000. Od takrat izpusti stagnirajo na visoki ravni. Med letoma 2007 in 2017 se je število GVŽ zmanjšalo za samo 1,8 %. Da bi se približali cilju 41.000 ton na leto do leta 2017, bi se moralo število GVŽ zmanjšati za več kot 130.000 (okoli 10 % staleža iz leta 2007) v istem obdobju.

Z namenom zmanjšanja okoljskih vplivov in vpliva izpustov amonijaka na kakovost zraka je zvezna vlada podprla z amonijakom povezane projekte s kantonalnimi viri s prispevki v obdobju med letoma 2008 in 2018 kot del programa za zagotavljanje virov. Od leta 2014 so specifični ukrepi sofinancirani v celotni Švici preko prispevkov za učinkovitost virov. Ukrepi, ki jih spodbujajo,



so še posebej vezani na skladiščenje in razlivanje gnojevke in na strukturne prilagoditve hlevov, na primer omogočanje hitrega odtekanja urina in uravnoveženo krmljenje ali krmljenje z manj beljakovinami.

V obdobju, ko je švicarska zvezna raven podpirala ukrepe za zmanjšanje amonijaka, so izpusti upadli za zgolj 2 %. Kljub tem prizadevanjem je bilo zmanjšanje izpustov amonijaka zaradi velike populacije živali v švicarskem kmetijstvu in družbenih zahtev po dobrem počutju živali omejeno (glej tudi poglavje 4.4). Dodatno sta uporaba ali ustreznost ukrepov krmljenja in uporabe vlečnih cevi pri gnojenju omejeni, še posebej v gorskih območjih. Uravnovežena rotacija krme z nizkimi presežki surovih beljakovin je odvisna od dobave energetske bogate krme, kot je koruza iz doline, ki pa je okrnjena zaradi prevoznih poti. Prav tako razlivanje gnojnice s pomočjo vlečnih cevi, kar bi omogočalo uporabo blizu tal in s tem zmanjšalo izpuste, ni možno nad določenim naklonom pobojja. Čeprav v gorskih območjih nastaja manj izpustov v primerjavi z nižinami, se pojavi vprašanje, katera vrsta vzreje živine najmanj onesnažuje občutljive ekosisteme v gorah.

Izključni fokus na tehnične in gradbene ukrepe

ne upošteva položaja gorskih območij v zadostni meri. Potreben je celosten pristop, ki ne upošteva samo tehničnih ukrepov ampak tudi vprašanja razpoložljivih virov krme in nosilne zmogljivosti ekosistemov. Kakovost zraka se zaščiti s prilagoditvijo števila živali na občutljivost naravnega okolja. Razširjena praksa paše, še posebej v gorskih območjih, je še en pomemben ukrep za zmanjšanje amonijaka: urin hitro pronica v tla in izgube amonijaka so manjše kot v hlevih. Če dodatno lahko uporabimo vlečne cevi za razlivanje gnojevke, če je skladišče gnoja pokrito in če zagotovimo, da so deli hlevov za hojo in počivanje čisti, potem lahko izpuste amonijaka in druge učinke na občutljive ekosisteme bistveno zmanjšamo.

Najpomembnejši faktor pri izpustih amonijaka v kmetijstvu je število živali na kmetijah. Če število stagnira ali se celo povečuje, potem bo težko zmanjšati izpuste dušika in amonijaka. Dodatno so izpusti amonijaka v kmetijstvu deloma v konfliktu z vidiki dobrega počutja živali. Odprti hlevi prispevajo k dobremu počutju živali, vodijo pa tudi do večjih izgub amonijaka. Usklajevanje med družbenimi zahtevami glede števila živali in njihovega dobrega počutja ter varstvom okolja ostaja izziv, s katerim se mora soočiti politika.





8. POVZETEK IN POLITIČNA PRIPOROČILA

8.1 ZMANJŠANJE IZPUSTOV DELCEV, KI NASTANEJO ZARADI ZGOREVANJA LESA, VKLJUČNO Z BAP

Čeprav je v poglavju 5.3 prikazan trend zmanjšanja ravni delcev PM_{10} in $PM_{2,5}$ v zadnjem desetletju, pa poglavje 5.2 kaže, da so ravni delcev PM, predvsem delcev $PM_{2,5}$, ki vsebujejo BaP, še vedno vzrok za zaskrbljenost v številnih alpskih regijah. Zgorevanje lesa je glavni vir trdnih delcev, ki prispeva h kritičnim vrednostim kakovosti zunanjega zraka v Alpah, kot so dokazali specifični raziskovalni programi, predstavljeni v podpoglavju 3.2.1.

Za blažitev tega pojava je bil podan predlog za oblikovanje programov sistematičnega merjenja izpustov iz malih kurilnih naprav ter za spremljanje delcev $PM_{2,5}$ in BaP s ciljem obveščanja prebivalcev Alp o tehničnih in operativnih možnostih zmanjševanja izpustov in dodatnega zmanjševanja izpustov delcev in BaP s pomočjo spremljajočih ukrepov. Na nekaterih območjih z visokimi ravnimi onesnaženja z delci bi morali na prostovoljni osnovi uvesti strožje predpise za alpsko regijo, na primer strožje mejne vrednosti izpustov za nove naprave, strožji nadzor obstoječih naprav in uporabljenih goriv, informacijske kampanje, usposabljanje za ustrezno ravnanje itd.

8.1.1 MERITVE IN INFORMIRANJE

Kampanje obveščanja o vplivu trdnih delcev in BaP na zdravje ter o ustreznem ogrevanju z napravami na les bi morale temeljiti na zmožnosti merjenja izpustov PM in njihovih virov ter javni dostopnosti teh informacij. Meritve izpustov bi morale dopolnjevati kampanje spremljanja delcev $PM_{2,5}$, BaP in črnega ogljika za najmanj eno

kurilno sezono. Informacije za državljane morajo biti podprte z meritvami, prilagojenimi naravnim in geografskim značilnostim alpskega prostora: različne reliefne in meteorološke posebnosti, različne vrste naselij, daljša kurilna sezona in različni viri onesnaževanja zraka (posamezne kurilne naprave, promet, industrija itd.). Glede na topografijo in podnebje ter heterogeno porazdelitev prebivalstva in virov izpustov v alpskih regijah bi morali pri izbiri merilnih mest upoštevati različne vrste območij in vključiti tudi mesta za spremljanje črnega ogljika.

PRIPOROČILO 1

Podpreti pristojne ustanove, da:

- na lokaciji izmerijo prisotnost finih delcev (še posebej benzo(a)pirena), ki jih oddajajo grelniki in kotli na drva;
- obveščajo prebivalstvo o posledicah ogrevanja na les za zdravje.

8.1.2 POMOČ ZA POSODABLJANJE MAJHNIH OGREVALNIH SISTEMOV

Na podlagi specifične diagnoze bi morali vsem upravljavcem in posameznikom nuditi možnost, da tehnično posodobijo ali nadomestijo sisteme ogrevanja na les ali olje z novimi in tehnično posodobljenimi ogrevalnimi sistemi z nizkimi izpusti. V večjih naseljih ter manjših ali večjih mestih je treba preveriti možnost namestitve centralnih daljinskih ogrevalnih sistemov, saj sodobni sistemi centralnega ogrevanja praviloma zagotavljajo oskrbo s čisto energijo, so bolj učinkoviti in povzročajo manjše izpuste.

PRIPOROČILO 2

Zmanjšati izpuste iz malih kurilnih naprav z izboljšanjem splošne energetske učinkovitosti stavb in obnovitvijo sistemov ogrevanja z manj onesnažujočimi napravami; nuditi pomoč in svetovanje vsem upravljavcem za:

- izboljšanje energetske učinkovitosti stavb;
- nadomestitev starih močno onesnažujočih ogrevalnih sistemov in kotlov;
- nadomestitev tradicionalnih goriv s čistejšo vrsto goriva.

8.2 SPODBUJANJE ČISTE MOBILNOSTI

Kot je bilo prikazano v prejšnjih poglavjih tega poročila, predvsem v poglavju 3.2, zgostitev prometa v alpskih dolinah in mestih ostaja glavni vir onesnaževanja zraka za ljudi, ki živijo v bližini glavnih cest. Primeri iz poglavja 7.3 kažejo, da se pogodbenice Alpske konvencije že zavzemajo za zmanjšanje onesnaževanja zraka z uporabo aktivne mobilnosti, uvedbo območij z omejenim prometom, spodbujanjem javnega prevoza, uvedbo omejitev hitrosti in uporabo novih tehnologij. Izmenjava izkušenj na tem področju je spodbuda za vse države, da se učijo iz izkušenj svojih partnerjev, prilagodijo predlagane rešitve svojim potrebam, razširjajo informacije, razvijajo kampanje ozaveščanja in na koncu te rešitve izvajajo. Rešitve so na voljo na različnih ravneh, od EU do nacionalne ravni in lokalnih skupnosti. Ne nazadnje ima večina teh aktivnosti tudi pozitivne učinke na blaženje podnebnih sprememb.

8.2.1 SPREJETJE AMBICIOZNIH POLITIK MOBILNOSTI

Mesta, lokalne skupnosti in regije spodbujamo k uporabi razpoložljivih orodij (kartiranje in modeliranje kakovosti zraka, ocena vpliva preusmeritve v aktivne načine ukrepanja na kakovost zraka itd.) z namenom prikaza povezave med izbiro načina mobilnosti, onesnaževanjem zraka in zdravjem ljudi. Razprave in pogovori z državljani, ki so zaskrbljeni glede uporabe teh orodij, lahko pripomorejo k oblikovanju in izvajanju ambicioznih rešitev in spremljanju njihovih koristnih učinkov za vse. S pobudami za mobilnost, ki uporabljajo

usklajen sveženj ukrepov in združujejo zakonodajne, finančne ali davčne spodbude z omejitvami na področju politik potniškega in tovornega prometa, ki so bile sprejete po usklajenem posvetovanju in okoljski presoji, lahko prispevamo k preoblikovanju želja in potreb v javne politike.

PRIPOROČILO 3

Po posvetovanju in okoljski presoji sprejeti regionalne in lokalne mobilnostne pobude na področju potniškega in tovornega prometa, ki spodbujajo javni prevoz in aktivne načine mobilnosti, ter jih uskladiti z omejitvami tam, kjer je pričakovati pomemben vpliv na kakovost zraka.

8.2.2 NALOŽBE V ČIST PROMET

Pametni sistemi javnega prevoza, numerično orodje, ki prispeva k nemoteni uporabi teh sistemov, aplikacije za pametne telefone, vgrajevanje javnega prevoza v multimodalne sisteme mobilnosti in tudi nove tehnologije, ki težijo k cilju vozil brez izpustov, so že na voljo in bodo še dodatno izboljšani. Njihov razvoj je odvisen od tržnih razmer, pospešiti pa ga je možno na primer z uporabo usklajenega niza javnih finančnih sredstev, predpisov ali davčnih sistemov, ki temeljijo na realnih stroških in so namenjeni spodbujanju čiste mobilnosti. V okviru nacionalnih in regionalnih politik in vključno s spodbujanjem rešitev kombiniranega prevoza izven območja Alpske konvencije, ki pa imajo vpliv znotraj alpske regije, so taka orodja priporočena za pospešeno sprejetje pametnih rešitev in za zagotovitev pogojev za uvajanje inovativnih rešitev na trg.

PRIPOROČILO 4

Spodbujati strategijo čiste mobilnosti in vozil brez izpustov, na primer z uporabo uravnoteženega sistema obdavčitev in spodbud za internalizacijo zunanjih stroškov onesnaževanja v okviru realnih stroškov prevoza, ter okrepiti trg v korist spodbujanja čiste mobilnosti in vozil brez izpustov.



PRIPOROČILO 5

Spodbujati pametno upravljanje prometa, na primer z omejitvami hitrosti, cestninjenjem, spodbujanjem uporabe čistih vozil na alpskih avtocestah in v predorih za zmanjšanje izpuštov, ter:

- spodbujati uvajanje alternativnih prevoznih tehnologij in kombiniranega prevoza;
- vključevati javni prevoz v multimodalne sisteme mobilnosti;
- podpirati spremembe načina prevoza potnikov in blaga.

8.3 ZMANJŠEVANJE IZPUSTOV V KMETIJSTVU

Kot je bilo prikazano v prejšnjih poglavjih, kmetijstvo na splošno ni glavni vir onesnaževanja zraka v Alpah. Je pa v poglavju 3.2 prikazan prispevek kmetijstva, ki na nekaterih intenzivno obdelanih kmetijskih območjih ni zanemarljiv. Poglavje 4.4 prikazuje, da so lahko kritične obremenitve dušika iz ozračja presežene na nekaterih alpskih območjih.

PRIPOROČILO 6

Podpirati razvoj dobrih praks v kmetijstvu, ki omejujejo izpuste dušikovih spojin, na primer amonijaka, sežiganje zelenih odpadkov na prostem in posek v alpski regiji.

8.4 POLITIKE KAKOVOSTI ZRAKA

Pogodbenice Alpske konvencije podpirajo vse pobude, ki prispevajo k izboljšanju kakovosti zraka v Alpah. Zagotovljena mora biti usklajenost pobud na različnih ravneh. Pomembno je, da imajo v različnih državah vse raznolike skupnosti koristi od dobre kakovosti zraka, saj so družbene neenakosti pogosto povezane z okoljskimi neenakostmi⁶⁹.

8.4.1 OBLIKOVANJE POBUD ZA KAKOVOST ZRAKA V ALPAH

Cilj je podpreti pobude lokalnih in regionalnih oblikovalcev politik. To bi lahko pripomoglo tudi k boljšemu razumevanju razlik in k izravnavanju neenakosti v zvezi z mobilnostjo, onesnaževanjem zraka in bivalnimi pogoji. Priprava načrtov za izboljšanje kakovosti zraka je obveznost iz zakonodaje EU za območja, ki presegajo evropske mejne vrednosti (Direktiva 2008/50/ES). Alpska konvencija želi pospešiti dodatne pobude, ki temeljijo na smernicah SZO za kakovost zraka.

PRIPOROČILO 7

Spodbujati pogodbenice Alpske konvencije k oblikovanju pobud za kakovost zraka z vključitvijo ukrepov, ki obravnavajo najpomembnejše vire onesnaževanja zraka, kot so male kurilne naprave, mobilnost, energija, industrija in kmetijstvo.

8.4.2 RAZŠIRITI UPORABO ZAHTEV KONVENCIJE IZ ESPOOJA IN KONVENCIJE UNECE O ONESNAŽEVANJU ZRAKA NA VELIKE RAZDALJE PREKO MEJA (CLRTAP)

Konvencija o presoji čezmejnih vplivov na okolje, sprejeta v Espooju na Finskem leta 1991 (UNECE, 1991), od pogodbenic zahteva, da sprejmejo ustrezne ukrepe za preprečevanje, zmanjšanje in nadzor nad škodljivimi čezmejnimi učinki svojih dejavnosti. Ta vidik je že vključen v evropsko zakonodajo zahvaljujoč Direktivi Sveta 85/337/EGS z dne 27. junija 1985 o presoji vplivov nekaterih javnih in zasebnih projektov na okolje (7. člen) in Direktivi 2001/42/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 27. junija 2001 o presoji vplivov nekaterih načrtov in programov na okolje (7. člen). Možni viri onesnaženosti v Alpah pa so tudi zunaj območja Alpske konvencije, kot to prikazuje Konvencija o onesnaževanju zraka na velike razdalje preko meja.

69. Hoja in kolesarjenje sta na primer lažja za ljudi, ki si lahko privoščijo, da živijo v bližini mestnih objektov, kot za tiste, ki živijo v predmestjih, kjer so stroški bivanja nižji.

PRIPOROČILO 8

Pogodbenice Alpske konvencije naj se povežejo s sosednjimi državami in regijami za spodbujanje zmanjšanja čezmejnega onesnaževanja na geografskem območju Alpske konvencije.

8.4.3 PODPORA POBUDI ZELENEGA DOGOVORA EVROPSKE UNIJE NA PODROČJU ONESNAŽEVANJA ZRAKA

Ciljne ravni kakovosti zunanjega zraka znotraj območja Alpske konvencije za zaščito zdravja ljudi temeljijo na Direktivi Evropske unije o kakovosti zraka 2008/50/ES, nekatere države članice pa imajo celo strožje predpise. Ob upoštevanju točke »c« 2. člena Alpske konvencije⁷⁰ bi uskladitev mejnih vrednosti za kakovost zraka s smernicami SZO za kakovost zraka izraziteje preusmerila politike k izboljšanju zaščite zdravja ljudi. Samo po sebi to ne rešuje problema v celoti, ker ne obravnava izpustov, vendar bi lahko pomagalo članicam in skupnostim pri določanju prednostnih nalog in oblikovanju rešitev.

PRIPOROČILO 9

Pogodbenice Alpske konvencije naj

- podprejo poglavje o kakovosti zraka zelenega dogovora EU;
- si prizadevajo za uresničevanje smernic SZO za kakovost zraka.

8.5 POVEČANJE POZNAVANJA ANTROPOGENIH DEJAVNIKOV ONESNAŽEVANJA ZRAKA

Podatki za to poročilo so bili zajeti iz uradnih poročil, ki so jih pripravile pooblašene agencije (EEA, SZO in U.S. EPA), iz prejšnjih poročil Alpske konvencije in tudi znanstvenih publikacij; večina

jih je sad sodelovanja v okviru evropskih raziskovalnih programov, navedenih v prilogi. Večino teh programov so začeli izvajati v zadnjih dvajsetih letih. Brez teh podatkov številnih poglavij tega poročila ne bi bilo mogoče napisati. Kljub temu pa ostajajo nekatere natančne vzročne povezave med človekovimi dejavnostmi, biogenimi viri in kakovostjo zraka nepojasnjene. Tudi vplivi podnebni sprememb na kakovost zraka so tema, ki jo je treba preučiti in uporabiti pri modeliranju različnih scenarijev. Izpostavljenost ljudi ultrafinim delcem, njihov nastanek, prenos in učinki so še vedno predmet aktivnega raziskovanja.

Prav tako bi lahko v posvetovalne postopke vključeni strokovnjaki s področja političnih in družbenih ved preučili in bolje spoznali pričakovanja državljanov, ki živijo v Alpah, njihovo poznavanje dejanskega stanja, njihovo vlogo pri onesnaževanju zraka, njihove zahteve do oblikovalcev politik in njihovo pripravljenost, da prilagodijo svoje vedenje za izboljšanje kakovosti zraka. To poročilo torej poziva k okrepitevi multidisciplinarnih raziskav o kakovosti zraka v Alpah za hitrejšo sporočanje rezultatov dela deležnikom, za vključitev javnosti v razprave in za vzajemno razumevanje z raziskovalnimi skupnostmi, ki preučujejo Alpe.

PRIPOROČILO 10

Razvijati specifične in poglobljene študije o kakovosti zraka v Alpah, predvsem tam, kjer so ugotovljene težave s kakovostjo zunanjega zraka ali kjer so napovedane težave na podlagi spremljanja stanja, z namenom preučitve vpliva virov onesnaževanja in tudi z njimi povezanih socialnih in političnih vprašanj.

70. c. »ohranjanje čistega zraka – s ciljem drastičnega zmanjšanja emisij škodljivih snovi in obremenitev z njimi v alpskem okolju ter njihovega vnašanja od zunaj do mere, ki ni škodljiva za ljudi, živali in rastline«.



9. VIRI IN LITERATURA

Alpine Traffic Observatory (2020). Observation and analysis of transalpine freight traffic flows. Key figures 2019. Na spletu: <https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/2020-alpine-traffic-observatory-key-figures-2019.pdf>.

Alpska konvencija (2007). Poročilo o stanju Alp. Promet in mobilnost v Apah. Alpski signali – Posebna izdaja 1. Na spletu: https://www.alpconv.org/fileadmin/user_upload/Publications/RSA/RSA1_SL.pdf.

Alpska konvencija (2018a). Alpska konvencija – Zbirka besedil. Alpski signali 1, 3. izdaja. Na spletu: https://www.alpconv.org/fileadmin/user_upload/Publications/AS/AS1_v3_SL.pdf.

Alpska konvencija (2018b). The Alps in 25 maps. Na spletu: https://www.alpconv.org/fileadmin/user_upload/Publications/25maps.pdf.

Alpska konvencija (2011). Alpski signali 6. Nizkoogljičnim Alpam naproti – Nacionalne politike in strategije, regionalne pobude in lokalne akcije. Na spletu: https://www.alpconv.org/fileadmin/user_upload/Publications/AS/AS6_SL.pdf.

American Academy of Pediatrics and Committee on Environmental Health (2004). Ambient Air Pollution: Health Hazards to Children. V: *Pediatrics*, 114, 1699. Na spletu: <https://pediatrics.aappublications.org/content/114/6/1699>.

Andreani-Aksoyoglu, S. in dr. (2008). Contribution of Biogenic Emissions to Carbonaceous Aerosols in Summer and Winter in Switzerland: A Modelling Study. V: Borrego C. and A.I. Miranda (ur.): *Air Pollution Modeling and Its Application XIX*, NATO Science for Peace and Security Series Series C: Environmental Security. Springer, Dordrecht, 101-108. Na spletu: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4020-8453-9_11#citeas.

Avakian, M.D. in dr. (2002). The Origin, Fate, and Health Effects of Combustion By-Products: A Research Framework. V: *Environmental Health Perspectives*, 110 (11), 1155.

BAFU – Bundesamt für Umwelt, Switzerland (2016). Umweltbelastungen des alpenquerenden Güterverkehrs (Environmental impact of freight traffic in the Alps). UZ-1628-D. Na spletu: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/ernaehrung-wohnen-mobilitaet/mobilitaet/monitoring-flankierende-massnahmen-umwelt-mfm-u.html>.

Barroso, P. J. in dr. (2019). Emerging contaminants in the atmosphere: Analysis, occurrence and future challenges. V: *Crit Rev Env Sci Tec*, 49, 104–171.

Beelen, R. in dr. (2014). Effects of long-term exposure to air pollution on natural cause mortality: an analysis of 22 European cohorts within the multicentre ESCAPE project. V: *Lancet*, 383, 785–795.

Belis, C. A. in dr. (2014). European guide on air pollution source apportionment with receptor models. European Union, JRC reference reports, 9789279325144. Na spletu: <https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/reference-reports/european-guide-air-pollution-source-apportionment-receptor-models>.



Besombes, J. L. in dr. (2014). Évaluation des impacts sur la qualité de l'air des actions de modernisation du parc d'appareils de chauffage au bois à Lanslebourg – Rapport Final. Ademe. Na spletu: <http://hal.univ-smb.fr/hal-02014899/document>.

Blasco, M. in dr. (2006). Use of Lichens as Pollution Biomonitors in Remote Areas: Comparison of PAHs Extracted from Lichens and Atmospheric Particles Sampled in and Around the Somport Tunnel (Pyrenees). V: Environ. Sci. Technol. 40, 6384–6391.

Blasco, M. in dr. (2008). Lichens biomonitoring as feasible methodology to assess air pollution in natural ecosystems: Combined study of quantitative PAHs analyses and lichen biodiversity in the Pyrenees Mountains. V: Anal. Bioanal. Chem. 391, 759–771.

Bowman, W. D. in dr. (2018). Limited ecosystem recovery from simulated chronic nitrogen deposition. V: Ecol. App. 28, 1762–1772.

Chaxel, E., Chollet, J. P. (2009). Ozone production from Grenoble city during the August 2003 heat wave. V: Atmos. Environ. 43, 4784–4792.

Chemel, C. in dr. (2016). Valley heat deficit as bulk measure of wintertime particulate air pollution in Arve valley. V: Atmos. Environ. 128, 208–215.

Climate Action Network Europe (2020). Overview of national phase-out announcements, October 2020. Na spletu: <https://beyond-coal.eu/2020/10/15/overview-of-national-phase-out-announcements-july-2020/>.

Delovna skupina Promet Alpske konvencije (2018). Deployment of Alternative Fuels Infrastructure – Implementing the EU Directive 2014/94/EU on the Alpine territory. Na spletu: https://www.alpconv.org/fileadmin/user_upload/fotos/Banner/Topics/transport/AlpineConvention_TransportWG_AlternativeFuels_012019.pdf.

Derognat, C. in dr. (2003). Effect of biogenic volatile organic compound emissions on tropospheric chemistry during the Atmospheric Pollution Over the Paris Area (ESQUIF) campaign in the Ile de France region. V: J. Geophys. R. 108, 8560.

Diemoz, H. in dr. (2014). One Year of Measurements with a POM-02 Sky Radiometer at an Alpine EuroSkyRad Station. V: J. Meteorol. Soc. Jpn. 92A, 1–16.

Diemoz, H. in dr. (2019a). Transport of Po valley aerosol pollution to the north-western Alps. Part 1: Phenomenology. V: Atmos. Chem. Phys. 19, 3065–3095.

Diemoz, H. in dr. (2019b). Transport of Po valley aerosol pollution to the north-western Alps. Part 2: Long term impact on air quality. V: Atmos. Chem. Phys. 19, 10129–10160.

Direktiva (EU) 2016/2284 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 14. decembra 2016 o zmanjšanju nacionalnih emisij za nekatera onesnaževala zraka, spremembi Direktive Direktive 2003/35/EC in razveljavitvi Direktive 2001/81/EC. OJ L 344/1, 17. 12. 2016. Na spletu: <http://data.europa.eu/eli/dir/2016/2284/oj>.

Direktiva (EU) 2016/802 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 11. maja 2016 glede zmanjšanja vsebnosti žvepla v nekaterih vrstah tekočega goriva. OJ L132/58, 21. 5. 2016. Na spletu: <http://data.europa.eu/eli/dir/2016/802/oj>.

Direktiva 2001/42/EC Evropskega parlamenta in Sveta z dne 27. junija 2001 o presoji vplivov nekaterih načrtov in programov na okolje. OJ L 197, 21. 7. 2001. Na spletu: <http://data.europa.eu/eli/dir/2001/42/oj>.

Direktiva 2001/81/EC Evropskega parlamenta in Sveta z dne 23. oktobra 2001 o nacionalnih zgornjih mejah emisij za nekatera onesnaževala zraka. OJ L 309, 27. 11. 2001. Na spletu: <http://data.europa.eu/eli/dir/2001/81/oj>.

Direktiva 2004/107/EC Evropskega parlamenta in Sveta z dne 15. decembra 2004 o arzeniu, živem srebru, niklju in policikličnih aromatskih ogljikovodikih v zunanjem zraku. OJ L 23, 26. 1. 2005. Na spletu: <http://data.europa.eu/eli/dir/2004/107/oj>.

Direktiva 2008/50/EC Evropskega parlamenta in Sveta z dne 21. maja 2008 o kakovosti zunanjega zraka in čistejšem zraku za Evropo. OJ L 152/1, 11. 6. 2008. Na spletu: <http://data.europa.eu/eli/dir/2008/50/oj>.

Direktiva 2009/125/EC Evropskega parlamenta in Sveta z dne 21. oktobra 2009 o vzpostavitvi okvira za določanje zahtev za okoljsko primerno zasnovo izdelkov, povezanih z energijo. OJ L 285/10, 31. 10. 2009. Na spletu: <http://data.europa.eu/eli/dir/2009/125/oj>.

Direktiva 2009/30/EC Evropskega parlamenta in Sveta z dne 13. aprila 2009 o spremembah Direktive 98/70/EC glede specifikacij motornega bencina, dizelskega goriva in plinskega olja ter o uvedbi mehanizma za spremljanje in zmanjševanje emisij toplogrednih plinov ter o spremembi Direktive Sveta 1999/32/EC glede specifikacij goriva, ki ga uporabljajo plovila za plovbo po celinskih plovnih poteh, in o razveljavitvi Direktive 93/12/EEC. OJ L 140/88, 5. 6. 2009. Na spletu: <http://data.europa.eu/eli/dir/2009/30/oj>.

Direktiva 2010/75/EU Evropskega parlamenta in Sveta z dne 34. novembra 2010 o industrijskih emisijah (celovito preprečevanje in nadzorovanje onesnaževanja). OJ L 334/17, 17. 12. 2010. Na spletu: <http://data.europa.eu/eli/dir/2010/75/oj>.

Direktiva 2014/94/EU Evropskega parlamenta in Sveta z dne 22. oktobra 2014 o vzpostavitvi infrastrukture za alternativna goriva (Besedilo velja za EGP). OJ L 307, 28. 10. 2014. Na spletu: <http://data.europa.eu/eli/dir/2014/94/oj>.

Direktiva Komisije (EU) 2015/1480 z dne 28. avgusta 2015 o spremembi nekaterih prilog k direktivama 2004/107/EC in 2008/50/EC Evropskega parlamenta in Sveta ter določitvi pravil glede referenčnih metod, potrjevanja podatkov in umestitve mest vzorčenja za ocenjevanje kakovosti zunanjega zraka (Besedilo velja za EGP). Na spletu: <http://data.europa.eu/eli/dir/2015/1480/oj>.

Direktiva (EU) 2015/2193 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 25. novembra 2015 o omejevanju emisij nekaterih onesnaževal iz srednje velikih kurilnih naprav v zrak. OJ L 313/1, 28. 11. 2015. Na spletu: <http://data.europa.eu/eli/dir/2015/2193/oj>.

Ducret-Stich, R. in dr. (2013a). Role of highway traffic on spatial and temporal distributions of air pollutants in a Swiss Alpine valley. V: *Sci. Total Environ.* 456, 50–60.

Ducret-Stich, R. in dr. (2013b). PM₁₀ source apportionment in a Swiss Alpine valley impacted by highway traffic. V: *Environ. Sci. Pollut. R.* 20, 6496–6508.

EK – Evropska komisija (2018). COM/2018/773 final. Sporočilo Komisije. Čist planet za vse. Evropska strateška dolgoročna vizija za uspešno, sodobno, konkurenčno in podnebno nevtralno gospodarstvo. Na spletu: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52018DC0773>.

EK – Evropska komisija (2019). COM/2019/640 final. Sporočilo Komisije. Evropski zeleni dogovor. Na spletu: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52019DC0640>.

EEA – Evropska agencija za okolje (2018). Unequal exposure and unequal impacts: social vulnerability to air pollution, noise and extreme temperatures in Europe. EEA Report No. 22/2018. Na spletu: <https://www.eea.europa.eu/publications/unequal-exposure-and-unequal-impacts/#additional-files>.

EEA – Evropska agencija za okolje (2019). Air quality in Europe – 2019 Report, 99 pp. EEA Report No 10/2019. Na spletu: <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2019/air-quality-in-europe-2019/viewfile#pdfjs.action=download>.

Egger, I., Hoinka, K. P. (1992). Fronts and orography. V: *Meteorology and Atmospheric Physics*, 48, 3–36.



Elsasser, M. in dr. (2012). Organic molecular markers and signature from wood combustion particles in winter ambient aerosols: aerosol mass spectrometer (AMS) and high time-resolved GC-MS measurements in Augsburg, Germany. V: *Atmos. Chem. Phys.* 12, 6113–6128.

EUSALP (2017). Action Group 4: "To promote inter-modality and interoperability in passenger and freight transport", Study on External costs in mountain areas. Na spletu: <https://www.alpine-region.eu/results/study-external-costs-mountain-areas>.

Fang, T. in dr. (2019). Oxidative Potential of Particulate Matter and Generation of Reactive Oxygen Species in Epithelial Lining Fluid. V: *Environ. Sci. Technol.* 53, 12784–12792.

Favez, O. in dr. (2017a). Traitement harmonisé de jeux de données multi-sites pour l'étude de sources de PM par Positive Matrix Factorization (PMF). Ineris DRC-16-152341-07444A / CARA_PMF Harmonisée.

Favez, O. in dr. (2017b). État des lieux sur les connaissances apportées par les études expérimentales des sources de particules fines en France – Projet Sources. Rapport Ademe, 132 strani.

Finizio, A. in dr. (2006). Variation of POP concentrations in fresh-fallen snow and air on Alpine glacier (Monte Rosa). V: *Ecotox Environ. Safe.* 63, 25–32.

Freier, K. P. in dr. (2019). Monitoring of Persistent Pollutants in the Alps. Bavarian Environment Agency & Environment Agency Austria, Brochure of Bavarian Environmental Agency.

German Environment Agency, Grote, R. (2019). Environmental impacts on biogenic emissions of volatile organic compounds (VOCs) – final report. Na spletu: <https://www.umweltbundesamt.de/en/publikationen/environmental-impacts-on-biogenic-emissions-of>.

Gianini, M. F. D. in dr. (2012). Comparative source apportionment of PM₁₀ in Switzerland for 2008/2009 and 1998/1999 by Positive Matrix Factorisation. V: *Atmos. Environ.* 54, 149–v158.

Gilardoni, S. in dr. (2011). Better constraints on sources of carbonaceous aerosols using a combined 14C – macro tracer analysis in a European rural background site. V: *Atmos. Chem. Phys.* 11, 5685–5700.

Global energy monitor (2019). Air pollution from coal-fired power plants. Na spletu: https://www.gem.wiki/Air_pollution_from_coal-fired_power_plants.

Hao, L. in dr. (2018). Combined effects of boundary layer dynamics and atmospheric chemistry on aerosol composition during new particle formation periods. V: *Atmos. Chem. Phys.* 18, 17705–17716.

Hasan, M. in dr. (2009). Identification and characterization of trace metals in black solid materials deposited from biomass burning at the cooking stoves in Bangladesh. V: *Biomass Bioenerg* 33, 1376–1380.

Hazenkamp-von Arx, M. E. in dr. (2011). Impacts of highway traffic exhaust in alpine valleys on the respiratory health in adults: a cross-sectional study. V: *Environ Health*, 10, 13. <https://doi.org/10.1186/1476-069X-10-13>. Na spletu: <https://ehjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/1476-069X-10-13>.

Health Effects Institute (2019). State of Global Air 2019. Special Report. Boston, MA: Health Effects Institute. Na spletu: https://www.stateofglobalair.org/sites/default/files/soga_2019_report.pdf.

Heimann, D. in dr. (2007). ALPNAP comprehensive report. Università degli Studi di Trento, Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, Trento, Italy, 335 pp. Na spletu http://www.alpine-space.org/2000-2006/uploads/media/ALPNAP_CR_Part_1.pdf.

Herich, H. in dr. (2014). Overview of the impact of wood burning emissions on carbonaceous aerosols and PM in large parts of the Alpine region. V: *Atmos. Environ.* 89, 64–75.

Jaward, F. M. in dr. (2005). PCB and selected organochlorine compounds in Italian mountain air: the influence of altitude and forest ecosystem type. V: *Environ. Sci. Technol.* 39, 3455–3463.

- Larsen, B. R. in dr. (2012). Sources for PM air pollution in the Po Plain, Italy: II. Probabilistic uncertainty characterization and sensitivity analysis of secondary and primary sources. V: *Atmos. Environ.* 50, 203–213.
- Lelieveld, J. in dr. (2020). Loss of life expectancy from air pollution compared to other risk factors: a worldwide perspective. *Cardiovascular research*. Na spletu: <https://doi.org/10.1093/cvr/cvaa025>.
- Lercher, P. in dr. (1995). Perceived traffic air pollution, associated behavior and health in an alpine area. V: *Sci. Tot. Environ.* 169, 71.
- Lighty, J. S. in dr. (2000). Combustion Aerosols: Factors Governing Their Size and Composition and Implications to Human Health. V: *J Air Waste Manage*, 50, 1565.
- Lin, M. in dr. (2020). Vegetation feedbacks during drought exacerbate ozone air pollution extremes in Europe. V: *Nature Climate Change* 10, n°4.
- Löflund, M. in dr. (2002). Monitoring ammonia in urban, inner alpine and pre-alpine ambient air. V: *J. Environ. Monitor.* 4, 205–209.
- Maas, R. and P. Grennfelt (ur.) (2016). CLRTAP_Scientific_Assessment_Report_-_Final, Oslo. Na spletu: http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/lrtap/ExecutiveBody/35th_session/CLRTAP_Scientific_Assessment_Report_-_Final_20-5-2016.pdf.
- Mazuca, G. M. in dr. (2016). Ozone production and its sensitivity to NO_x and VOCs: results from the DISCOVER-AQ field experiment, Houston 2013. V: *Atmos. Chem. Phys.* 16, 14463–14474.
- McLachlan, M. S. in dr. (1998). Forests as Filters of Airborne Organic Pollutants: A Model. V: *Environ. Sci. Technol.* 32, 413–420.
- Meijer, S. N. in dr. (2003). Global Distribution and Budget of PCBs and HCB in Background Surface Soils: Implications for Sources and Environmental Processes. V: *Environ. Sci. Technol.* 37, 667–672.
- Nascimbene, J. in dr. (2014). Patterns of traffic polycyclic aromatic hydrocarbon pollution in mountain areas can be revealed by lichen monitoring: A case study in the Dolomites (Eastern Italian Alps). V: *Sci. Total Environ.* 475, 90–96.
- Nilsson, J., Grennfelt, P. (1988). Critical Loads for Sulphur and Nitrogen. Skokloster, Schweden, 1988. Na spletu: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/4292/dokumente/nilssongrennfelt_1988.pdf.
- Offenthaler, I. in dr. (2009). MONARPOP technical report, revised edition July 2009. Na spletu: http://monarpop.at/downloads/MONARPOP_Technical_Report.pdf.
- Paerl, H. W. (2003). Coastal eutrophication and harmful algal blooms: Importance of atmospheric deposition and groundwater as “new” nitrogen and other nutrient sources. V: *Limnol. Oceanogr.* 42, 1154–1165.
- Pascal, M. in dr. (2017). Impacts de l'exposition chronique aux particules fines sur la mortalité dans la vallée de l'Arve. Santé publique France. Na spletu: <https://www.santepubliquefrance.fr/determinants-de-sante/pollution-et-sante/air/documents/rapport-synthese/impact-de-l-exposition-chronique-aux-particules-fines-sur-la-mortalite-dans-la-vallee-de-l-arve>.
- Pietrodangelo, A. in dr. (2014). Improved identification of transition metals in airborne aerosols by SEM-EDX combined backscattered and secondary electron microanalysis. V: *Environ Sci Pollut R.* 21, 4023.
- Piot, C. (2011). Polluants atmosphériques organiques particulières en Rhône-Alpes : caractérisation chimique et sources d'émissions. Thesis, Université de Grenoble. Na spletu: <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00661284>.



Price, M. F. in dr. (2011). The Alps. From Rio 1992 to 2012 and beyond: 20 years of Sustainable Mountain Development. What have we learnt and where should we go? Swiss presidency of the Alpine Convention 2011–2012. Na spletu: http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/mountain_partnership/docs/ALPS%20FINAL%2020120228%20RIO%20Alps.pdf.

Rihm, B. in dr. (2016). Critical Loads of Nitrogen and their Exceedances. Swiss contribution to the effects-oriented work under the Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (UNECE). Federal Office for the Environment, Bern. V: Environmental studies, 1642, 78 strani.

Robinson, A. L. in dr. (2007). Rethinking organic aerosols: semivolatile emissions and photochemical aging. V: Science, 315, 1259–1262.

Rouvière, A. in dr. (2006). Monoterpene source emissions from Chamonix in the Alpine valleys. V: Atmos. Environ. 40, 3613–3620.

Salvador, P. in dr. (2010). Evaluation of aerosol sources at European high-altitude background sites with trajectory statistical methods. V: Atmos. Environ. 44, 2316–2329.

Schnelle-Kreis, J. in dr. (2010). Anteil von Partikelemissionen aus Holzverbrennungsanlagen PM₁₀-Feinstaub-immissionen im städtischen Umfeld am Beispiel von Augsburg, Teil 1: Emissions- und Immissionsmessungen. V: Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft, 5, 203–209.

Schnitzhofer, R. in dr. (2009). A multimethodological approach to study the spatial distribution of air pollution in an Alpine valley during wintertime. V: Atmos. Chem. Phys. 9, 3385–3396.

Seibert, P. in dr. (1996). A pollution event in the High Alps – Results from the joint EUMAC-ALPTRAC case study. In: Borrell, P. M., Borrell, P., Kelly, K. and W. Seiler (eds.): Proceedings of EUROTRAC Symposium 1996 – Transport and Transformation of Pollutants in the Troposphere. V: Computational Mechanics Publications, Southampton, 251–255.

Sicard, P. in dr. (2012). The Aggregate Risk Index: An intuitive tool providing the health risks of air pollution to health care community and public. V: Atmos Environ, 46, 11–16.

Squizzato, S. in dr. (2013). Factors determining the formation of secondary inorganic aerosol: a case study in the Po Valley (Italy). V: Atmos. Chem. Phys. 13, 1927–1939.

Srivastava, D. in dr. (2019). Speciation of organic fractions does matter for aerosol source apportionment. Part 3: Combining off-line and on-line measurements. V: Sci. Total Environ. 690, 944–955.

Stefenelli, G. in dr. (2019). Secondary organic aerosol formation from smoldering and flaming combustion of biomass: a box model parametrization based on volatility basis set. V: Atmos. Chem. and Phys. 19, 11461–11484.

Stevens, C. J. in dr. (2010). Nitrogen deposition threatens species richness of grasslands across Europe. V: Environ Pollut, 158, 2940–2945.

Sturman, A. and Wanner, H (2001). A Comparative Review of the Weather and Climate of the Southern Alps of New Zealand and the European Alps. V: Mountain Research and Development, 21 (4), 359–369.

Szidat, S. in dr. (2007). Dominant impact of residential wood burning on particulate matter in Alpine valleys during winter. V: Geophys. Res. Lett. 34, L05820.

Thimonier, A. in dr. (2019). Total deposition of nitrogen in Swiss forests: Comparison of assessment methods and evaluation of changes over two decades. V: Atmos. Environ. 198, 335–350.

Tibaldi, S., Buzzi, A., Speranza, A. (1990). Orographic Cyclogenesis. V: Newton C.W., Holopainen E.O. (ur.) Extratropical Cyclones. American Meteorological Society, Boston, MA. Na spletu: https://doi.org/10.1007/978-1-944970-33-8_7.

Treaty on the Functioning of the European Union. Part three – Union policies and internal actions Title XX – Environment Article 193. C326/1, 26.10.2012. Na spletu: http://data.europa.eu/eli/treaty/tfeu_2012/art_193/oj.

Tuet, W. in dr. (2019). Chemical Oxidative Potential and Cellular Oxidative Stress from Open Biomass Burning Aerosol. V: Environ. Sci. Technol. Lett. 6, 126–132.

Uredba (ES) št. 1907/2006 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 18. decembra 2006 o registraciji, evalvaciji, avtorizaciji in omejevanju kemikalij (REACH), ter o ustanovitvi Evropske agencije za kemikalije. OJ L 396, 30. 12. 2006. Na spletu: <http://data.europa.eu/eli/reg/2006/1907/2014-04-10>.

Uredba Komisije (EU) 2015/1185 z dne 24. aprila 2015 o izvajanju Direktive 2009/125/EC Evropskega parlamenta in Sveta glede zahtev za okoljsko primerno zasnovano lokalnih grelnikov prostorov na trdno gorivo. OJ L 193, 21. 7. 2015. Na spletu: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=OJ:L:2015:193:TOC>.

Uredba (EU) 2016/1628 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 14. septembra 2016 o zahtevah v zvezi z mejnimi vrednostmi emisij plinastih in trdnih onesnaževal in homologacijo za motorje z notranjim izgorevanjem za necestno mobilno mehanizacijo, o spremembi uredb (EU) št. 1024/2012 in (EU) št. 167/2013 ter o spremembi in razveljavitvi Direktive 97/68/EC. OJ L 252/53, 16. 9. 2016. Na spletu: <http://data.europa.eu/eli/reg/2016/1628/oj>.

U.S. EPA – United States Environmental Protection Agency (2013). Integrated Science Assessment (ISA) of Ozone and Related Photochemical Oxidants (Final Report, Feb 2013). U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/600/R-10/076F. Na spletu: https://cfpub.epa.gov/si/si_public_file_download.cfm?p_download_id=511347&Lab=NCEA.

U.S. EPA – United States Environmental Protection Agency (2016). Integrated Science Assessment (ISA) for Oxides of Nitrogen – Health Criteria (Final Report, 2016). U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/600/R-15/068. Na spletu: https://cfpub.epa.gov/si/si_public_file_download.cfm?p_download_id=526855&Lab=NCEA.

U.S. EPA – United States Environmental Protection Agency (2019). Integrated Science Assessment (ISA) for Particulate Matter (Final Report, 2019). U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/600/R-19/188. Na spletu: https://ofmpub.epa.gov/eims/eimscomm.getfile?p_download_id=539630.

UNECE (1991). Convention on Environmental Impact Assessment in a Transboundary Context. Na spletu: https://unece.org/DAM/env/eia/documents/legaltexts/Espoo_Convention_authentic_ENG.pdf.

Valverde, V. in dr. (2016). A model-based analysis of SO₂ and NO₂ dynamics from coal-fired power plants under representative synoptic circulation types over the Iberian Peninsula. V: Sci. Tot. Environ. 541, 701–713.

Van Drooge, B. L., Ballesta, P. P. (2009). Seasonal and Daily Source Apportionment of Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Concentrations in PM₁₀ in a Semirural European Area. V: Environ. Sci. Technol. 43, 7310–7316.

Wania, F. in dr. (2001). Estimating the Influence of Forests on the Overall Fate of Semivolatile Organic Compounds Using a Multimedia Fate Model. V: Environ. Sci. Technol. 35, 582–590.

Weber, S. in dr. (2019). Comparison of PM₁₀ Sources Profiles at 15 French Sites Using a Harmonized Constrained Positive Matrix Factorization Approach. V: Atmosphere, 10, 310–331.

Weimer, S. in dr. (2009). Mobile measurements of aerosol number and volume size distributions in an Alpine valley: Influence of traffic versus wood burning. V: Atmos. Environ. 43, 624–630.



Weiss, P. in dr. (2015). MONARPOP – Ergebnisse der Dioxin- und PCB-messungen in Luft und Deposition. Report REP-0546. Na spletu: <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0546.pdf>.

WHO (2019). WHO European High-level Conference on Non-communicable Diseases 9 – 10 April 2019 Ashgabat, Turkmenistan. Na spletu: <https://www.who.int/news-room/events/detail/2019/04/09/default-calendar/who-european-high-level-conference-on-noncommunicable-diseases>.

WHO Europe (2013a). Health risks of air pollution in Europe – HRAPIE project. Recommendations for concentration–response functions for cost–benefit analysis of particulate matter, ozone and nitrogen dioxide. Na spletu: <https://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/2013/health-risks-of-air-pollution-in-europe-hrapie-project.-recommendations-for-concentrationresponse-functions-for-costbenefit-analysis-of-particulate-matter,-ozone-and-nitrogen-dioxide>.

WHO Europe (2013b). Review of evidence on health aspects of air pollution, technical report. Na spletu: <https://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/2013/review-of-evidence-on-health-aspects-of-air-pollution-revihaap-project-final-technical-report>.

WHO Europe (2013c). Development of the health economic assessment tools (HEAT) for walking and cycling. Na spletu: https://www.euro.who.int/___data/assets/pdf_file/0003/155631/E96097.pdf.

Wierzbicka, A. in dr. (2005). Particle emissions from district heating units operating on three commonly used biofuels. V: *Atmos. Environ*, 39, 139.

Wotawa, G. in dr. (2000). Transport of ozone towards the Alps – results from trajectory analyses and photochemical model studies. V: *Atmos. Environ*, 34, 1367–1377.

Young, P. J. in dr. (2018). Tropospheric Ozone Assessment Report: Assessment of global-scale model performance for global and regional ozone distributions, variability, and trends. V: *Elementa. Science of the Anthropocene*, 6: 10. DOI: <https://doi.org/10.1525/elementa.265>.

Zhang, W. in dr. (2014). Emission of Metals from Pelletized and Uncompressed Biomass Fuels Combustion in Rural Household Stoves in China. V: *Scientific Reports*, 4, 5611.

Zotter, P. in dr. (2014). Radiocarbon analysis of elemental and organic carbon in Switzerland during winter smog episodes from 2008 to 2012 – Part I: Source apportionment and spatial variability. V: *Atmos. Chem. Phys.* 14, 13551–13570.

PRILOGA 1

PREGLED NAJPOGOSTEJŠIH
ONESNAŽEVAL**Amonijak (NH₃)**

Amonijak je brezbarven alkalen plin in je ena izmed najbolj razširjenih dušikovih spojin v ozračju. Je dražilna snov z značilnim ostrim vonjem. Ob vdihavanju se useda v zgornjih dihalih: izpostavljenost tej snovi na delovnem mestu je običajno povezana s sinusitisom. Majhne količine NH₃ nastajajo po naravni poti v skoraj vseh tkivih in organih vretenčarjev.⁷¹

Arzen (As)

Arzen in njegove spojine so splošno prisotni v naravi. Arzen se sprošča v ozračje tako iz naravnih kot tudi iz antropogenih virov. Njegov glavni naravni vir je vulkanska aktivnost, antropogeni izpusti pa izvirajo in taljenja kovin, zgorevanja goriv, še posebno iz slabšega rjavega premoga, in uporabe pesticidov. V okolje se najpogosteje prenaša z vodo. Arzen je v zraku v glavnem prisoten v obliki delcev kot anorganski arzen. Je izredno strupen in potrjeno karcinogen v svoji anorganski obliki.⁷³

Benzen (C₆H₆)

Benzen je brezbarvna tekočina, ki ob stiku z zrakom hitro izhlapeva. Nastaja ob naravnih procesih, kot so vulkanizem in gozdni požari, do največje izpostavljenosti benzenu pa prihaja ob človeških aktivnostih. Benzen je naravna komponenta surove nafte in se sprošča ob njenem pridobivanju ter v koksarnah. Poleg teh industrijskih virov se izpusti sproščajo tudi iz različnih virov zgorevanja, kot so motorji, zgorevanje lesa in stacionarno zgorevanje fosilnih goriv. Eden večjih virov so izpuhi in

izhlapevanje iz motornih vozil ter izhlapevanje ob ravnanju z bencinom, njegovi distribuciji (npr. dotakanje v avtomobil) in shranjevanju. IARC benzen klasificira kot karcinogena za ljudi.⁷⁴

Benzo(a)piren (BaP)

Je policiklični aromatski ogljikovodik (PAO), ki nastane ob nepopolnem zgorevanju organske snovi. Najdemo ga predvsem v bencinskih in dizelskih izpušnih plinih, cigaretne dimu, premogovem katranu, na oglju pečeni hrani in nekaterih drugih živilih. Šteje se za rakotvorno snov in predstavlja nevarnost za okolje, ker z lahkoto pronica v tla in onesnažuje podtalnico.⁷⁵

Črni ogljik (saje) in elementarni ogljik (EC)

Sta osnovni sestavini atmosferskih aerosolov. Nastajata ob nepopolnem zgorevanju fosilnih goriv ali biomase.⁷⁶

Dušikovi oksidi (NO_x)

NO_x je splošni izraz za dušikov oksid (NO) in dušikov dioksid (NO₂), strupena plina, ki reagirata z drugimi kemijskimi snovmi v zraku in z njimi tvorita trdne delce, ozon in kisli dež. Plina NO_x navadno nastaneta med zgorevanjem goriv, na primer ogljikovodikov, predvsem pri visokih temperaturah, na primer v avtomobilskih motorjih, ogrevalnih sistemih in pri proizvodnji električne energije. Na območjih z gostim prometom motornih vozil, na primer v velikih mestih, so nastali dušikovi oksidi potencialno pomemben vir onesnaževanja. Plina NO_x sta zelo strupena in povzročata močno vnetje dihalnih poti.⁷⁷

71. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/222>.

72. https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0014/123071/AQG2ndEd_6_1_Arsenic.PDF.

73. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/arsenic>.

74. <https://www.cancer.org/cancer/cancer-causes/benzene.html>

<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/benzene>.

75. https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Benzo_a_pyrene.

76. <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/2014JD022144>

<https://www.hindawi.com/journals/amete/2014/179301/>.

77. [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)

<https://www.epa.gov/no2-pollution/basic-information-about-no2#What%20is%20NO2>.



Hlapne organske spojine (HOS) in nemetanske hlapne organske spojine (NMHOS)

HOS in NMHOS sta skupini organskih spojin (npr. benzen, etanol, formaldehid, cikloheksan, trikloretan ali aceton), ki imajo zelo različno kemijsko sestavo, vendar se v ozračju obnašajo na podoben način: izpušča jih široka paleta na tisoče različnih izdelkov in procesov, bodisi naravnih bodisi takih, ki so rezultat človekovih dejavnosti. Večina vonjev in vonjav prihaja od HOS. HOS vključujejo številne kemijske snovi, med katerimi imajo lahko nekatere tudi negativne kratkoročne in dolgoročne učinke na zdravje. Ravni številnih HOS so občutno višje v zaprtih prostorih (celo do desetkrat višje) v primerjavi z vrednostmi na odprtem. Nekateri NMHOS, predvsem npr. benzen, so nevarni za zdravje ljudi in prispevajo k nastajanju prizemnega ozona.⁷⁸

Kadmij (Cd)

Kadmij je težka kovina, ki se v drobnih količinah nahaja v zraku, vodi, tleh in hrani. V preteklosti so kadmij uporabljali v glavnem pri galvanizaciji kovin in v pigmentih ali stabilizatorjih plastike. Danes kadmij v številnih pogledih predstavlja ključno komponento moderne tehnologije: proizvodnja kadmij-nikljevih baterij na primer porabi 55 % vsega proizvedenega kadmija, pričakovano pa je, da se bo ta poraba še povečala (npr. z uporabo električnih vozil). V EU in po svetu približno 85–90 % vseh izpustov kadmija v zrak izvira iz antropogenih virov, največ iz taljenja in rafinacije barvnih kovin, zgorevanja fosilnih goriv in sežiganja gospodinjskih odpadkov. Kadmij ima izjemno dolgo naravno razpolovno dobo, kar rezultira v praktično nepovratni akumulaciji kovine v telesu tekom življenja. Klasificiran je kot karcinogen za ljudi.⁷⁹

Nikelj (Ni)

Nikelj je težka kovina, ki je splošno razširjena in se normalno v nizkih koncentracijah pojavlja v naravi. Zgorevanje oljnih ostankov in kurilnih olj, rudarjenje in rafiniranje niklja ter sežig gospodinjskih odpadkov so glavni antropogeni viri izpustov niklja v ozračje, ki prispevajo približno 90 % vseh globalnih emisij niklja. Hlapi niklja dra-

žijo dihala.⁸⁰ Nikljeve spojine IARC klasificira kot karcinogene za ljudi.

Obstoječe organsko onesnaževalo (POP, ang. Persistent Organic Pollutant)

Onesnaževala POP so primarno sintetične kemijske snovi antropogenega izvora. Nastajajo kot industrijski proizvodi ali kot nenamerni stranski proizvodi industrijskih procesov ali zgorevanja. Nastanejo lahko tudi iz odpadkov in zaradi njihovega zgorevanja, zaradi prometa in kmetijskih dejavnosti (nekatera onesnaževala POP so pesticidi, npr. DDT). Postala so globalen problem zaradi potencialne prenosljivosti na dolge razdalje (razširjeni so po celem svetu in se lahko vključijo v atmosferske procese), obstojnosti v okolju (desetletja in celo stoletja), sposobnosti bioakumulacije in še posebej biomagnifikacije v ekosistemih in organizmih (najvišje koncentracije je najti v organizmih na vrhu prehranske verige: ravni ozadja POP so lahko prisotne tudi v človeškem telesu) ter pomembnih negativnih posledic za zdravje ljudi in okolje. Izpostavljenost človeka POP – za nekatere izmed teh spojin v scenarijih tudi pri nizkih ravneh – lahko povzroči med drugim povečanje tveganja za nastanek raka, motnje v razmnoževalnem sistemu, spremembe v imunskem sistemu, nevro-vedenjske okvare in večjo pogostnost prirojenih telesnih hib.⁸¹

Ogljikov monoksid (CO)

CO je strupen plin brez vonja in okusa, ki nastaja med nepopolnim zgorevanjem ogljika. Vdihavanje visokih koncentracij tega plina povzroča poškodbe na osrednjem živčnem sistemu in zadušitev.⁸²

Ozon (O₃)

Ozon je plin, ki ga sestavljajo trije atomi kisika. Pojavlja se bodisi v zgornjih plasteh zemljine atmosfere bodisi pri tleh. Prva vrsta ozona, ki se imenuje stratosferski ozon, nastane naravno in ustvari zaščitno plast, ki filtrira UV sončne žarke. Prizemni (ali troposferni) ozon pa je zdravju škodljivo onesnaževalo. Ta vrsta ozona ni izpuščena neposredno v zrak, vendar nastaja kot reakcija med NO_x in hlapnimi organskimi spojinami (HOS)

78. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/eea-32-non-methane-volatile-1>
<https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/volatile-organic-compounds-impact-indoor-air-quality>

79. <https://www.cancer.gov/about-cancer/causes-prevention/risk/substances/cadmium>
https://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/cadmium/en/
https://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0016/123073/AQG2ndEd_6_3Cadmium.PDF

80. https://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0014/123080/AQG2ndEd_6_10Nickel.pdf

81. https://www.who.int/foodsafety/areas_work/chemical-risks/pops/en/

82. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/281>

ob prisotnosti sončne svetlobe. Zaradi tega je največja verjetnost pojavljanja škodljivih stopenj ozona v vročih sončnih dnevih v mestnem okolju, čeprav so lahko visoke ravni ozona prisotne tudi v hladnejših mesecih. Na dolge razdalje ga lahko prenaša veter, zato je mogoče beležiti visoke ravni ozona v zraku tudi na podeželskih območjih. Vdihavanje ozona lahko povzroči vrsto težav na dihalih. Ozon vpliva tudi na občutljivo rastlinje in ekosisteme.⁸³

Perkloretilen (PERC)

PERC je brezbarvna tekočina, ki oddaja škodljive hlapne, kadar je izpostavljena sončni svetlobi ali plamenom. Izpostavljenost tem hlapom lahko povzroči draženje dihalnih poti in oči, nevrološke posledice ter poškodbe na ledvicah in jetrih. Uporabičeno lahko domnevamo, da je rakotvoren za človeka. PERC je pogosto onesnaževalo tal. Zaradi mobilnosti v podtalnici, toksičnosti pri nizkih koncentracijah in gostote (zaradi česar pade pod gladino podtalnice) je postopek čiščenja težji kot ob razlitju nafte.⁸⁴

Polciklični aromatski ogljikovodiki (PAO)

Je skupina kemijskih snovi, ki se pojavljajo v premogu, surovi nafti in bencinu. Nastanejo tudi med zgorevanjem premoga, nafte, plina, lesa, odpadkov in tobaka. Tudi kuhanje pri visokih temperaturah povzroči nastanek PAO v hrani. Leta 2010 je IARC Monographs Programme pregledal eksperimentalne podatke za 60 posameznih PAO. Izmed teh je BaP klasificiran kot karcinogen za ljudi (skupina 1). Ostali PAO so klasificirani kot verjetno karcinogeni za ljudi (skupina 2A) ali morebiti karcinogeni za ljudi (skupina 2B). Druge skupine se zaradi omejenih ali nezadostnih eksperimentalnih dokazov ne da klasificirati glede na njihovo karcinogenost za ljudi (skupina 3). PAO imajo podoben mehanizem karcinogene aktivnosti tako na ljudi kot na poskusne živali. Številni PAO so povzročili rakasta obolenja, motnje v razmnoževalnem sistemu ter poškodovali kožo, telesne tekočine in imunski sistem laboratorijskih živali, ki so jim bile izpostavljene. PAO vzbujajo zaskrbljenost, ker so obstojni in lahko ostanejo v okolju za daljša obdobja.⁸⁵

Primarni in sekundarni organski aerosol (POA in SOA)

Aerosol so trdni delci, v zraku lebdeči fini delci ali kapljice tekočine. POA oddajajo neposredno različni bodisi naravni (rastline in mikroorganizmi) bodisi antropogeni viri (npr. zgorevanje fosilnih goriv in biomase). SOA nastaja zaradi spreminjanja organskih spojin v ozračju.

Svinec (Pb)

Svinec je težka kovina, ki je gostejša od večine običajnih materialov. Tretiran je kot izredno strupen, v človeško telo pa lahko zaide s kontaminirano vodo ali hrano ali z dihanjem izpuhov ali prahu, ki vsebuje svinec. Na globalni ravni zgorevanje dodatkov alkilnega svinca v motornih gorivih prispeva največji delež vseh izpustov svinca v ozračje, sledi pa mu zgorevanje premoga. Večina ljudi največji del dnevnega zaužitja svinca prejme s hrano: večina svinca se v hrani odloži v procesu shranjevanja in predelave ali z neposredno listno kontaminacijo rastlin s svincom iz ozračja. Svinčene vodovodne cevi ali barva, ki vsebuje svinec, ki se je uporabljala v starih zgradbah, sta lahko pomemben vir izpostavljenosti svincu za ljudi.

Strupenost svinca lahko v glavnem razložimo z njegovimi motnjami encimskih sistemov, zaradi česar so njegove potencialne tarče številni organi oziroma organski sistemi. Najpomembnejše – lahko vpliva na tvorjenje hema, na živčni sistem, na krvni pritisk in srčno-žilni sistem ter na ledvice. Po podatkih IARC ni zadostnih dokazov o karcinogenosti svinčevih spojin za ljudi.⁸⁶

Trdni delci (PM, ang. Particulate Matter)

Kratice PM označuje mešanico delcev in kapljic tekočine, ki lebdi v zraku. Ti delci so različnih velikosti in oblik in jih lahko sestavlja na stotine različnih kemijskih snovi. Nekatere delce izpuščajo neposredno viri onesnaževanja (npr. gradbišča, polja ali požari), ampak večina jih nastane v ozračju kot posledica kompleksnih reakcij kemijskih snovi, kot sta SO_2 in NO_x . Oznaka PM se nanaša na: delce PM_{10} (premer 10 mikrometrov (μm) in manjši premeri), delce $PM_{2.5}$ (2,5 μm in manjši premeri) in ultrafine delce UFP (ali $PM_{0.1}$, manjši kot 0,1 μm).

83. <https://www.epa.gov/ground-level-ozone-pollution/ground-level-ozone-basics>
[https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health).

84. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/31373>.

85. <https://archive.epa.gov/epawaste/hazard/wastemin/web/pdf/pahs.pdf>

https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-03/documents/pahs_factsheet_cdc_2013.pdf

<https://publications.iarc.fr/Book-And-Report-Series/IARC-Scientific-Publications/Tumour-Site-Concordance-And-Mechanisms-Of-Carcinogenesis-2019>.

86. https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0020/123077/AQG2ndEd_6_7Lead.pdf.



Manjši kot so delci, lažje prodrejo v pljučne mešičke in sežejo do celic in organov.⁸⁷

Živo srebro (Hg)

Živo srebro in njegove spojine so splošno prisotni v naravi. V okolje se sprošča po naravni poti, z vulkansko aktivnostjo in preperevanjem kamnin, ali kot rezultat človeške aktivnosti, kar je tudi glavni vzrok sproščanja živega srebra, še posebno v termoelektrarnah na premog, pri zgorevanju premoga za gospodinjstvo ogrevanje in kuhanje ter pri industrijskih procesih.⁸⁸ Izpostavljenost že majhnim količinam živega srebra lahko povzroči resne zdravstvene težave in predstavlja grožnjo razvoju zarodka v maternici in otroka v zgodnjem otroštvu. Ljudje smo živemu srebru izpostavljeni v glavnem z vdihovanjem hlapov elementarne-

ga živega srebra, ki se sproščajo iz amalgamskih zobnih zalivk in z zaužitjem z ribami ali školjkami, ki so kontaminirane z živosrebrnimi spojinami.⁸⁹ IARC živo srebro klasificira kot morebiti karcinogenega za ljudi.

Žveplov dioksid (SO₂)

Je brezbarven plin z ostrim vonjem, produkt zgorevanja fosilnih goriv in taljenja mineralnih goriv, ki vsebujejo žveplo. Glavni antropogeni vir SO₂ je zgorevanje fosilnih goriv, ki vsebujejo žveplo. SO₂ lahko prizadene dihalna in funkcionalnost pljuč ter povzroči draženje oči. Število sprejemov v bolnišnice zaradi srčnih obolenj in smrti se poveča v dneh, ko so ravni SO₂ višje. Kadar se SO₂ spoji z vodo, se tvori žveplova kislina, ki je glavna sestavina kislega dežja.⁹⁰

87. <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics>.

88. <https://www.nature.com/articles/s12276-020-0403-3>

<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/mercury-and-health>.

89. https://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/mercury/en/.

90. [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health).

PRILOGA 2

POMEMBNI PROJEKTI V ALPSKI REGIJI

ALPNAP: INTERREG IIIB PROGRAM

»OBMOČJE ALP«

Projekt ALPNAP (Spremljanje in zmanjševanje hrupa in onesnaževanja zraka, ki ju povzroča promet ob glavnih alpskih prometnicah) je bil zaključen leta 2007. Triletni projekt (2005–2007) je sofinanciral Evropski sklad za regionalni razvoj (ESRR) v okviru pobude Interreg III B, Program Območje Alp. Cilja projekta ALPNAP sta bila zbiranje in opis sodobnih znanstvenih metod za opazovanje in napovedovanje onesnaževanja zraka in zvočnega onesnaževanja vzdolž čezalpskih prometnih koridorjev ter ocena povezanih vplivov na zdravje in dobro počutje ljudi. Dodano vrednost projekta ALPNAP je povečalo usklajeno sodelovanje s sočasnim projektom MONTIRAF (Monitoring of Road-Traffic Related Effects in Alpine Space and Common Measures – spremljanje vplivov cestnega prometa na območju Alp in skupni ukrepi), mrežo regijskih uprav za promet in okolje v Alpah. Cilj projekta MONTIRAF je bil razvijati celovite ukrepe za zmanjševanje negativnih vplivov cestnega prometa ob istočasnem izboljšanju kakovosti življenja v alpski regiji.

<http://alpnap.i-med.ac.at/>

<http://alpnap.i-med.ac.at/results-en.html>

LIFE BRENNERLEC – NIZKOEMISIJSKI BRENNERSKI KORIDOR (ITALIJA)

»BrennerLEC je skrajšan naziv za Brenner Lower Emissions Corridor (nizkoemisijski brennerski koridor). BrennerLEC si je zadal cilj, da postane promet na prometni osi Brennerja bolj prijazen do zdravja krajevnih prebivalcev in bolj v skladu z geografskimi značilnostmi območja ter da se zavaruje posebno alpsko okolje, ki ga prečka prometna os«.

Z omejitvami hitrosti in upravljanjem prometa želi doseči največjo možno korist za okolje in promet. Namen projekta je dokazati učinkovitost takih ukrepov, zato da bi jih uporabljali v večjem obsegu.

<http://brennerlec.life/en/home>

ESPACE MONT-BLANC (FRANCIJA, ITALIJA, ŠVICA)

Projekt Espace Mont-Blanc je pobuda čezmejneg sodelovanja, ki združuje Savojo (FR), Zgornjo Savojo (FR), Dolino Aoste (IT) in Valais (CH) s ciljem varovanja izjemne naravne in okoljske dediščine ter skupnih gospodarskih in turističnih dejavnosti. Espace Mont-Blanc je že leta 1998 začel čezmejno kampanjo za merjenje zraka. Ta aktivnost se je nadaljevala z zagotavljanjem stalnega spremljanja kakovosti zraka. Učinkovitost ukrepov naj bi prinesla dodatne koristi za celotno alpsko regijo zaradi zmanjšanja lokalnih virov onesnaževanja in prenašanja onesnaženosti iz Padske nižine.

<http://www.espace-mont-blanc.com/>

MONARPOP (AVSTRIJA, NEMČIJA, ITALIJA, ŠVICA, SLOVENIJA)

Projekt Monarpop (Mreža za spremljanje obstojnih organskih in drugih organskih onesnaževal v alpski regiji), skupen projekt Avstrije, Nemčije, Italije, Švice in Slovenije, se je zaključil leta 2008. Kot pilotni projekt je Monarpop prvič ocenil obremenitev alpskega okolja z obstojnimi organskimi onesnaževali POP (1. faza) ter na podlagi rezultatov podal zaključke (npr. skupno deklaracijo) in izvedbene ukrepe za zmanjšanje te obremenitve (2. faza). Alpe predstavljajo pomemben ponor in



pregrado za obstojna organska onesnaževala POP, ki se prenašajo na dolge razdalje. To je najpomembnejša ugotovitev projekta Monarpop.

Projekt je preučeval onesnaževanje zraka z obstojnimi organskimi in drugimi onesnaževali v Alpah. V mreži je sodelovalo 12 partnerjev v okviru evropskega Programa Območje Alp. Rastline, tla in zrak so analizirali v profilih na različnih nadmorskih višinah. Depozicije in zračni tokovi kažejo, po kateri zračni poti se prenašajo snovi, in porazdelitev virov glede na izvor. Monarpop je prispeval k učinkovitemu spremljanju spoštovanja Stockholmske konvencije s pomočjo stalnih meritev zraka in padavin na izbranih gorskih vrhovih za spremljanje časovnih vrst. Projekt bo treba podaljšati, zato da se pripravijo zaključki o zemljepisnem izvoru in sezonskih spremembah izvora obstojnih organskih onesnaževal v alpskem ozračju.

<http://www.monarpop.at/>

<https://keep.eu/project/122/monitoring-network-in-the-alpine-region-for-persistent-and-other-organic-pollutants>

LIFE PREPAIR (UKREPI DEŽEL PADSKE NIŽINE ZA KAKOVOST ZRAKA) (ITALIJA)

»Projekt PrepAir (Ukrepi dežel Padske nižine za kakovost zraka) si je zadal cilj izvajanja ukrepov, oblikovanih v okviru regionalnih načrtov in v širšem obsegu v okviru »Padskega dogovora«, za okrepitev sonaravnosti in trajnosti rezultatov; geografsko območje, ki ga je zajel projekt, je Padska nižina z deželami in mesti, ki v največji meri vplivajo na kakovost zraka porečja. V okvir aktivnosti je zajeta tudi Slovenija, da se oceni in zmanjša prenos onesnaževal tudi čez Jadransko morje.« Projekt želi razširiti obseg izvajanja ukrepov v okviru regionalnih načrtov za Padsko nižino v smislu sonaravnosti in trajnosti. Padska nižina v severni Italiji je območje, ki predstavlja pomemben vir delcev PM, NO_x (NO₂), NH₃ in O₃. To območje pokriva ozemlje severnih italijanskih dežel in zajema številne aglomeracije, kot so Milano, Torino in Bologna. Na prenos in porazdelitev onesnaževal vplivajo morfološke značilnosti Padske nižine. Za zmanjšanje onesnaževanja zraka v ozadju so se vse regije Padske nižine združile in načrtovale ukrepe za zmanjšanje izpustov zaradi zgorevanja biomase, izpustov na področju potniškega in blagovnega prometa, ogrevanja, industrije, energetike in kmetijstva v prihodnjih letih. V ta namen so podpisale dogovor, s katerim se zavezujejo k razvijanju in usklajevanju kratkoročnih in dolgoročnih ukrepov za izboljšanje kakovosti

zraka v Padski nižini. Projektne ukrepi bodo zajeli tudi Slovenijo, da se oceni in zmanjša prenos onesnaževal čez Jadransko morje.

<http://www.lifeprepare.eu/>

PUREALPS (NEMČIJA, AVSTRIJA, ITALIJA)

Cilj avstrijsko-bavarskega programa PureAlps je zaščititi Alpe pred kritičnimi vplivi POP, spremljati koncentracije zraka in depozicijo onesnaževal POP zaradi padavin, snega in prahu. Na okoljski raziskovalni postaji Schneefernerhaus (UFS) na gori Zugspitze so v zunanjem zraku analizirali 106 snovi in razredov snovi, povezanih z onesnaževali POP.

GUAN (PROJEKT NEMČIJE ZA MREŽO ULTRAFINIH DELCEV) (NEMČIJA, ITALIJA, AVSTRIJA, ŠVICA)

Ultrafini delci predstavljajo možno tveganje za človeka. GUAN je partnerska mreža merilnih mest v Nemčiji, ki ustvarja novo znanstveno podlago za ocenjevanje ultrafinih delcev. Glavne spremembe pri meritvah so število delcev, porazdelitev velikosti in masne koncentracije saj. Od samega začetka se je partnerska mreža povečala na 17 merilnih postaj. Zbrane podatke je možno uporabiti za revizijo Direktive Evropske unije o kakovosti zraka. Merilna mesta GUAN na območju Alp so nameščena na okoljski raziskovalni postaji Schneefernerhaus (UFS) na gori Zugspitze, na gori Hohen Peißenberg in na severnih vznožjih Alp.

PREISKAVA O REGIONALNEM OGLJIČNEM PRORAČUNU NA OSNOVI ATMOSFERSKIH MERITEV (NEMČIJA, ITALIJA, ŠVICA)

Na osnovi meritev v ozračju, ki so jih izvedle krajevne opazovalnice, je karakterizacija proračuna za CO₂ in CH₄ na območju Alp izvedljiva in zanesljiva. Poleg tega je metodologija projekta uporabna za zanesljivo merjenje virov in ponornih območij, vezanih na podnebje, ter sezonskih nihanj.

VOTALP I IN VOTALP II NAVPIČNO PRENAŠANJE OZONA V ALPAH (ŠVICA, AVSTRIJA, NEMČIJA, EU)

Projekt Votalp (Navpično prenašanje ozona v Alpah) se je zaključil konec leta 1999. Šlo je za skupen projekt, v katerega so bili vključeni Univerza

za agrikulturne znanosti na Dunaju (AT), Univerza v Kölnu in Institut Fraunhofer za okoljske raziskave ozračja v Garmisch - Partenkirchnu (DE), Institut Paul Scherrer, Univerza v Bernu in Metair AG (CH), Nacionalni raziskovalni svet (IT) in Univerza v Ljubljani (SI). Težišče projekta je bilo preučevanje izboljšane vertikalne izmenjave nad Alpami ter tudi drugih procesov, ki so pomembni za povečanje ravni ozona. Razvil se je v dva zaporedna projekta: Votalp I in Votalp II. Finančna sredstva sta prispevali Evropska komisija v okviru četrtega okvirnega programa Okolje in podnebje ter švicarska vlada.

Glavna cilja projekta Votalp sta bila raziskovanje vertikalne izmenjave onesnaževal nad alpskimi vznožji s pomočjo letalskih meritev in raziskovanje ozona. Izpušne pline iz Milana in Münchna v alpski regiji so raziskali s pomočjo letalskih meritev, ki so jih potem primerjali s prejšnjimi kampanjami, kjer so lahko opazili občutno povišane ravni nad alpskimi vznožji. S tema študijama so prvič opisali vertikalno izmenjavo onesnaževal nad vznožji. Milano je eden izmed glavnih virov onesnaževanja – v poletnih mesecih onesnaževala s tega območja pogosto dosežejo Alpe.

<https://imp.boku.ac.at/votalp/>

VAO – VIRTUALNI ALPSKI OBSERVATORIJ (NEMČIJA, ITALIJA, FRANCIJA, AVSTRIJA IN ŠVICA)

Projekt Virtualnega alpskega observatorija (VAO) vzpostavlja mrežo raziskovalnih dejavnosti evropskih visokogorskih raziskovalnih observatorijev za Alpe za izboljšano spremljanje podnebja in okolja. Pri tem nudi podporo raziskovalnim dejavnostim visokogorskih raziskovalnih postaj, tako da kombinira njihove meritve in razvija skupne raziskovalne projekte. Če dodamo dostop do drugih, na primer satelitskih podatkov, in uporabo zmogljivih računalniških sistemov, pomeni to skoraj edinstvene priložnosti za raziskovalno dejavnost.

GAW – PROGRAM GLOBALNEGA ATMOSFERSKEGA BDENJA (GLOBAL ATMOSPHERE WATCH) (NEMČIJA, ITALIJA, FRANCIJA, AVSTRIJA, ŠVICA)

Program globalnega atmosferskega bdenja (Global Atmosphere watch – GAW) je program Svetovne meteorološke organizacije (SMO), partnerstvo, v katerem sodelujejo članice SMO in ki združuje mreže, organizacije ter institucije, ki v tem okviru

sodelujejo in nudijo zanesljive znanstvene podatke ter informacije o kemijski sestavi ozračja ter njegovih naravnih in antropogenih spremembah in ki prispevajo k izboljšanju razumevanja medsebojnega vplivanja atmosfere, onesnaževanja zraka na velike razdalje in biosfere.

GAW se osredotoča na aerosole, toplogredne pline, izbrane reaktivne pline, ozon, UV sevanje in kemijsko sestavo padavin (oziroma atmosfersko depozicijo). GAW ustvarja raziskovalno mrežo, podatkovno platformo ter mrežo za modeliranje in spremljanje.

BB CLEAN – STRATEŠKA ORODJA ZA TRAJNOSTNO RABO ZA NIZKOOGLJIČNO DOMAČE OGREVANJE (ITALIJA, FRANCIJA, SLOVENIJA, AVSTRIJA): STRATEŠKA ORODJA ZA TRAJNOSTNO RABO BIOMASE Z NAMENOM ZMANJŠEVANJA ONESNAŽEVANJA IZ MALIH KURILNIH NAPRAV

V alpski regiji se postavlja potreba po boljšem izkoriščanju in uporabi lokalnih virov, kot je les, in istočasnem zmanjšanju vpliva na okolje in podnebje. Biomasa je gospodarski vir, ki je na voljo lokalno in je zato zelo pomemben za prebivalstvo. Z zgorevanjem lesa se izognemo izpustom CO₂ iz fosilnih goriv v ozračje. Kljub temu pa lahko uporaba napačne tehnologije za zgorevanje lesa povzroči nesprejemljivo izpuščanje nezaželenih delcev (PM) v zunanji zrak, ki se ga prebivalci niti ne zavedajo. Glavni cilj tega projekta je torej razvoj nadnacionalnih strategij za trajnostno uporabo biomase za male kurilne naprave z namenom zmanjševanja vplivov in spodbujanja pametne uporabe tega vira v alpski regiji. Razvoj skupnih, za politiko pomembnih dokumentov bo spodbudil uporabo usklajenih predpisov za trajnostno uporabo biomase v alpskem prostoru.

ACTRIS/ACTRIS II INFRASTRUKTURA ZA RAZISKOVANJE AEROSOLOV, OBLAKOV IN PLINOV V SLEDEH (AVSTRIJA, FRANCIJA, NEMČIJA, ITALIJA, ŠVICA)

Projekt Actris (Infrastruktura za raziskovanje aerosolov, oblakov in plinov v sledih) je vseevropska pobuda, v kateri partnerji krepijo visokokakovostne aktivnosti opazovanja aerosolov, oblakov in plinov v sledih. Različni atmosferski procesi so vedno bolj v ospredju, ko gre za okoljske in družbene izzive, na primer kakovost zraka, zdravje, trajnostnost in podnebne spremembe. Projekt



Actris si je zadal cilj, da pripomore k obvladovanju teh izzivov s tem, da raziskovalcem nudi platformo, preko katere lahko učinkoviteje povežejo dosežke in prosto posredujejo opazovane podatke o aerosolih, oblakih in plinih v sledih vsakomur, ki bi jih hotel uporabiti.

CLIMGAS-CH (HALCLIM)/AGAGE MERITVE HALOGENIRANIH TOPLOGREDNIH PLINOV NA PRELAZU JUNGFRAUJOCH

Med letoma 2000 in 2008 so potekale neprekinjene meritve več kot 50 toplogrednih plinov in plinov, ki razgrajujejo ozon, na prelazu Jungfraujoch v okviru švicarskega nacionalnega projekta HALCLIM pod pokroviteljstvom institucij Empa (Švicarski zvezni laboratoriji za testiranje in raziskovanje materialov) in BAFU (Švicarski zvezni urad za okolje). Od leta 2018 so bili v okviru projekta CLIMGAS-CH, ki ga skupno upravljata Empa in BAFU, analizirani vsi toplogredni plini brez CO₂ (halogenirani ogljikovodiki, metan in dušikov oksid) in ocenjene regionalne vrednosti njihovih izpustov. Ta dejavnost prispeva tudi k običajni merilni tehniki GMCS (plinski kromatograf in masni spektrometer) v okviru mreže AGAGE. To omogoča (1) oceno švicarskih in evropskih regionalnih izpustov toplogrednih plinov brez CO₂, (2) krepitev nadzora nacionalne evidence emisij in (3) določitev lokacije virov in prevladujočih izvornih regij toplogrednih plinov brez CO₂ ob uporabi modelov atmosferskega prenosa. (4) Dolgoročne neprekinjene meritve različnih halogeniranih ogljikovodikov je možno uporabiti za ugotavljanje obsega globalnih in regionalnih izpustov. HFC-134a se na primer uporablja v velikih količinah kot hladilno sredstvo (npr. v prenosnih klimatskih napravah). HFC-125 se uporablja v stacionarnih hladilnih mešanicih. Ravni obeh plinov se trenutno višajo (zgodnje prepoznavanje).

ONESNAŽENOST ZRAKA S ČRNIM OGLJIKOM – ŠTUDIJA PRIMERA IZ LOŠKEGA POTOKA

Raziskava, izvedena v zimski sezoni 2017/18 na območju podeželske občine Loški potok, se je osredotočila na primer onesnaženja, ki so ga povzročili črni ogljik in trdni delci. Rezultati meritev so pokazali glavne vire onesnaževanja s črnim ogljikom na tem območju: domači kurilni sistemi na biomaso (skoraj 80 % vseh izpustov črnega ogljika) in neugodni podnebni pogoji za redčenje onesnaženega zraka v času temperaturnih inverzij. V zimski sezoni 2017/18 so bile povprečne ravni v kotanji Retje celo višje od ravni v Ljubljani, kar opozarja na težave z onesna-

ževanjem zraka tudi na podeželskih (hribovitih/gorskih) območjih.

PREGLED VPLIVA IZPUSTOV ZGOREVANJA LESA NA OGLJIKOVE AEROSOLE IN DELCE PM NA VELIKIH OBMOČJIH ALPSKE REGIJE: V REVII »ATMOSPHERIC ENVIRONMENT« 89 (2014) 64-75

V preteklih letih so se ukrepi za zmanjšanje izpustov trdnih delcev v številnih evropskih državah osredotočili na izpuste, ki so posledica cestnega prometa. Manj pozornosti pa so bili deležni izpusti, ki nastanejo pri zgorevanju biomase v gospodinjstvih, čeprav je bila v številnih študijah v alpski regiji dokazana vloga ogrevalnih sistemov na les v gospodinjstvih kot vir izpuščanja trdnih delcev (PM) v ozračje. To besedilo nudi pregled sodobnega znanja o prispevku izpustov zaradi zgorevanja biomase k ravnem elementarnemu ogljiku (EC), organskega ogljika (OC) in delcev PM v zunanjem zraku v alpski regiji. Objavljeni rezultati, pridobljeni z različnimi pristopi (npr. metoda makro-indikatorjev, modeliranje z multivariatnimi receptorji, modeliranje kemijske masne bilance in tako imenovano modeliranje z etalometrom), so uporabljeni v metodi z enim samim indikatorjem v zunanjem zraku za oceno pomembnih razmerij med indikatorji zgorevanja lesa (levoglukozan in manozan) in EC, OC ter delci PM, ki nastajajo zaradi zgorevanja lesa. Ugotovljena razmerja se skupaj z razpoložljivimi meritvami levoglukozana in manozana v zunanjem zraku v alpskih krajih uporabljajo za oceno prispevka izpustov zaradi zgorevanja lesa k povprečnim ravnem ogljikovih aerosolov in delcev PM v teh krajih. Rezultati kažejo, da delci PM, ki jih povzroča zgorevanje lesa, sami predstavljajo do 50 % in več evropske dnevne mejne vrednosti PM₁₀ v številnih alpskih dolinah v zimskem času. Ravni ogljikovih aerosolov v teh dolinah so pogosto do šestkrat večje od ravni v mestih ali v podeželskih krajih ob vznožju Alp.

PREGLED VPLIVA ZAMENJAVE STARIH NAPRAV ZA OGREVANJE Z UČINKOVITIMI PEČMI NA LES NA IZPUSTE DELCEV

Ta vpliv ugotavljajo z meritvami na terenu pred in po nadomestitvi naprave (meritve, opravljene v dolini Arve v Zgornji Savoiji (FR)). Preizkusi so opravljeni neposredno v gospodinjstvih ob upoštevanju dejanskih pogojev delovanja naprav glede na učinkovitost, vrsto in vlažnost lesa, količino lesa, vlek itd. Preučili so 35 lokacij, kjer so namestili 19 novih naprav na drva in 16 naprav na

pelete. Pridobljeni rezultati nudijo podatke o vplivih zamenjave naprav na izpuste onesnaževal in energetske učinkovitost. Ko je šlo za zamenjavo stare naprave z novo napravo na drva, so zabeležili 16 % povečanje učinkovitosti in 57 % zmanjšanje trdnih delcev. Ko je šlo za zamenjavo stare naprave z novo napravo na pelete, so zabeležili 34 % povečanje učinkovitosti in 44 % zmanjšanje trdnih delcev.

DOLGOROČNO SPREMLJANJE DELCEV, KI NASTAJAJO ZARADI ZGOREVANJA BIOMASE, V GRENOBLU

Ta študija obravnava meritve, ki so bile opravljene kot del nacionalnega programa CARA za opredelitev kemijske sestave delcev PM v tesnem sodelovanju z observatorijem Atmo Auvergne - Rhone - Alpes in Inštitutom IGE za okoljske geoznanosti. Analizirali so podatke, izmerjene med letoma 2008 in 2017. Cilj tega spremljanja je bil ugotoviti vpliv zgorevanja biomase na ravni delcev PM kot enega izmed virov, ki velja za najbolj onesnažujočo antropogeno dejavnost v alpskih dolinah. Drug cilj je bil preučiti razmerje med sproščanjem delcev PM iz biomase (z levoglukozanom kot indikatorjem za zgorevanje biomase) in ravnmi PAO. Rezultati kažejo na občutno zmanjšanje ravni delcev PM_{10} in tudi ravni elementarnega ogljika in PAO. Po drugi strani pa ni bilo opaziti nikakršnega pomembnega premika v zvezi z ravnmi delcev PM, ki so posledica zgorevanja biomase. Njihov relativni prispevek k delcem PM_{10} se je torej povešal: pozimi se je dvignil z 20 % v letih 2009–2010 na 35 % v letih 2016–2017. Ti rezultati kažejo na zmanjšanje izpustov delcev PM iz virov, ki niso zgorevanje biomase, medtem ko je zgorevanje lesa še vedno eden izmed glavnih virov delcev PM v Grenobleu.

PROSTORSKO-ČASOVNE SPREMEMBE GLAVNIH KEMIJSKIH SPOJIN IN INDIKATORJEV ZA PM_{10} NA URBANIH OBMOČJIH V FRANCiji

Ta študija obravnava meritve, ki jih je opravil Inštitut IGE za okoljske geoznanosti kot del nacionalnega programa CARA za opredelitev kemijske

sestave delcev PM. Analizira sezonsko in prostorsko spremenljivost povprečnih ravni specifičnih spojin delcev, ki so jih zabeležili v 19 krajih z različnimi značilnostmi (neizpostavljeno podeželsko okolje, neizpostavljeno mestno okolje, promet, alpske doline). Študija je potekala vzporedno s široko zasnovano študijo o virih delcev PM, izvedeno z metodo pozitivne matrične faktorizacije. Nudi celovit pregled glavnih virov delcev PM in njihovega vpliva glede na značilnosti krajev. V primeru alpskih dolin (glej strani 11 in 13 poročila LSCSQA – osrednjega laboratorija za spremljanje kakovosti zraka) rezultati beležijo višje stopnje organske snovi in levoglukozana pozimi (v krajih Passy, Marnaz in Chamonix), kar kaže na vpliv zgorevanja biomase.

PROGRAM SOURCES (FRANCIJA)

Raziskovalni program financira Ademe (francoska Agencija za upravljanje okolja in energije), vodi Inštitut IGE za okoljske geoznanosti in usklajuje Ineris (Nacionalni inštitut za industrijsko okolje in tveganja). Uvedli so ga za zbiranje in usklajeno preučevanje 15 podatkovnih nizov za kemijske spojine iz delcev PM_{10} , ki so jih zbrali za študije PMF v petletnem obdobju (2012–2016) v Franciji. Program se osredotoča na kraja Chamonix in Revin (Weber, S. in dr., 2019).

<http://pmsources.u-ga.fr/>

NETDESA: IZPUSTI, PRENOS IN DEPOZICIJA AEROSOLOV V SKRAJNO STABILNIH ATMOSFERSKIH POGOJIH NA GORSKIH OBMOČJIH POD VPLIVOM ČLOVEKOVIH DEJAVNOSTI

Življenjski cikel aerosolov je zanimiv za razumevanje in napovedovanje onesnaževanja ozračja z aerosoli bodisi antropogenega (od avtomobilskega prometa do naključnih izpustov) bodisi naravnega izvora. Cilj tega projekta je izboljšana simulacija izpustov, prenosa in depozicije aerosolov v okoljih s strmimi reliefi in v stabilnih atmosferskih pogojih, kadar ravni prestopajo predpisane mejne vrednosti za kakovost zraka.



Alpska konvencija je svojevrsten pionir, saj je prva mednarodna pogodba, posvečena varstvu in trajnostnemu razvoju celotnega gorovja – Alp. Konvencijo je podpisalo osem alpskih držav (Avstrija, Francija, Italija, Lihtenštajn, Monako, Nemčija, Slovenija in Švica) ter Evropska unija, v veljavo pa je stopila leta 1995.

Temelji Alpske konvencije so Okvirna konvencija in izvedbeni protokoli ter deklaracije, ki predstavljajo vodila in okvir za nadnacionalno sodelovanje na ključnih področjih alpskih okolij, družb in gospodarstev. Na teh temeljih Konvencija gradi partnerstva in vzpostavlja medsektorske pristope, s katerimi naslavlja najbolj pereče izzive v Alpah.

Delo v različnih oblikah poteka v okviru različnih teles Alpske konvencije: bienalne Alpske konference, delovanja pogodbenic, Stalnega odbora, odbora za preverjanje, različnih tematskih delovnih teles in Stalnega sekretariata. K izvajanju Konvencije prispevajo tudi številne organizacije opazovalke.

Alpska konvencija utira pot trajnostnemu življenju v Alpah in varuje njihovo edinstveno naravno in kulturno dediščino – zdaj in za prihodnost.

Kaj vemo o kakovosti zraka v Alpah, vitalnega elementa te regije v osrčju Evrope? In kaj lahko naredimo, da jo izboljšamo?

Odgovore na ta in druga vprašanja smo raziskali v tem poročilu, ki je rezultat temeljite raziskave kakovosti zraka v Alpah ter pojavov in trendov, ki nanjo vplivajo.

V poročilu so prav tako zbrane nekatere pametne rešitve, ki so že v rabi širom Alp, ter nabor političnih priporočil za varstvo te nepogrešljive javne dobrine.



ALPENKONVENTION
CONVENTION ALPINE
ALPSKA KONVENCIJA
CONVENZIONE DELLE ALPI

www.alpconv.org

info@alpconv.org



@AlpineConvention



@alpconv