

ONESNAŽEVALA: TRDNI DELCI PM10, PM2,5 IN OZON DOLŽNOSTI PROJEKTANTA SISTEMA PREZRAČEVANJA

Mediji so pozimi vse polni podajanja opozoril glede trdnih delcev PM10 in PN 2,5 v zunanjem zraku, poleti glede ozona, investitorji in uporabniki posledično sprašujejo projektanta prezračevanja kaj je potrebno s tem v z vezi načrtovati ali dograditi. Ta dostikrat ne ve kaj pravzaprav odgovoriti, čeprav so tehnične rešitve lahko povsem preproste.

Trdni delec (PM – Particulate Matter) je izraz za prah, ki je prisoten v zraku v določenem obdobju. V zadnjih letih se stalno izvajajo meritve delcev premera 10 (PM10) in 2,5 (PM2,5) μm , ki so zdravju najbolj škodljive. Pri delcih Slovenija sodi med države ES z največjimi specifičnimi izpusti. Visoki specifični izpusti delcev PM10 in PM2,5 v Sloveniji so predvsem posledica velikega deleža ogrevanja gospodinjstev z individualnimi kurišči na les in fosilna goriva. Za njihov vpliv na kakovost zraka je pomembno tudi, da se izpusti zaradi ogrevanja stavb sproščajo v hladni polovici leta, ko so v Sloveniji še posebej neugodne razmere za razredčevanje izpustov.

Ozon (O_3) je visoko reaktiven plin, ki ga sestavljajo trije atomi kisika. Z izrazom »škodljivi ozon« je označen prilehni ozon. Viri, kot so izpuhi motornih vozil, industrijske emisije, hlapni gorivi in topil, predstavljajo glavne vire dušikovih oksidov (NO_x) in hlapnih organskih spojin (VOC), ki so predhodniki ozona (O_3). Povišane koncentracije prilehnega ozona se pojavijo v poletnih mesecih čez dan, ker je takrat dovolj sončnega sevanja. Ponavljajoča se izpostavljenost povišanim koncentracijam ozona lahko povzroči stalne okvare pljuč.

Zahteve slovenskega pravilnika glede trdnih delcev PM10 in PM2,5 ter ozona

Zakon o graditvi objektov v svojem 9. členu določa, da se z gradbenimi predpisi za posamezne vrste objektov določijo njihove tehnične značilnosti tako, da ti objekti glede na svoj namen izpolnjujejo tudi tretjo bistveno zahtevo: higiensko in zdravstveno. V zvezi s slednjo vsekakor velja izpostaviti Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji (Ur. l. RS, št. 42/02), ki v prvem odstavku 9. člena zahteva, da se s prezračevanjem zagotovi, da koncentracije notranjih onesnaževalcev zraka v prostorih stavbe ne presegajo vrednosti, podanih v tabeli 7 v prilogi 1. V njej so navedene dopustne koncentracije notranjih onesnaževalcev zraka, za delce PM10 je navedena vrednost $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, za delce PM2,5 ni nikakršne navedbe, za ozon je navedena vrednost $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. V drugem odstavku 9. člena pravilnik zahteva tudi, da zdravju škodljive koncentracije snovi v zraku ne smejo presegati vrednosti iz standarda SIST CR 1752, dodatek E. V tem, dejansko CEN poročilu, je v tabeli 3 zapisana vrednost za trdne delce (na splošno) $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (kratkoročno 24 ur) in v tabeli 3 za ozon $100\text{-}120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (za čas 8 ur) oziroma $150\text{-}200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (za čas 1 ure).

Kaj pravkar predstavljeno zahteva od projektanta pri načrtovanju novega ali prenavljajočega sistema prezračevanja stavbe? Kakšne potrebne ukrepe zaradi PM10, PM2,5 in ozona mora ta načrtovati, da bo projektna rešitev tehnično ustrezna in bo izpolnjevala zahteve pravilnika? Za odgovor si je mogoče pomagati z ameriškim normativnim dokumentom¹, to je ANSI/ASHRAE Standard 62.1 Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, ki to področje izrecno obravnava že v izdaji leta 2004.

¹ Zakon o graditvi objektov v drugem odstavku 48. člena kot temeljno zahtevo za projektiranje navaja potrebo, poleg predpisov in standardov v Republiki Sloveniji, upoštevanja tudi drugih normativnih dokumentov. Po splošni opredelitvi po SIST EN 45020 je »normativni dokument« tisti, ki določa pravila, smernice ali značilnosti za dejavnosti ali njihove

Zahteve in napotki ameriškega standarda glede trdnih delcev PM10 in PM2,5 ter ozona

Zadnja izdaja (2016) ameriškega standarda ima zahteve (in navodila glede načrtovanih rešitev) v povezavi s trdnimi delci PM10, PM2,5 in ozonom postavljene zelo jasno, predstavljene v prostem prevodu tu spodaj:

6.2.1.1 Delci manjši od 10 mikrometrov (PM10). V stavbah, ki se nahajajo na območju, kjer je nacionalni standard ali smernica za PM10 presežena, je potrebno predvideti filtre za delce ali naprave za čiščenje zraka, ki ustrezno očistijo zunanji zrak na vsakem mestu pred njegovo uvedbo v zasedene prostore. Filtri za delce ali naprave za čiščenje zraka morajo imeti ugotovljeno učinkovitost (MERV) ne manj kot 6, ocenjeno v skladu z ASHRAE Standardom 52.2.

Informativna opomba: Glej informativni Dodatek F za vire glede izbranih PM10 nacionalnih standardov in smernic².

6.2.1.2 Delci manjši od 2,5 mikrometrov (PM2,5). V stavbah, ki se nahajajo na območju, kjer je nacionalni standard ali smernica za PM2,5 presežena, je potrebno predvideti filtre za delce ali naprave za čiščenje zraka, ki ustrezno očistijo zunanji zrak na vsakem mestu pred njegovo uvedbo v zasedene prostore. Filtri za delce ali naprave za čiščenje zraka morajo imeti ugotovljeno učinkovitost (MERV) ne manj kot 11, ocenjeno v skladu z ASHRAE Standardom 52.2.

Informativna opomba: Glej informativni Dodatek F za vire glede izbranih PM2,5 nacionalnih standardov in smernic².

6.2.1.3 Ozon. Naprave za odstranjevanje ozona iz zraka je potrebno predvideti tam, kjer zadnje triletno povprečje letne četrte najvišje dnevne 8-urne povprečne koncentracije ozona preseže vrednost 0,107 ppm (209 µg/m³).

Takšna naprava mora imeti ob postavitvi, upravljanju in vzdrževanju v skladu s proizvajalčevimi navodili prostorninsko učinkovitost odstranitve ozona ne nižjo od 40% in mora biti odobrena s strani pristojnega organa. Takšna naprava obratuje vedno, ko je pričakovano preseganje ozona v zunanjem zraku 0,107 ppm (209 µg/m³).

Izjeme: Naprave za odstranjevanje ozona iz zraka ni potrebno predvideti tam:

1. Kjer je količina zunanjega zraka enaka ali manjša od 1,5-kratne menjave zraka.
2. Kjer je predvideno krmiljenje, ki zazna zunanjo vrednost ozona in zmanjša vtok zunanjega zraka na enako ali manj od 1,5-kratno menjavo, pri čemer izpolnjuje zahteve glede potrebne količine zunanjega zraka skladno s poglavjem 6.
3. Kjer je zunanji zrak dovajan v stavbo in ogret v neposredno kurjeni grelni enoti.

Informativna opomba: Glej informativni Dodatek F za zemljevid lokacij ZDA, kjer zadnje triletno povprečje letne četrte najvišje dnevne 8-urne povprečne koncentracije ozona preseže vrednost 0,107 ppm (209 µg/m³)².

rezultate. Pod opombo ima isti še navedeno, da izraz »normativni dokument« pomeni splošni izraz, ki zajema takšne dokumente, kot so standardi, tehnične specifikacije, kodeksi ravnanja in predpisi. »Drugih normativnih dokumentov«, ki niso samo slovenski, nanašajo pa se na to ali drugo dejavnost, je v svetu množica, zato se lahko vsak zaskrbljeno vpraša kje se zaključni zakonsko podana obveza projektanta po njihovem upoštevanju? Pri normativnih dokumentih držav evropskih držav?

² Dodatek F napotuje na medmrežno stran EPA – Environmental Protection Agency (Ameriška Agencija za varovanje okolja), v Sloveniji bi temu rekli napotek na medmrežno stran ARSO, kjer je tudi mogoče najti precej podatkov: <http://www.arso.gov.si/zrak/kakovost%20zraka/podatki/>

Ob zapisanem glede PM_{2,5} in PM₁₀ se projektantu takoj pojavi vprašanje primerjave MERV po ASHRAE Standard 52.2 in standardu SIST EN 779, zato je ta predstavljena v tabeli 1. Iz nje izhaja, da za odstranitev PM₁₀ ustreza filter (evropskega) razreda G3, za PM_{2,5} razred M6. Pomeni, če projektant prezračevanja zgolj upošteva priporočilo iz tretjega odstavka 29. člena slovenskega pravilnika po vgradnji filtra razreda najmanj M6³ po SIST EN 779, izpolnjuje tudi zahteve predstavljenega ameriškega standarda za obe vrsti trdnih delcev. Se pravi, tehnična rešitev glede trdnih delcev PM₁₀ in PM_{2,5} v zunanjem zraku je v slovenske projektne rešitve največkrat že vključena. Glede ozona sledijo pojasnila v nadaljevanju.

ASHRAE Standard 52.2-2012				ASHRAE 52.1		EN	EN779-2012			EN1822:2009
Minimum Efficiency Reporting Value	Composite Average Particle Size Efficiency % in Size Range μm			Average Arrestance	Average Dust Spot Efficiency	Filter Class	Avg Arrestance of Syn Dust	Avg Eff at 0.4 μm	Min. Eff at 0.4 μm	Efficiency at MPPS
	Range E1	Range E2	Range E3							
MERV	0.3 - 1.0	1.0 - 3.0	3.0 - 10.0	%	%		%	%	%	%
1	n/a	n/a	E3 < 20%	Avg < 65	< 20	G1	50%A \leq 65			
2	n/a	n/a	E3 < 20%	Avg < 65	< 20					
3	n/a	n/a	E3 < 20%	Avg < 70	< 20	G2	65%A \leq 80			
4	n/a	n/a	E3 < 20%	Avg < 75	< 20					
5	n/a	n/a	20% \leq E3	80	20	G3	80%A \leq 90			
6	n/a	n/a	35% \leq E3	85	20-25					
7	n/a	n/a	50% \leq E3	90	25-30	G4	65%A \leq 80			
8	n/a	20% \leq E2	70% \leq E3	92	30-35					
9	n/a	35% \leq E2	75% \leq E3	95	40-45	M5		40%A \leq Em60		
10	n/a	50% \leq E2	80% \leq E3	96	50-55					
11	20% \leq E1	65% \leq E2	85% \leq E3	97	60-65	M6		60%A \leq Em80		
12	35% \leq E1	80% \leq E2	90% \leq E3	98	70-75					
13	50% \leq E1	85% \leq E2	90% \leq E3	98	80-85	F7		80% \leq Em90	35	
14	75% \leq E1	90% \leq E2	95% \leq E3	99	90-95	F8		90% \leq Em95	55	
15	85% \leq E1	90% \leq E2	95% \leq E3	99	95	F9		95% \leq Em3	70	
16	95% \leq E1	95% \leq E2	95% \leq E3	100	99	E10				<85
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	E11				<95
						E12				<99.5
						H13				<99.95
						H14				<99.995
						U15				<99.999
						U16				<99.99995
						U17				<99.999995

The information presented is intended as a reference and is intended for comparison purposes only. Specific details of testing standards are subject to change without notice

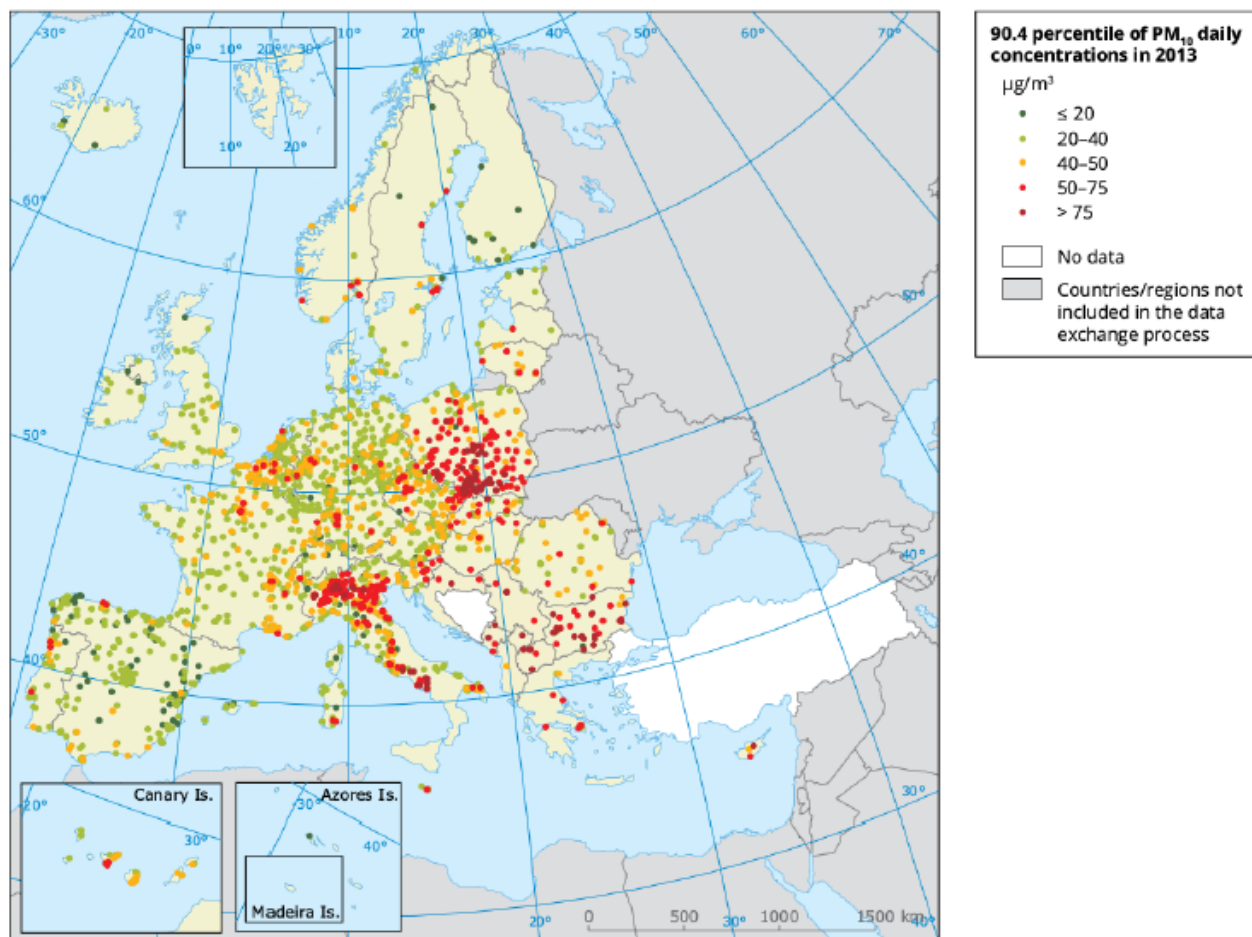
Tabela 1: Primerjava učinkovitosti filtrov po ASHRAE in EN standardih

Onesnaženost zunanjega zraka s trdnimi delci PM₁₀ in PM_{2,5} ter ozona v evropskih državah

V vednost je na sliki 1 prikazana zunanja onesnaženost evropskih držav z delci PM₁₀ v letu 2013, pri čemer so s pikami označena poročana merilna mesta, z barvo pa razred katerega se uvrščajo glede na 90,4 percentil dnevnih koncentracij. Iz slike izhaja, da so v Sloveniji mesta označena, ali z rumeno, torej z vrednostjo 40-50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ali z rdečo, torej z vrednostjo 50-75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Vendar, ne pozabiti, prikazan je 90,4 percentil dnevnih koncentracij, ne morebitne najvišje dnevne vrednosti. Za primerjavo, ameriški izvršni in/ali predpisni nivo po NAAQS/EPA dopušča **v notranjem okolju**

³ Dejansko zapisano F6, vendar je bil navedeni standard v 2012 posodobljen in so mu bile zamenjane določene oznake razredov filtrov.

koncentracijo za čas 24 ur $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$, slovenski pravilnik manj, $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. ASHRAE Standard 62.1-2016 ima objavljeno tudi informativno tabelo C-2, kjer so predstavljene vrednosti »koncentracij, katerim je potrebno posvetiti pozornost⁴«, pri čemer ta znaša za PM10 v višini $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



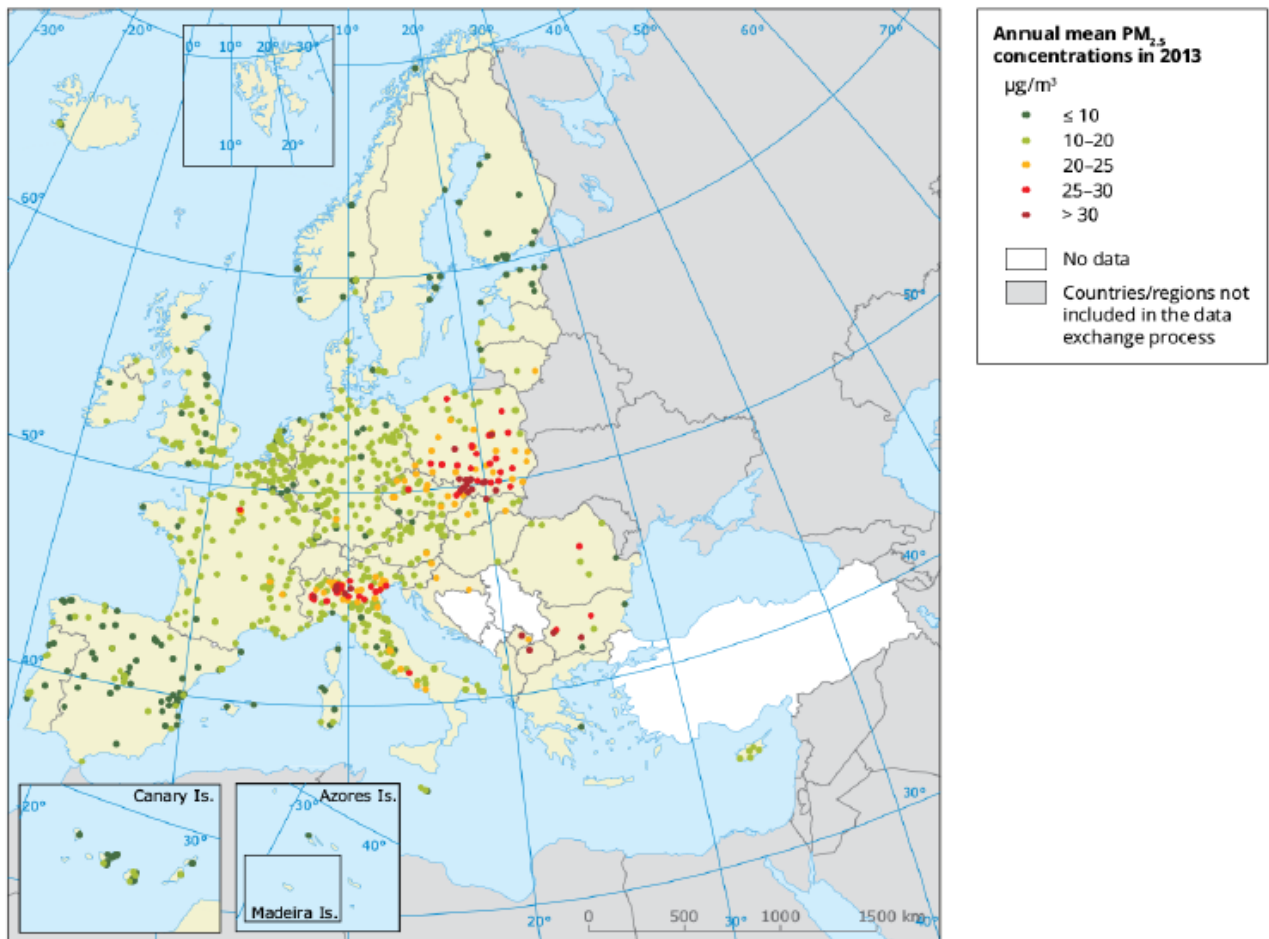
Slika 1: Onesnaženost ES z delci PM10 za leto 2013

Na sliki 2 je prikazana onesnaženost evropskih držav z delci PM2,5 v letu 2013, pri čemer so s pikami označena poročana merilna mesta, z barvo pa razred katerega se uvrščajo glede na povprečno letno koncentracijo. Iz slike izhaja, da so v Sloveniji mesta označena, ali z zeleno, torej z vrednostjo $10\text{--}20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ali z rumeno, torej z vrednostjo $20\text{--}25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Tudi na tem mestu ne gre pozabiti, prikazane so povprečne letne koncentracije, ne morebitne najvišje dnevne vrednosti. Za primerjavo, ameriški izvršni in/ali predpisni nivo po NAAQS/EPA dopušča **v notranjem okolju** vrednost letne koncentracije $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in 24-urne $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$. V informativni tabeli C-2 je za PM2,5 predstavljena vrednost »koncentracije, kateri je potrebno posvetiti pozornost«, v višini $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Če na tem mestu pogledamo v predpise, ki se nanašajo samo na zagotavljanje varnosti pri delu, znaša dovoljena najvišja koncentracija precej, precej višje: po ameriški OSHA $5 \text{ mg}/\text{m}^3$, po nemškem MAK $1,5 \text{ mg}/\text{m}^3$ (za delce $<4 \mu\text{m}$).

Na sliki 3 je prikazana onesnaženost evropskih držav z ozonom v letu 2013, pri čemer so s pikami označena poročana merilna mesta, z barvo pa razred katerega se uvrščajo glede na 93,2 percentil 8-urnih najvišjih koncentracij. Iz slike izhaja, da so v Sloveniji mesta označena, ali z rumeno, torej z

⁴ V izvorniku: Concentration of Interest of Selected Contaminants.

vrednostjo 100-120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ali z rdečo, torej z vrednostjo 120-140 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ali z bordojsko rdečo, to je vrednostjo $>140 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Za primerjavo, ameriški izvršni in/ali predpisni nivo po NAAQS/EPA dopušča **v notranjem okolju** vrednosti 1-urne koncentracije 234 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (ta naj ne bi bila prekoračena več kot enkrat letno) oziroma 156 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, slovenski pravilnik 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,05 ppm). V informativni tabeli C-2 je za ozon predstavljena vrednost »koncentracije, kateri je potrebno posvetiti pozornost«, v višini **100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** . Vse predstavljeno preprosto pomeni, vrednost ozona v zunanjem zraku je poleti večkrat višja kot dovoljuje slovenski pravilnik in/ali ameriški standard za notranje prostore. Če tudi na tem mestu pogledamo še v predpise, ki se nanašajo na zagotavljanje varnosti pri delu, znaša dovoljena najvišja koncentracija precej višje: po ameriški OSHA 0,1 ppm (195 mg/m^3), nemški MAK nima navedene nikakršne vrednosti.



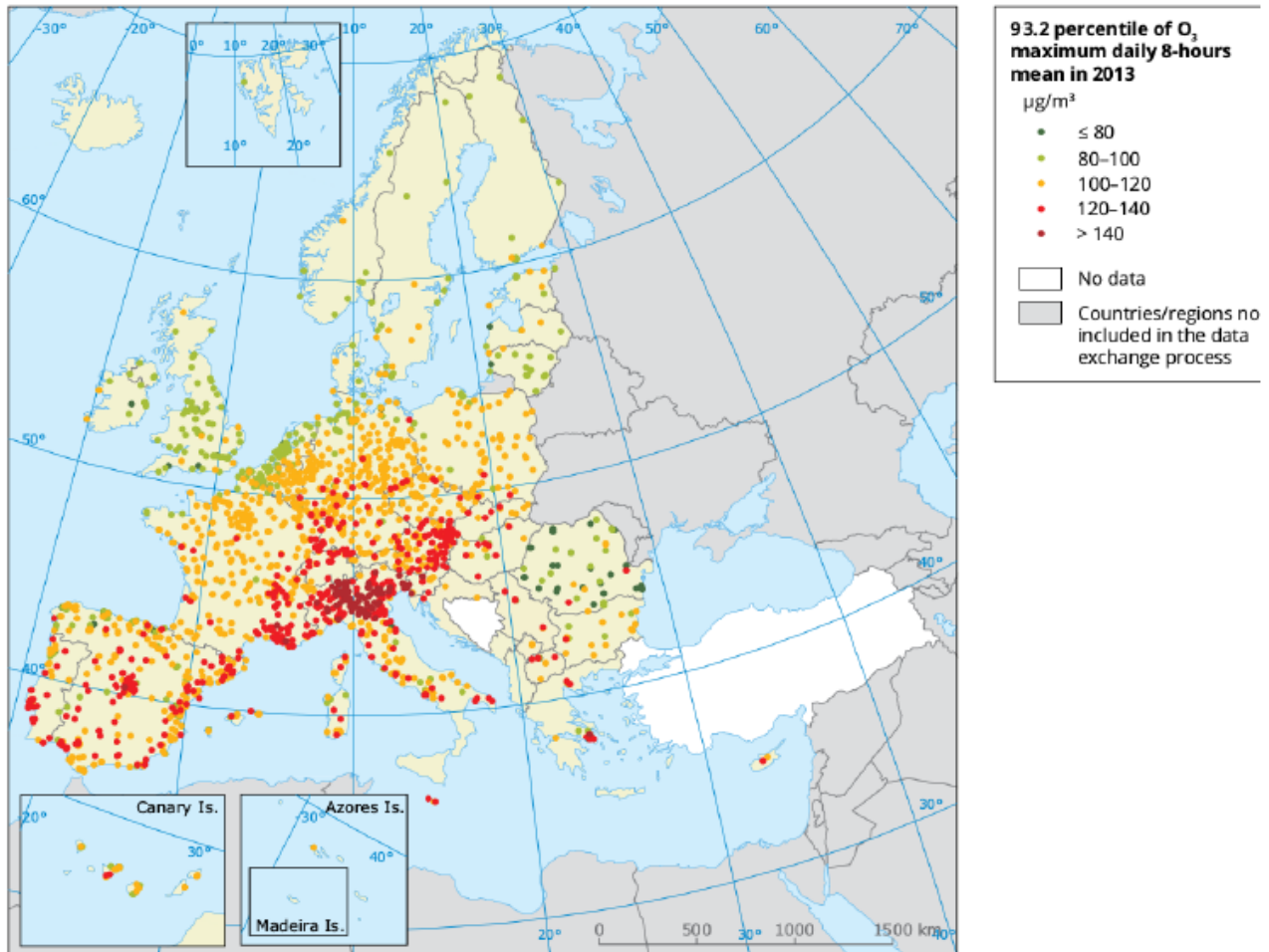
Slika 2: Onesnaženost Evrope z delci $\text{PM}_{2,5}$ za leto 2013

Odstranjevanje ozona ne predstavlja raketne znanosti!

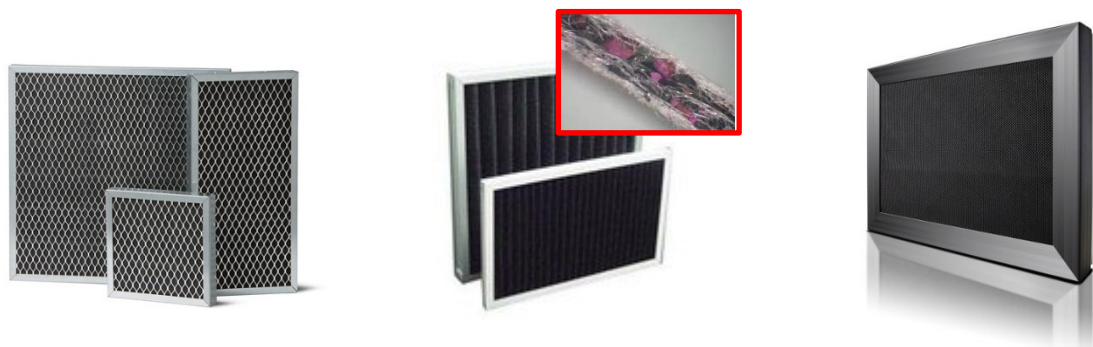
Zrak se običajno očisti ozona z uporabo aktiviranega oglja⁵ v granulatu (GAC – Granular Activated Carbon) pri čemer ta deluje kot neke vrste pobudnik (katalizator) samo-oksidacije. Obstajajo tudi druge vrste katalizatorji, vendar vsi v večji ali manjši meri vsebujejo aktivirano oglje. Kakorkoli, vložek aktiviranega oglja globine 25 mm (slika 4, levo) že lahko zagotovi v ameriškem standardu zahtevano raven odstranitve (40 %) v daljšem časovnem obdobju. Tudi naguban filter, ki vključuje

⁵ Aktivirano (aktivno) oglje je 100% ogljik obdelan s posebnimi mehanskimi in termičnimi postopki, ki povzročijo, da oglje postane sposobno (porozno) vezati nase delce v mnogokratniku svoje teže.

matrice z ogljikom naložena netkana vlakna (slika 4, sredina), ali filtrna plošča iz ekstrudiranega ogljikovega kompozita (slika 4, desno), predstavljata primerno alternativo prvemu. Mnogi (ameriški) upravniki stavb uporabljajo takšne vrste filtrov samo v času "sezone ozona", v preostanku leta pa jih preprosto odstranijo. Se pravi, projektant samo z načrtom predvidi ustrezno modulno enoto, ki omogoča vstavitve takšnega filtrnega vložka kadar potrebno.

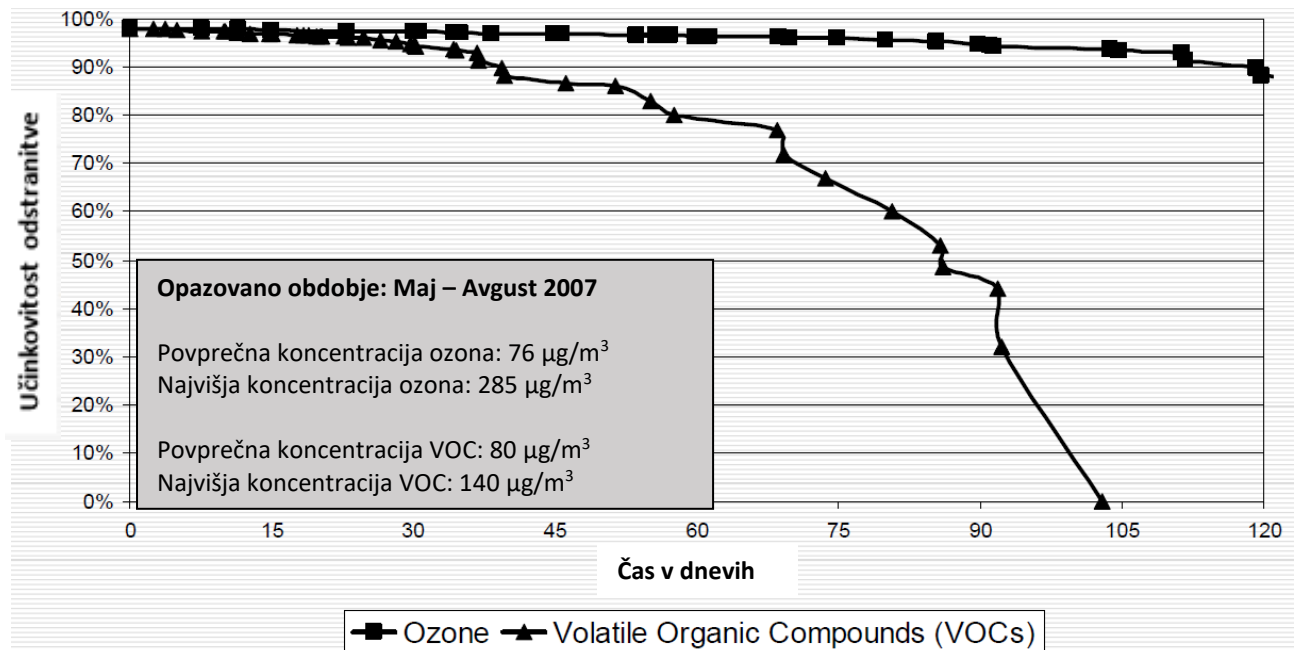


Slika 3: Onesnaženost Evrope z ozonom za leto 2013



Slika 4: Različni tipi filtrov iz aktiviranega oglja

Na sliki 5 je prikazan primer izmerjenega izkoristka filtrnega vložka aktiviranega oglja globine 25 mm v opazovanem obdobju od maja do avgusta⁶, pri čemer sta se spremljali dve njegovi sposobnosti: izločanje ozona in izločanje VOC (hlapljive organske spojine). Iz meritev izhaja, da je po 120 dneh stopnja izločanja ozona še vedno 90%.



Slika 5: Izmerjen izkoristek filtrnega vložka iz aktiviranega oglja globine 25 mm

Zahteve glede ozona pri zeleni/trajnostni gradnji

Ameriški ANSI/ASHRAE/USGBC/IES Standard 189.1-2014 Standard for the Design of High-Performance Green Buildings⁷ v poglavju 10 Gradnja in Navodila za obratovanje, v točki 10.3.2.1.4 Kakovost notranjega okolja, v eni izmed točk glede delcev PM_{2,5} in ozona zahteva, kot prikazano v prostem prevodu spodaj:

10.3.2.1.4.4 Kakovost notranjega zraka. Navodila za obratovanje morajo vsebovati postopke vzdrževanja in spremljanja notranje kakovosti zraka po pričetku uporabe stavbe in morajo zajemati naslednje:

a. Za stavbe, ki se nahajajo na območjih, kjer vrednosti delcev PM_{2,5} presegajo omejitve določene s strani EPA, je potrebno uporabljati opremo za filtriranje in/ali čiščenje zraka, kot je to opredeljeno v oddelku 8.3.1.3 (a) ves čas zasedenosti stavbe, ali kadar indeks kakovosti zraka preseže 100, ali enakovredni oznaki določeni s strani lokalnega pristojnega organa za PM_{2,5}.

Izjema za 10.3.2.1.4.4(a): Prostori brez mehanskega prezračevanja.

b. Za stavbe, ki se nahajajo na območjih, kjer vrednosti ozona presegajo omejitve določene s strani EPA, je potrebno uporabljati opremo za čiščenje zraka, kot je to opredeljeno v oddelku 8.3.1.3 (b) ves čas zasedenosti stavbe poleti in jeseni, ali kadar indeks kakovosti zraka preseže 100, ali enakovredni oznaki določeni s strani lokalnega pristojnega organa za ozon.

Izjema za 10.3.2.1.4.4(b): Prostori brez mehanskega prezračevanja.

⁶ Chris Muller, Purafil, Inc., junij 2009

⁷ V prevodu: Standard za projektiranje visoko zmogljivih zelenih stavb. Da, pri zelenih stavbah ne gre samo za visoko energijsko učinkovitost, ampak za visoko zmogljivost v večih pogledih, med njimi tudi za visoko kakovost notranjega okolja.

Indeks kakovosti zunanjega zraka (Air Quality Index)

Kot je bilo pravkar predstavljeno v standardu za projektiranje visoko zmogljivih zelenih stavb, so postavljene zahteve za primere, ko indeks kakovosti zraka preseže vrednost 100. Kaj to pomeni? Podatki o kakovosti zunanjega zraka se prikazujejo s pomočjo indeksa onesnaženosti zunanjega zraka. Ta pove, kako čist ali onesnažen je zunanji zrak na določenem mestu in kakšni so mogoči učinki na zdravje ter s tem stopnja zaskrbljenosti. Pri tem ameriška EPA izračunava AQI preko petih večjih onesnaževal zraka: prilehnega ozona (O₃), trdnih delcev (PM10 in PM2,5), ogljikovega monoksida (CO), žveplovega dioksida (SO₂) in dušikovega dioksida (NO₂).

AQI predstavlja merilo, ki poteka od 0 do 500. Višja je AQI vrednost, večja je stopnja onesnaženosti zunanjega zraka in večja mogoča zdravstvena težava. Na primer, AQI vrednost 50 predstavlja dobro kakovost zraka z malo možnost za vpliv na javno zdravje, medtem ko AQI vrednost višja od 300 predstavlja nevarno (ne)kakovost zunanjega zraka.

AQI vrednost 100 na splošno ustreza (ameriškim) nacionalnim standardom kakovosti zraka za onesnaževala, ki jih je EPA določila kot raven za varovanje javnega zdravja. Vrednosti AQI pod 100 na splošno velja kot zadovoljiva, če pa je AQI vrednost višja od 100 velja, da je nezdravo, sprva za določene občutljive skupine ljudi, če so AQI vrednosti še višje, potem za vse. Na sliki 6 je predstavljena 6-stopnejska ameriška lestvica Indeksa kakovosti zraka. Pri tem AQI predstavlja po posameznih stopnjah linearno funkcijo koncentracije posameznega onesnaževala, za preračun se uporablja določena enačba, za pretvorbo je pripravljen na medmrežju dostopen programski pretvornik: <http://aqicn.org/calculator/>

Air Quality Index (AQI) Values	Levels of Health Concern	Colors
<i>When the AQI is in this range:</i>	<i>...air quality conditions are:</i>	<i>...as symbolized by this color:</i>
0 to 50	Good	Green
51 to 100	Moderate	Yellow
101 to 150	Unhealthy for Sensitive Groups	Orange
151 to 200	Unhealthy	Red
201 to 300	Very Unhealthy	Purple
301 to 500	Hazardous	Maroon

Slika 6: Šest razredov ameriškega Indeksa kakovosti zunanjega zraka (AQI)

Kot to izhaja iz objavljene novice⁸ dne 13. december 2016, sta Agencija RS za okolje (ARSO) in Nacionalni inštitut za javno zdravje (NIJZ) razvili »slovenski« indeks kakovosti zunanjega zraka, ki je nastal na podlagi pregleda nekaterih že obstoječih indeksov (Air Quality Index US EPA, Air Quality Health Index Kanade, Air Quality Health Index Madžarske, Common Air Quality Index razvit v okviru EU projekta CiteAir, Air Quality Index for Health Irske), pri čemer sta se odločili za način prikazovanja,

⁸ http://www.arso.gov.si/novice/datoteke/036757-sj%20szm_zrak_13_12_2016.pdf

ki je najbolj primeren za naše razmere. »Slovenski« indeks tako vključuje štiri onesnaževala: delce PM10, NO₂, SO₂ in O₃. Za vsako onesnaževalo se po določenem algoritmu vsako uro izračuna indeks. Za O₃, NO₂ in SO₂ se uporabijo zadnje urne koncentracije, v primeru delcev PM10 pa 24-urno drseče povprečje. Stopnjo onesnaženosti zraka določa onesnaževalo z najvišje izračunanim indeksom. Na podlagi te vrednosti se stanje onesnaženost zraka uvrsti v štiri razrede: nizka, zmerna, visoka in zelo visoka. S temi razredi so povezane tudi barve: nizka onesnaženost se prikazuje z zeleno barvo, zmerna z rumeno, visoka z oranžno in zelo visoka z rdečo barvo.

Razred onesnaženosti	Indeks	PM ₁₀ (µg/m ³) 24ur	O ₃ (µg/m ³) 1 ura	NO ₂ (µg/m ³) 1 ura	SO ₂ (µg/m ³) 1 ura
nizka	0–50	0–40	0–60	0–50	0–50
zmerna	51–75	41–75	61–120	51–100	51–100
visoka	76–100	76–100	121–180	101–200	101–350
zelo visoka	> 101	> 101	> 181	> 201	> 351

Slika 6: Štirje razredi »slovenskega« indeksa onesnaženosti zunanjega zraka

Podatki o kakovosti zraka iz slovenskih avtomatskih merilnih postaj naj bi bili dostopni na medmrežni strani ARSO: www.arso.gov.si/zrak/kakovost%20zraka/podatki/amp/.

Povzetek glede onesnaževal PM10, PM2,5 in O₃ ter zahtev za projektiranje sistema prezračevanja

Upoštevajoč vse predstavljeno je najprimerneje, da projektant pri načrtovanju sistema mehanskega prezračevanja predvidi filtracijo razreda najmanj M6 po SIST EN 779, s čemer izpolni zahteve, tako slovenskega pravilnika, kot tudi v svetu močno uveljavljenega pravila stroke glede trdnih delcev PM10 in PM2,5. Izpolni, ne glede na dejansko lokalno zunanjo onesnaženost z njimi.

Vezano na pritlehni ozon je kot pravilo dobro prakse pri mehanskem prezračevanju stavbe, vsekakor pri tistem z izmenjavo zraka večjo od 1,5-krat na uro, mogoče privzeti načrtovanje prazne enote v katero se lahko naknadno vstavijo takšni ali drugačni filtrni vložki z aktiviranim ogljem. V primerih trajnostne gradnje pa tudi še ustrezen filtrni vložek z vključenim navodilom za obratovanje z njim v poletnem in jesenskem času – v »sezoni ozona«.

Ljubljana, 30.12.2016

Mitja Lenassi, univ. dipl. inž. str.

Predsednik upravnega odbora Matične sekcije strojnih inženirjev