

PRIRUČNIK ZA OSIGURANJE I KONTROLU KVALITETA (QA/QC) **PRI VRŠENJU** MONITORINGA KVALITETA ZRAKA



SWEDISH
ENVIRONMENTAL
PROTECTION
AGENCY



U BIH



PRIRUČNIK ZA OSIGURANJE I KONTROLU KVALITETA (QA/QC) PRI VRŠENJU MONITORINGA (MJERENJA) KVALITETA ZRAKA

Dokument izradili:

Federalni hidrometeorološki zavod i Hidrometeorološki zavod Republike Srpske u saradnji sa Referentnom laboratorijom za mjerena kvaliteta zraka na Odjeljenju za nauku o životnoj sredini i analitičku hemiju, Univerzitet u Štokholmu. Dokument je izrađen u okviru projekta „Unapređenje kvaliteta zraka i upravljanja kvalitetom zraka u Bosni i Hercegovini (IMPAQ)“, koji implementira Švedska agencija za zaštitu okoliša (SEPA), a finansiran je od Švedske agencije za međunarodnu saradnju i razvoj (SIDA).

Dokument sastavio:

Enis Omerčić, Sektor životne sredine
Federalnog hidrometeorološkog zavoda

Broj verzije:

V3:2021

SADRŽAJ

Uvod	5
Šta predstavlja osiguranje kvaliteta?.....	6
Izbor mjernog mesta i podjela odgovornosti.....	7
Izbor mjernih instrumenata	9
Ugradnja i instalacija mjerne opreme.....	9
Konfiguracija mjerne opreme.....	10
Opći zahtjevi u izvođenju mjerena	13
Sljedivost.....	13
Akreditacija prema ISO 17025.....	13
 Mjerenja lebdećih čestica PM 10 i PM 2.5.....	14
Instrumenti koji mjere PM 10 i PM 2,5 prema referentnoj metodi	14
Instrumenti koji mjere PM 10 i PM 2,5 primjenom ekvivalentne metode	15
 Mjerenja gasovitih zagađujućih tvari u zraku.....	17
Rukovanje bocama sa gasovima za kalibraciju	17
Instrumenti koji mjere prema referentnoj metodi	18
Kalibracija i upravljanje referentnim instrumentima za gasovite polutante	18
 Upravljanje podacima – rezultatima mjerena.....	21
Prikupljanje i pohrana podataka o mjerjenjima	21
Kontrola kvaliteta podataka	22
Priprema izmijerenih podataka	23
Izvještavanje	24
Godišnja provjera i validacija podataka	24
Korak 1: Procjena godišnjeg niza	24
Korak 2: Nedostajući podaci mjerena.....	25
Korak 3: Neispravna vrijednost osnovne – bazne linije	25
Korak 4: Neobično visoke vrijednosti i druga odstupanja vrijednosti mjerena.....	26
Korak 5: Negativne vrijednosti i izdvojene grupe podataka	28
Korak 6: Označavanje podataka	30
Proračun mjerne nesigurnosti.....	30
 Dodatak 1. Obrasci za popunu podataka o mjernom mjestu.....	34
Dodatak 2. Obrazac o kontroli rada uređaja za uzorkovanje lebdećih čestica (ref.metoda)	36
Dodatak 3. Obrazac o kontroli rada uređaja za praćenje koncentracija lebdećih čestica (ekvivalentna metoda)	38
Dodatak 4. Obrazac o kontroli rada uređaja za praćenje koncentracija gasovitih zagađujućih materija	39



UVOD

Pozadina

Ovaj dokument je pripremljen kao dio međunarodnog projekta (IMPAQ) između Bosne i Hercegovine (BiH) i Švedske, koji je trajao tri godine (2019–2022). Projekat se bavio pitanjima kvaliteta zraka u BiH i usaglašavanjem upravljanja kontrole okoliša sa zakonodavstvom EU. Ovaj dokument je namijenjen da posluži kao vodič stručnjacima u mjerjenjima kvaliteta zraka u Bosni i Hercegovini kako bi dostigli domaće i ciljeve EU u monitoringu.

Prvobitni dokument koji je korišten za pripremu ovog priručnika je „Usaglašavanje osiguranja kvaliteta i kontrole kvaliteta u upravljanju kvalitetom zraka u Švedskoj“ (verzija 2.0; 2018), razvijen od strane Nacionalne referentne laboratorije za mjerjenje kvaliteta urbanog zraka i to na Odjelu za nauku o životnoj sredini i analitičku hemiju Univerziteta u Štokholmu, Švedska. Taj dokument je preveden, prilagođen i dopunjjen sadržajima monitoringa koji se provodi na lokalnim nivoima u Bosni i Hercegovini, a sve u okviru IMPAQ projekta implementiranog od strane SEPA-e.

Šta je svrha ovog priručnika?

Evropska direktiva o kvalitetu zraka (Direktiva 2008/50/EC, „CAFE direktiva“) osnov je za metodologije monitoringa zraka u većem dijelu Evrope. Uobičajena je praksa da postoji dokument koji usaglašava i osigurava pravilnu primjenu metoda monitoringa za sve operatere. Ovako se također osigurava i transparentan način za provođenje mjerjenja kvaliteta zraka u skladu s lokalnim i legislativama EU. Priručnik ima za cilj pomoći svim kompetentnim institucijama i kompanijama koje se bave monitoringom kvaliteta zraka i osiguranjem kvaliteta metoda mjerjenja. Važno je da postoji ovakav opći dokument kao vodič s obzirom da se monitoring zraka u Bosni i Hercegovini provodi od strane više različitih operatera u oba entiteta, kantonima i na općinskim nivoima i nekim drugim organizacijama.

Priručnik ne isključuje usvajanje vlastitih procedura za osiguranje i kontrolu kvaliteta od strane pojedinačnih operatera ili kompetentnih institucija koji i sami provode mjerjenja. Ukoliko operateri nemaju vlastite procedure za osiguranje i kontrolu kvaliteta, tada ovaj priručnik osigurava minimum zahtjeva i ti ga operateri mogu koristiti kao vodič. Ovaj dokument stoga služi kao početna tačka za razvoj vlastitih procedura u slučajevima kada su one neophodne.

Šta je osiguranje kvaliteta?

Osiguranje i kontrola kvaliteta (engl. QA/QC) predstavlja sistematičan način rada kako bi se spriječile greške ili nedostaci u toku mjerjenja podataka o kvalitetu zraka. QA/QC pomaže organizacijama koje provode mjerjenja da se suoče i izbore s faktorima koji mogu ometati rezultate mjerjenja, a u skladu s uspostavljenim praksama i metodama. Priručnici za QA/QC također osiguravaju da budu ispunjeni i domaći zahtjevi i međunarodni standardi u mjerjenjima.

Zakonska regulativa

Pravilnik o načinu vršenja monitoringa kvaliteta zraka i definiranju vrsta zagađujućih materija, graničnih vrijednosti i drugih standarda kvaliteta zraka (Sl. novine FBiH, 1/12) s dopunama i izmjenama osnovni je zakonski dokument koji određuje subjekte uključene u monitoring. Također uključuje i metode vršenja monitoringa zraka, tehničke zahtjeve u kojima bi se monitoring trebao odvijati, način ocjenjivanja dobijenih rezultata i razmjene dobijenih rezultata u Federaciji Bosne i Hercegovine. Uredba o uslovima za monitoring kvaliteta zraka (Sl. novine RS, 124/12) dokument je koji opisuje istu temu u Republici Srpskoj. Navedenim propisima utvrđeni su principi vršenja monitoringa i u skladu su sa standardima monitoringa kvaliteta zraka koji važe u zemljama unutar Evropske unije. Priručnik za osiguranje i kontrolu kvaliteta za mjerjenje kvaliteta zraka (u dalnjem tekstu: Priručnik) u skladu je s navedenim pravilnikom i uredbom i trebao bi davati smjernice potrebne za pravilno vršenje monitoringa kvaliteta zraka uz zadovoljavanje propisanih metoda i standarda.

Struktura

Priručnik čine smjernice koje pokrivaju cijeli niz postupaka preporučenih za ispravno vršenje kontinuiranog monitoringa kvaliteta zraka na mjernim stanicama. Smjernice su podijeljene u nekoliko glavnih poglavlja.

Prvi dio Priručnika bavi se izborom mjernog mjesta, podjelom odgovornosti, izborom mjernog

instrumenta i načinom instaliranja opreme. Ove smjernice su općenite i odnose se na sve zagađujuće materije obrađene u Priručniku.

- Izbor lokacije za mjernu stanicu i raspodjela odgovornosti osoblja
- Izbor mjernih instrumenata
- Instalacija mjerne opreme

Sljedeće poglavlje pokriva načine vršenja mjerjenja koji se primjenjuju kada su stanica i mjerni instrumenti spremni za operativno djelovanje. U njemu je objašnjen način upravljanja i kalibracije mjerne opreme kako bi se postigao kvalitet vršenja mjerjenja. U ovom poglavlju posebno su opisane smjernice za rad za različite zagađujuće materije koje su predmet monitoringa na mjernom mjestu, primjera radi, lebdeće čestice (PM₁₀/PM_{2.5}), sumpordioksid (SO₂), azotni oksidi (NO, NO₂ i NO_x), ugljični monoksid (CO) i ozon (O₃). Detaljni postupci rukovanja mjernom opremom, održavanja i kalibracije mjerne opreme opisani su u tehničkim uputstvima izdatim od strane proizvođača mjerne opreme.

- Općenito o operativnim mjerjenjima
- Njega i održavanje mjerne opreme
- Kalibracija, sljedivost i servis

Nakon poglavlja o operativnom radu slijede upute za pripremu i obradu dobijenih podataka. I ova poglavlja su općenita i odnose se na sve zagađujuće materije koje su obrađene u Priručniku.

- Upravljanje podacima
- Provjera i kontrola podataka

Na kraju Priručnika su upute o proračunu mjerne nesigurnosti. U dodacima se nalaze obrasci za vođenje evidencije o dnevnim aktivnostima kako bi se sačuvale zabilješke o aktivnostima na mjernim mjestima.

Šta predstavlja osiguranje kvaliteta?

Osiguranje kvaliteta (engl. Quality Assurance; i Quality Control: „kontrola kvaliteta“ – stoga se često ovakvi dokumenti skraćeno nazivaju „QA/QC“) način je sprečavanja grešaka ili nedostataka u postupku vršenja mjerjenja i dobijanja rezultata mjerjenja elemenata kvaliteta zraka. To podrazumijeva da subjekt koji obavlja mjerjenja ima kontrolu nad većim brojem faktora i parametara koji utječu na rezultate mjerjenja s ciljem izvođenja mjerjenja u skladu s propisanim metodama. Program osiguranja mjerjenja pomaže da se subjekt koji obavlja mjerjenje može nositi s faktorima koji utječu na rezultate mjerjenja, a u skladu s utvrđenim praksama i metodama.

Koja je svrha ovog priručnika?

Direktiva Evropske unije o kvalitetu zraka (Direktiva 2008/50/EC, „CAFE direktiva“) predstavlja osnovu za način vršenja monitoringa kvaliteta zraka. U skladu s njom, stručnim standardima i iskustvima jeste i potreba da se odrede zahtjevi i procedure vezane za vršenje monitoringa kvaliteta zraka, od identificiranja reprezentativnog mesta uzorkovanja do korištenja provjerenih metoda mjerjenja za utvrđivanje nivoa koncentracija praćenih materija u zraku, jer samo ukoliko su međusobno uskladene radne procedure i metode, moguće je vršiti kvalitetno upoređivanje dobijenih rezultata mjerjenja na lokalnom, entitetskom i nacionalnom nivou, a posebno na međunarodnom nivou, na kojem je i najizraženija potreba za ispunjenje zahtjeva kontrole kvaliteta podataka i osiguranja kvaliteta načina vršenja mjerjenja. Stoga je ovaj priručnik pomoćno sredstvo u radu svim nadležnim institucijama i kompanijama koje se bave praćenjem kvaliteta zraka u osiguranju kvaliteta načina vršenja mjerjenja.

Vršenje monitoringa u Bosni i Hercegovini nije harmonizirano i operateri koji vrše mjerjenja obavljaju ga u skladu s vlastitim radnim praksama, pravilima i mogućnostima. Ipak se na osnovu dosadašnjih zapažanja može reći da operateri u našoj zemlji vršenje kvaliteta zraka obavljaju u većoj ili manjoj mjeri u skladu sa standardima i zahtjevima primjenjenim u zemljama Evropske unije. Dvije najveće prepreke u pouzdanosti vršenja mjerjenja i osiguranju kvaliteta vršenja mjerjenja jesu nedostatak dovoljnih finansijskih sredstava, kadrovski nedostaci i nedostatak uniformnih ili međusobno uskladišenih pisanih procedura koje će omogućiti vršenje mjerjenja po ustaljenim procedurama za osiguranje i kontrolu kvaliteta mjerjenja. Ovaj priručnik ne isključuje donošenje vlastitih procedura

za rad i osiguranje kvaliteta u slučaju da ih pojedini operateri ili nadležne institucije koji vrše mjerjenja osiguraju sami, ali im može poslužiti kao polazna osnova za izradu vlastitih ukoliko postoji potreba za tim. U slučaju da operateri nemaju vlastite procedure za vršenje mjerjenja kvaliteta zraka, ovaj priručnik pruža minimum zahtjeva za osiguranje i kontrolu kvaliteta i ti operateri bi se trebali njime voditi u radu.

S obzirom na sve poteškoće i prepreke koje se dešavaju u vršenju monitoringa teško je očekivati da je sve zahtjeve iz ovog priručnika moguće ispuniti. Neispunjenoj pojedinih zahtjeva ne mora značiti da rezultati mjerjenja neće biti prihvatljivi i ocijenjeni validnim, ali to zavisi od ukupne ocjene načina vršenja monitoringa, značaja pojedinog zahtjeva i njegovog utjecaja na kvalitet mjerjenja i stanja zadovoljenja ukupnih zahtjeva iz ovog priručnika.

IZBOR MJERNOG MJESTA I PODJELA ODGOVORNOSTI

Kod izbora mjernog mjesta, odnosno mikrolokacije na kojoj će biti postavljena stanica za praćenje kvaliteta zraka treba ispuniti zahtjeve koji su u skladu s pravilima struke. Mjerjenja treba vršiti na što dosljedniji način. Mjerno mjesto treba biti reprezentativno kako bi obuhvatilo što veći broj ljudi koji naseljavaju područje u blizini. Izbor makrolokacije treba vršiti u skladu s važećim entitetskim propisom.

Poželjno je pri izboru mjernog mjesta u urbanim sredinama birati lokacije za koje možemo pretpostaviti da se na njima ne očekuju značajne promjene ambijentalnih uslova i izvora emisija u dužem periodu, a sve kako bi rezultati mjerjenja bili uporedivi kroz duži vremenski period. Ukoliko dođe do takvih promjena u okolini, neophodno je izvršiti i promjenu klasifikacije stanice. Stoga je neophodno redovno čuvati zabilješke o uslovima okoline oko mjernog mjesta.

U praksi se rijetko dešava da stanica ispunjava sve idealne lokacijske uslove. Najčešće subjekti nadležni za vršenje mjerjenja nisu u mogućnosti birati lokacije, nego zavise od raspoloživih lokacija koje im se dodijele. U tom slučaju treba odabrati lokaciju koja zadovoljava najveći broj zahtjeva. Ukoliko ponuđena lokacija ne zadovoljava veći broj zahtjeva, treba izabrati novu lokaciju.

Kod izbora mjernog mjesta, odnosno mikrolokacije na kojoj će se mjerjenje vršiti potrebno je osigurati sljedeće zahtjeve:

- 1.** Područje oko uređaja za uzorkovanje zraka mora biti otvoreno, tako da omogućava slobodno strujanje zraka (u luku od najmanje 270°) bez prepreka koje bi mogle utjecati na protok zraka. To je najčešće udaljenost od nekoliko metara od zgrada, drveća i drugih prepreka. Ukoliko neka prepreka koja bi smanjila traženi luk od 270° slobodnog strujanja zraka nadvisuje mjesto gdje se nalazi uzorkovač zraka, važno je osigurati njenu udaljenost od opreme za uzorkovanje zraka za najmanje dvostruku visinu te prepreke. Ukoliko se mjesto uzorkovanja nalazi na istoj visini kao okolne zgrade/prepreke, ono bi trebalo biti udaljeno najmanje pola metra od njih.
- 2.** Općenito, mjerni instrumenti za uzorkovanje zraka trebaju biti na visini između 1,5 metar ("zona disanja") i 4 metra iznad tla. U određenim okolnostima uzorkovač zraka može biti postavljen na veću visinu ukoliko se ocijeni da je takvo mjerno mjesto reprezentativno za veliko područje, a što je često slučaj u gusto izgrađenom urbanom području gdje dominiraju nešto viši objekti i kako bi se zadovoljio prvi navedeni uslov. U takvim slučajevima preporučuje se da visina opreme za uzorkovanje zraka ne prelazi visinu od 20 metara iznad tla.
- 3.** Oprema za uzorkovanje zraka ne smije se postaviti u neposrednu blizinu izvora emisije kako bi se izbjeglo neposredno (direktno) usisavanje emisija koje nisu izmiješane s okolnim zrakom. Ukoliko se mjerjenja vrše s ciljem praćenja utjecaja saobraćaja na kvalitet zraka, idealni uslovi za postavljanje uređaja za uzorkovanje zraka bi bili:
 - 3.1.** ova mjerna mjesta trebala bi biti udaljena najmanje 25 metara od ruba glavnih raskrsnica i najmanje 4 metra od sredine najbliže saobraćajne trake (za sve onečišćujuće materije/polutante);
 - 3.2.** za praćenje azotnog dioksida (NO_2) i ugljičnog monoksida (CO) uzorkovač zraka treba biti udaljen najviše 5 metara od ruba pločnika;
 - 3.3.** za lebdeće čestice, oovo i benzen, uzorkovači zraka trebaju se postaviti tako da budu reprezentativni za kvalitet zraka u blizini okolnih zgrada, ali na udaljenosti ne većoj od 10

metara od ruba pločnika.

Navedeni zahtjevi odnose se na idealne uslove vršenja mjerena koncentracija navedenih materija. Sva odstupanja trebala bi se dokumentovati i procijeniti njihov utjecaj.

Drugi uslovi i faktori vezani za mjerna mjesta koje treba uzeti u obzir prilikom izbora mjernog mjesta:

- 1.** različiti izvori ometanja mjerena – pored navedenih uslova lokacije treba izbjegavati lokacije u čijoj se blizini očekuju aktivnosti što mogu biti razlog za neočekivane izvore emisije ili ometanja slobodnog strujanja zraka, te time smanjiti reprezentativnost mjernog mjesta (parkirališta, mjesta održavanja manifestacija, privremena odlagališta otpada i drugo);
- 2.** sigurnost mjernog mjesta – poželjne su lokacije na osvijetljenim mjestima ili tamo gdje je mogućnost otudivanja ili oštećenja mjerne opreme smanjena;
- 3.** pristup – prilikom izbora mjernog mjesta treba voditi računa o tome da stanice budu dostupne osoblju koje nosi teret prilikom postavke i rada na stanicama;
- 4.** raspoloživost električnog napajanja i mogućnost povezivanja na internetsku mrežu;
- 5.** vidljivost mjernog mjesta u odnosu na okolinu;
- 6.** sigurnost za javnost i tehničko osoblje (operatere);
- 7.** poželjno je na istom mjestu osigurati postavljanje uzorkovača i mjernih instrumenata za mjerjenje koncentracija različitih onečišćujućih materija;
- 8.** propisi vezani uz prostorno planiranje ili važeće regulacione planove.

Ispunjenošć svih navedenih zahtjeva treba dokumentovati prije odabira lokacije uz pisana obrazloženja/napomene ukoliko neki od zahtjeva nisu ispunjeni ili su djelimično ispunjeni. Također, ukoliko se smatra potrebnim ili korisnim, poželjno je upisati i sve ostale značajke prostora u blizini mjernog mjesta koje mogu imati utjecaj na rezultate mjerena.

Potrebno je fotografski dokumentovati lokaciju stanice za praćenje kvaliteta zraka kako bi se imao uvid u stanje prostora oko stanice. Neophodna fotodokumentacija podrazumijeva sliku mjernog mjesta/stanice i najmanje 4 fotografije okoline stanice načinjene s mjernog mjesta u različitim smjerovima na sve četiri strane svijeta.

Geografske koordinate i nadmorska visina stanice moraju također biti dokumentovani.

Jednom godišnje neophodno je revidirati lokacijske uslove i zadovoljenost zahtjeva za izbor mjernog mjesta. Eventualne promjene treba dokumentovati.

Imenovanje osobe odgovorne za kvalitet mjerena

Institucija za čije se potrebe vrši mjerjenje ili koja vrši mjerjenje kvaliteta zraka treba imenovati osobu koja je odgovorna za kvalitet cijelog procesa vršenja monitoringa ("menadžer kvaliteta"). To je osoba koja prati ispunjavanje zahtjeva za osiguranje kvaliteta u procesu bez obzira da li proces vršenja mjerena u potpunosti vrši institucija koja je imenovala menadžera ili to čine angažovane kompanije.

Dužnosti menadžera kvaliteta mogu uključivati:

- staranje da se proces izvođenja mjerena obavlja u skladu sa zahtjevima struke, u skladu sa standardnim metodama mjerena i u skladu s ovim dokumentom;
- vođenje dokumentacije o cjelokupnom procesu mjerena u skladu sa zahtjevima ovog priručnika i domaće zakonske regulative;
- prijenos znanja i vještina na ostale osobe uključene u proces vršenja mjerena;
- raspodjelu zadataka i obaveza ostalim osobama uključenim u proces mjerena i vođenje evidencije o tome;
- ukoliko dio ili cjelukopan proces mjerena obavlja unajmljena kompanija, menadžer kvaliteta

obavlja komunikaciju s njima, prati i dokumentuje njihov rad kako bi osigurao odvijanje rada u skladu sa zahtjevima struke, metodološki ispravno, u skladu s ovim dokumentom i zahtjevima domaće zakonske regulative;

- menadžer kvaliteta podnosi izvještaj – godišnji obrazac imenovanom referentnom centru nadležnom za prikupljanje podataka o monitoringu kvaliteta zraka i predstavlja osobu za kontakt s referentnim centrom.

IZBOR MJERNIH INSTRUMENATA

Instrumenti koji se koriste za izvođenje mjerjenja kvaliteta zraka moraju raditi prema referentnim metodama opisanim u entitetskom ili nacionalnom propisu koji opisuje način vršenja monitoringa kvaliteta zraka. Referentne metode su međunarodno priznate metode. Dodatno se mogu koristiti i ekvivalentne metode za koje se može dokazati da daju rezultate jednake referentnoj metodi.

Prilikom izbora mjernog instrumenta, odnosno opisa treba voditi računa o mjernom rangu instrumenta i nivou detekcije u skladu s očekivanim nivoom zagađenja na lokaciji za koju se nabavlja mjerni uređaj. Ukoliko se mjerni uređaj treba smjestiti u već postojeću mjerne stanicu, prilikom nabavke treba obratiti pažnju na to da uređaj koji se nabavlja dimenzijama odgovara prostoru koji je na raspolaganju. Također je važno i da postoji mogućnost povezivanja novog s postojećim uređajima za prikupljanje i pohranjivanje podataka. Osim toga treba voditi računa o radnoj temperaturi instrumenta i električnom naponu. U slučaju potrebe, za određivanje tehničkih karakteristika uređaja koji se nabavlja preporučuju se konsultacije s referentnim centrom.

Prilikom nabavljanja uređaja za prikupljanje, pohranu i slanje podataka treba voditi računa da oni budu kompatibilni sa sistemom za automatsko prikupljanje podataka u referentnom centru.

UGRADNJA I INSTALACIJA MJERNE OPREME

Opći zahtjevi

Odgovarajući način instalacije i pozicioniranja mjerne opreme prvi je važan korak za njen ispravan rad. To podrazumijeva da je mjerni instrument zaštićen od prašine, kiše i snijega, direktnog sunčevog zračenja, velikih varijacija u temperaturi i slično. To zahtjeva da je dostupni prostor u skladu s veličinom i oblikom instrumenata i lokacijskim uslovima mjernog mesta. Instrumenti mogu biti smješteni u kontejneru, zgradu, vozilu, sanduku itd. Preporučeno je povremeno pregledati zidove mjerne stanice kako bi se pronašle pukotine ili druga oštećenja, te ih otkloniti u što kraćem roku. Prilikom organizacije prostora za mjernu opremu treba voditi računa da se osigura kvalitetan pristup i kretanje oko opreme kako bi se bez problema moglo vršiti njihovo instaliranje, deinstaliranje i održavanje.

Instaliranje instrumenata i opreme

Prilikom instaliranja instrumenata važno je obratiti pažnju da različiti instrumenti imaju različite karakteristike i zahtjeve. Stoga se treba pridržavati preporuka proizvođača za svaki pojedini instrument. Ovo se odnosi kako na same tehničke uslove instalacije tako i na rukovanje i instaliranje dodatnih materijala i dijelova – filteri, cijevi, crijeva i zamjenski dijelovi. U najvećem broju slučajeva ovi zahtjevi su slični kod različitih proizvođača.

Električni napon

S obzirom da su mjerni instrumenti uglavnom osjetljivi električni uređaji, preporučuje se da se osigura stabilan napon u električnoj mreži koja napaja instrumente kako bi se izbjegli neželjeni kvarovi i oštećenja, što se može izvesti instalacijom posebnih uređaja za stabilizaciju električnog napona. Ukoliko je neophodno, treba instalirati uređaje za stabilnost napona električne energije s obzirom da ovaj faktor također može utjecati i na mjernu nesigurnost, odnosno kvalitet mjerjenja.

Klimatizacija prostora

Neophodno je osigurati stabilnu jednoličnu temperaturu zraka bez velikih i naglih promjena u prostoru u kojem je smještena merna oprema. Tehnički, većina instrumenata je u stanju da ispravno radi na temperaturama između 15°C i 35°C. Međutim, za postizanje najboljih rezultata mjerjenja i osiguranje najboljih uslova za rad instrumenata idealno je održavati temperaturu zraka u prostoriji u kojoj se nalaze mjni instrumenti između 20°C i 25°C. Zbog ovoga je neophodno instalirati

klima-uređaj unutar same mjerne stanice, te je preporučljivo da se osim uređaja za klimatizaciju prostora uz mjernu opremu instalira i termometar kojim će se moći provjeravati stanje temperature zraka pored samog uređaja. Klima-uređaje potrebno je redovno održavati u skladu s preporukom proizvođača. Važno je voditi računa da ispusti klima-uređaja ne utječu na rezultate mjerjenja, odnosno da ne miješaju izlazni stanični zrak sa zrakom koji se uzorkuje za mjerjenje koncentracija zagađujućih materija.

Plinske boce

Ukoliko se na stanici za monitoring kvaliteta zraka prate koncentracije plinovitih materija, onda se podrazumijeva da će na stanici povremeno ili trajno biti postavljene i plinske boce radi umjeravanja mjernih instrumenata. Potrebno je osigurati da plinske boce ne predstavljaju rizik po radno okruženje, odnosno da se svede na minimum mogućnost njihovog prevrtanja ili nekontrolisanog curenja plina iz njih. Trajno postavljene plinske boce trebaju se postaviti tako da nema zapreka njihovom rukovanju prilikom zamjene. Ukoliko se u bocama nalaze gasovi u koncentracijama koje mogu predstavljati opasnost po zdravlje osoblja na stanici, potrebno je staviti znakove upozorenja i rukovanje bocama vršiti u skladu s uputama o sigurnosti na radu.

Zaštita od požara

Na svakoj mjernej stanici neophodno je osigurati barem jedan uređaj za gašenje požara ispunjen materijom koja odgovara gašenju požara na električnim instalacijama. Poželjno je imati instaliran i sistem za detekciju i dojavljivanje požara.

KONFIGURACIJA MJERNE OPREME

Konfiguracija, odnosno tehničke postavke mjerne opreme moraju biti u skladu s uputama proizvođača i svim preporukama opisanim u tehničkoj dokumentaciji instrumenta.

Instrumenti koji vrše uzorkovanje čestica i tvari koje se analiziraju u obliku čestica (PM10, PM2.5, benzo(a)piren, arsen, kadmijum, nikl, olovo i sl.) trebaju vršiti uzorkovanje pri tekućim ambijentalnim uslovima temperature zraka i pritiska.

Instrumenti koji mjere koncentracije plinovitih tvari (NO₂, CO, SO₂, O₃, H₂S, benzen i sl.) mjerjenje trebaju vršiti pri standardizovanoj temperaturi od 293 K (19,9°C) i pritisku od 101,3 kPa. Ovi uslovi najčešće su već podešeni u softverskoj podršci mjernih instrumenata, tako da je i prilikom konfiguracije instrumenta neophodno potvrditi status ovih parametara. Ukoliko se eventualno ne mogu osigurati ovi uslovi na samom instrumentu, onda je potrebno izvršiti proračun, odnosno preračun dobijenih vrijednosti koncentracija mjerene polutanata na standardizirane uslove.

Mjerni instrumenti gasovitih polutanata koncentraciju izražavaju u „ppm“ ili „ppb“ jedinicama („parts per milion“ / „parts per billion“, odnosno „molekula gasa unutar milion/milijardu molekula zraka“) i pretvaranje ovih jedinica u masene jedinice ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ ili mg/m^3) najčešće je moguće izvršiti automatski u postavkama instrumenta. Ukoliko to eventualno nije moguće, onda se preračunavanje u masene jedinice vrši prema konverzionim faktorima za svaki pojedini gas na sljedeći način:

Azotni dioksid NO ₂	1 ppb = 1,91 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ = 0,52 ppb
Azotni monoksid NO	1 ppb = 1,25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ = 0,80 ppb
Sumpor-dioksid SO ₂	1 ppb = 2,66 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ = 0,38 ppb
Ozon O ₃	1 ppb = 2,00 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ = 0,50 ppb
Ugljični monoksid CO	1 ppm = 1,16 mg/m ³	1 mg/m ³ = 0,86 ppm
Benzen C ₆ H ₆	1 ppb = 3,25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ = 0,31 ppb

KRAUSE





OPĆI ZAHTJEVI U IZVOĐENJU MJERENJA

Ključno je pri osiguranju kvaliteta i pouzdanosti u vršenju monitoringa kvaliteta zraka održavanje instrumenata i opreme u dobrom stanju. Stoga su redovni servisi i održavanje opreme vrlo važne faze sveukupnog procesa vršenja monitoringa.

Korisnik instrumenata unutar mjerne stanice održavanje opreme treba vršiti u skladu s pisanim tehničkim uputstvima proizvođača opreme.

Sve aktivnosti na stanici koje se tiču rukovanja opremom, izmjena postavki, održavanja, izmjene potrošnih materijala, servisa i umjeravanja potrebno je dokumentovati. Ukoliko te aktivnosti ili dio njih obavlja unajmljena kompanija za te namjene, potrebno je od iste tražiti pisane dokumente o tim aktivnostima. Takva dokumentacija treba biti u formi obrasca i ukoliko operater nema vlastiti obrazac koji služi svrsi tog dokumentovanja, referentni centar ih može izraditi.

Sljedivost

Potrebno je osigurati da se oprema kojom se vrši monitoring kvaliteta zraka održava u skladu s primjenjenim standardom koji se odnosi na testiranje i kalibraciju opreme. To znači da je neophodno osigurati sljedivost umjeravanja opreme tako da se mjerni instrumenti moraju kalibrirati, odnosno umjeravati s opremom i referentnim materijalima čiji se kvalitet može u potpunosti pratiti do nivoa međunarodno prihvaćenog standarda.

To znači da neki mjerni instrument treba kalibrirati s referentnim gasom iz boce uz koju postoji dokaz izdat od akreditovanog subjekta da u vremenu umjeravanja u njoj mora biti važeća vrijednost koncentracije referentnog gasa. Ovo se odnosi i na vršenje funkcionalnih provjera („span check“).

Ukoliko je kalibracija rađena prijenosnim standarnim kalibratorom (tzv. „transfer standard“), treba postojati dokaz da je prijenosni kalibrator u vrijeme kalibracije mjernog instrumenta bio u važećem roku umjeravanja s višim standardom. Validacija može biti izvršena ili u laboratoriji koja je umjerena etalonskim uređajem ili direktno etalonskim uređajem na terenu. Također, mjerni instrumenti mogu se slati na umjeravanje direktno s etalonom, ali je to rijetko preporučljivo zbog visokih troškova.

Akreditacija prema ISO 17025

Jedan od načina osiguranja sljedivosti prilikom vršenja monitoringa kvaliteta zraka jeste da se ispune uslovi akreditacije po standardu ISO 17025. Ovo je važan uslov u slučaju kada se koriste usluge podugovarača. Treba imati na umu da se akreditacija po ovom standardu odnosi na metode i postupke, a ne na cijelokupno djelovanje kompanije, tj. laboratorija. Stoga je u tom slučaju potrebno provjeriti akreditaciju za one metode koje se odnose na mjerjenje onih zagađujućih materija koje su u programu mjerjenja na stanicu ili stanicama za koje se ta kompanija, odnosno akreditovana laboratorija angažuje. Resorna entitetska ministarstva na svojim internetskim stranicama objavljaju registar licenciranih laboratorijskih agencija. Registrirani laboratorijski agenci i odgovarajuće metode objavljaju se na sajtu državne agencije za akreditaciju (BATA).

MJERENJA LEBDEĆIH ČESTICA PM 10 I PM 2.5

Mjerni instrumenti koji se koriste za ovu namjenu trebaju raditi na principu referentne ili ekvivalentne metode mjerena.

Instrumenti koji mjere PM 10 i PM 2,5 prema referentnoj metodi

Održavanje referentnih instrumenata

Instrumenti koji mjere lebdeće čestice PM 10 i PM 2.5 prema referentnoj metodi moraju biti u skladu sa standardom BAS/EN 12341:2014 – Standardna metoda za gravimetrijsko određivanje masene koncentracije frakcije PM 10 i PM 2.5 suspendovane čvrste tvari u zraku. Princip mjerena je prikupljanje čestica na filter, a potom vaganjem u laboratoriju – gravimetrijski se određuje težina čestica. Ovaj standard također pruža informacije o izračunavanju mjerne nesigurnosti. Zbog prirode procesa i vremena između uzorkovanja i vaganja, što uključuje vrijeme pripreme filtera za vaganje, referentnom metodom nije moguće dobiti rezultat o nivou narušenosti kvaliteta zraka u stvarnom vremenu, već sa zakašnjenjem i do nekoliko dana ili sedmica. Iz ovog razloga često je opravdano koristiti instrumente koji rade ekvivalentnom metodom.

Mjerenje lebdećih čestica referentnom metodom mora biti praćeno ispunjenjem sljedećih zahtjeva:

Kontrola i kalibracija mjerne opreme:

- Provjera senzora za temperaturu zraka i zračni pritisak – jednom u tri mjeseca
- Kalibracija senzora za temperaturu zraka i zračni pritisak – jednom godišnje
- Kontrola protoka – jednom u tri mjeseca
- Kalibracija protoka – jednom godišnje
- Provjera curenja („leak test“) – jednom godišnje
- Učestvovanje na međunarodnim međulaboratorijskim mjeranjima – ukoliko je izvodivo

Ostalo:

- Sve druge aktivnosti održavanja koje su u skladu s tehničkim uputstvima i preporukama proizvođača mjerne opreme
- Vođenje dokumentacije o svim aktivnostima na radu s opremom (redovno održavanje, zamjena dijelova i potrošnih materijala, kontrole i kalibracije i drugo).

Vaganje filtera

- Vaganje filtera obavlja se u skladu sa standardom EN 12341:2014.
- Ukoliko nadležna institucija za praćenje kvaliteta zraka ne vrši samostalno proces vaganja filtera (gravimetrije), već za te potrebe unajmljuje konsultantsku kompaniju – laboratoriju, onda ta laboratorija mora biti akreditovana za ovu metodu i po standardu ISO 17025.
- Svi postupci moraju biti dokumentovani.

Sljedivost referentnih instrumenata

Za lebdeće čestice frakcije PM 10 ili PM 2,5 ne postoji međunarodno priznati materijal za upoređivanje i kalibraciju mjernog uređaja. Stoga se zadovoljenje zahtjeva iz standarda EN 1234:2014 smatra primarnom referentnom metodom za kvalitetno obavljanje ovih mjerena.

Da bi se osigurala sljedivost za uzorkovanje referentnim instrumentom za lebdeće čestice, zahtjevi su sljedeći:

- Senzore temperature, zračnog pritiska i protoka zraka na mjernom instrumentu redovno treba kalibrirati prema sljedivim standardima. Ukoliko se angažuje spoljni kompanija za ovu namjenu, ona treba biti akreditovana prema ISO 17025 za ove zadatke, što podrazumijeva garanciju sljedivosti umjeravanja.
- Oprema koja se koristi za vaganje filtera treba se redovno kalibrirati (jednom godišnje). Ukoliko se angažuje spoljni saradnik – kompanija za ovu namjenu, treba biti akreditovana prema ISO 17025 za ove zadatke, što podrazumijeva garanciju sljedivosti umjeravanja.
- Potrebno je uredno voditi svu dokumentaciju koja dokazuje sljedivost umjeravanja (potvrde ili izvještaji o kalibraciji).

Instrumenti koji mjere PM 10 i PM 2,5 primjenom ekvivalentne metode

Održavanje ekvivalentnih instrumenata za čestice

Instrumenti koji mjere lebdeće čestice PM 10 i PM 2,5 ekvivalentnom metodom mogu slijediti različite principe (najčešće beta-apsorpcija ili rasipanje svjetlosti). Stoga je važno uvjek slijediti preporuke proizvođača instrumenta koje se odnose na rukovanje, servis i održavanje itd.

Mjerenje lebdećih čestica ekvivalentnom metodom mora se pratiti ispunjenjem zahtjeva prikazanih u nastavku:

Kontrola i kalibracija mjerne opreme:

- Provjera funkcionalnosti rada senzora za temperaturu zraka, pritiska zraka i protoka u uređaju za praćenje koncentracije čestica – dnevno
- Provjera tačnosti senzora za temperaturu zraka i zračni pritisak – jednom u tri mjeseca
- Kalibracija senzora za temperaturu zraka i zračni pritisak – jednom godišnje
- Kontrola protoka – jednom u tri mjeseca
- Kalibracija protoka – jednom godišnje
- Provjera curenja („leak test“) – jednom godišnje
- Kontrola „nulte tačke“ – kontrola čistim zrakom – jednom godišnje.

Ostalo:

- Sve druge aktivnosti održavanja koje su u skladu s tehničkim uputstvima i preporukama proizvođača mjerne opreme
- Vođenje dokumentacije o svim aktivnostima na radu s opremom (redovno održavanje, zamjena dijelova i potrošnih materijala, kontrole i kalibracije i drugo).

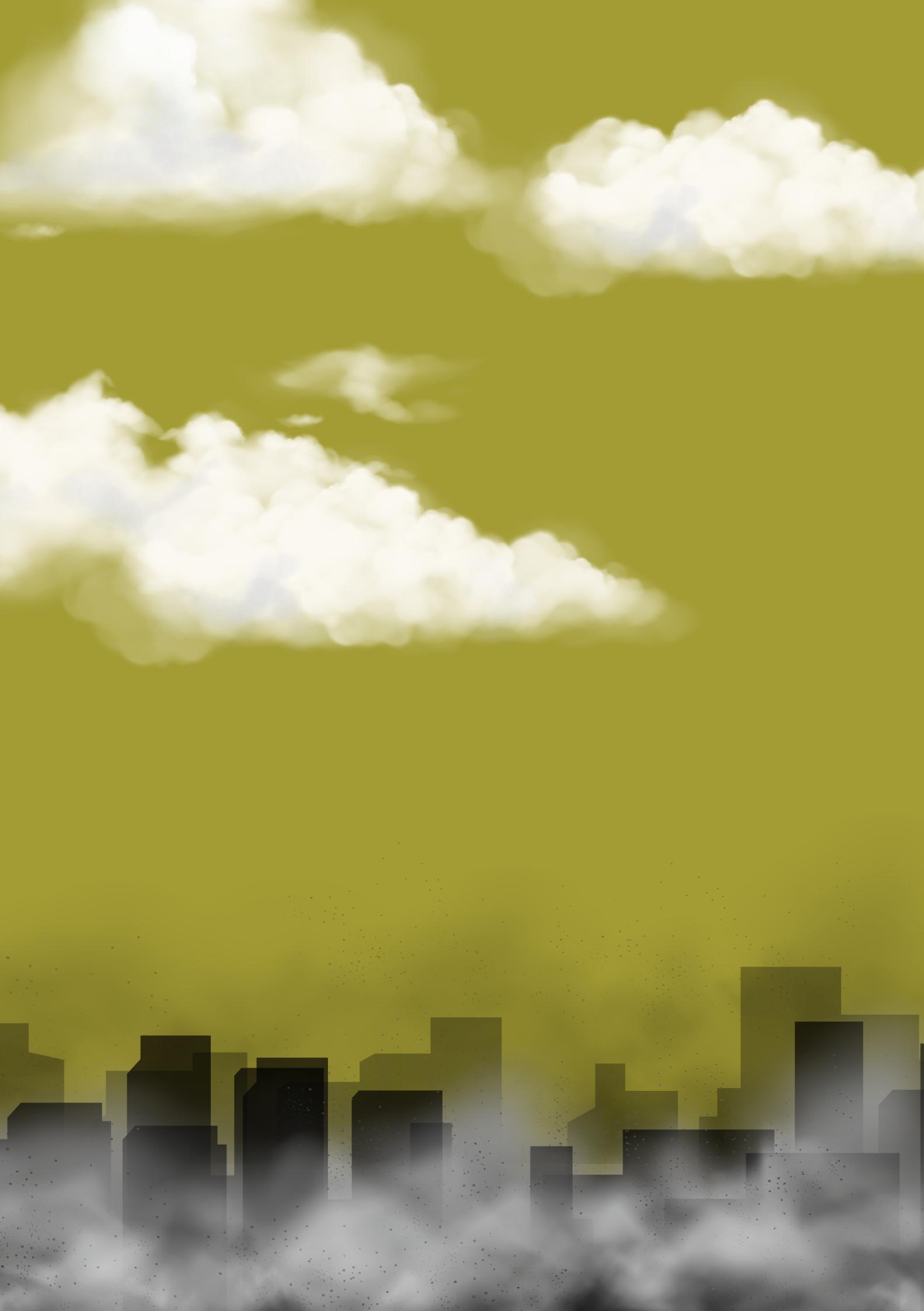
Izračunavanje nesigurnosti za instrumente koji koriste ekvivalentne metode

Procjena mjerne nesigurnosti na instrumentima koji vrše mjerenje koncentracije lebdećih čestica ekvivalentnom metodom moguća je samo upoređivanjem dobijenih rezultata s rezultatima dobijenim na instrumentu koji mjerjenje vrši u skladu s referentnom metodom – jednostavnom usporedbom dobijenih rezultata uz uslov da je mjerjenje vršeno istovremeno i na istom mjernom mjestu. Procentualno izražena razlika dobijene koncentracije na mjernom uređaju u odnosu na koncentraciju dobijenu referentnom metodom (gravimetrija) predstavlja i mjernu nesigurnost. Na ovaj način mogu se naknadno izvršiti korekcije dobijenih rezultata s ciljem dobijanja što tačnijeg podatka. Na ovaj način korekcije dobijenih rezultata mogu se uraditi kasnije kako bi se dobili pouzdani podaci. Dostupno je više detalja o ovim poređenjima, a jednogodišnja poređenja dovoljna su za početak.

Sljedivost korišćenjem ekvivalentnih metoda

Kako je navedeno ne postoji međunarodno priznat materijal za upoređivanje i kalibraciju opreme koja mjeri lebdeće čestice. Sljedivost, kao i određivanje mjerne nesigurnosti dokazuje se uporednim mjerenjima instrumentima koji mjerjenja vrše referentnom metodom. Da bi se osigurala sljedivost za mjerjenje instrumentom koji koriste ekvivalentnu metodu za lebdeće čestice, zahtjevi su sljedeći:

- Senzori temperature, zračnog pritiska i protoka zraka na mjernom instrumentu redovno treba kalibrirati prema sljedivim standardima. Ukoliko se angažuje spoljna kompanija za ovu namjenu, treba biti akreditovana prema ISO 17025 za ove zadatke, što podrazumijeva garanciju sljedivosti umjeravanja.
- Potrebno je uredno voditi svu dokumentaciju koja dokazuje sljedivost umjeravanja navedenih senzora (potvrde ili izvještaji o kalibraciji) i dokumentaciju o uporednim mjerenjima referentnim instrumentima ako su takve vršene.



MJERENJA GASOVITIH ZAGAĐUJUĆIH TVARI U ZRAKU

Instrumenti koji se koriste za izvođenje mjerena kvaliteta zraka moraju raditi prema referentnim metodama opisanim u entitetskom ili nacionalnom propisu koji opisuje način vršenja monitoringa kvaliteta zraka. Referentne metode su međunarodno priznate metode. Uslovno se može koristiti i ekvivalentna metoda, za koju se može dokazati da daje rezultate jednake referentnoj metodi, ali to se uglavnom odnosi na mjerena lebdećih čestica. Ekvivalentne metode za mjerena koncentracija gasovitih tvari u zakonskoj regulativi u Bosni i Hercegovini nisu prepoznate. Ostale metode mogu biti uključene ukoliko su prepoznate od strane međunarodne naučne zajednice. U pojedinim slučajevima operateri mogu ocjenjivati rezultate mjerena takvim metodama uz uslov da je bilo nemoguće vršiti mjerena referentnom metodom i da za postupak mjerena postoje dokazi o ispunjenim tehničkim zahtjevima održavanja, kalibracije i sljedivosti. Ovo se odnosi na rad subjekata koji su nadležni za obavljanje monitoringa kvaliteta zraka u cilju zaštite zdravlja ljudi i izvještavanja o kvalitetu zraka, dok se u istraživačke i naučne svrhe mogu koristiti i druge metode.

Najčešće se vrši monitoring sljedećih gasovitih tvari u zraku:

- Sumpor-dioksid (SO_2),
- Azotni oksidi (NO_2 , NO , NO_x)
- Uglični monoksid (CO) i
- Ozon (O_3)

O njihovom mjerenu bit će riječi u nastavku. Osim njih povremeno se vrše mjerena i sumporvodika (H_2S) i benzena (C_6H_6) na pojedinim lokacijama.

Rukovanje bocama sa gasovima za kalibraciju

Vršenje mjerena navedenih gasovitih materija (osim ozona) instrumentima koji koriste referentne metode podrazumijeva rukovanja bocama u kojima su smješteni gasovi ili mješavine gasova za njihovu kalibraciju. Da bi se ta kalibracija mogla vršiti pouzdano i kvalitetno, potrebno je da su koncentracije gasova u boci tačno određene i stabilne. Da bi se to osiguralo, potrebno je koristiti gasove unutar garantnog roka i paziti da se sadržaj boca ne kontaminira.

Regulator gase plinske boce (ventil) mora biti zavrnut kad god ona nije u upotrebi. Prilikom rukovanja bocom i ventilom za regulaciju protoka treba voditi računa o sljedećem:

- prilikom montaže ventila regulatora protoka na bocu regulator mora biti zatvoren;
- pri upotrebi kalibracionih gasova obavezno je najprije otvoriti ventil na boci, a potom ventil na regulatoru pritiska;
- prilikom završetka kalibriranja ili funkcionalne provjere obavezno je prvo zatvoriti ventil na boci, a potom ventil na regulatoru pritiska, jer pritisak iz boce može oštetiti dijelove u ventilu za regulaciju pritiska;
- prilikom zamjene ili skidanja ventila za regulaciju protoka zatvoriti prvo bocu ukoliko je otvorena, a potom otvoriti ventil regulatora pritiska kako bi se ispustili zadržani gasovi u samom ventilu;
- ukoliko se funkcionalne provjere s bocom rade automatski, onda treba voditi računa o redoslijedu uključivanja i povremeno provjeriti da li dolazi do ispuštanja gasova između boce i analizatora;
- uvijek treba paziti da se prvo izvrši zavrtanje ventila boce, pa tek onda odvajanje crijeva od mjernog uređaja.

Sve boce s gasovima moraju imati jasno označene vrijednosti koncentracije gasova, certifikat o valjanosti smjese i rok valjanosti boce, odnosno garantovane stabilnosti gasova.

Prilikom nabavljanja boca s gasovima treba voditi računa o tome da koncentracije u njima odgovaraju redu veličine mjernog ranga instrumenata za mjerena, a svakako veće od očekivanih vrijednosti koncentracija tih gasova na lokaciji mjernog mesta.

Instrumenti koji mjere referentnoj metodi

Zakonom propisana metodologija vršenja monitoringa koncentracija pojedinih gasovitih materija u ambijentalnom zraku je sljedeća:

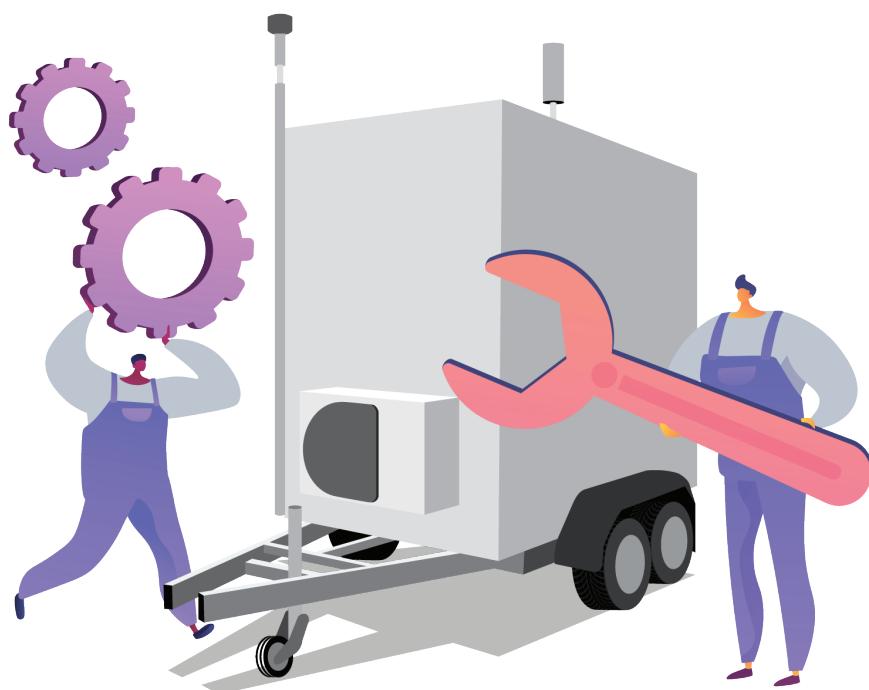
- referentna metoda za analizu azotnog dioksida i oksida azota u ambijentalnom zraku je kemiluniscencija (CLD); princip mjerena: modulacioni tip unakrsnog toka uz reducirani pritisak (prema standardu BAS EN 14211);
- referentna metoda za analizu i princip mjerena sumpordioksid u ambijentalnom zraku je ultravioletna fluorescencija (standard: BAS EN 14212);
- praćenje koncentracije ugljenmonoksida u ambijentalnom zraku vrši se metodom nedisperzivne infracrvene apsorpcije (NDIR-CFM); princip mjerena: modulacija unakrsnog toka (standard BAS EN 14626);
- monitoring koncentracija prizemnog ozona u ambijentalnom zraku vrši se metodom nedisperzivne ultraljubičaste apsorpcije (NDUV) (standard: BAS EN 14625).

Kalibracija i upravljanje referentnim instrumentima za gasovite polutante

Održavanje i kalibracija instrumenata koji mjere gasovite polutante u zraku prema referentnoj metodi moraju slijediti navedene standarde.

Kalibracije instrumenata trebaju se izvoditi svaki treći mjesec. Ukoliko instrumenti rade pouzdano i stabilno, uz osiguranje svih ostalih tehničkih zahtjeva za održavanje instrumenata, ova frekvencija može se spustiti na dva jedanput u šest mjeseci. Funkcionalne provjere rada, odnosno provjere nulte tačke i tačke mjernog raspona („zero“ i „span check“) treba činiti najmanje svake dvije sedmice. Međutim, idealni su uslovi u kojima se ove provjere vrše automatski – jednom dnevno. Poneko izostajanje ovih provjera u toku godine ne mora značiti da će se mjerena ocijeniti nevalidnim u tom periodu ukoliko se dobijeni rezultati doimaju logičnim i očekivanim poslije obavljene provjere i kontrole podataka, a na način kako je opisano u narednom poglavju ovog priručnika. Osim toga, potrebno je voditi računa o redovnoj izmjeni punjenja linije za dobijanje nultog gasa najmanje jednom u 6 mjeseci, a ukoliko se ocijeni potrebnim, i češće. Stanje punjenja za nulti gas najlakše se utvrđuje posmatranjem promjene boje silikatnog gela.

Pri kalibraciji se koriste referentni gasovi koji imaju sljedivost prema domaćim ili međunarodnim standardima i koji ima koncentraciju što odgovara najmanje 70–80% mjernog raspona instrumenta. Nesigurnost referentnog plina mora biti manja od $\pm 5\%$, tj. na nivou pouzdanosti od 95%. Za kalibraciju i kontrolu nulte tačke treba koristiti nulti gas („zero gas“). Prije izvođenja svake kalibracije valja izvršiti zamjenu filtera kako bi se smanjila mogućnost eventualne kontaminacije referentnog gasa.



Mjerenja koncentracije gasovitih polutanata u zraku trebaju zadovoljiti sljedeće zahtjeve kalibracije i funkcionalnih provjera:

- Provjera mjernog raspona („span check“) i nulte tačke („zero check“) – najmanje jednom u 15 dana
- Kalibracija na dvije tačke unutar mjernog raspona i proračun granice detekcije – jednom u tri mjeseca*
- Kalibracija na pet ili više tačaka – jednom godišnje*
- Kontrola efikasnosti konvertera na uređajima za praćenje azotnih oksida – jednom godišnje
- Promjena punjenja za čišćenje zraka („zero gas line“) – najmanje jednom u 6 mjeseci.

Ostale aktivnosti:

- Obavljanje svih ostalih mjera održavanja i kontrole rada u skladu s tehničkom dokumentacijom proizvođača instrumenata (zamjena filtera, potrošnih materijala, dijelova i slično)
- Uredno vođenje kompletne dokumentacije o vršenju funkcionalnih provjera i kalibracije i svih drugih aktivnosti i mjera provedenih na mjernim instrumentima
- Osiguranje prijenosa znanja između osoblja koje je uposleno na radu sa stanicom i upoznavanje osoblja s procedurama za rad

*Učestalost može biti i niža ukoliko instrumenti rade pouzdano i stabilno, uz osiguravanje svih ostalih tehničkih zahtjeva za održavanje instrumenta. U takvom slučaju kalibracija na dvije tačke može se raditi jednom u 6 mjeseci. Kalibracija na 5 tačaka može se raditi i jednom u 2-3 godine ukoliko je kalibracija na 2 tačke rađena svaka 3 mjeseca uz zadovoljenje svih ostalih tehničkih zahtjeva upravljanja instrumentom.





UPRAVLJANJE PODACIMA – REZULTATIMA MJERENJA

U našim propisima definisan je minimalni obuhvat validnih podataka za svaku pojedinačnu materiju koja se mjeri u monitoringu kvaliteta zraka za različite periode što opisuju kolika je dovoljna količina podataka koja može dati jasnu sliku stanja kvaliteta zraka za određeni vremenski period. Za sve mjerene polutante za koje se vrši kontinuirani monitoring neophodno je na osmosatnom ili dnevnom nivou osigurati minimalno 75% validnih satnih mjerena, a na godišnjem nivou 90%. Za indikativna mjerena i uzorkovanje za analize lebdećih čestica i drugih tvari taj obuhvat je nešto manji. Detaljan opis ovih zahtjeva nalazi se u važećim propisima na entitetskim nivoima koji opisuju način vršenja monitoringa kvaliteta zraka i koji su usklađeni sa direktivom važećom u zemljama Evropske unije.

Tabela: Opći tehnički zahtjevi za podatke

	Sumpordioksid, oksidi azota i ugljen monoksid	Suspendovane čestice (PM ₁₀ /PM _{2,5}) i olovo	Benzен	Ozon
FIKSNA MJERENJA				
Maks. mjerna nesigurnost	15%	25%	25%	15%
Min. raspoloživost podataka /god.	90%	90%	90%	90% ljeti, 75% zimi
Min. raspoloživost podataka /24h	75%	75%	75%	75%
Min. vremenska pokrivenost				
-gradska sredina i saobraćaj	-	-	35%	-
-industrijske lokacije	-	-	90%	-
INDIKATIVNA MJERENJA				
Maks. mjerna nesigurnost	25%	50%	30%	30%
Min. raspoloživost podataka	90%	90%	90%	90%
Min. vremenska pokrivenost	14%	14%	14%	>10% ljeti
NEPOUZDANOST MODELIRANJA				
Jednosatni prosjek	50%	-	-	50%
Osmosatni prosjek	50%	-	-	50%
Dnevni prosjek	50%	-	-	-
Godišnji prosjek	30%	50%	50%	-
OBJEKTIVNA OCJENA				
Maks. mjerna nesigurnost	75%	100%	100%	75%

Jedan od osnovnih ciljeva prilikom vršenja monitoringa, bilo ono kontinuirano ili indikativno, jeste ispunjavanje ovih zahtjeva.

Prikupljanje i pohrana podataka o mjeranjima

Format prikupljenih podataka i način njihovog prikaza mogu varirati u zavisnosti od vrste računalnog programa ili informacijskog sistema koji se koristi u tu svrhu. Međutim, najvažnije je da su dobijeni podaci sigurno pohranjeni i da se mogućnost za gubitak dobijenih rezultata svede na najmanji nivo. Da bi se to osiguralo, neophodno je osigurati:

- uspostavljanje sistema za prikupljanje podataka
- uspostavljanje procedura kontinuiranog prikupljanja podataka za osoblje koje se bavi održavanjem sistema
- uspostavljanje procedura i rutina periodične izrade sigurnosne kopije

Referentni centri prikupljaju podatke od strane svih operatera i institucija koje vrše monitoring kvaliteta zraka u entitetima. Osim rezultata mjerena dužni su prikupiti i podatke o svim aktivnostima i detaljima u radu stanice koji su relevantni za ocjenu kvaliteta. U tu svrhu referentni centar osigurat će obrazac koji treba biti popunjeno i poslan od strane operatera ili nadležne institucije, a potpisano od strane menadžera kvaliteta. Referentni centar je dužan voditi urednu dokumentaciju o mjernim stanicama sačinjenu od ovih obrazaca i drugih relevantnih informacija.

Kontrola kvaliteta podataka

Podaci koji se prikupljaju trebaju se redovno i kontinuirano nadzirati kako bi se pravovremeno mogli utvrditi eventualni problemi i nedostaci u radu mjernih instrumenata. Sistemi za automatsko prikupljanje podataka za veći broj tehničkih nepravilnosti mogu dati pravovremenu informaciju i automatski označiti takav rezultat mjerena. Međutim, čest je slučaj da i pored toga rezultati mjerena bivaju nekvalitetni. S obzirom da nivoi koncentracija zagađujućih materija nisu uvijek logični niti predvidljivi, to nekada može biti težak zadatak, posebno ako je riječ o mjernim stanicama u čijoj blizini nema drugih stanica koje bi mogle poslužiti za međusobno poređenje. Čak ni u takvim slučajevima nije uvijek jednostavno izvršiti dobru procjenu kvaliteta mjerena. Ipak, postoji više rutinskih provjera koje mogu dati indikaciju kvaliteta mjerena nekog polutanta. Navode se neki primjeri takvih provjera.

Procjena na osnovu podataka sa stanice bez mogućnosti poređenja s drugim stanicama:

- Postoji li „hod“ u vrijednosti podataka? Obratite pažnju na duži period rezultata mjerena i kako se kreću vrijednosti koncentracija.
- Da li su vrijednosti približno iste duži vremenski period? Da li postoje očekivane varijacije u toku dana, sedmice ili godine kao odraz meteoroloških prilika ili aktivnosti (temperaturne inverzije, vjetroviti i kišni periodi, grijna sezona, vrijeme saobraćajnih gužvi i slično)?
- Postoje li neočekivano visoki „skokovi“ u koncentracijama ili neočekivane negativne vrijednosti?

Poređenje različitih parametara na istoj stanici:

- Očekivano je da koncentracija PM 10 općenito bude viša od koncentracije PM 2,5.
- Koncentracije azotnog dioksida i ugljičnog monoksida obično bi trebale biti u korelaciji.
- Koncentracija ozona i azotnog dioksida trebale bi biti u obrnutoj korelaciji (jedan raste, drugi opada).
- Koncentracija PM 10 i PM 2,5 može biti u korelaciji s ugljičnim monoksidom (osobito tokom grijne sezone).

Poređenje podataka s različitim stanicama:

- Da li nivoi i trendovi koncentracija na bliskim stanicama koreliraju uz uvažavanje poznatih lokalnih prilika vezanih za položaj stanice?
- Da li postoji očekivana razlika između pozadinskih i urbanih/saobraćajnih/industrijskih stanic?
- Da li stанице u nižim predjelima imaju više vrijednosti od onih na visini (kod ozona obratno) ukoliko je to u skladu s lokalnim uslovima?

Procjena kvaliteta na osnovu vremenskih prilika:

- Temperaturne inverzije i male brzine vjetra obično rezultiraju visokim koncentracijama zagađujućih materija (osim ozona).
- Sunčani dani, osobito ljeti, na hipsometrijski višim stanicama rezultiraju višim koncentracijama ozona.
- Dani s intenzivnim padavinama i mokre saobraćajnice obično rezultiraju smanjenjem koncentracija lebdećih čestica, a suhe saobraćajnice obično rezultiraju nešto višim koncentracijama.

Osim toga, pri procjeni može pomoći i saznanje o vremenu i intenzitetu specifičnih aktivnosti ili događaja u blizini stanice (industrijske i građevinske aktivnosti, požari i slično), na osnovu kojih se može utvrditi da li su instrumenti reagovali na te aktivnosti i događaje.

Dakle, prilikom kontrole kvaliteta podataka treba zadovoljiti sljedeće zahtjeve i rutine:

- Kontinuirano praćenje da li su rezultati mjerena u skladu s očekivanim i da li postoji variranje nivoa koncentracija u vremenu
- Poređenje podataka s drugim parametrima na istoj stanicici
- Poređenje parametara s drugim stanicama
- Procjena visine koncentracija u odnosu na vremenske uslove
- Procjena u odnosu na poznate aktivnosti ili događaje koji bi mogli ili trebali utjecati na nivoje koncentracija.

Priprema izmjerениh podataka

Prikupljene rezultate mjerena potrebno je ili automatski proslijediti nadležnom referentnom centru ili ih slati barem jednom godišnje kao polusatne ili satne vrijednosti (osim u slučaju slanja rezultata mjerena s uređaja koji imaju veći vremenski period uzorkovanja).

Podatke treba dostaviti u digitalnom obliku (obično u xls-formatu, Excel tabele ili slično) i trebaju sadržavati informacije koje nedvojbeno ukazuju na period i vrijeme mjerena i mjernu jedinicu za svaki podatak (ppb/ppm/ug/m³, mg/m³).

Podatke iz jedne u drugu jedinicu možete jednostavno proračunati koristeći se faktorima konverzije:

Azotni dioksid NO ₂	1 ppb = 1,91 µg/m ³	1 µg/m ³ = 0,52 ppb
Azotni monoksid NO	1 ppb = 1,25 µg/m ³	1 µg/m ³ = 0,80 ppb
Sumpor-dioksid SO ₂	1 ppb = 2,66 µg/m ³	1 µg/m ³ = 0,38 ppb
Ozon O ₃	1 ppb = 2,00 µg/m ³	1 µg/m ³ = 0,50 ppb
Ugljični monoksid CO	1 ppm = 1,16 mg/m ³	1 mg/m ³ = 0,86 ppm
Benzen C ₆ H ₆	1 ppb = 3,25 µg /m ³	1 µg/m ³ = 0,31 ppb

Ukoliko vršite proračunavanje srednjih vrijednosti koncentracija zagađujućih materija potrebno je da obuhvat podataka zadovoljava sljedeće uslove:

- satna srednja vrijednost – 75% (minimalno 45 minuta pravilnog uzorkovanja u satu);
- osmosatna srednja vrijednost – 75% (minimalno 6 validnih satnih mjerena);
- dnevna srednja vrijednost – 75% (minimalno 18 validnih satnih mjerena);
- godišnja srednja vrijednost – 90% validnih satnih vrijednosti u toku godine.

Izvještavanje

Neophodno je podsticati da se podaci i rezultati mjerenja koji se dobijaju na stanicama za mjerenja kvaliteta zraka automatski, u stvarnom ili u približno realnom vremenu, proslijedu sistemima za prikupljanje podataka u nadležnim entitetskim referentnim centrima. Ukoliko to nije tehnički izvodljivo, operateri trebaju redovno prosljeđivati rezultate mjerenja referentnim centrima barem jednom godišnje. Operateri se trebaju podsticati da rade na uspostavljanju automatizovanog prijenosa podataka prema referentnim centrima.

Bez obzira da li lokalne institucije koje vrše mjerenja rade vlastite izvještaje, referentni centri vrše kontrolu, validaciju i statističku obradu sumarnih podataka o koncentracijama sa svih mjernih stanica na godišnjem nivou, te ih objavljaju u godišnjem izvještaju o kvalitetu zraka. Rokove za dostavu podataka definišu referentni centri u skladu s rokovima koje daje organizacija EEA za godišnja izvještavanja.

Kako je ranije navedeno, osim rezultata mjerenja, operateri su dužni prikupiti i podatke o svim aktivnostima i detaljima u radu stanica koji su relevantni za ocjenu kvaliteta. U tu svrhu referentni centri će pripremiti obrazac koji će popunjavati i slati operater i potpisati menadžer kvaliteta, a bit će poslani od strane institucije. Referentni centri vode urednu dokumentaciju o mjernim stanicama sačinjenu od ovih obrazaca i drugih relevantnih informacija.

GODIŠNJA PROVJERA I VALIDACIJA PODATAKA

Tokom cijele godine, kontinuirano treba nadzirati i kontrolisati dolazne podatke kako bi se pravovremeno moglo otkloniti eventualne greške ili probleme u radu mjerne opreme.

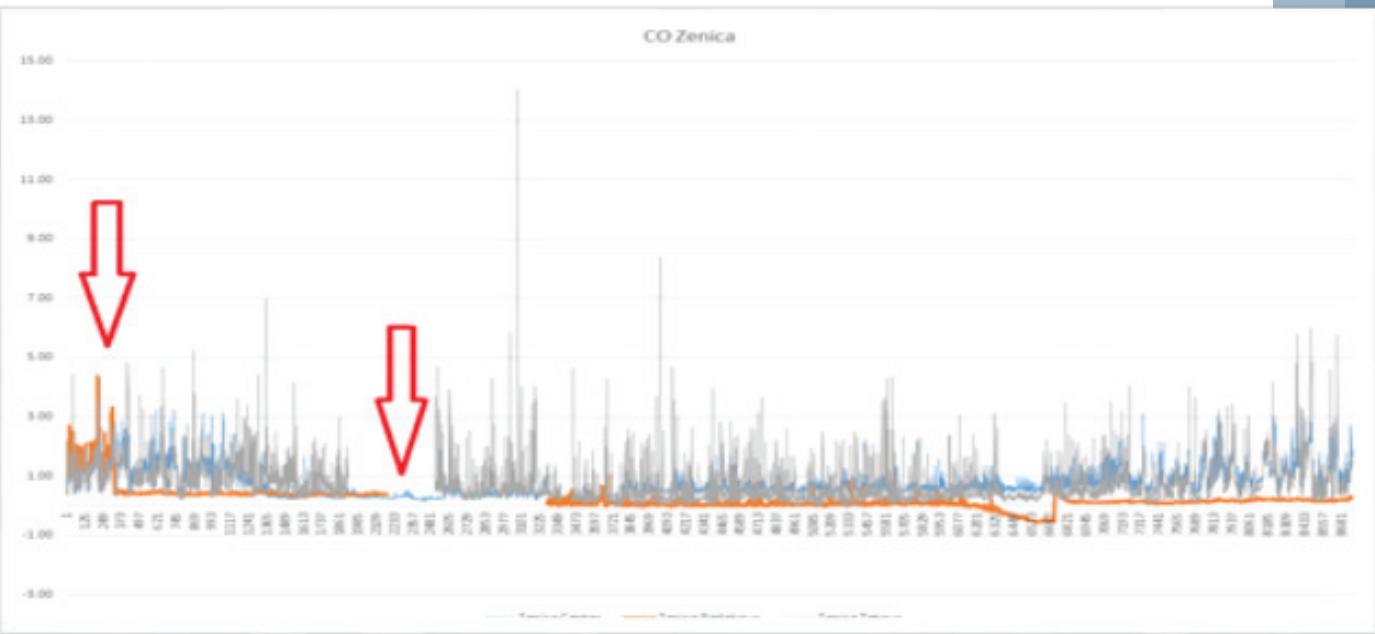
Prilikom izrade godišnjeg izvještaja o kvalitetu zraka sve podatke treba prekontrolisati barem još jedanput - kao nizove brojčanih vrijednosti u tabelarnom i grafičkom prikazu i to na kratkoj i dugoj vremenskoj skali. Savremena informatička sredstva omogućavaju različite načine vizualizacija podataka koji mogu pomoći u ocjeni kvaliteta i validaciji podataka. Mnogi nedostaci u kvalitetu mjerenja postaju uočljivi tek kada se posmatraju podaci u dužem vremenskom odsjeku i dužem nizu brojčanih vrijednosti. Neki primjeri načina vršenja takvih provjera su priložene u nastavku.

Ukoliko su podaci poslani referentnom centru automatskim putem, centar je obavezan kontinuirano pratiti rezultate mjerenja onih instrumenata s kojih je osiguran automatski prijenos podataka i operatorima i nadležnim institucijama koje vrše mjerenja prosljeđivati informacije i sugestije u slučajevima kada postoji sumnja u kvalitet podataka na mjernim mjestima.

Godišnju kontrolu i validaciju podataka je dužna da obavi Referentna laboratorija, a nju mogu da rade i lokalni operateri ukoliko to žele.

Korak 1: Procjena godišnjeg niza

Započnite s grafičkim prikazom godišnjih satnih i dnevnih koncentracija. Izračunajte najviše, najniže i prosječne vrijednosti koncentracija. Uporedite ih potom s podacima za iste polutante s istih lokacija u prethodnim godinama. Uporedite oblik linija na grafikonu i kretanje nivoa koncentracije polutanta tokom godine. Ukoliko postoje značajne i uočljive razlike, provjerite da li se to može povezati s meteorološkim uslovima, nekim drugim događajima ili aktivnostima, promjenama u okolini stanice koje su mogle utjecati na te razlike. Takve razlike mogu biti uzrokovane i promjenom mjernog uređaja ili metode. Ako je moguće, uporedite takav godišnji prikaz i vrijednosti sa stanicama u blizini s kojima bi nizovi podataka trebali imati veća ili manja podudaranja i trendove u visini koncentracija. Također, ukoliko je moguće, uporedite podatke s podacima pozadinskih stanica na kojima bi po pravilu vrijednosti trebale biti niže. Uporedo s grafičkim prikazom vrijednosti moguće je efikasno vršiti poređenja u procjeni kvaliteta podataka koristeći se tabelarno prikazanim vrijednostima koncentracija s većeg broja stanica.



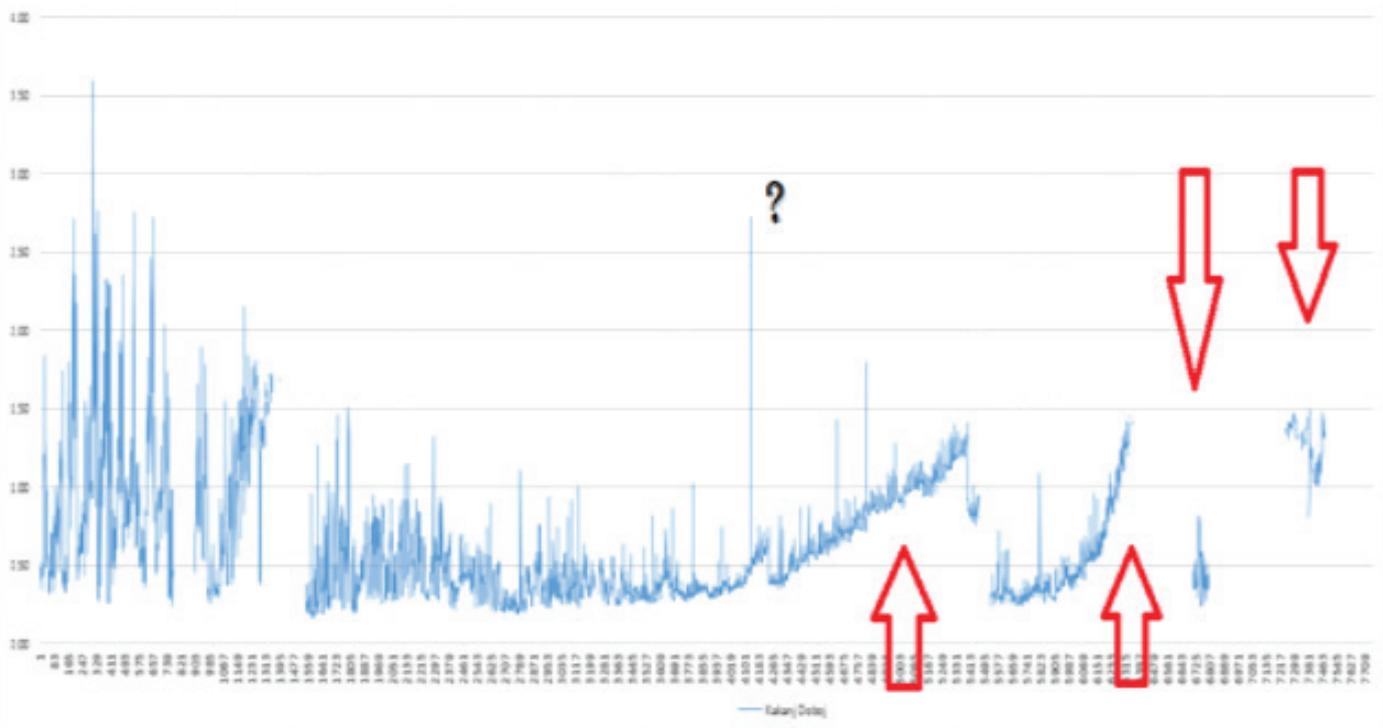
Primjer 1: Godišnji hod koncentracije ugljičnog monoksida na više stanica. Na grafikonu je uočljivo da jedna od stanica pokazuje očekivani način rada i visinu koncentracija samo na početku godine. Uočljivi su i periodi u kojima izostaju mjerjenja, kao i nekoliko vrlo visokih vrijednosti koje je potrebno dodatno analizirati.

Korak 2: Nedostajući podaci mjerena

Potrebno je identificirati veće periode u kojima nedostaju podaci i napraviti zabilješku o razlogu nedostatka podataka – neispravan uređaj, nestanak električne energije, drugi razlozi. Kada se redovno vodi evidencija o aktivnostima na mjernom mjestu onako kako je opisano u prethodnim poglavljima, ovim informacijama bit će lako pristupiti. Na slici u primjeru 1. takvu bi zabilješku trebalo napraviti za nedostajuće podatke u mjesecu martu posmatrane godine. Brisanje podataka u kontinualnom monitoringu se ne preporučuje. Međutim, ukoliko se podaci ne mogu odbaciti na osnovu dokumentovanih neregularnosti u mjerenjima, najbolje je ostaviti ih da sačekaju godišnju provjeru kvaliteta podataka/validaciju.

Korak 3: Neispravna vrijednost osnovne – bazne linije

Bazna ili osnovna linija predstavlja najniži nivo koncentracije na mjernom mjestu. Ona se često koristi kao pokazatelj stabilnosti u radu instrumenta s obzirom da najniža koncentracija na mjernim mjestima ima tendenciju da bude prilično stabilna. U mnogim slučajevima osnovna linija nalazi se blizu vrijednosti granice detekcije instrumenta. Ponekad se dešava da se vremenom njena vrijednost mijenja prema nižim ili višim vrijednostima. U periodima s malim stepenom zagađenja zraka (noći, vjetroviti dani, dani s intenzivnim padavinama) vrijednosti koncentracija trebaju biti blizu bazne linije i to su prilike kada treba obratiti pažnju na njenu vrijednost. Ukoliko se primijeti da u takvim periodima ona pokazuje kretanje prema nižim ili višim vrijednostima nego što je očekivano, potrebno je što prije ponoviti provjere raspona i nulte vrijednosti („span i zero check“) ili rekalibraciju instrumenta. Ako se nakon toga ponovo uoči kretanje bazne linije, to je indikator da instrument ne radi ispravno i da bi trebalo pregledati njegove ostale komponente. Ukoliko se ovaj problem zanemari, postoji mogućnost da se veći broj podataka mora odbaciti prilikom njihove validacije. Ne postoji precizno definisana vrijednost bazne linije i tu je bitno iskustvo osoblja koje vrši nadzor nad podacima. U primjeru 2. može se vidjeti slučaj u kojem vrijednost bazne linije kontinuirano raste. Sve grupe podataka označene strelicama na slici primjera 2. trebaju se odbaciti u godišnjoj kontroli/validaciji podataka.



Primjer 2. Godišnji hod koncentracije ugljičnog monoksida na mjernom mjestu. Uočljive su neobično visoke vrijednosti (?), pomjerenje osnovne/bazne linije (strelice prema gore) i tzv. otoci podataka – manji broj podataka koje je teško korelirati s ostalim mjerjenjima i koji se pojavljuju nakon prekida u radu instrumenta (strelice prema dolje).

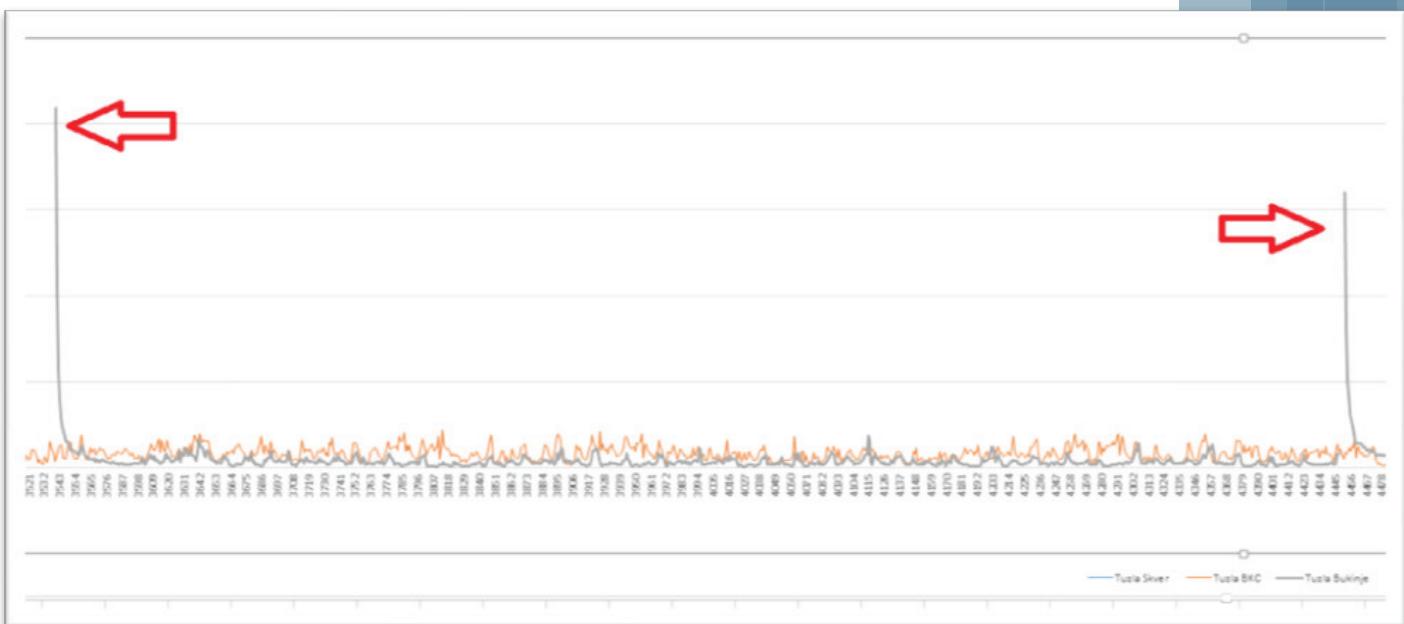
Procjenu stabilnosti bazne linije najbolje je vršiti poređenjem s podacima sa drugih stanica i uz već navedene sugestije vezane za ambijentalna stanja koja mogu utjecati na koncentracije zagađujućih materija. Ipak, postoje periodi kada minimalne vrijednosti nekog polutanta zraka ostaju relativno visoke. S druge strane, u slučaju kada bazna linija pada „duboko“ u negativne vrijednosti ispod granice detekcije, to je siguran pokazatelj da instrument ne radi ispravno ili da ga treba rekalibrirati.

Korak 4: Neobično visoke vrijednosti i druga odstupanja vrijednosti merenja

Čest je slučaj da se u seriji podataka pri mjerenu zagađenja zraka primijete vrijednosti koje svojim intenzitetom odskaču od ostalih vrijednosti u seriji. Postoje mnogi razlozi za ovu pojavu – nekada je riječ o stvarnim koncentracijama koje su rezultat specifičnih aktivnosti u blizini stanice (najčešće u blizini industrijskih ili termoenergetskih objekata) ili povezane mikrolokacijske aktivnosti (npr. neko je naložio vatru u blizini stanice). Međutim, mogu također biti i rezultat nepravilnog rada instrumenta. I u ovakvim slučajevima od najveće pomoći je poređenje podataka s podacima drugih stanica u blizini i informisanost i ažuriranje podataka o aktivnostima u blizini stanice.

End time	Bjelave	Vijećnica	Otoka	Ižđa	Ižđa	Ilijas	Visoko	Doboj	Centar	Radakov
8/8/2019 21:00	1.0	3.0	7.1		8.1	3.5	1.6		13.5	10.1
8/8/2019 22:00	0.8	3.0	7.3		6.1	3.2	2.4		12.8	9.1
8/8/2019 23:00	0.7	2.8	7.2		5.1	3.2	3.7		12.4	9.1
8/9/2019 0:00	0.8	2.8	7.2		5.2	3.3	2.1		12.2	8.1
8/9/2019 1:00	1.0	2.9	7.2		4.3	3.2	4.0		12.2	8.1
8/9/2019 2:00	1.0	2.7	8.5		4.5	2.9	2.2		12.0	8.1
8/9/2019 3:00	0.9	2.9	7.8		4.3	3.0	3.3		12.2	7.1
8/9/2019 4:00	0.9	2.8	7.9		4.3	2.7	1.8		12.3	7.1
8/9/2019 5:00		2.7	7.5		4.0		1.4		12.4	7.1
8/9/2019 6:00	0.5	2.8	7.7		4.3	2.7	1.5		12.3	7.1
8/9/2019 7:00	0.7	2.5	7.4		4.2	2.9	1.4		12.4	7.1
8/9/2019 8:00	0.8	2.5	7.9		6.1	2.7	2.2		12.7	7.1
8/9/2019 9:00	2.2	3.0	8.3		27.5	3.0	3.5		14.1	8.1
8/9/2019 10:00	17.6	5.6	23.9		93.0	3.0	31.0		18.6	10.1
8/9/2019 11:00	13.5	13.7	34.6		40.7	3.0	111.6		25.5	60.1
8/9/2019 12:00	8.3	11.3	27.0		17.3	3.8	47.4		55.0	84.1
8/9/2019 13:00	4.5	8.2	19.2		11.2	3.8	25.5		77.6	101.1
8/9/2019 14:00	4.2	7.1	13.6		12.9	5.7	17.4		79.4	83.1
8/9/2019 15:00	5.5	8.0	12.8		11.6	9.2	7.5		53.5	46.1
8/9/2019 16:00	5.9	8.2	12.7		12.5	8.4	279.5		30.4	21.1
8/9/2019 17:00	6.1	8.4	12.4		19.4		595.4		26.6	16.1
8/9/2019 18:00	34.7	12.3	48.6		274.2	371.8	549.5		21.5	17.1
8/9/2019 19:00	301.3	294.4	338.9		136.2	50.5	49.5		19.5	17.1
8/9/2019 20:00	24.8	140.9	107.9		74.8	12.8	21.5		17.0	16.1
8/9/2019 21:00	7.3	48.6	22.7		61.0	4.4	11.9		10.5	16.1
8/9/2019 22:00	0.5	17.1	77.0		78.7	3.3	7.0		14.6	14.1
8/9/2019 23:00	4.5	9.2	34.2		50.9	3.2	8.3		13.7	12.1
8/10/2019 0:00	3.8	6.7	18.9		47.7	3.2	9.0		13.4	11.1

Primjer 3. Nagli skok vrijednosti koncentracija sumpordioksida nakon perioda s niskim koncentracijama. Ukoliko je posmatrana samo jedna pojedinačna stanica, takav skok može dovesti u pitanje kvalitet podatka. Upored bom s ostalim stanicama (u ovom slučaju poređane od juga ka sjeveru, očito je da je riječ o stvarnom porastu koncentracija, a primjetno je i vremensko odstupanje pojavljivanja najviše vrijednosti, što je posljedica prostorne udaljenosti i vremena potrebnog da se emitovana materija prenese na udaljenije stanice. Na stanicama koje su se nalazile sjeverno od stanice s najvišim vrijednostima nije primjećeno povećanje koncentracija, što se u konkretnom slučaju moglo objasniti smjerom puhanja vjetra od sjevera prema jugu. Ovaj primjer pokazuje kako se i tabelarni prikaz vrijednosti može koristiti za poređenje i ocjenu kvaliteta podataka.



Primjer 4. U ovom primjeru je uočljivo da se izuzetno visoke vrijednosti javljaju nakon što je instrument pušten ponovo u rad poslije prekida mjerjenja. Vjerovatno je riječ o nepotpunim, neispravnim mjerjenjima ili slučajevima kada se u komponentama instrumenta zadržala mjerena materija u većoj koncentraciji. U ovakvim slučajevima ove se vrijednosti ocjenjuju nevalidnim.

Zenica Centar	Zenica Radakovo	Zenica Tetovo	Zenica Brist	Zenica Vranduk
24.1	22.1	54.6	58.1	4.5
25.0	20.0	49.7	67.5	5.5
17.4	17.5	18.0	224.6	4.4
20.2	22.0	20.5	304.9	
25.6	15.7	26.0	318.0	4.2
25.3	12.7	28.5	315.4	4.4
21.1	15.6	36.9	218.6	10.1
20.8	11.9	58.4	170.2	30.5
25.8	15.7	65.6	206.5	54.9
27.1	19.4	91.2	163.9	54.3
30.5	26.6	94.7	256.0	50.3
31.5	31.4	101.7	406.7	26.4
61.5	57.1	104.0	554.6	12.7
57.8	51.7	35.9	334.7	7.9
46.2	23.1	22.0	679.7	4.5
44.8	16.3	31.8	-25.0	
37.4	14.2	33.5	321.5	3.7
33.2	16.4	25.4	621.3	4.8
21.4	15.4	11.5	493.8	8.0
19.3	13.3	14.9	330.2	8.0
45.0	12.7	19.9	131.3	6.7
47.6	20.9	25.0	175.4	9.2
41.1	35.0	38.8	735.5	10.4
48.8	35.0	25.3	614.9	12.1
43.6	34.4	13.4	527.7	14.3
31.6	22.4	16.8	424.7	16.2
18.8	17.4	22.1	127.5	14.6
22.3	21.6	20.3	109.9	
27.5	22.2	20.9	103.7	10.8
23.1	23.3	23.5	37.1	10.9
22.1	24.1	30.4	60.9	11.3
32.7	30.5	39.4	130.0	10.1
80.1	63.2	38.0	203.0	6.7
53.9	42.7	23.4	247.8	10.3
11.4	14.5	26.0	209.2	8.4
8.2	9.2	23.1	429.6	4.8
11.1	7.6	23.8	481.7	4.9
16.9	11.4	27.0	-25.0	4.5
12.7	15.1	28.6	519.0	5.5

Primjer 5. Visoke vrijednosti koncentracije PM10 lebdećih čestica na samo jednoj od pet stanica u blizini bez saznanja o konkretnim aktivnostima u blizini stanice koje bi mogle utjecati na povišenje vrijednosti. Povremene negativne vrijednosti od -25 mikrograma samo potvrđuju da je riječ o nepravilnom radu instrumenta. Cijela grupa podataka ocjenjuje se nevalidnom.

Korak 5: Negativne vrijednosti i izdvojene grupe podataka

Čest je slučaj da dobijeni rezultati mjerjenja pokazuju vrijednosti indiciranih koncentracija praćenih materija u iznosima manjim od nule. Nije logično da koncentracije materija u zraku imaju vrijednosti ispod nule, međutim, to ne mora obavezno značiti da mjerjenje nije vršeno na pravilan način, niti da se te vrijednosti moraju obavezno isključiti iz proračuna dnevnih ili godišnjih statističkih obrada.

U situacijama kada su koncentracije neke praćene materije u zraku vrlo niske, bliske „nuli“ (a što se može i pretpostaviti na osnovu podataka s drugih mjernih stanica ili poznavanja općih meteoroloških uslova i stepena aktivnosti emitera u blizini u periodima kada se pojavljuju negativne vrijednosti), moguće je da rezultati mjerjenja pokazuju negativne vrijednosti i takve bi trebale biti prihvачene ili eventualno korigovane. U takvim slučajevima vrijednosti koncentracije neće dosezati vrijednosti niže od tek nekoliko mikrograma ili „ppb-eva“ praćene materije. Uobičajeno, ovakve vrijednosti ne prelaze 50% granice detekcije. Naravno, za ocjenu ovih vrijednosti kao prihvatljivih potrebna je osnovana pretpostavka da su vrijednosti koncentracija u datom periodu zaista bile niske i da je mjerni uređaj zadovoljavao tehničke uslove održavanja i kalibriranja. Kraći nizovi negativnih vrijednosti u već opisanim uslovima trebaju biti prihvaćeni onakvi kakvi su dobijeni.

Također, kada se primijeti pojavljivanje negativnih vrijednosti, treba obratiti pažnju da li se one zadržavaju kontinuirano i da li postoji trend njihovog dalnjeg opadanja. U tom slučaju neophodno je što prije izvršiti pregled uslova mjerjenja u skladu sa zahtjevima ovog priručnika, te po mogućnosti izvršiti funkcionalnu provjeru ili kalibraciju uređaja.

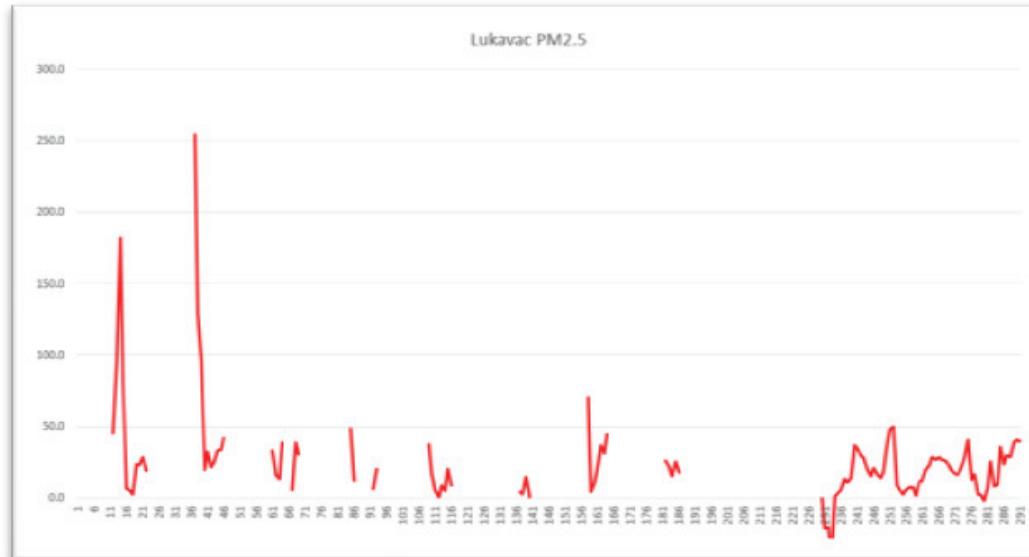
Vrijednosti tačaka ispod negativnog limita detekcije trebaju se ocijeniti kao nevalidne i stoga i ukloniti.

Izdvojene grupe podataka koje se u izvještajima pojavljuju kao kratke serije rezultata mjerjenja između dužih perioda bez rezultata mjerjenja ili podaci u periodu stalnih prekida mjerjenja („podatkovni otoci“, čime ukazuju na diskontinuitet u mjerjenjima, također treba isključiti prilikom validacije (primjeri 6. i 7).

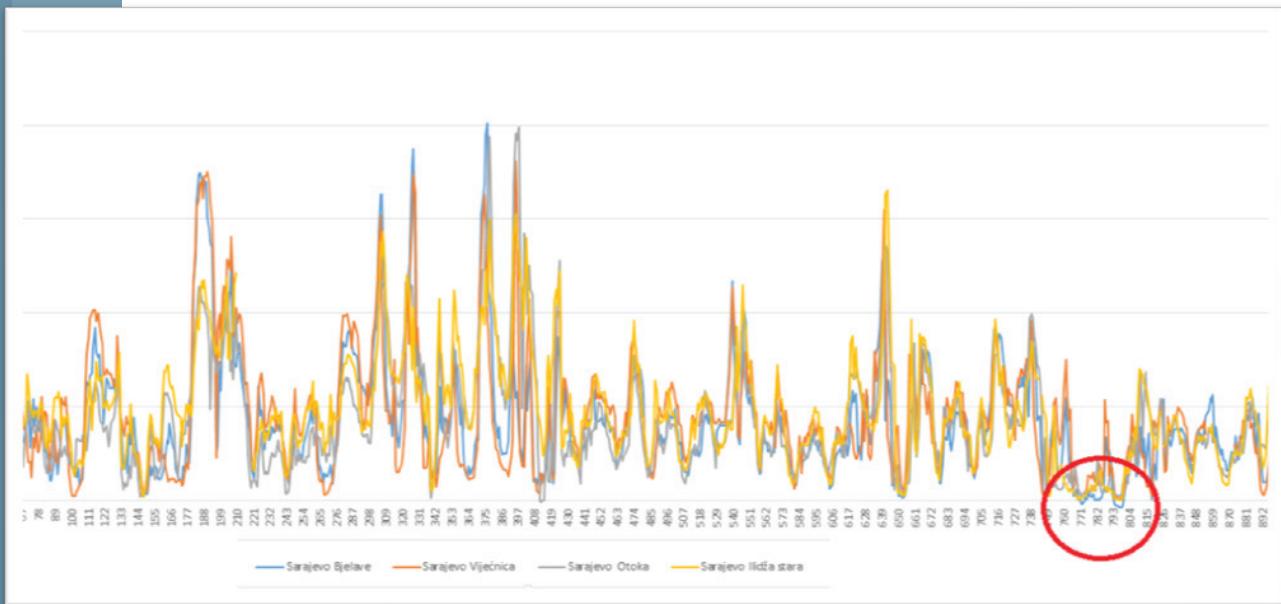
Primjer 6. (tabela lijevo) – „Otok podataka“ u seriji rezultata mjerjenja na stanici „Lukavac“, koji treba biti isključen i ocijenjen kao nevalidan s obzirom da podaci nemaju kontinuitet, a dosežu i vrlo niske vrijednosti. Istovremeno na stanici „TZ Skver“ negativne vrijednosti mogu biti ocijenjene validnim, uz poznavanje meteoroloških prilika u datom momentu koje mogu indicirati nagli pad koncentracije praćene materije u zraku.

Gorazde	TZ Skver	TZ BKC	Bukinje	Lukavac
30.3	36.8			
31.9	56.1			
28.1	75.2			
37.3	116.8			
33.7	107.8			
30.6	84.2			
31.2	97.3			
31.7	94.9			
28.3	95.3			
30.3	108.4			
28.6	74.7			
26.5	59.9			
26.3	56.5			
31.1	53.8			
37.5	62.9			
50.5	79.4			
45.3	68.7			
26.3	35.8			78.7
21.4	4.0			24.7
22.4	-2.4			18.1
19.7	-1.9			24.4
22.1	1.6			-7.1
21.6	5.9			-1.1
32.9	5.6			6.5
44.7	11.0			10.2
32.4	47.3			
40.8	114.5			
51.2	135.0			
44.4	85.9			
42.1	103.1			
39.1	97.1			
40.3	63.8			
36.2	60.9			
34.3	32.3			
36.6	33.8			
36.8	26.3			
35.5	39.2			
35.2	40.6			
47.2	29.4			
51.4	55.7			

Primjer 7. (grafikon ispod) – Nekoliko „otoka podataka“ čije vrijednosti u datom periodu mogu biti i očekivane u odnosu na opće meteorološke prilike ili vrijednosti na drugim stanicama. Međutim, ovi podaci moraju biti odbačeni zbog diskontinuiteta u seriji podataka koji indicira da uslovi mjerjenja ili rad uređaja nisu dobri.



Primjer 8. Negativne vrijednosti koje se istovremeno pojavljuju na dvije susjedne stanice, a na druge dvije stanice vrijednosti su istovremeno vrlo bliske „nuli“. Ove se vrijednosti prihvataju kao validne uz uslov da im vrijednost ne pada ispod 50% granice detekcije instrumenta.



Korak 6: Označavanje podataka

Serijske podatke u tabelarnom prikazu trebaju sadržavati i oznaku pored svake vrijednosti. Bitno je vršiti pravilno označavanje kako bi se potvrdila autentičnost podataka i kako bi se umanjile pogreške prilikom statističke obrade dnevnih, mjesecnih i drugih serija podataka.

Označavanje se vrši dodavanjem odgovarajućeg koda uz pripadajući podatak, kako je prikazano u sljedećoj tabeli:

Oznaka	Šifra
Nevalidna vrijednost zbog kalibracije ili servisa	-99
Nevalidna vrijednost zbog tehničke greške ili nepostojanja mjerjenja	-1
Validna vrijednost	1
Validna vrijednost, ali ispod granice detekcije	2
Validna vrijednost, korigovana dodavanjem vrijednosti granice detekcije	3

PRORAČUN MJERNE NESIGURNOSTI

Proračun ili procjena mjerne nesigurnosti vrši se za sve instrumente koji mjere kvalitet zraka, čija je svrha osigurati da mjerena ispunjavaju ciljeve propisa o kvaliteti podataka. Referentni centri osigurat će tablice za proračun mjerne nesigurnosti, za šta je moguće imati veći broj mjernih uređaja. Trenutno su dostupne tablice koje je osigurala referentna laboratorijska Švedske za proračun mjerne nesigurnosti za gotovo sve tipove uređaja koji se koriste u Bosni i Hercegovini u monitoringu kvaliteta zraka.

Prema zahtjevima važećih propisa, prilikom izvođenja fiksнog kontinuiranog monitoringa za sumpordioksid, ozon, ugljični monoksid, okside azota neophodno je osigurati mjeru nesigurnost manju od 15%, a za lebdeće čestice PM 10 i PM 2,5 manju od 25%.

Tablice se mogu pronaći na linku: <https://www.aces.su.se/reflab/instrument/godkanda-matinstrument/>, a referentni centri su u mogućnosti da pomognu operaterima prilikom vršenja proračuna i popunjavanja tablica ukoliko postoji potreba. Referentne laboratorijske nastojat će proširiti broj postojećih proračunskih tablica i za druge instrumente koje trenutno nisu dostupne.

Za svaki tip uređaja postoje spremne tablice za dokumentovanje proračuna mjerne nesigurnosti na temelju rezultata tipskog ispitivanja uređaja u laboratoriju i na terenu (tablice u listovima „TA_hlv_lab“ i „TA_hlv_field“) i u koje operateri ne vrše unos podataka.

Osim ovih postoje i tablice koje se odnose na proračun mjerne nesigurnosti uređaja na temelju rezultata mjerjenja na mjestu uzorkovanja za satni i godišnji prosjek (tablice u listovima „hlv_site“ i „alv_site“) i u koje operateri vrše unos vrijednosti pojedinih parametara. Operateri trebaju unijeti samo vrijednosti parametara u polja označena zelenom bojom. Za proračun mjerne nesigurnosti koriste se podaci koji se dobijaju uz tzv. tipski certifikat mjernog uređaja, ali i vrijednosti pojedinih parametara do kojih se dolazi tokom kalibracije uređaja na mjernom mjestu.

Ti parametri su sljedeći:

1. ponovljivost na „nultom gasu“ (engl.“repeatability at zero“) – ispituje se koliko dobro instrument može ponoviti konzistentna mjerena pri nultoj koncentraciji – vrijednosti dobijene u kombinaciji s kalibracijama u dvije tačke;
2. ponovljivost na „span gasu“ („repeatability at span“) – ispituje se koliko dobro instrument može ponoviti dosljedna mjerena pri određenoj “span” (rasponskoj) koncentraciji; treba izračunati u kombinaciji s kalibracijama u dvije tačke;
3. nedostatak uklopljenog ostatka („lack of fit“) – instrument se testira u nekoliko različitih koncentracija kako bi se moglo odrediti i kalibrirati performanse instrumenta; treba izračunati u kombinaciji s kalibracijom u više tačaka;
4. dugotrajni otklon iz vrijednosti „nule“ i „rasponske koncentracije“ („long-term zero and span drift“) – unosi se vrijednost otklona od „nule“ ili „span“ koncentracije nakon dužeg vremena rada analizatora;
5. efikasnost konvertora (za okside azota);
6. nesigurnost kalibracijskog gasa – unijeti podatak s deklaracije boce s gasom;
7. nesigurnost „nultog“ gasa – ukoliko se koristi nulti gas iz boce, treba unijeti podatak s deklaracije na boci. Ukoliko se koristi linija za pripremu nultog gasa kao npr. skraber, treba unijeti vrijednost 0,6.

Osim toga, za precizniji proračun mjerne nesigurnosti poželjno je imati podatke o temperaturi zraka na mjernom mjestu, temperaturi uzorkovanog zraka tokom kalibracije i pritisku uzorkovanog gasa tokom kalibracije, a ukoliko je moguće i o naponu električne struje koja dolazi do uređaja tokom kalibracije. Pod ovim se podrazumijevaju najviša i najniža, kao i srednja vrijednost navedenih parametara izmjerena tokom procesa kalibracije.

U polja u kolonama „X-“, „X-cal“ i „X+“ unose se minimalna izmjerena (x-), nominalna (xcal) i maksimalna izmjerena vrijednost (x+) za svaki parametar.

Više tehničkih podataka i detaljnijih objašnjenja o samom procesu i proračunu mjerne nesigurnosti može se naći u standardima metode mjerjenja po kojoj konkretni uređaj radi.

Primjer tabele za proračun mjerne nesigurnosti prikazan je u nastavku. Odnosi se na analizator ozona – izračun mjerne nesigurnosti satnog mjerjenja koje se obavlja prilikom kalibracije uređaja (hlv-site lista u tablici).

Kako bi se izveo proračun mjerne nesigurnosti na godišnjem nivou, neophodno je imati popunjenu tabelu satnog mjerjenja (hlv-site), a ona se popunjava u listu godišnjih graničnih vrijednosti (alv-site).

Uz postojeće vrijednosti dobijene tokom kalibracije uređaja i unesene u listu hlv-site, za godišnji proračun neophodno je unijeti sljedeće parametre:

1. broj satnih mjerjenja,
2. dugoročni otklon od „nule“ i
3. dugoročni otklon od rasponske „span“ vrijednosti – za koje se unosi prosječna vrijednost za ove parametre dobijene tokom kalibracija vršenih u toku kalendarske godine.

		O ₃ alert threshold value	120	nmol/mol														
Nr	Parameter	C _t	Unit	Value	X-	Xcal	X+	Δq _{min}	Δq _{max}	u	u ²							
1	Repeatability at zero		nmol/mol	0.49														
2	Repeatability at C _t		nmol/mol	0.28														
3	Lack-of-fit	180	%	-1.4														
4	Sample gas pressure		nmol/mol/kPa	0.1	97	97	104	0	7	0.27	0.073							
5	Sample gas temperature	180	nmol/mol/K	0.01	273	273	303	0	30	0.12	0.013							
6	Surrounding temperature	180	nmol/mol/K	0.06	273	273	303	0	30	0.69	0.48							
7	Electrical voltage	180	nmol/mol/V	0.02	210	230	240	-20	10	0.13	0.018							
8	Interferents	180	C _{int}		X _{int}													
8a	- H ₂ O 19 nmol/mol span - H ₂ O 19 nmol/mol zero	180	19	nmol/mol	-2	-0.1	6	0	21	6	21	-1.2	1.425					
					-0.8													
8b	- C ₇ H ₈ 500 nmol/mol span - C ₇ H ₈ 500 nmol/mol zero	180	500	nmol/mol	1.5	0	340	0	360	340	360	0.79						
					0.4													
8c	- C ₈ H ₁₀ 500 nmol/mol span - C ₈ H ₁₀ 500 nmol/mol zero	180	500	nmol/mol	1.7	0	0	0	250	0	250	0.35						
					0.2													
	Sum interferents (without water)											1.14	1.299					
9	Averaging effect		%	2.6								1.8	3.245					
10	Field reproducibility		%	2.69								3.23	10.42					
11	Long term zero drift		nmol/mol	0.9								0.52	0.27					
12	Long term span drift		%	3.7								2.56	6.571					
13	Short term zero drift		nmol/mol	1.5														
14	Short term span drift		nmol/mol	-1.2														
15	Response time rise		s	55.5														
16	Response time fall		s	64														
17	Difference rise and fall		s	8.5														
18	Difference sample/ calibration port		%	0														
19	Period of unattended operation			1														
20	Availability		%	98														
21	Calibration gas		%	5								3	9					
	Zero gas		nmol/mol	0.6								0.6	0.36					
	Sum of variances											34.15						
	Combined uncertainty (nmol/mol)											5.844						
	Expanded uncertainty (%)											9.7%						



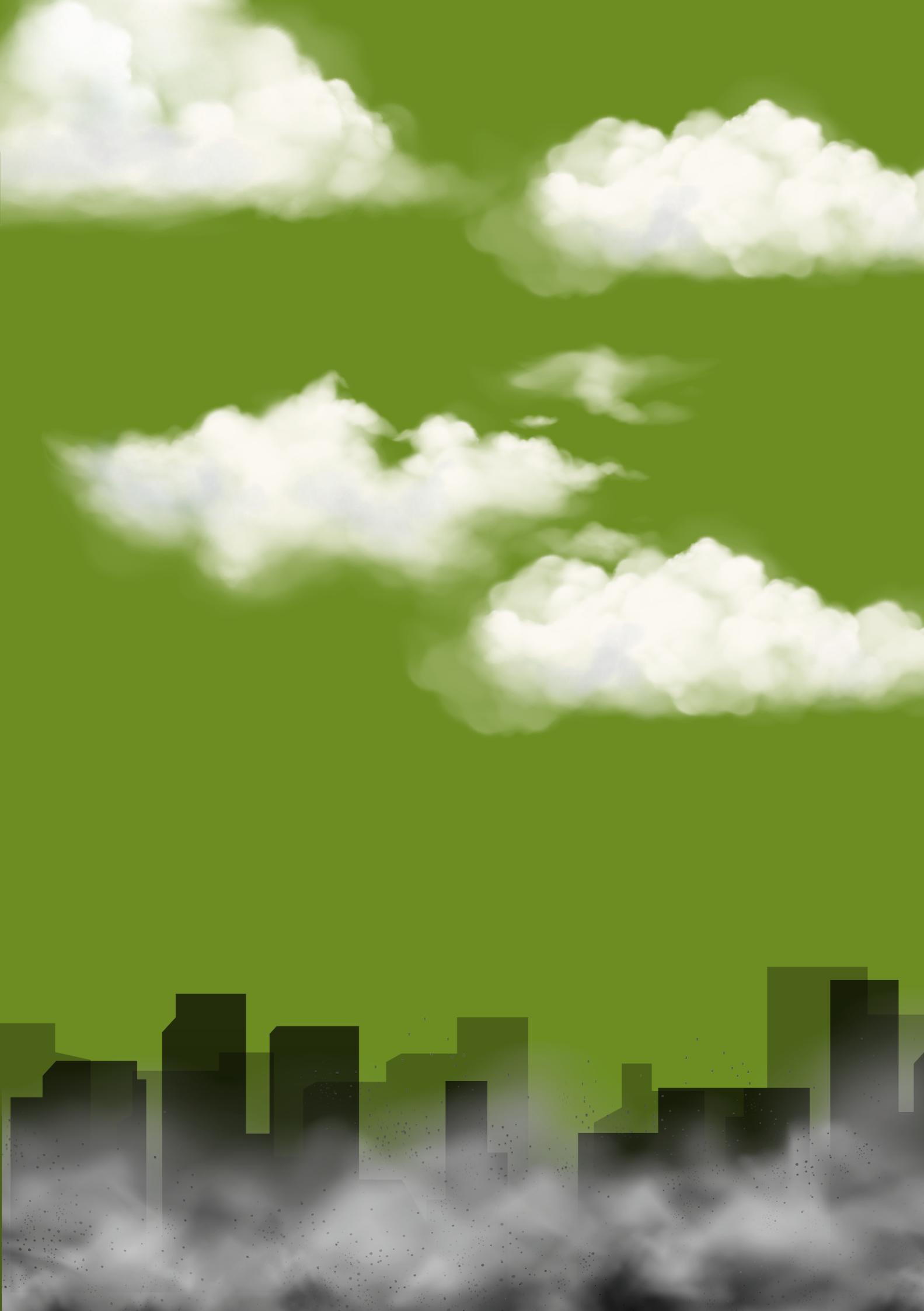
DODATAK 1. OBRASCI ZA POPUNU PODATAKA NA MJERNOM MJESTU

OBRAZAC ZA POPUNU PODATAKA O STANICI ZA PRAĆENJE KVALITETA ZRAKA <i>- opći lokacijski i tehnički podaci</i>								
Podaci za godinu:								
Naziv stanice / mjernog mjesto								
Operator								
Općina								
Lokalitet								
Geografska širina (°, ', '')								
Geografska dužina (°, ', '')								
Nadmorska visina (m)								
Početak rada stanice								
Međunarodni kod (popunjava ref. lab.)								
Tip stanice (popunjava ref. lab.)								
Visina 1. uzorkovača iznad tla (naziv polutanta) u metrima i uglavna vrijednost slobodne cirkulacije zraka (u stepenima)								
Visina 2. uzorkovača iznad tla (naziv polutanta) u metrima i uglavna vrijednost slobodne cirkulacije zraka (u stepenima)								
Visina 3. uzorkovača iznad tla (naziv polutanta)								
Udaljenost od ruba saobraćajne trake (m) u metrima								
Tip najbliže saobraćajnice	Nema saobraćaja	Lokalni put	Sporedna gradска ulica	Frekventna gradска ulica	Parking	Raskrsnica	Autoput	
Tip podloge najbliže saobraćajnice					Makadam	Asfalt		
Vrsta naseljenog mesta	Nije u naselju	Seosko naselje	Gradsко naselje - individualni objekti	Gradsко naselje - visokogradnja	Gradsко naselje - miješana gradnja	Industrijsko područje	Drugo:	
Dominantni emergenti	Individ. ložišta	Gradska toplana	Drvo	Ugljen	Prirodn. plin	El. energija	Kombinovano	Drugo:
Značajni industrijski izvori zag. materija u okolini:	Termoelektrana	Obojena metalurgija	Crna metalurgija	Ind. koksa	Ind. papira ili celuloze	Površinski kop, kamenolom	Hemijска industrija	Drugo:
Druge relevantne informacije:								
<i>Uz obrazac je potrebno dostaviti fotografiju mjernog mesta i fotografije okoline načinjene s mjernog mesta u pravcu sjevera, istoka, juga i zapada. Fotografije potrebno ponovno napraviti i dostaviti barem jednom u pet godina.</i>								
Odgovorna osoba:		Ime:			Prezime:	Naziv radnog mesta:	Telefon:	Adresa elektronske pošte:
Potpis odgovorne osobe:								

OBRAZAC ZA POPUNU PODATAKA O STANICI ZA PRAĆENJE KVALITETA ZRAKA - podaci o mjernoj opremi							
Podaci za godinu:							
Naziv stanice / mjernog mesta							
Operator							
Mjerene zagadjujuće materije		Upisati „DA“ za materije koje su mjerene u toku godine, navesti druge parametre ako su mjereni					
SO₂							
NO_x, NO, NO₂							
CO							
O₃							
PM₁₀ (monitor)							
PM_{2,5} (monitor)							
PM₁₀ (uzorkovač)							
PM_{2,5} (uzorkovač)							
C₆H₆							
NH₃							
H₂S							
(drugo)							
(drugo)							
(drugo)							
(drugo)							
Meteorološki parametri	Smjer vjetra	Brz. vjetra	Temperatura	Rel. vlažnost	Padavine	Pritisak zraka	Sunč. zračenje
Klima-uredaj	Da	Ne	Protivpožarni aparat			Da	Ne
Potpis odgovorne osobe:							

DODATAK 2. OBRAZAC O KONTROLI RADA UREĐAJA ZA UZORKOVANJE LEBDEĆIH ČESTICA (REF. METODA)

OBRAZAC ZA KONTROLU RADA UREĐAJA ZA UZORKOVANJE LEBDEĆIH ČESTICA		
Podaci za godinu:		
Naziv stanice / mjernog mesta		
Operator		
Naziv i model uredaja		
Uzorkovana materija (ukupne lebd. čestice, PM₁₀, PM_{2,5}, drugo)		
Broj dana uzorkovanja u toku godine		
Naziv laboratorija koji je vršio pripremu uzoraka		
Naziv laboratorija koji je vršio analizu uzorka		
Kontrola i kalibracija mjerne opreme <i>Upisati: koliko puta su aktivnosti vršene, postoji li zapis o aktivnosti i ako nisu vršene, postoji li razlog, te druge napomene.</i>		
Provjera rada senzora za temp. zraka i zračni pritisak		
Kalibracija senzora za temperaturu zraka i zračni pritisak		
Kontrola protoka		
Provjera curenja („leak test“)		
Učestvovanje na međunarodnim međulaboratorijskim mjeranjima	<input type="checkbox"/> da	<input type="checkbox"/> ne
Potpis odgovorne osobe:		



DODATAK 3. OBRAZAC O KONTROLI RADA UREĐAJA ZA PRAĆENJE KONCENTRACIJA LEBDEĆIH ČESTICA (EKVIVALENTNA METODA)

OBRAZAC ZA KONTROLU RADA UREĐAJA ZA PRAĆENJE KONCENTRACIJA LEBDEĆIH ČESTICA	
Podaci za godinu:	
Naziv stanice / mjernog mesta	
Operator	
Naziv i model uređaja (navesti ako je u toku godine uređaj zamijenjen drugim sa datumima prestanka i početka rada)	
Mjereni polutant ili polutanti	
Metoda	
Kontrola i kalibracija mjerne opreme	
<i>Upisati: da li su i koliko puta vršene aktivnosti vršene, postoji li zapis o aktivnosti i ako nisu vršene, postoji li razlog, te druge napomene.</i>	
Provjera funkcionalnosti rada senzora za temperaturu zraka, pritiska i protoka u analizatoru (kontinuirano)	
Provjera rada senzora za temp. zraka i zračni pritisak mjernog mesta (tromjesečno)	
Kontrola „nulte tačke“ – kontrola čistim zrakom (jednom godišnje)	
Kalibracija senzora za temperaturu zraka i zračni pritisak (jednom godišnje)	
Kontrola protoka (tromjesečno)	
Provjera curenja („leak test“) (godišnje)	
Uporedna mjerena s referentnim instrumentima	
Druge relevantne informacije	
Potpis odgovorne osobe:	

DODATAK 4. OBRAZAC ZA KONTROLU RADA UREĐAJA ZA PRAĆENJE KONCENTRACIJA GASOVITIH ZAGAĐUJUĆIH MATERIJA

OBRAZAC ZA KONTROLU RADA UREĐAJA ZA PRAĆENJE KONCENTRACIJA GASOVITIH ZAGAĐUJUĆIH MATERIJA										
Podaci za godinu:										
Naziv stanice / mjernog mesta										
Operator										
Naziv i model uredaja (navesti ako je u toku godine uredaj zamijenjen drugim sa datumima prestanka i početka rada)										
Mjereni polutant ili polutanti										
Metoda										
Provjera mjernog raspona („span check“) i nulte tačke („zero check“) – upisati datume provjere										
Provjere mjernog raspona i nulte tačke vršene automatski (ukoliko jesu, koliki je interval provjera)										
Promjena filtera vršena redovno (petnaestodnevno)		Da	Ne							
Kalibracija na dvije tačke unutar mjernog raspona i proračun granice detekcije – tromjesečno*										
Kalibracija na pet ili više tačaka – godišnje*										
Kontrola efikasnosti konvertera na uredajima za praćenje azotnih oksida – godišnje*										
<p>*Upisati: da li su i koliko puta vršene aktivnosti, postoji li zapis o aktivnosti i ako nisu vršene, postoji li razlog, te druge napomene.</p> <p>Druge informacije relevantne za rad uredaja ili uslove vršenja mjerena:</p>										
Potpis odgovorne osobe:										



SWEDISH
ENVIRONMENTAL
PROTECTION
AGENCY

