Co-funded by the European Union

Workplace and Process Safety in Next Generation Europe - Teaching for Learning Safety4EU

Project No. 101126832

Coordinator: Dr Milan Protić

L10. On-line workplace monitoring for harmful substances (especially carcinogenic)

Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them.

Co-funded by the European Union

PRIMENA LOW-COST SENZORA U SISTEMIMA ZA MONITORING KVALITETA VAZDUHA

USING LOW-COST SENSORS IN AIR QUALITY MONITORING SYSTEMS

Dr Viša Tasić
naučni savetnik
Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor
visa.tasic@irmbor.co.rs

Co-funded by the European Union

Sadržaj prezentacije:

1. Uticaji zagađenja vazduha na zdravlje ljudi
2. Metode za praćenje zagađenja vazduha
3. Jeftini senzori (low-cost sensors)
4. Senzorske platforme sa jeftinim senzorima
5. Kalibracija jeftinih senzora i platformi
6. Bežične senzorske mreže za praćenje kvaliteta vazduha
7. Zaključci

Co-funded by the European Union

Ljudi izloženi visokim nivoima određenih zagađujućih supsstanci u vazduhu (SO_2, CO, O_3, NO, NO_2, NO_x, VOC, PM_{10}, $PM_{2.5}$) mogu doživeti:

1. Iritaciju očiju, nosa i grla
2. Pištanje, kašalj, stezanje u grudima i poteškoće sa disanjem
3. Pogoršanje postojećih problema sa plućima i srcem, kao što je astma
4. Povećan rizik od srčanog udara
5. Dugotrajno izlaganje zagađenom vazduhu može izazvati rak i oštećenje imunološkog, neurološkog, reproduktivnog i respiratornog sistema.
6. U ekstremnim slučajevima, zagađenje vazduha može čak izazvati i smrt.

Co-funded by the European Union

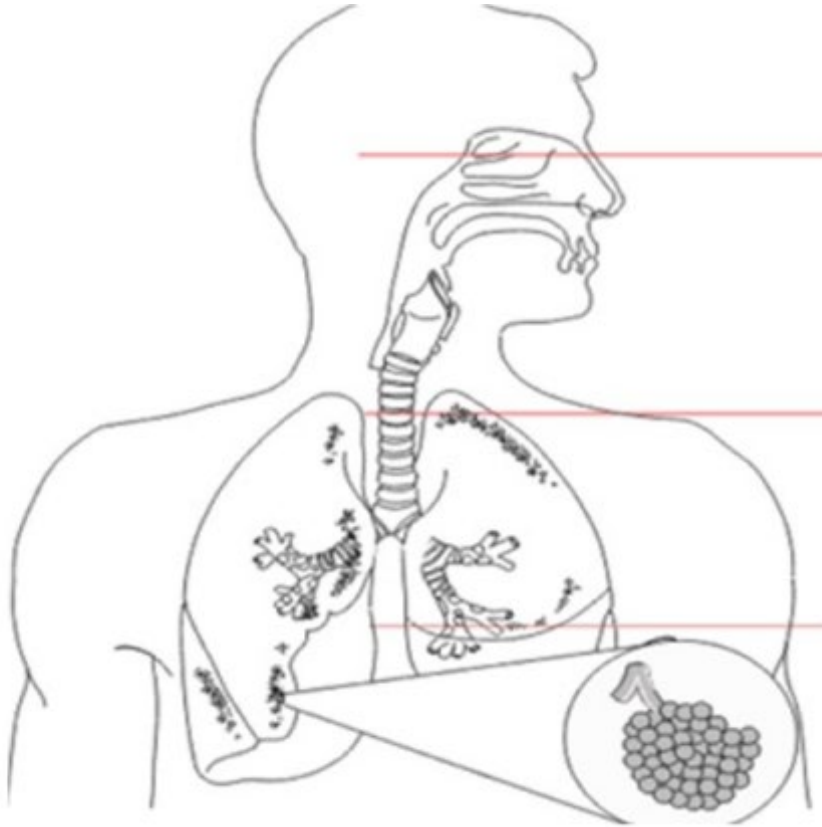
Primer : Taloženje PM u respiratornim organima udisanjem

Suspendovane čestice:

PM10 - manje od 10 µm u prečniku

PM2,5 - manje od 2,5 µm u prečniku

PM1 - manje od 1 µm u prečniku



Location	Particle size
Upper Airways	5-10 µm
Trachea	3-5 µm
Bronchi	2-3 µm
Bronchioles	1-2 µm
Alveoli	<1 µm (incl. nanoparticles)

Co-funded by the European Union

Primer : Taloženje PM u respiratornim organima udisanjem

Suspendovane čestice (TSP, PM10, PM2.5, PM1) mogu da sadrže: As, Cd, Ni, Pb…

Prema Međunarodnoj agenciji za istraživanje raka (IARC) supstance kao:

Neorganska jedinjenja As, Cd i Cd i jedinjenja Ni klasifikovani su kao kancerogeni za ljude (grupa 1);

Pb jedinjenja su klasifikovana kao verovatno kancerogena za ljude (grupa 2A);

Pb i Ni i legure su definisane kao mogući kancerogeni za ljude (grupa 2B);

Co-funded by the European Union

Metode za praćenje kvaliteta vazduha

Automatske metode praćenja (kontinuirano)

Poluautomatske i manualne metode praćenja (diskontinuirano)

Obe metode se koriste za praćenje zagađenja vazduha u:

Nacionalna mreža stanica za praćenje kvaliteta vazduha (AQM).

Lokalna mreža AQM stanica (nivo opštine)

Co-funded by the European Union

Metode za praćenje kvaliteta vazduha

Automatske AQM mreže u Republici Srbiji:

Nacionalna mreža AQM stanica, kojom upravlja (SEPA) Agencija za zaštitu životne sredine Srbije

Lokalne mreže AQM stanica, kojima upravljaju lokalne zajednice - opštine







Co-funded by the European Union

Nacionalna mreža automatskih AQM stanica

Prednosti:
Sertifikovani referentni instrumenti
Strogo održavanje i procedure kalibracije
Visokokvalitetni podaci
Uporedivost podataka između AQM stanica

Nedostaci:
Visoki troškovi instalacije i održavanja
Velika potrošnja el. energije
Ograničena pokrivenost (ograničen broj AQM stanica)





Co-funded by the European Union

Low-cost senzori

Područje pokrivanja Nacionalnog AQM sistema je ograničeno, tako da obično nije u mogućnosti da prikaže stvarno stanje zagađenja vazduha u širem području.

Kao alternativa konvencionalnoj metodi monitoringa kvaliteta vazduha, potrebno je razviti sistem za praćenje zagađenja vazduha sa niskim troškovima proizvodnje i visokom mobilnošću da bi se kompenzovali nedostaci konvencionalnih AQM sistema.

Co-funded by the European Union

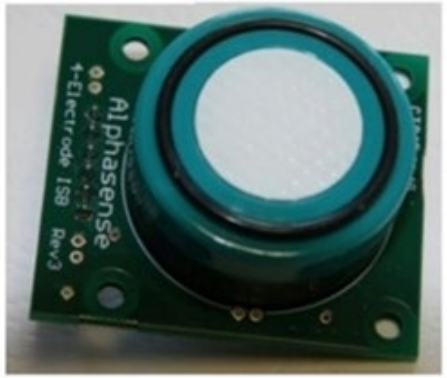
Low-cost senzori

Senzor je uređaj koji detektuje i reaguje na neku promenu fizičke veličine iz spoljnjeg okruženja.

Izlaz iz senzora je signal koji se može elektronski preneti na mesto očitavanja i prikazivanja ili dalje obrade.







Co-funded by the European Union

Low-cost senzori

Ideja je da se područje od interesa pokrije gustom mrežom senzorskih čvorova koji su u stanju da proizvedu dovoljno podataka o zagađivaču vazduha od interesa.





Co-funded by the European Union

Low-cost senzori

Potrebni su nam jeftini senzori za merenje koncentracija: CO, NO_2, VOC (Volatile Organic Compounds), PM_{10}, $PM_{2.5}$

Gasni senzori:

Elektrohemijski
Solid-state (metal-oksid)
Optčki
Gravimetrijski
Katalitički
Na bazi MOS struktura

PM senzori:

Optički

Co-funded by the European Union

Low-cost gasni senzori



VOC

Metal-oxide



Liquefied Petroleum Gas

LPG

Metal-oxide

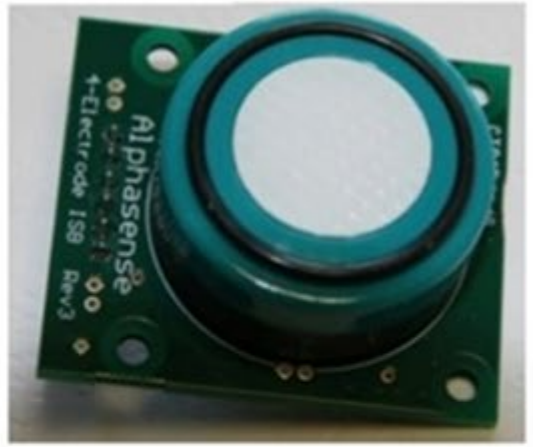
SnO_2



CO

Metal-oxide

SnO_2



NO_2

Electrochemical

Co-funded by the European Union

Low-cost PM senzori



Sharp GP2Y1010

10 EUR



Alphasense OPC N1

100 EUR



Dylos DC1700

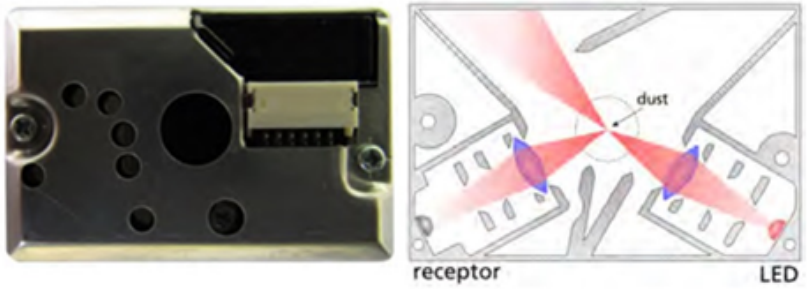
200 EUR

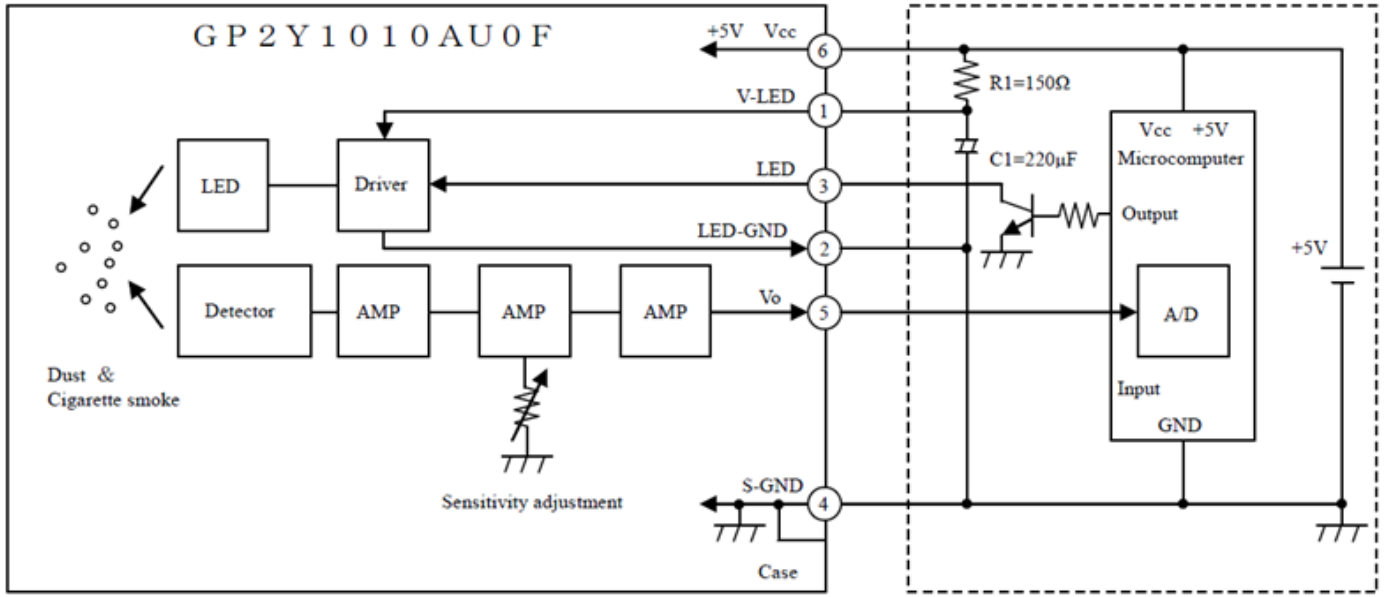
Co-funded by the European Union

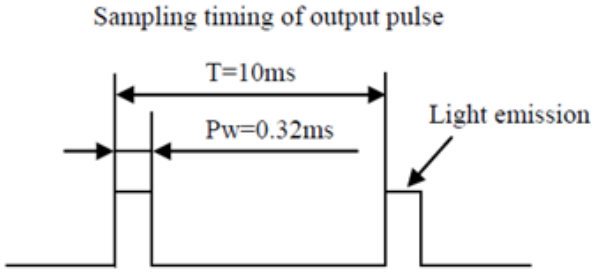
Low-cost PM senzori – optički princip rada

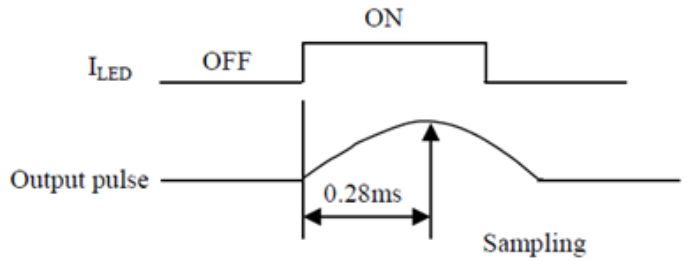
Sharp GP2Y1010 ~ 10 EUR





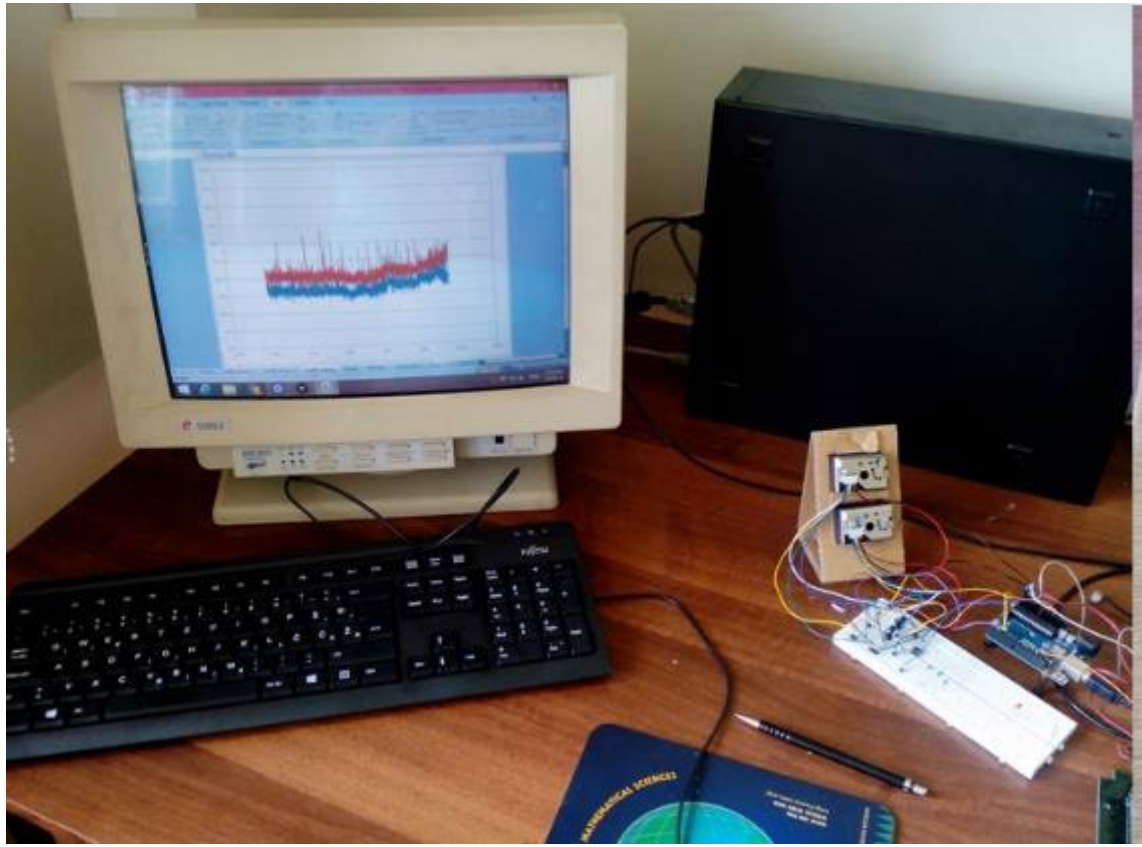


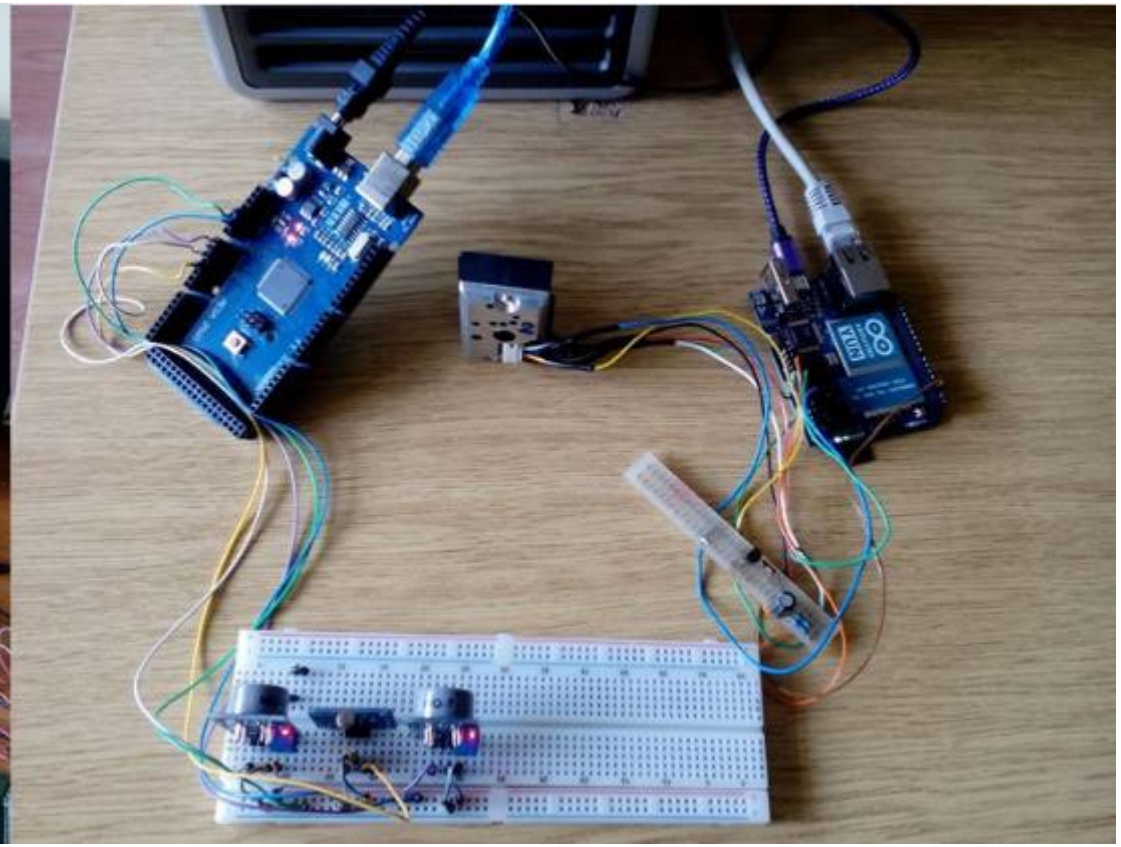




Co-funded by the European Union

Low-cost PM senzori – optički princip rada





Potreban nam je dodatni hardver i softver da bismo mogli da koristimo (povezujemo) jeftine senzore. Potrebna nam je senzorska platforma (senzorski čvor).

Co-funded by the European Union

Low-cost senzorske platforme - čvorovi

Senzorska platforma (senzorski čvor) se obično sastoji od:
Senzorska ploča (jedan ili više senzora)
Kontrolna ploča (mikrokontroler, eksterna memorija)
Komunikacioni modul (USB, GPS/GPRS, WiFi)
Modul za napajanje (AC/DC, baterija, solarni panel)

Cena low-cost senzorske platforme do 1000 EUR

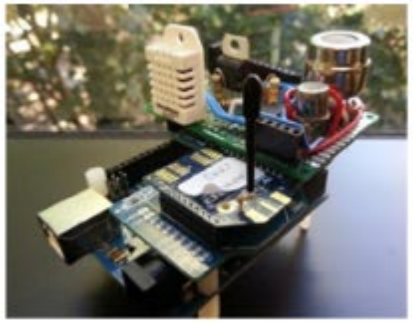


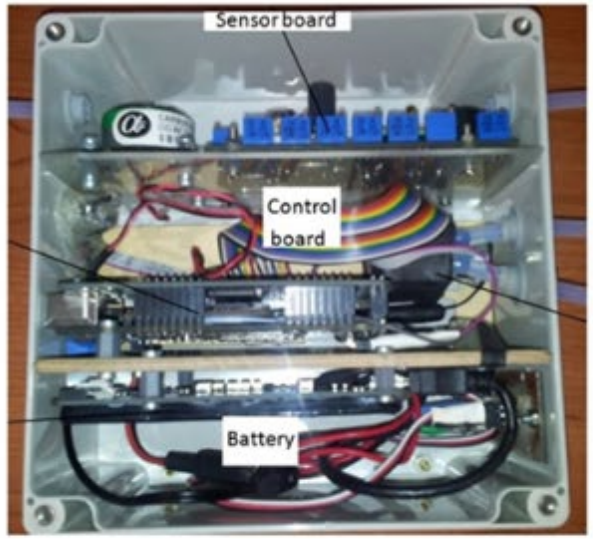


Co-funded by the European Union

Low-cost senzorske platforme - čvorovi

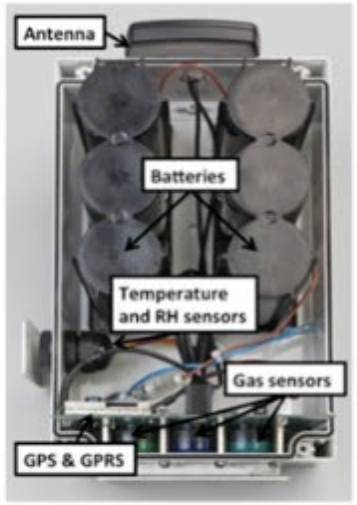




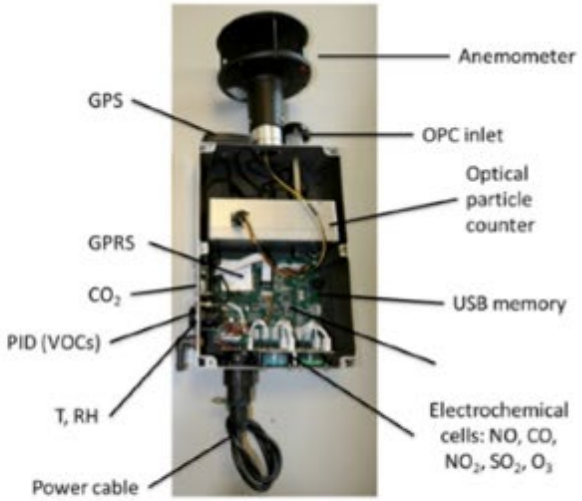




Short term mobile (CO, NO, NO_2)



Medium term static (CO, NO, NO_2)



Long term static (CO, NO, NO_2, O_3, SO_2, CO_2, VOCs, PM

Co-funded by the European Union

Kalibracija low-cost senzora i senzorskih platformi

Problemi u procesu kalibracije:

Nedostatak standarda za evaluaciju i validaciju senzora
Nedostatak informacija o karakteristikama senzora i platforme (tačnost, stabilnost),
Promena temperature ili vlažnosti,
Pomeranje radne krive (razlike između laboratorijske i terenske kalibracije),
Unakrsna osetljivost (chemical interference, na primer NO_2 sa O_3).

Kalibracija u laboratoriji (kontrolisani uslovi)

Ubacivanje specifičnih smeša gasnih standarda u komoru koja je opremljena regulatorom T i RH.

Kalibracija na terenu (stvarni uslovi)

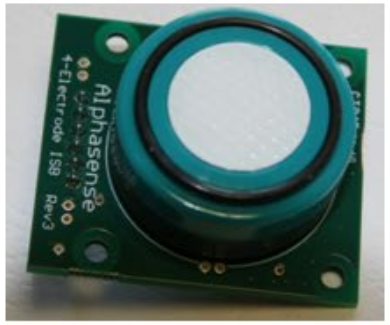
Kolokacija senzorskih platformi u blizini AQM stanice

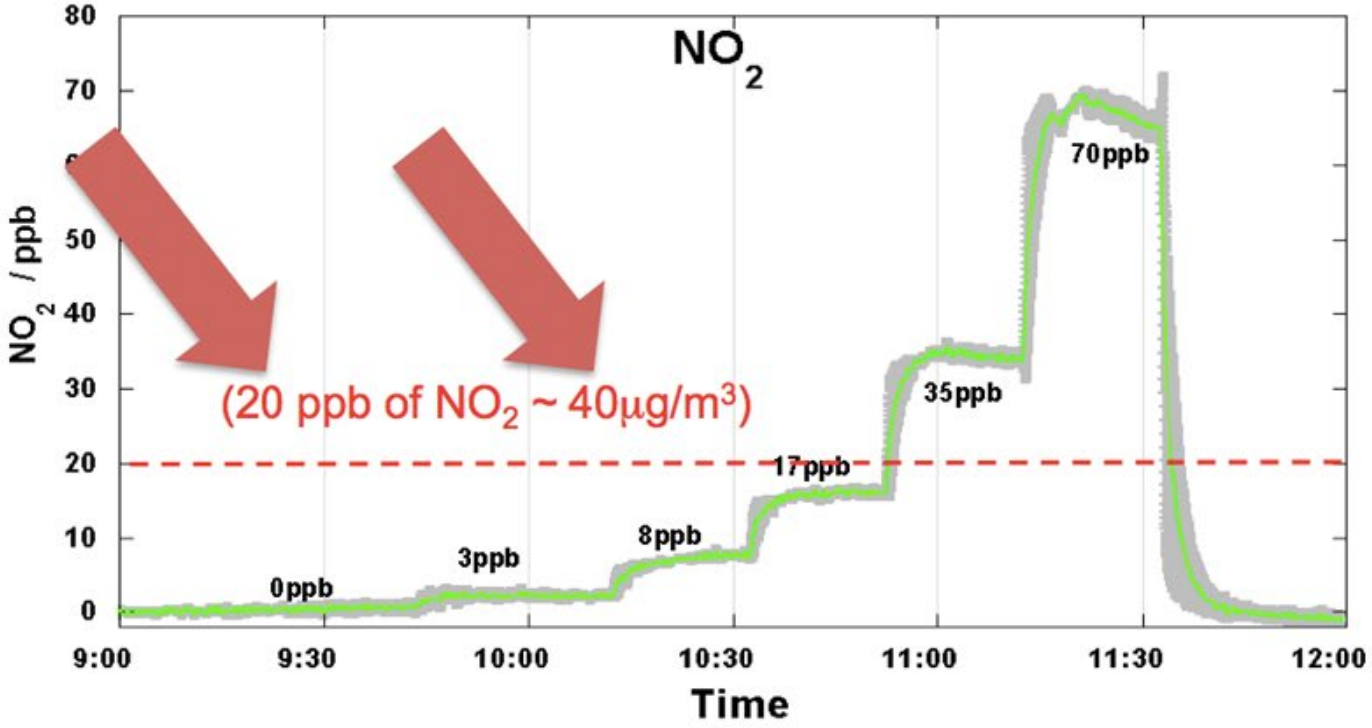
Co-funded by the European Union

Kalibracija u laboratoriji (kontrolisani uslovi)

Ubacivanje specifičnih smeša gasnih standarda u komoru koja je opremljena regulatorom T i RH.



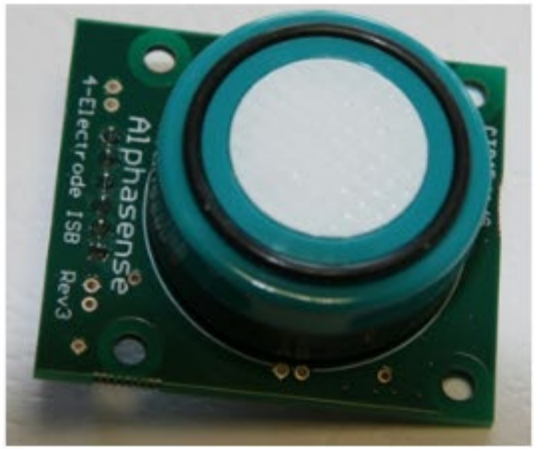


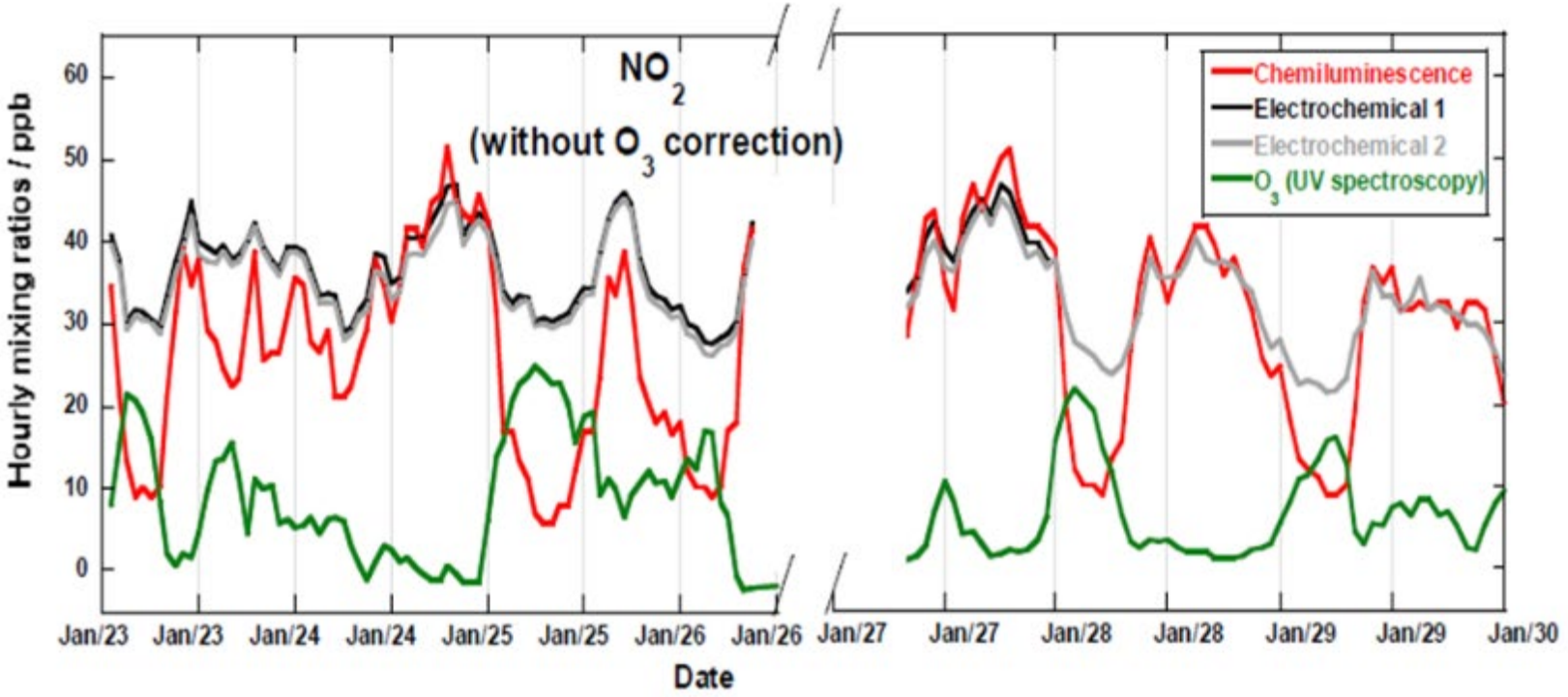


Co-funded by the European Union

Kalibracija na terenu (stvarni uslovi)

Unakrsna osetljivost (chemical interference, primer NO_2 sa O_3).





Co-funded by the European Union

Bežične senzorske mreže za praćenje aerozagađenja

Brzi razvoj bežičnih senzorskih mreža (VSN) doveo je do razvoja AQM sistema koji su:

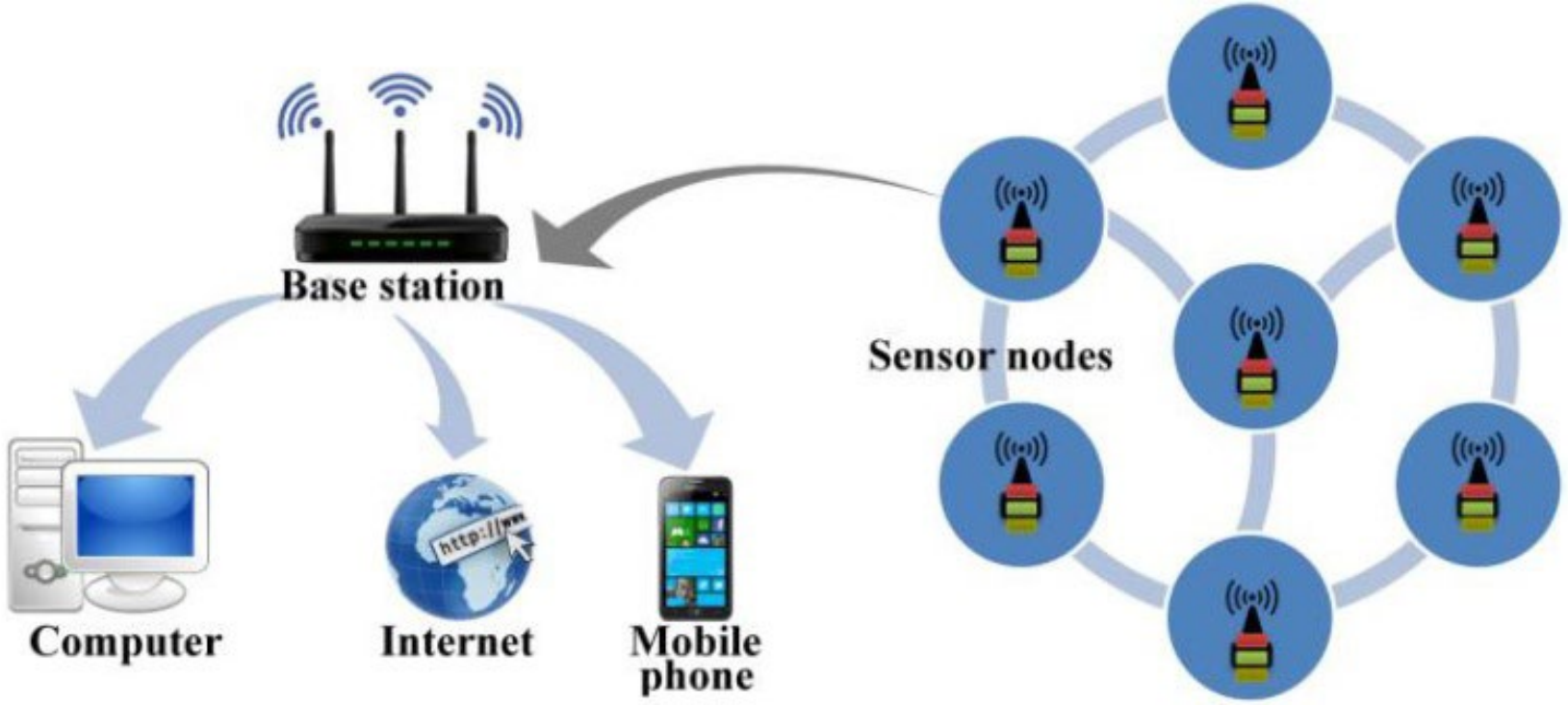
Isplativi,
Imaju nisku potrošnju energije,
Imaju niske troškovi instalacije i održavanja,
Brzo i lako se rekonfigurišu.

Posebno su pogodni uređaji za bežično umrežavanje malog dometa (Bluetooth i ZigBee), i sistemi koji koriste mreže mobilne telefonije, kao što su GSM/GPRS

Co-funded by the European Union

Bežične senzorske mreže za praćenje aerozagađenja

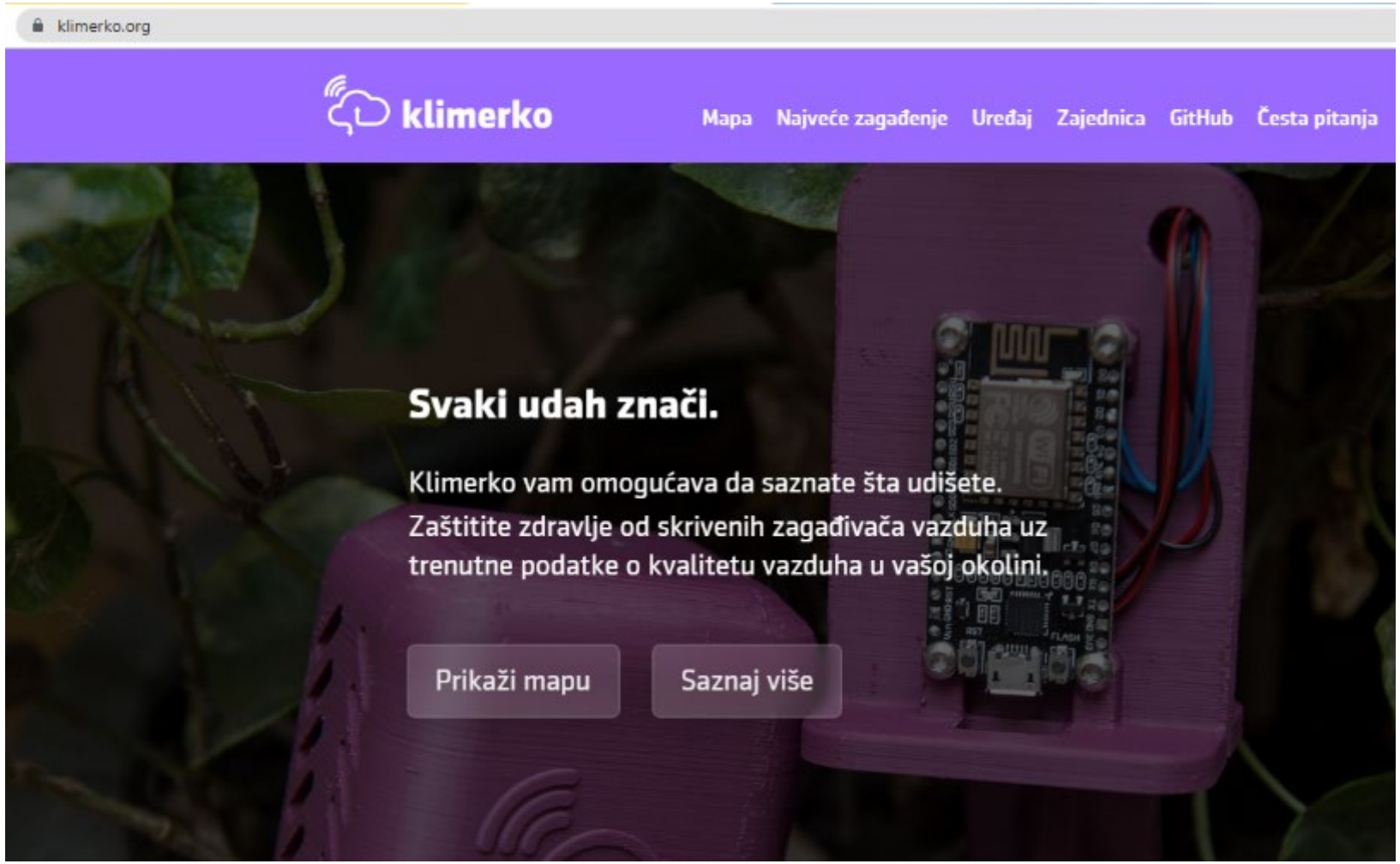
Informacije o zagađenju vazduha dostupne su preko web stranica, web aplikacija, mobilnih aplikacija itd.



Co-funded by the European Union

Bežične senzorske mreže za praćenje aerozagađenja

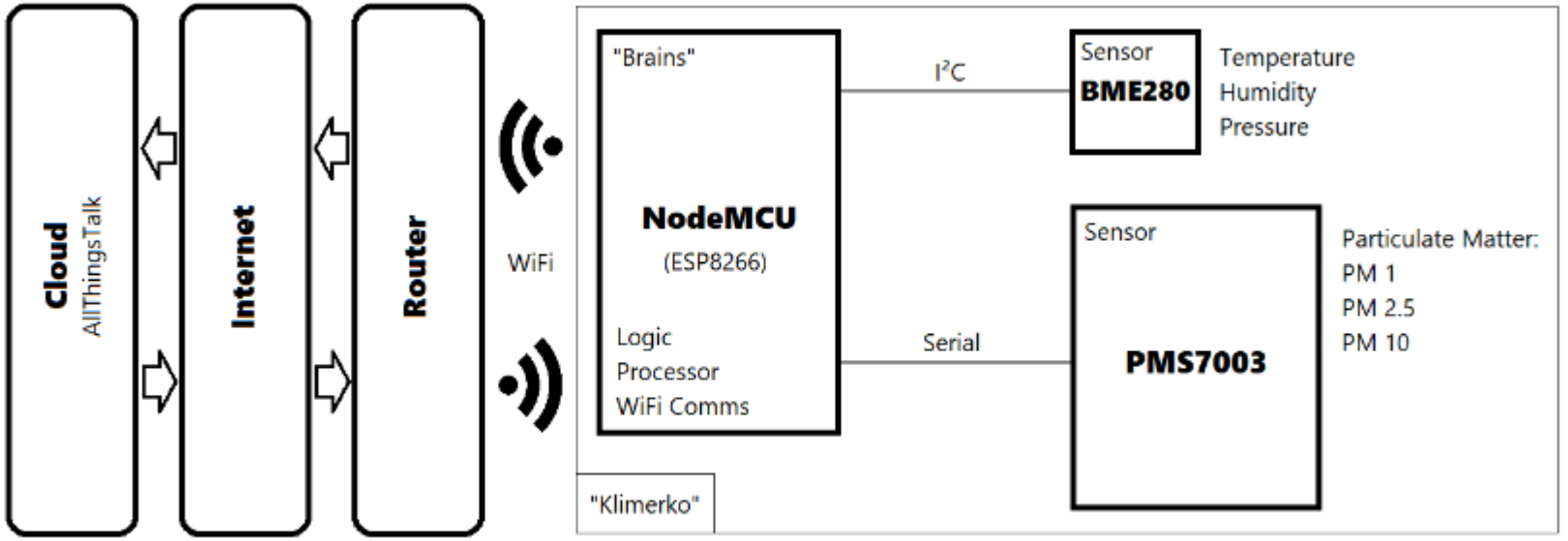
Informacije o zagađenju vazduha dostupne su preko web stranica, web aplikacija, mobilnih aplikacija itd.



Co-funded by the European Union

Bežične senzorske mreže za praćenje aerozagađenja

Informacije o zagađenju vazduha dostupne su preko web stranica, web aplikacija, mobilnih aplikacija itd.



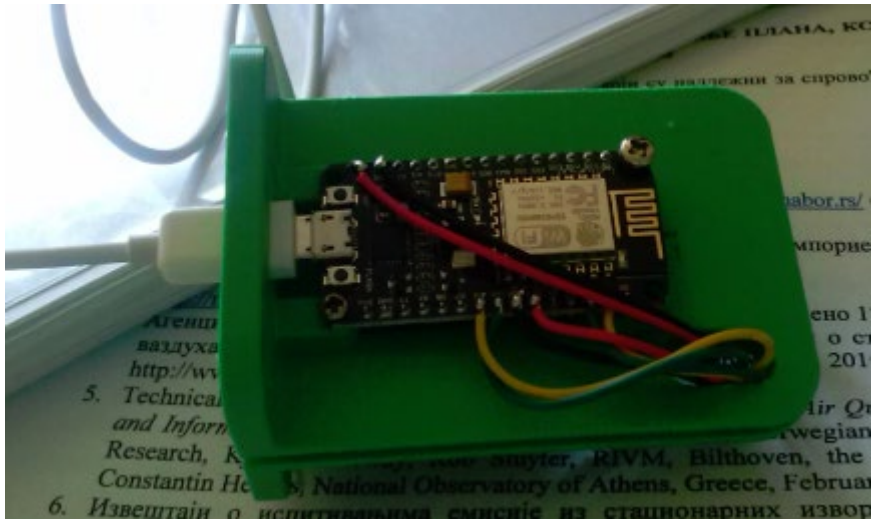
Co-funded by the European Union

Bežične senzorske mreže za praćenje aerozagađenja

Informacije o zagađenju vazduha dostupne su preko web stranica, web aplikacija, mobilnih aplikacija itd.



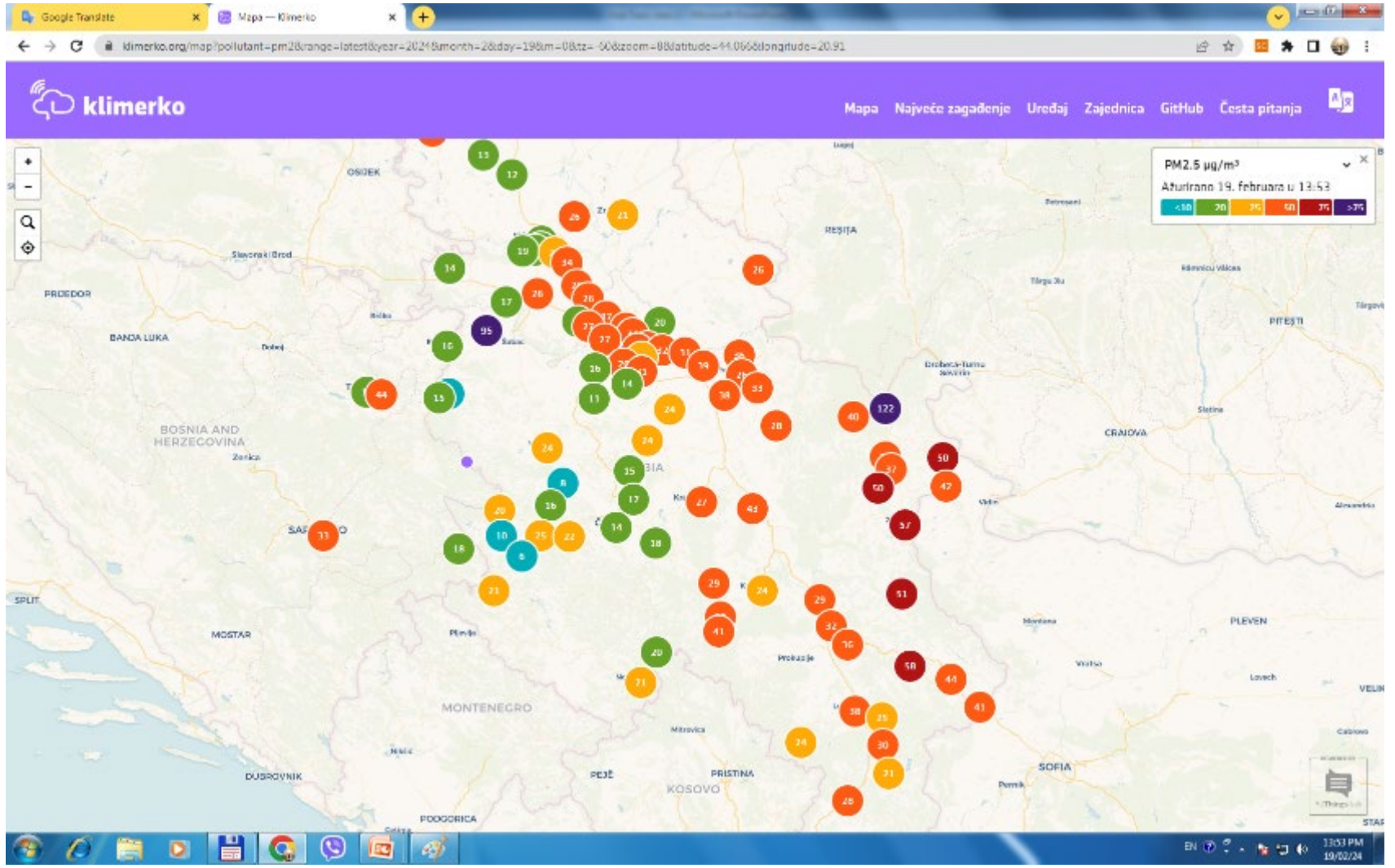




Co-funded by the European Union

Bežične senzorske mreže za praćenje aerozagađenja

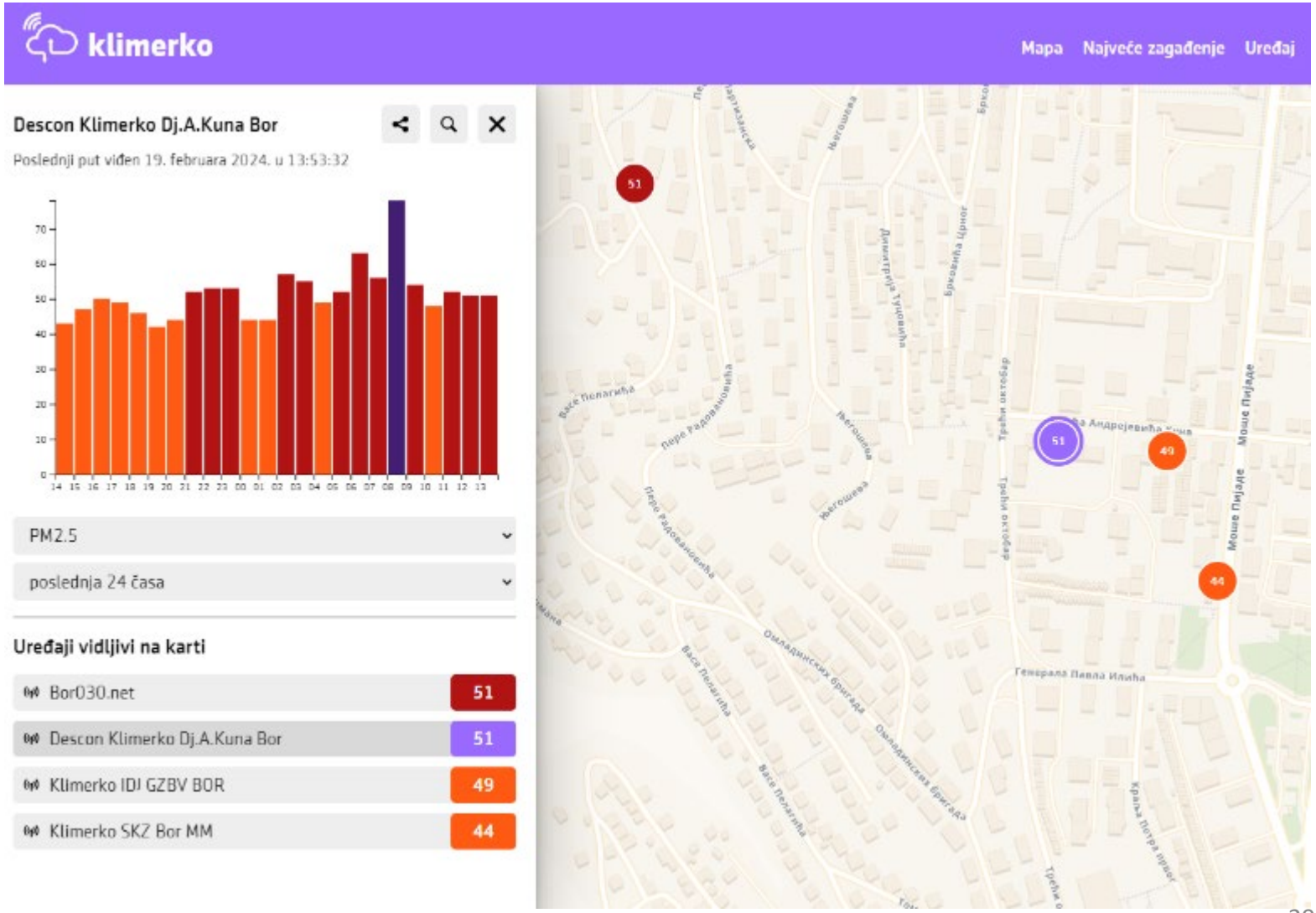
Informacije o zagađenju vazduha dostupne su preko web stranica, web aplikacija, mobilnih aplikacija itd.



Co-funded by the European Union

Bežične senzorske mreže za praćenje aerozagađenja

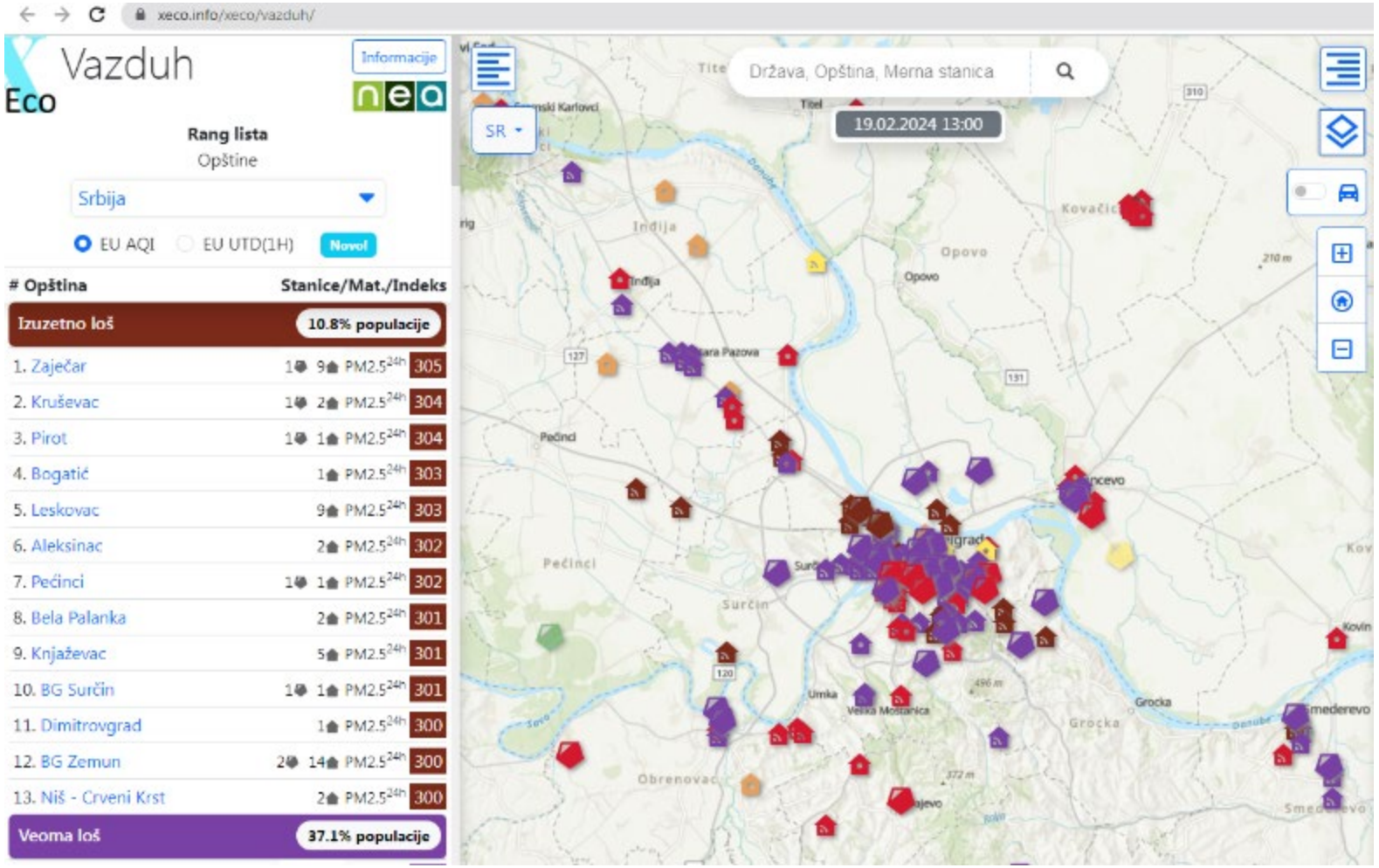
Informacije o zagađenju vazduha dostupne su preko web stranica, web aplikacija, mobilnih aplikacija itd.



Co-funded by the European Union

Bežične senzorske mreže za praćenje aerozagađenja

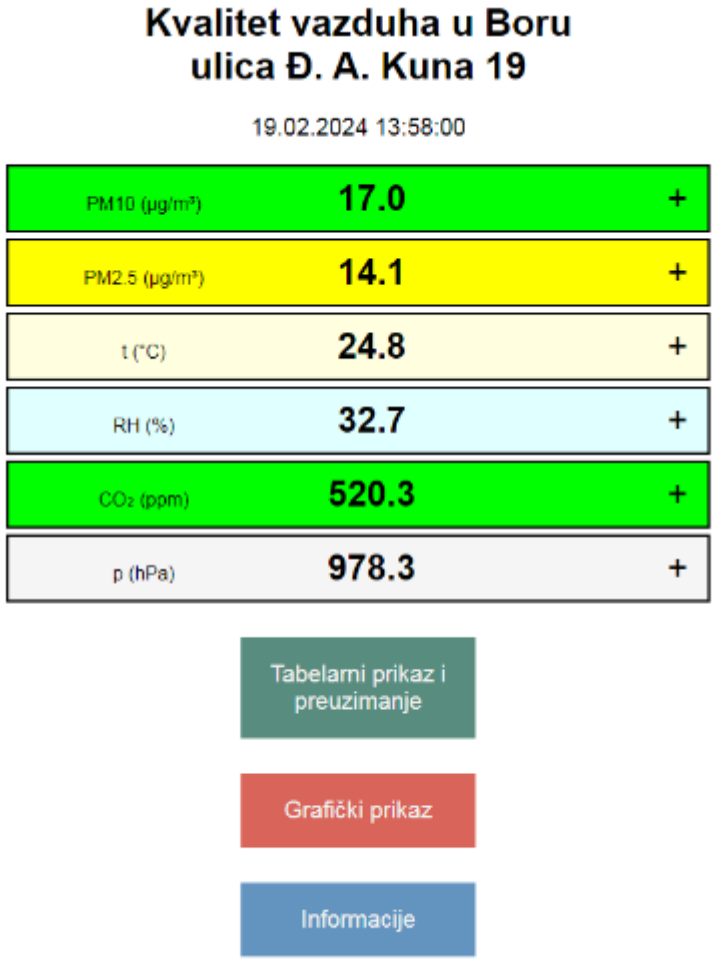
Informacije o zagađenju vazduha dostupne su preko web stranica, web aplikacija, mobilnih aplikacija itd.



Co-funded by the European Union

Bežične senzorske mreže za praćenje aerozagađenja

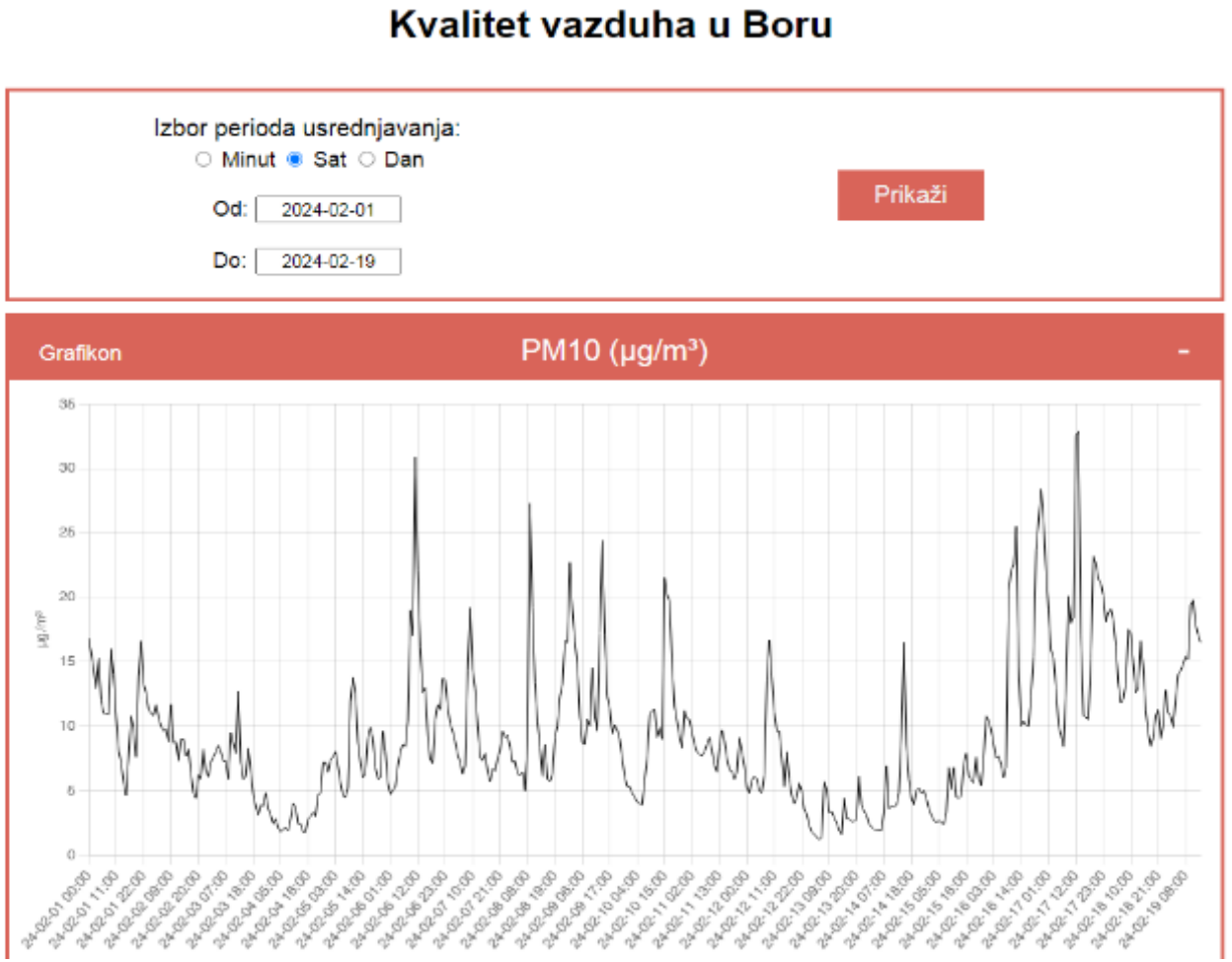
Informacije o zagađenju vazduha dostupne su preko web stranica, web aplikacija, mobilnih aplikacija itd.



Co-funded by the European Union

Bežične senzorske mreže za praćenje aerozagađenja

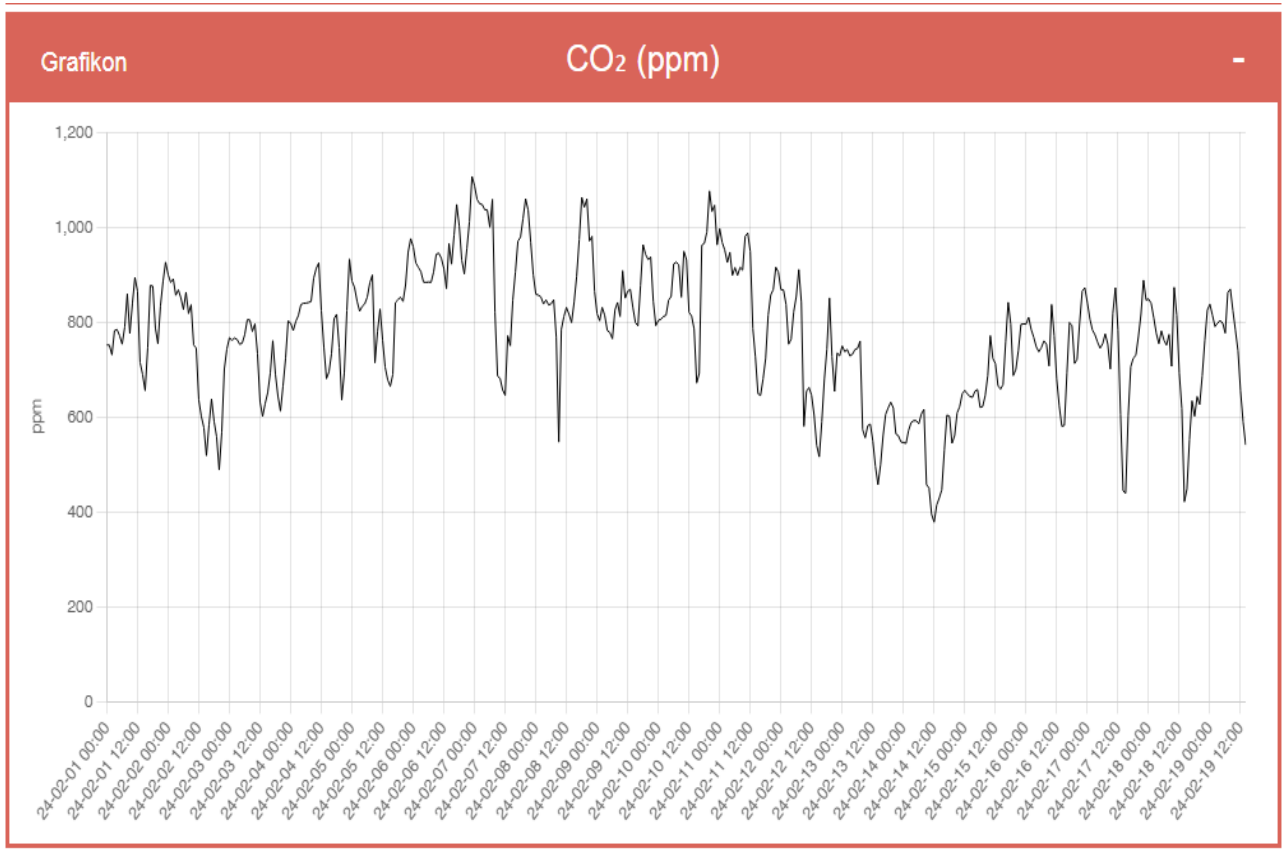
Informacije o zagađenju vazduha dostupne su preko web stranica, web aplikacija, mobilnih aplikacija itd.



Co-funded by the European Union

Bežične senzorske mreže za praćenje aerozagađenja

Informacije o zagađenju vazduha dostupne su preko web stranica, web aplikacija, mobilnih aplikacija itd.



Co-funded by the European Union

Bežične senzorske mreže za praćenje aerozagađenja

Informacije o zagađenju vazduha dostupne su preko web stranica, web aplikacija, mobilnih aplikacija itd.



Kvalitet vazduha u Boru
ulica Đ. A. Kuna 19

Izbor perioda usrednjavanja:
○ Minut ◉ Sat ○ Dan

Od: 2024-02-19

Do: 2024-02-19

Prikaži

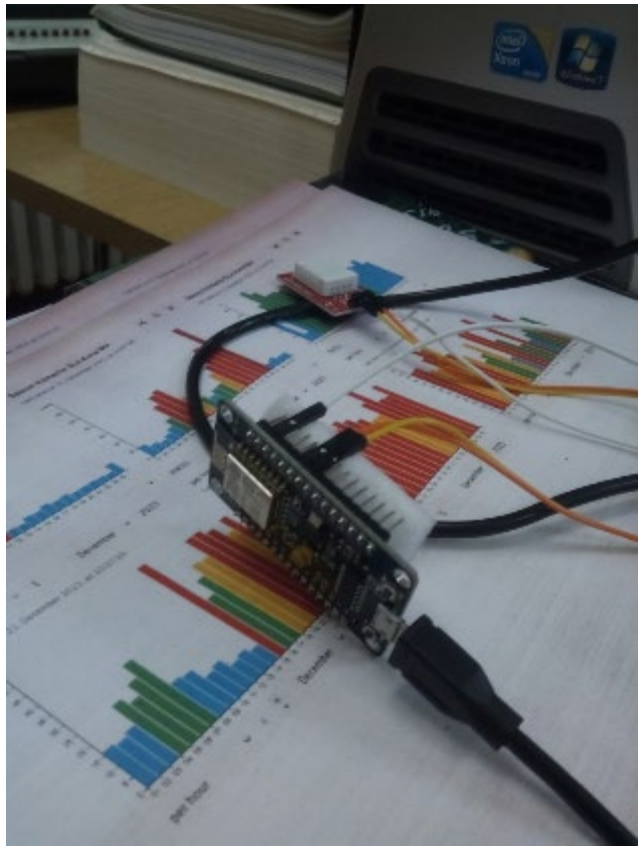
Preuzmi

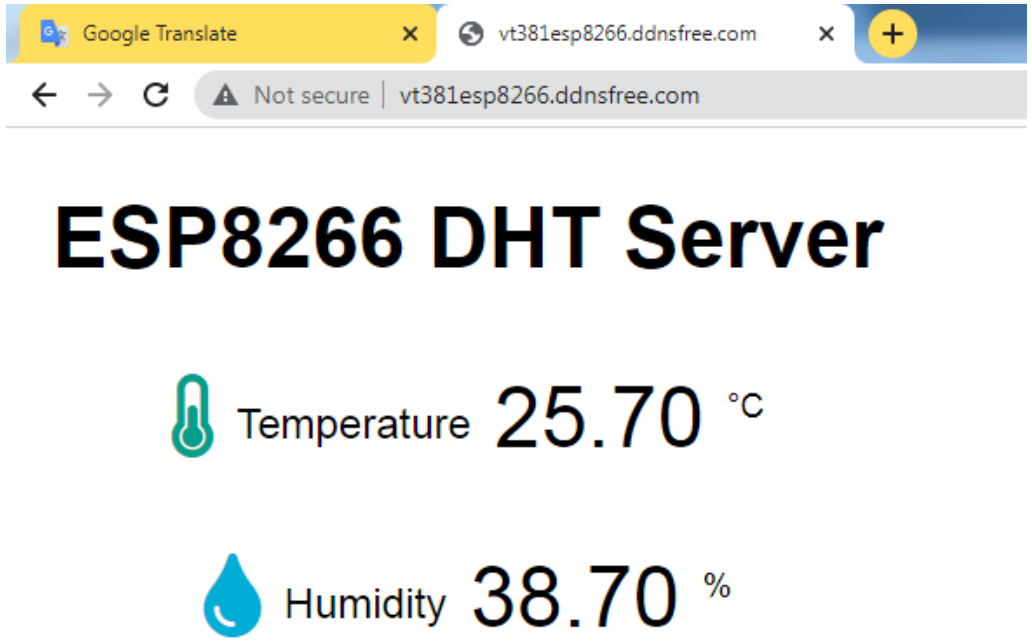
Vreme	t (°C)	RH (%)	PM10 (µg/m³)	PM2.5 (µg/m³)	CO_2 (ppm)	p (hPa)
2024-02-19 00:00:00	25.1	34.5	12.8	9.1	837.7	981.4
2024-02-19 01:00:00	25.1	34.0	11.0	9.1	814.2	981.3
2024-02-19 02:00:00	25.0	33.7	10.8	9.3	790.5	981.2
2024-02-19 03:00:00	24.9	33.5	9.9	8.7	798.3	980.8
2024-02-19 04:00:00	24.8	33.5	12.1	10.8	803.0	980.6
2024-02-19 05:00:00	24.8	33.4	14.0	12.5	798.0	980.5
2024-02-19 06:00:00	24.8	33.5	14.3	12.8	776.9	980.3
2024-02-19 07:00:00	24.8	33.5	14.8	12.6	862.3	980.2
2024-02-19 08:00:00	24.8	33.9	15.4	12.2	869.8	980.4
2024-02-19 09:00:00	24.9	33.8	15.2	12.5	824.4	980.5
2024-02-19 10:00:00	24.9	33.8	19.4	14.9	782.5	980.5
2024-02-19 11:00:00	24.8	33.6	19.8	15.4	739.4	980.2
2024-02-19 12:00:00	24.8	33.2	17.9	14.6	654.8	979.9
2024-02-19 13:00:00	24.8	33.0	17.1	14.1	590.0	979.4
2024-02-19 14:00:00	24.7	32.7	16.5	13.8	541.1	978.8

Co-funded by the European Union

Bežične senzorske mreže za praćenje aerozagađenja

Informacije o zagađenju vazduha dostupne su preko web stranica, web aplikacija, mobilnih aplikacija itd.





Co-funded by the European Union

Tipovi bežičnih senzorskih mreža za praćenje aerozagađenja



Static Sensor Network (SSN)

Senzorski čvorovi se obično montiraju na stubove ulične rasvete ili semafora ili na zidove. Informacije o zagađenju vazduha sa visokom prostorno-vremenskom rezolucijom su dostupne.



Community Sensor Network (CSN)

Senzorske čvorove obično nose korisnici. Korišćenjem jeftinih prenosivih senzora ambijenta i pametnih telefona,korisnici su u mogućnosti da pribave, analiziraju i dele informacije o lokalnom zagađenju vazduha.



Vehicle Sensor Network (VSN)

Senzorski čvorovi se obično postavljaju u javnom prevozu poput autobusa ili taksija.Korišćenjem jeftinih prenosivih senzora i mobilnosti vozila, jedan senzorski čvor je u stanju da postigne dovoljno veliku geografsku pokrivenost.

Co-funded by the European Union

Zaključci

Konvencionalni metod AQM zasniva se na ograničenom broju AQM stanica.
Ovaj metod monitoringa je veoma skup i postojeće AQM stanice ne pokrivaju sve prostore od interesa.
Kao alternativa, potreban je AQM sistem sa jeftinim senzorima.
Pre ugradnje, AQM sistem sa jeftinim senzorima treba da prođe odgovarajuće procedure obezbeđenja i kontrole kvaliteta, kako u laboratorijskim uslovima, tako i na terenu.

Co-funded by the European Union

Zaključci

Nove komunikacione tehnologije omogućile su implementaciju bežičnih senzorskih mreža za praćenje kvaliteta vazduha.
Zbog male potrošnje energije i jednostavne konfiguracije ZigBee bežične senzorske mreža su najčešće primenjivanje za praćenje kvaliteta vazduha.
U bliskoj budućnosti, informacije o kvalitetu vazduha biće dostupne svim građanima u realnom vremenu.
Ovaj zadatak će biti rešen korišćenjem bežičnih senzorskih mreža za AQM sa jeftinim senzorima koji će dopuniti postojeće nacionalne i lokalne AQM sisteme.

Co-funded by the European Union

Sadržaj prezentacije:

1. Kancerogeni u radnoj sredini
2. Koncentracije kojih kancerogena mogu da se uspešno prate u realnom vremenu primenom sistema za nadzor koji su zasnovani na low-cost senzorima?
3. Personalni monitori kvaliteta vazduha na bazi jeftinih senzora (low-cost sensors); prednosti i mane
4. Testiranje karakteristika (kalibracija) jeftinih senzora za merenje koncentracija PM čestica u unutrašnjem prostoru
5. Kalibracija jeftinih senzora za merenje koncentracija PM čestica na terenu
6. Zaključci

Co-funded by the European Union

Kancerogeni u radnoj sredini

- Kancerogeni su supstance, hemijske smeše i okolnosti izloženosti koje je Međunarodna agencija za istraživanje raka (IARC) klasifikovala kao kancerogene za ljude (I kategorija).

Co-funded by the European Union

Kancerogeni u radnoj sredini

- Čestice (atmosferske čestice) su mikroskopske čestice čvrste ili tečne materije suspendovane u vazduhu. Termin aerosol se obično odnosi na mešavinu čestica/vazduh, za razliku od samih čestica. Izvori čestica mogu biti prirodni ili antropogeni. Tipovi atmosferskih čestica uključuju suspendovane čestice, označene kao PM_{10}, prečnika 10 mikrometara (mm) ili manje, fine čestice, označene kao $PM_{2.5}$, prečnika od 2,5 mm ili manje, ultrafine čestice, prečnika od 100 nm ili manje i čađi.
- Čvrste čestice u vazduhu su kancerogeni grupe 1. Ne postoji bezbedan nivo za ekspoziciju na čestično zagađenje.
- Neorganska jedinjenja As, Cd i Cd i jedinjenja Ni klasifikovana su kao kancerogeni grupe 1
- Pb jedinjenja su klasifikovana kao verovatni kancerogeni za ljude (grupa 2A);
- Pb i Ni i legure su definisane kao mogući kancerogeni za ljude (grupa 2B);

Co-funded by the European Union

Kancerogeni u radnoj sredini

- **Čađ** su <u>čestice ugljenika natopljene katranom</u> (terom) koje nastaju u procesu nepotpunog sagorevanja gorivnih materija koje su na bazi ugljenika. Hemijski satav čestica čađi čine <u>materije organskog i neorganskog porekla</u>. Materije organskog porekla kao što su: <u>benzopiren, benzantracen, piren, fluoranten, ksilen</u> i dr. imaju <u>kancerogeno dejstvo</u>. Pored materija organskog porekla (katrana), čestice čađi sadrže i neorganske kiseline od kojih je sumporna kiselina najviše zastupljena. Prečnik čestice čađi je reda veličine oko 0.1 μm. Zbog svojih dimenzija, čestice čađi imaju malu brzinu taloženja. Pri određenim uslovima, sitne čestice se spajaju i obrazuju čestice veličine oko 5 μm.. U urbanim sredinama, glavni izvor čađi su neispravne kotlarnice u kojima se ne vrši potpuno sagorevanje goriva, koncentracije čađi mogu da budu i iznad 100 $\mu g/m^3$. Sekundarni izvor čestica čađi su vozila koja kao pogonsko gorivo koriste naftu. Koncentracija čestica čađi je promenljiva tokom godine. Najveće koncentracije se registruju u toku grejne sezone.

Co-funded by the European Union

Kancerogeni u radnoj sredini

- Piljevina (ili drvena prašina) je nusproizvod ili otpadni proizvod operacija obrade drveta kao što su testerisanje, brušenje, glodanje i glodanje. Sastoji se od veoma malih komadića drveta. Ove operacije se mogu izvoditi mašinama za obradu drveta, prenosivim električnim alatima ili upotrebom ručnih alata. U nekim proizvodnim industrijama piljevina može predstavljati značajnu opasnost od požara i izvor izloženosti prašini na radu. Piljevina je kancerogen IARC grupe 1.

Co-funded by the European Union

Kancerogeni u radnoj sredini

- Ugljena prašina nastaje kao nusprodukt eksploatacije uglja tokom procesa bušenja i miniranja, otkopavanja uglja, utovara i transporta uglja. Prašinom se smatraju sve sitnozrne čvrste čestice koje mogu lebdeti u vazduhu.

Co-funded by the European Union

Kancerogeni u radnoj sredini

- Formaldehid je organsko jedinjenje sa hemijskom formulom CH_2O i strukturom H−CHO, preciznije $H_2C=O$. Kao gas, molekularni formaldehid je bezbojan i ima karakterističnu oštar, iritantan zadah. Stabilan je na oko 150 °C, ali se polimerizuje kada se kondenzuje u tečnost. Nakon kondenzacije, gas prelazi u razne druge oblike formaldehida (sa različitim hemijskim formulama) koji su od veće praktične vrednosti.

- Čuva se kao vodeni rastvori (formalin), koji se sastoji uglavnom od hidrata $CH_2(OH)_2$. To je najjednostavniji predstanvih aldehida (R-CHO). U 2006. godini je globalna proizvodnja formaldehida procenjena je na 12 miliona tona godišnje. Uglavnom se koristi u proizvodnji industrijskih smola, na primer, za iverice i premaze. Formaldehid je klasifikovan kao kancerogen može izazvati iritaciju respiratornih organa i kože nakon izlaganja.

Co-funded by the European Union

Low-cost senzori koji mogu da se primenjuju za praćenje koncentracija kancerogenih supstanci u radnoj sredini

Na tržištu su danas dostupni jeftini senzori za merenje koncentracija sledećih kancerogena:

1. Direktno merenje koncentracija : VOC (formaldehid), PM_{10}, $PM_{2.5}$
2. Posredno merenje koncentracija : Arsen, kadmijum, olovo, nikl, u PM_{10} i u $PM_{2.5}$

Co-funded by the European Union

Suspendovane čestice:

PM10 - manje od 10 µm u prečniku

PM2,5 - manje od 2,5 µm u prečniku

PM1 - manje od 1 µm u prečniku



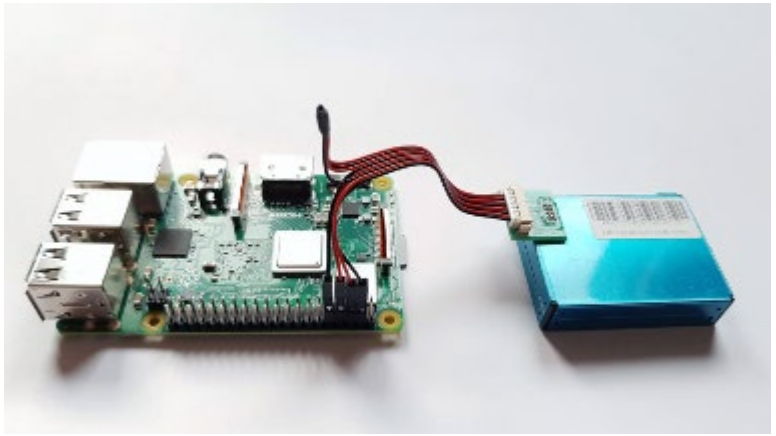
Co-funded by the European Union

Low-cost PM senzori

Senzor je uređaj koji detektuje i reaguje na neku promenu fizičke veličine iz spoljnjeg okruženja.

Izlaz iz senzora je signal koji se može elektronski preneti na mesto očitavanja i prikazivanja ili dalje obrade.







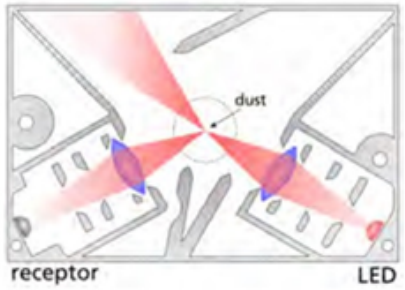
Co-funded by the European Union

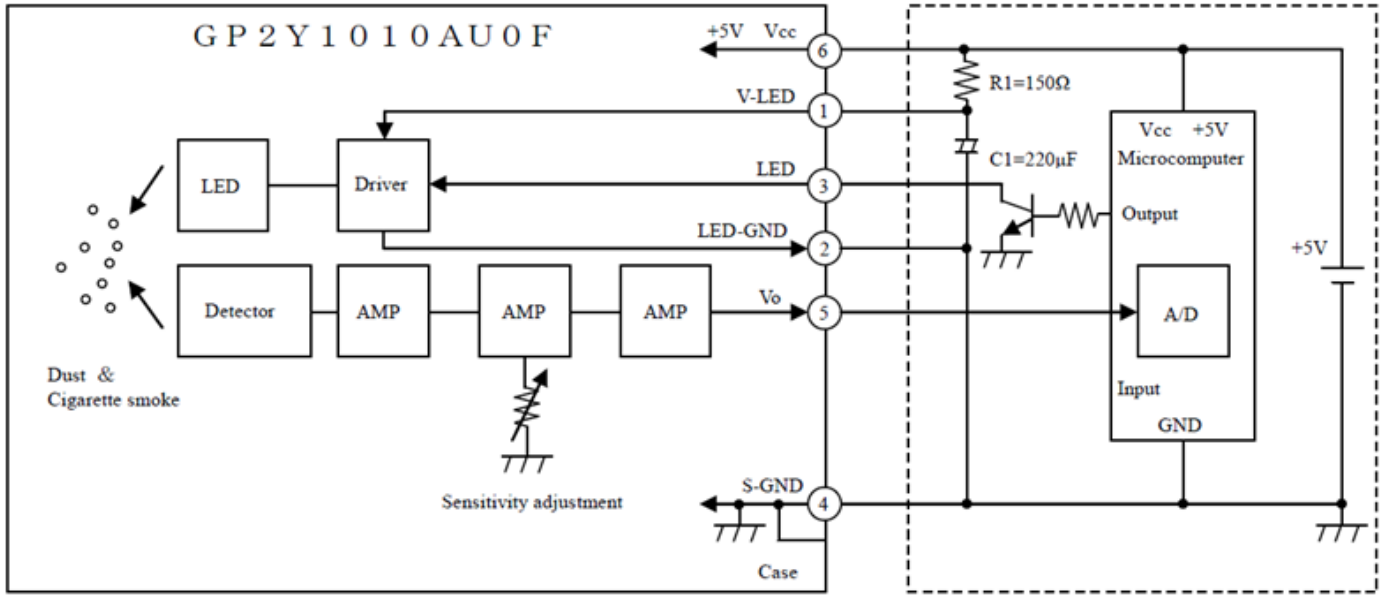
Low-cost PM senzori – optički princip rada

Sharp GP2Y1010 ~ 10 EUR

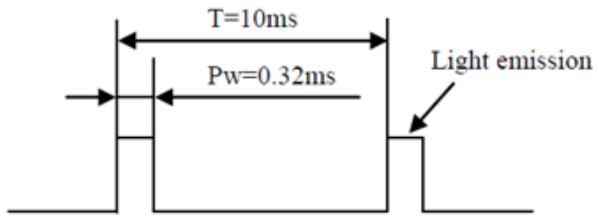


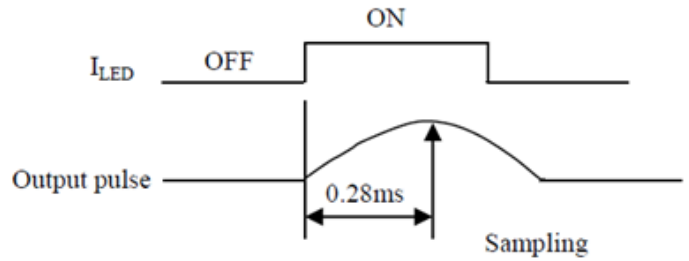






Sampling timing of output pulse

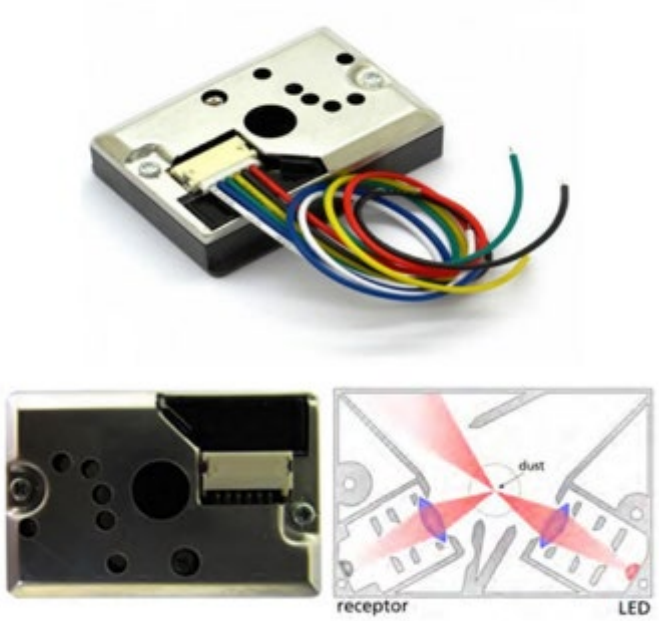


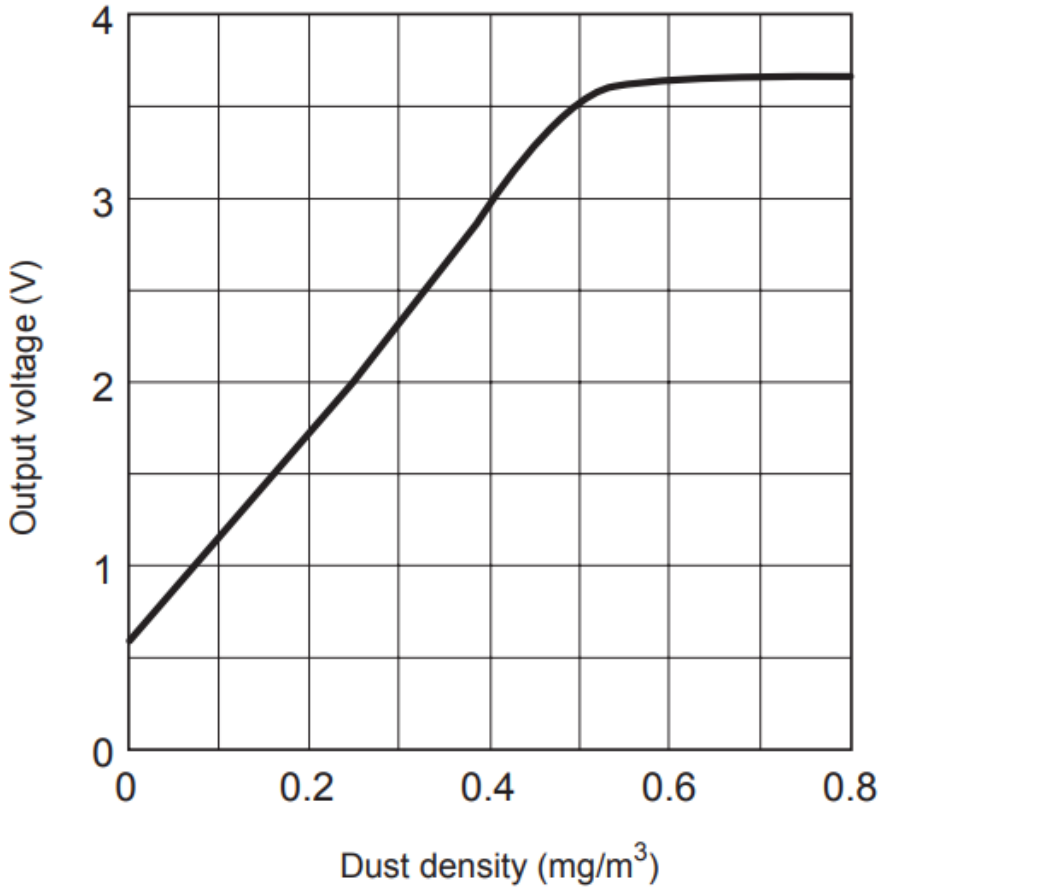


Co-funded by the European Union

Low-cost PM senzori

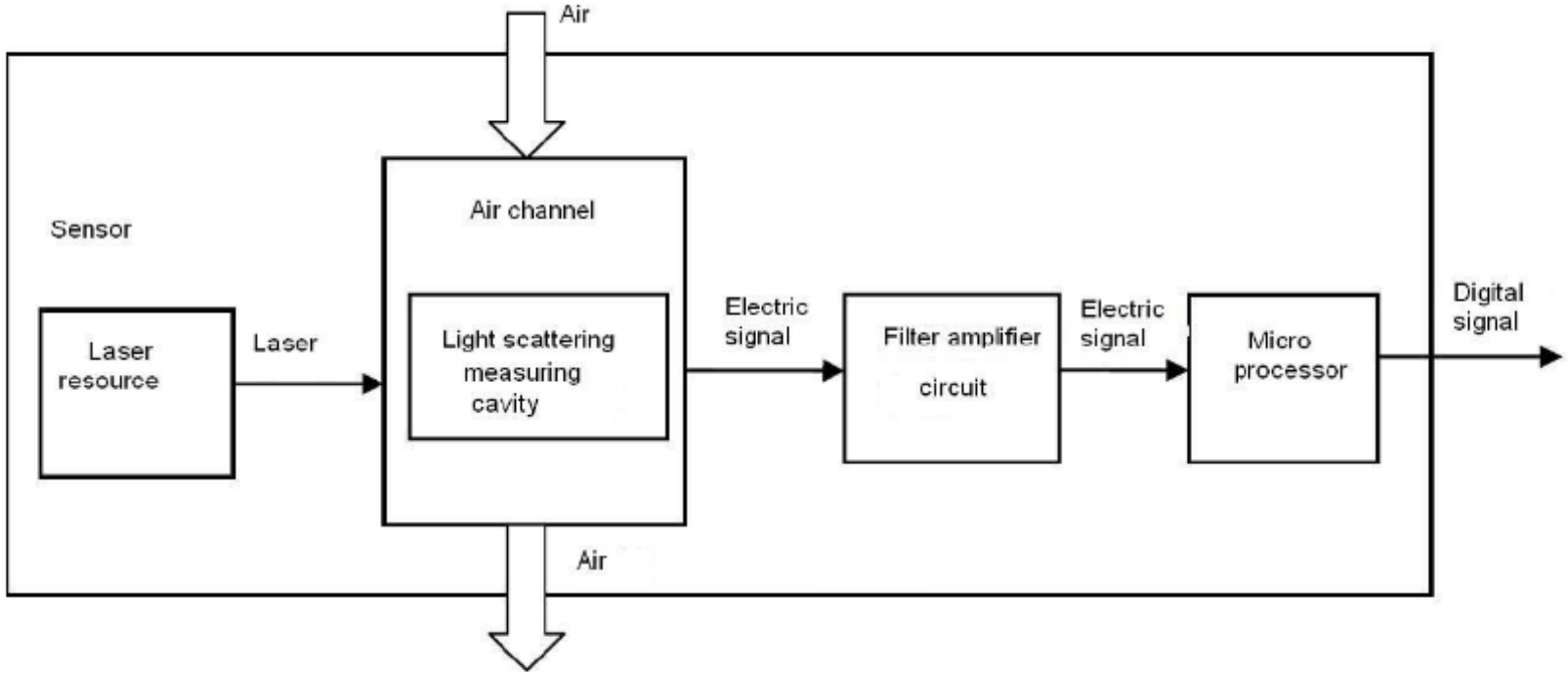
Sharp GP2Y1010 ~ 10 EUR





Co-funded by the European Union

Low-cost PM senzori – optički princip rada



Functional block diagram of sensor

Potreban nam je dodatni hardver i softver da bismo mogli da koristimo jeftine senzore. Potrebna nam je takozvana senzorska platforma (senzorski čvor) ili uređaj koji se naziva personalni monitor.

Co-funded by the European Union

Low-cost VOC senzori

MC1100 senzor namenjen je za merenje isparljivih organskih materija (VOC). Ovaj senzor može da se koristiti za određivanje koncentracija formaldehida (formaldehyde) i toluena (toluene) u vazduhu.

Tehničke karakteristike: Materijal: polimer. Napon napajanja: 5V DC +/- 2%. Osetljivost: 3% od punog opsega rada. Vreme odziva: 5 sekundi (nakon grejanja senzora u trajanju od 3-5 minuta). Potrošnja električne energije:<430 mW. Radna temperatura senzora: -10~60 °C. Radni opseg senzora u pogledu vlažnosti vazduha: do 90% RH (nominalna vlažnost za rad senzora je 65% RH). Opseg izlaznog analognog signala 0-5V DC. Primena: merenje koncentracija VOC u unutrašnjem prostoru. Masa senzora: 13 g.



Co-funded by the European Union

Low-cost VOC senzori



Sensor for Air quality control

VOCs Sensor

- **for the detection of Formaldehyde Toluene, Organic Solvent**
- **Semi conductor type,**

◑ General
It is applied detection of VOCs gases (toluene, formaldehyde, benzene, ect.)

◑ Application : Ventilator, Air cleaner, Hood.

◑ Operation range
- Working temperature : -10℃ ~ 50℃
- Working humidity : below saturation point
- Storage temperature : -20℃ ~ 80℃



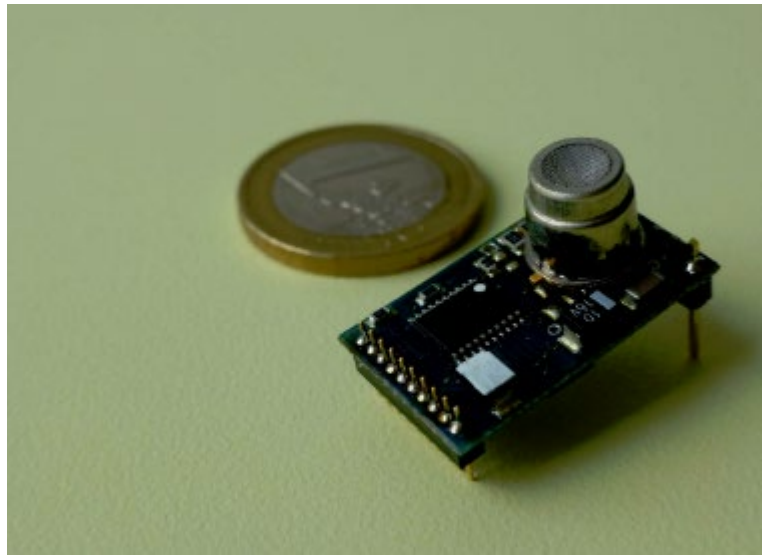
<MS1100>

◑ Products characteristics

Product code		Characteristics	Output data	Worm-up time, PH
Pac-kage	MS1100	Wide detection of VOCs gases Application : Air cleaner, Hood	Analogue (1 ~ 5Volt) Basic circuit	5min 350㎽

Co-funded by the European Union

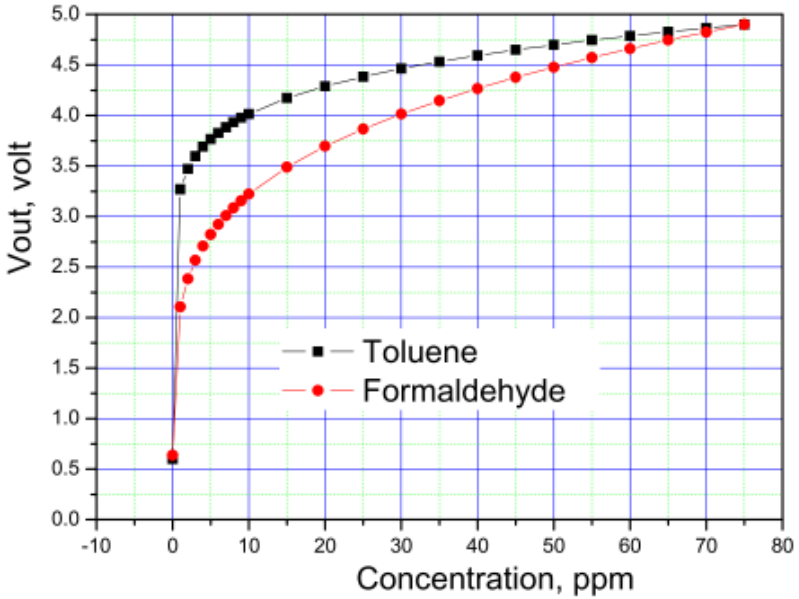
Low-cost VOC senzori



d. **Characteristics (Module)**

- Error : ±7%
- No compensation of Humidity & temperature

MS1100-P111



Formaldehyde 100322				Toluene 100322			
Con. (ppm)	output (Volt)	Con. (ppm)	Output (Volt)	Con. (ppm)	Output (Volt)	Con. (ppm)	Output (Volt)
0	0.64	20	3.69	0	0.60	20	4.29
1	2.10	25	3.87	1	3.27	25	4.38
2	2.38	30	4.02	2	3.47	30	4.46
3	2.57	35	4.15	3	3.60	35	4.53
4	2.71	40	4.27	4	3.69	40	4.59
5	2.82	45	4.38	5	3.77	45	4.65
6	2.92	50	4.48	6	3.83	50	4.70
7	3.01	55	4.57	7	3.88	55	4.75
8	3.09	60	4.66	8	3.93	60	4.79
9	3.16	65	4.74	9	3.98	65	4.83
10	3.22	70	4.82	10	4.01	70	4.86
15	3.49	75	4.90	15	4.17	75	4.90

** Formulation of Formaldehyde

$\text{Log(ppm)} = (-1.095) + 0.627 * (\text{Vout})$

$\text{Log(ppm)} = (-2.631) + 1.528 * (\text{Vout}) + (-0.125) * (\text{Vout})^2$

Co-funded by the European Union

Potreban nam je dodatni hardver i softver da bismo mogli da koristimo (povezujemo) jeftine senzore. Potrebna nam je senzorska platforma (senzorski čvor) ili personalni monitor.



Co-funded by the European Union

Personalni monitori kvaliteta vazduha na bazi jeftinih senzora - prednosti i mane

Prednosti :

Niska cena monitora
Jednostavni za upotrebu
Malih dimenzija, mala potrošnja energije

Mane :

Niska tačnost i preciznost rezultata merenja u odnosu na referentne merne instrumente
Nestandardni načini kalibracije
Nepotpune tehničke specifikacije
Kratak rok trajanja senzora

Low-cost senzorske platforme - personalni monitori

Co-funded by the European Union





Low-cost senzorske platforme - personalni monitori

Co-funded by the European Union





Low-cost senzorske platforme - personalni monitori

Co-funded by the European Union







Co-funded by the European Union

Testiranje karakteristika (Kalibracija) low-cost senzora i senzorskih platformi

Problemi :

Nedostatak standarda za evaluaciju i validaciju jeftinih senzora
Nedostatak informacija o karakteristikama jeftinih senzora(tačnost, stabilnost)
Nedostatak informacija o promenama karakteristika usled promena meteoroloških parametara (zavisnost rezultata merenja od temperature, rel. vlažnosti, pritska vazduha, osvetljenosti, ...)
Unakrsna osetljivost (chemical interference, uticaj drugih supstanci na rezultate merenja).

Co-funded by the European Union

Kalibracija jeftinih senzora za merenje koncentracija PM čestica u laboratoriji (kontrolisani uslovi)

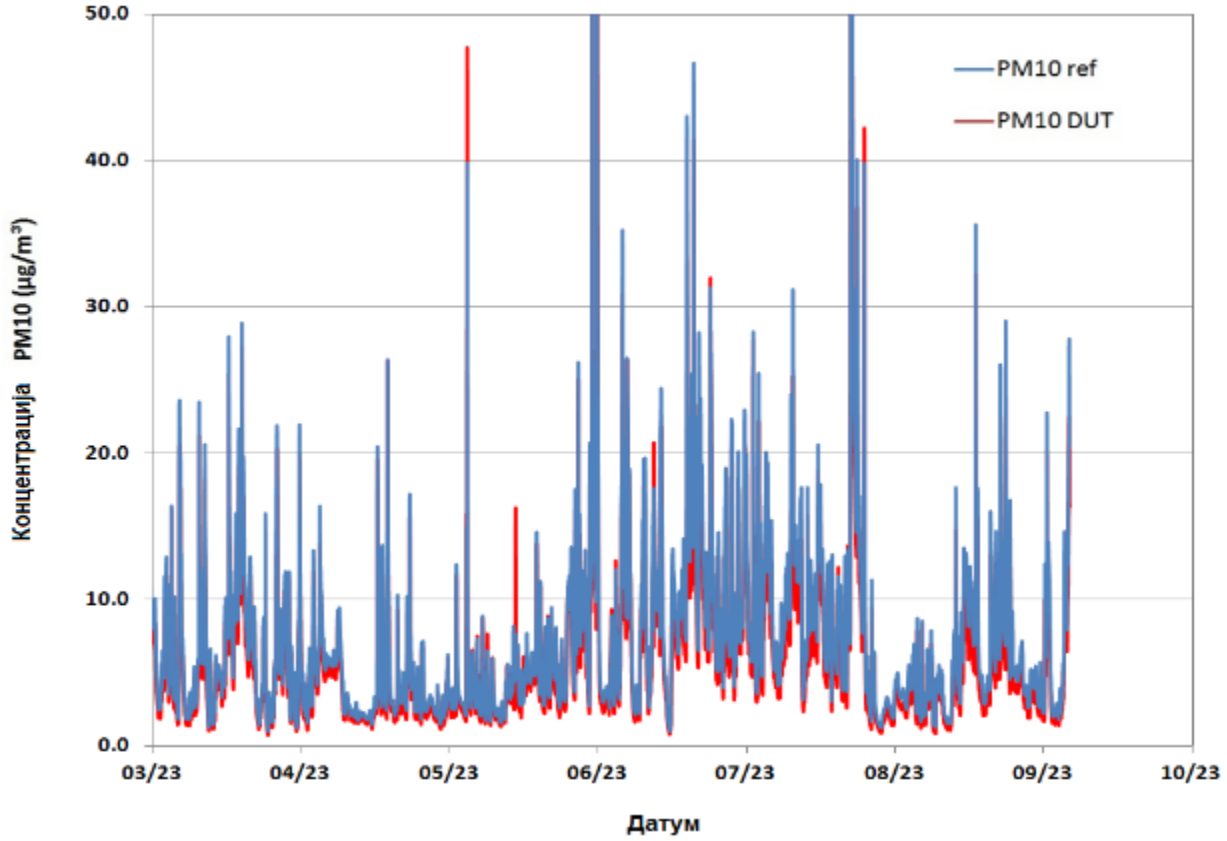
Poređenje rezultata merenja suspendovanih čestica kolokacijom sa referentnim semplerima (kolokacija – uporedna merenja), gravimetrijska metoda, laboratorija



Co-funded by the European Union

Kalibracija jeftinih senzora za merenje koncentracija PM čestica u laboratoriji (kontrolisani uslovi)

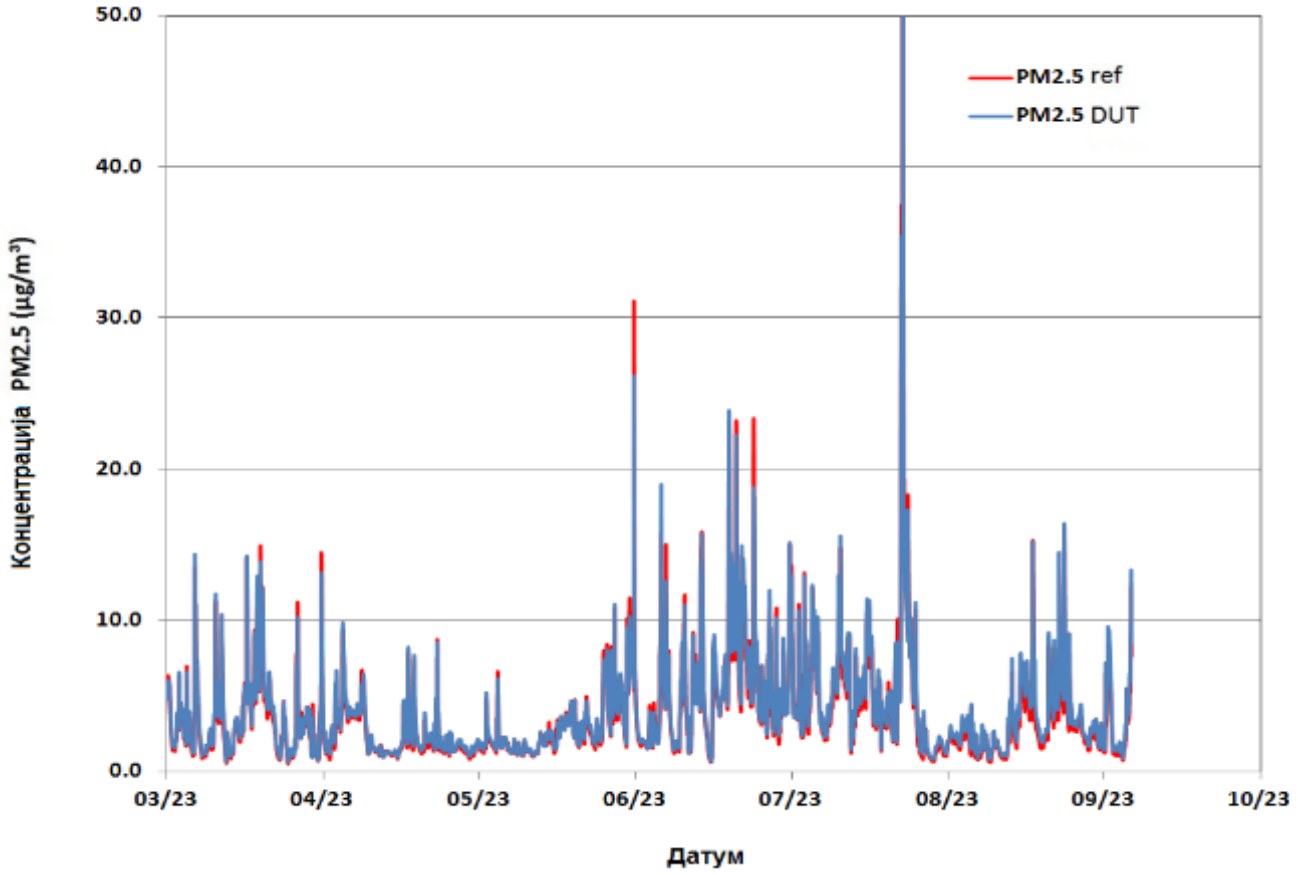
Poređenje rezultata merenja suspendovanih čestica kolokacijom sa PM analizatorima koji koriste metod merenja ekvivalentan referentnom, laboratorija



Co-funded by the European Union

Kalibracija jeftinih senzora za merenje koncentracija PM čestica u laboratoriji (kontrolisani uslovi)

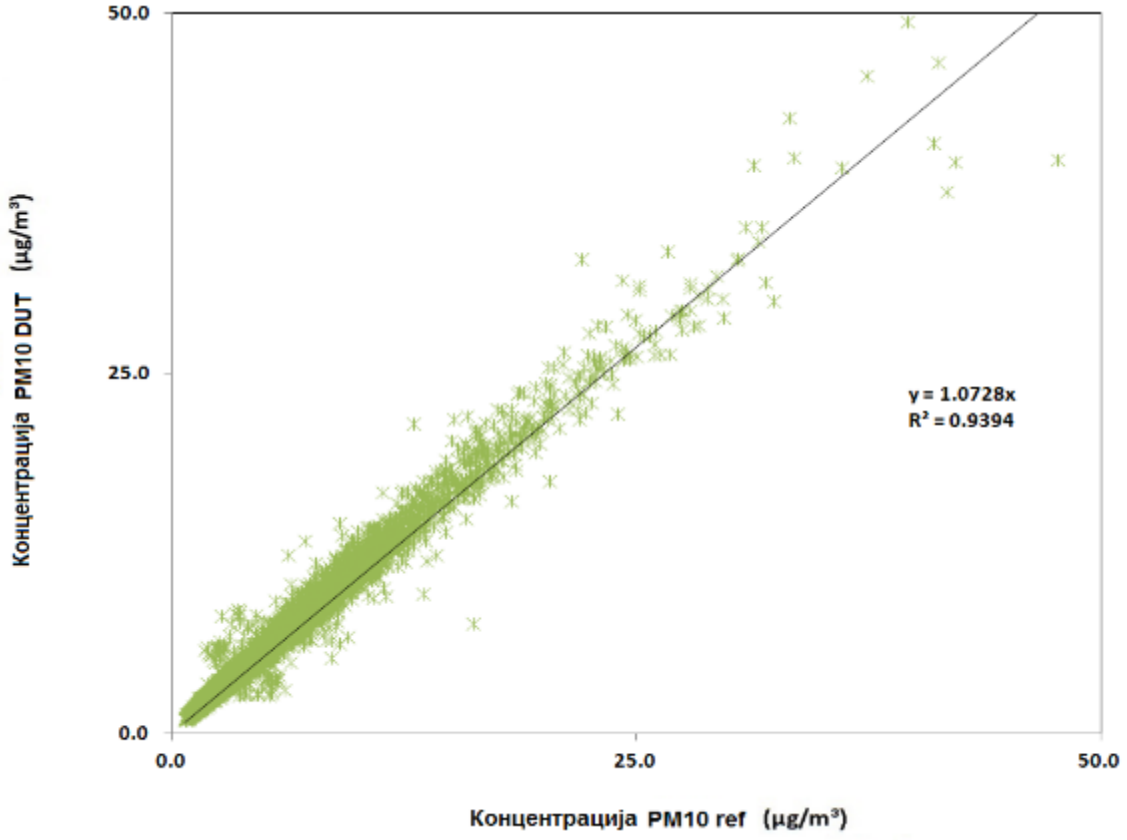
Poređenje rezultata merenja suspendovanih čestica kolokacijom sa referentnim semplerima, gravimetrijska metoda, laboratorija



Co-funded by the European Union

Kalibracija jeftinih senzora za merenje koncentracija PM čestica u laboratoriji (kontrolisani uslovi)

Poređenje rezultata merenja suspendovanih čestica kolokacijom sa PM analizatorima koji koriste metod merenja ekvivalentan referentnom, laboratorija



Co-funded by the European Union

Kalibracija jeftinih senzora za merenje koncentracija PM čestica na terenu (realni uslovi)

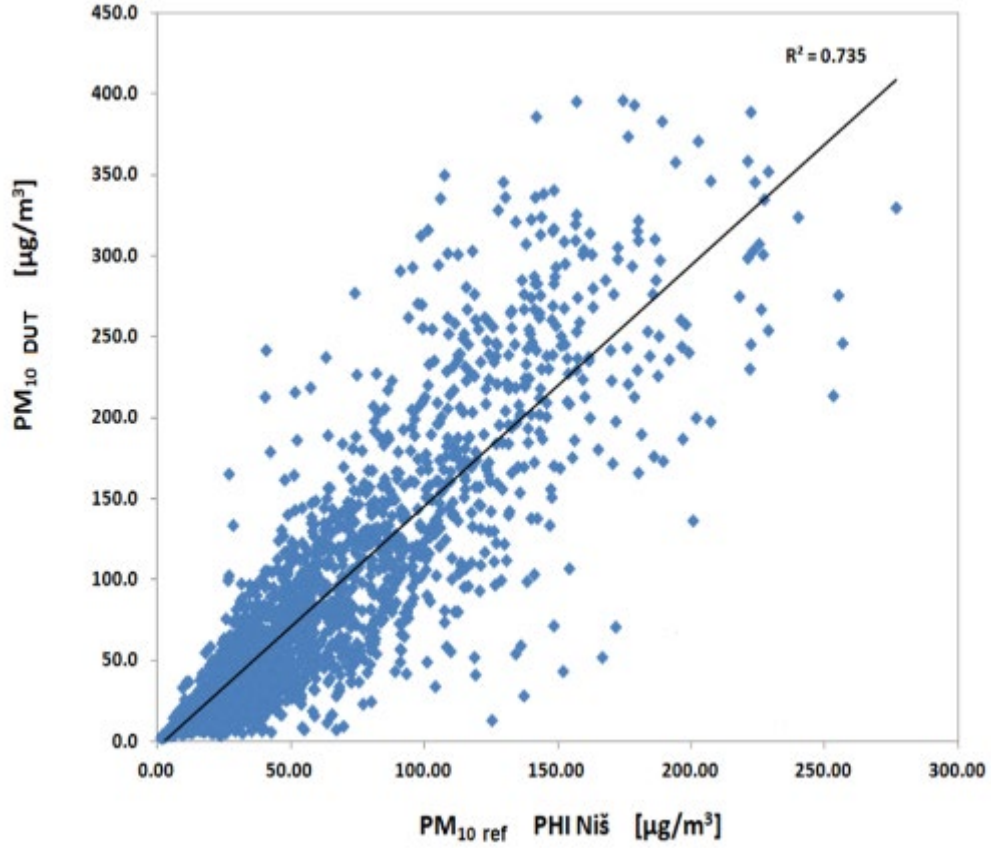
Poređenje rezultata merenja suspendovanih čestica kolokacijom sa referentnim i ekvivalentnim referentnim uređajima sa gravimetrijskom metodom, terenski uslovi



Co-funded by the European Union

Kalibracija jeftinih senzora za merenje koncentracija PM čestica na terenu (realni uslovi)

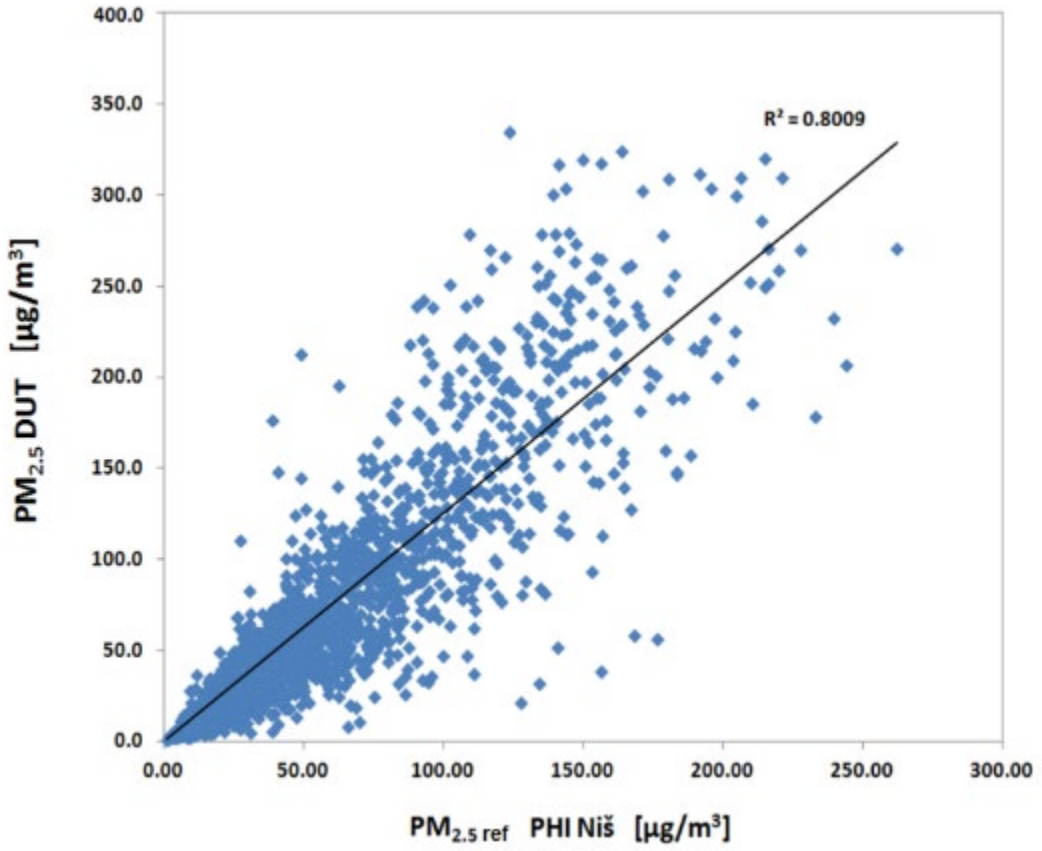
Poređenje rezultata merenja suspendovanih čestica kolokacijom sa referentnim i ekvivalentnim referentnim uređajima sa gravimetrijskom metodom, terenski uslovi



Co-funded by the European Union

Kalibracija jeftinih senzora za merenje koncentracija PM čestica na terenu (realni uslovi)

Poređenje rezultata merenja suspendovanih čestica kolokacijom sa referentnim i ekvivalentnim referentnim uređajima sa gravimetrijskom metodom, terenski uslovi



Co-funded by the European Union

Kalibracija low-cost senzora na terenu (realni uslovi)





Co-funded by the European Union

Zašto je neophodno istovremeno meriti koncentracije PM čestica i ambijentalnom vazduhu (outdoor) i u radnoj sredini (indoor)

Danas se posebna pažnja poklanja kvalitetu vazduha u zatvorenom prostoru jer ljudi provode više od 85% svog vremena u mikrookruženju u zatvorenom prostoru. Nivoi suspendovanih čestica u zatvorenom prostoru mogu se pripisati unutrašnjim i spoljašnjim izvorima.

Izvori u zatvorenom prostoru uključuju stvaranje čestica (vezano za procese sagorevanja, upotrebu proizvoda u spreju i drugih predmeta za domaćinstvo) i resuspendovanje čestica tokom intenzivnog kretanja i aktivnosti.

Co-funded by the European Union

Zašto je neophodno istovremeno meriti koncentracije PM čestica i ambijentalnom vazduhu (outdoor) i u radnoj sredini (indoor)

Osim različitih izvora u zatvorenom prostoru, čestice spoljašnjeg porekla takođe značajno doprinose nivoima koncentracije u zatvorenom prostoru.

Smernice SZO za kvalitet vazduha u zatvorenom prostoru usvojile su iste vrednosti PM koncentracija za unutrašnje okruženje kao i za ambijentalni vazduh.

Co-funded by the European Union

Zaključci

Za merenje koncentracija kancerogena u radnoj sredini, kao što su, na primer, **suspendovane čestice PM10 i PM2.5 i formaldehid**, mogu se korisititi jeftini senzori ugrađeni u prenosne monitore (personalni monitori).

Rezultati merenja koncentracija navedenih kancerogena u radnoj sredini mogu biti dostupni u realnom vremenu, na Internetu, primenom novih komunikacionih tehnologija i implementacije bežičnih senzorskih mreža.

Co-funded by the European Union

Zaključci

Personalni monitori zagađujućih materija na bazi jeftinih senzora moraju da zadovolje odgovarajuće uslove u pogledu obezbeđenja i kontrole kvaliteta, kako u laboratorijskim uslovima, tako i na terenu.

To znači da je ovakve uređaje potrebno kalibrisati, tj. uporediti njihove rezultate merenja sa rezultatima merenja referentnih instrumenata, kako bi se utvrdila njihova tačnost, preciznost i pouzdanost.

Co-funded by the European Union

Sadržaj prezentacije:

1. Koncept Internet stvari (IoT)
2. Do oblaka i nazad (Cloud computing)
3. Oblak ili ne? Prednosti i mane korišćenja oblaka za skladištenje podataka i prikaz rezultata.
4. Primena IoT koncepta za merenje koncentracija zagađujućih materija u radnoj sredini u realnom vremenu
5. Hardverske platforme za primenu IoT koncepta (NodeMCU, Arduino, Raspberry Pi)
6. Zaključci

Co-funded by the European Union

Internet stvari (IoT)



Co-funded by the European Union

Koncept Internet stvari (IoT)

- Internet stvari podrazumeva da se uređajima, pa čak i živim bićima (biljkama, životinjama, ljudima) dodeljuju identifikacioni brojevi i mogućnost da potpuno samostalno komuniciraju i razmenjuju podatke preko interneta.
- Jedan od najčešćih primera korišćenja IoT jesu senzori kojima se vrše merenja kvalitet vazduha u nekoj fabričkoj hali, na farmi, ili u nekom delu grada, a zatim se rezultati tih merenja šalju donosiocima odluka.

Co-funded by the European Union

Koncept Internet stvari (IoT)

Zamisao koja stoji iza interneta stvari jeste da se neki poslovi urade automatski umesto nas, tj. da IoT obezbedi gotove podatke na osnovu kojih ćemo da donesemo neku odluku. Na taj način štedi se vreme potrebno za obavljanje jednostavnih, svakodnevnih poslova.

Na primer, zamislite da živite u pametnoj kući, i da svakog trenutka (preko pametnog telefona) imate uvid u to kolika je temperatura, da li su ugašena sva svetla, da li je uključen alarm, i tako dalje. Kako umreženi uređaji budu postajali pametniji, moći će da detektuju kada ste blizu kuće, i da, u zavisnosti od toga kako ste ih programirali, zagreju kuću, uključe bojler, i tome slično.

Co-funded by the European Union

Cloud computing – Internet i oblaci

Najjednostavnije rečeno, oblakom se nazivaju različite vrste servisa koji se nalaze na Internetu, a na koje se korisnik priključuje da bi pristupio web aplikacijama i obavio zadatke. Ove zadatke bi inače isto tako korisnik mogao obaviti i na aplikacijama koje su instalirane na njegov kućni računar.

Kada želimo da proverimo poštu koristimo Gmail, kada želimo da se zabavimo koristimo Facebook, kada zelimo da odgledamo neki video i slušamo muziku koristimo Youtube … Sve nabrojane web aplikacije i servisi su raznovrsne i drugačije, ali jedna stvar ih povezuje, to je oblak.

Co-funded by the European Union

Cloud computing – Internet i oblaci

Zašto baš ime „oblak“? Naziv je nastao kao metafora za nešto što se dešava na Internetu – negde u oblaku, to može biti neka usluga u vidu softvera ili hardvera čija fizička lokacija nije poznata, broj servera koji se koriste za tu uslugu nije poznat, njihova infrastruktura takođe nije poznata.

Jedina briga korisnika oblaka je da mora biti povezan na Internet i da mora imati web browser na svom računaru da bi mogao da koristi oblak.

Kako se Internet razvija, cloud computing dobija sve više resursa koje zamenjuju kućni računar i omogućavaju svakom korisniku da svojim podacima, aplikacijama i servisima pristupa preko Interneta

Co-funded by the European Union

Cloud computing – Internet i oblaci

Cloud Computing omogućava povećanje kapaciteta i sposobnosti korisnika ili organizacije, bez investiranja u harvder, edukaciju ili licenciranje novog softvera.

Najveća prednost je što hiljade korisnika mogu da pristupe jednoj aplikaciji preko Internet pretraživača i to preko višeserverske arhitekture.

U praktičnom radu, to izgleda kao da je svakom od tih korisnika, ta konkretna web aplikacija instalirana na kućnom računaru.

Co-funded by the European Union

Cloud computing – Internet i oblaci

Šta se to nalazi u oblaku?

1. Serveri koji omogućavaju izvršavanje aplikacija
2. Memorijski prostor za skladištenje podataka i rezervne kopije istih (backup)
3. Sistemi za zaštitu podataka, kontrolu, održavanje…
4. Interfejs prema korisnicima/klijentima

Co-funded by the European Union

Prednosti i mane korišćenja oblaka za skladištenje podataka i prikaz rezultata

Prednosti

Kad koriste računarstvo u oblaku, preduzeća ne moraju da imaju vlastite licence za softver, nema potrebe za stalnom nadogradnjom hardvera, oblak smanjuje troškove održavanja IT opreme, i potrošnju energije. Podaci, koji se čuvaju na oblaku, dostupni su bilo kada i bilo gde.

Co-funded by the European Union

Prednosti i mane korišćenja oblaka za skladištenje podataka i prikaz rezultata

Nedostaci

Zbog činjenice da su naši podaci čuvaju na serverima davaoca usluge računarstva u oblaku, neke od poverljivih informacija nije poželjno čuvati u oblaku.

Računarstvo u oblaku zahteva stabilnu internet konekciju.

Drugim riječima, bez interneta korisnik ne može pristupiti oblaku. Računarstvo u oblaku dobro je rješenje za mala preduzeća koja koriste male količine resursa.

Međutim, kako preduzeće raste, rastu i njegove IT potrebe, što može dovesti do naglog rasta troškova usluga oblaka. Zbog toga troškove računarstva u oblaku nije lako predvideti unapred.

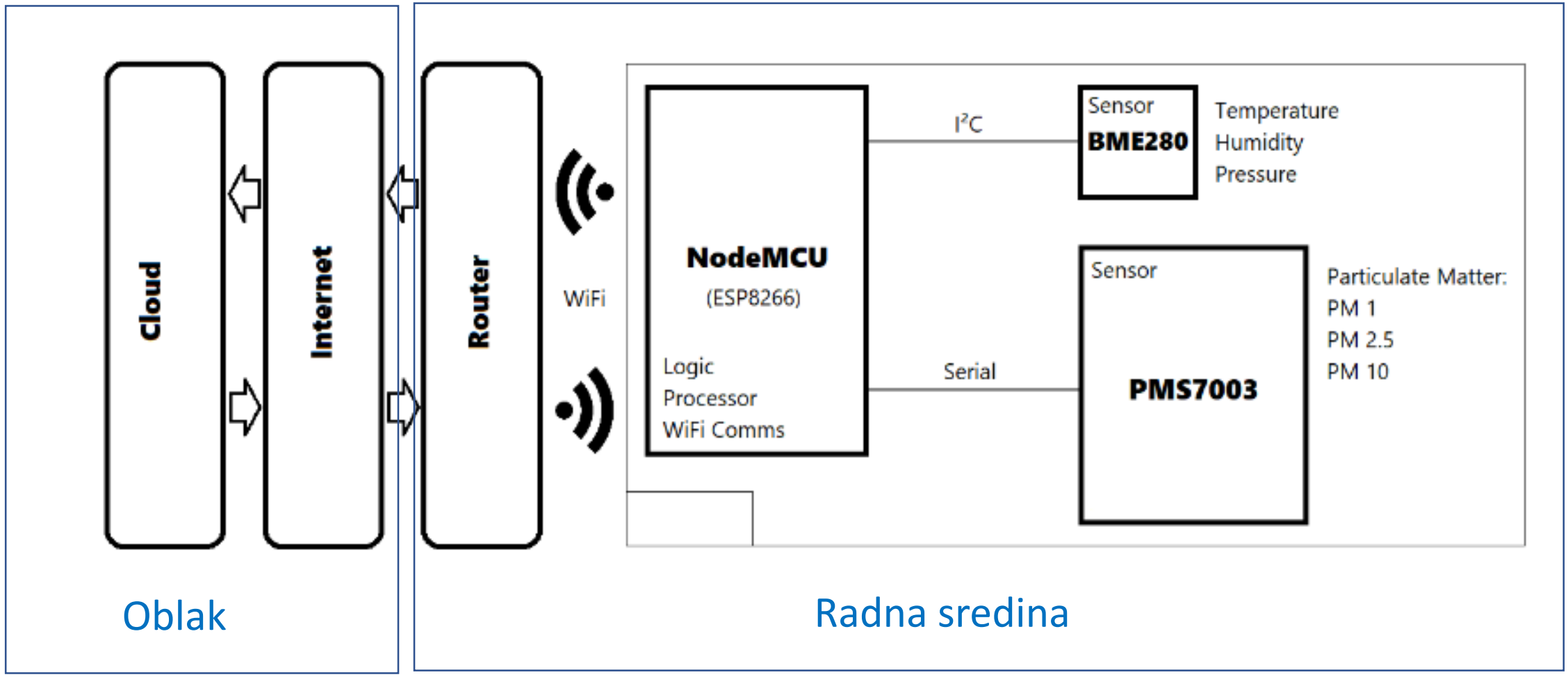
Internet stvari (IoT)

Primena IoT koncepta za merenje koncentracija zagađujućih materija u radnoj sredini u realnom vremenu



Co-funded by the European Union

Primena IoT koncepta za merenje koncentracija zagađujućih materija u radnoj sredini u realnom vremenu

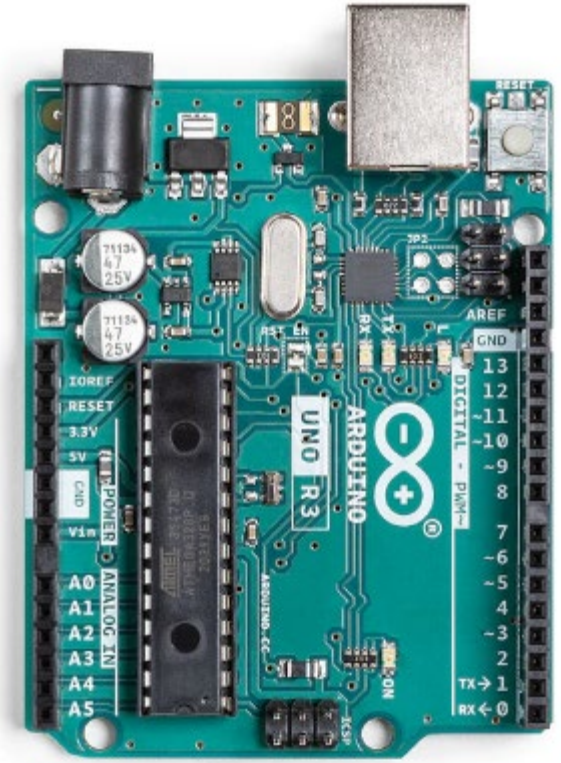


Co-funded by the European Union

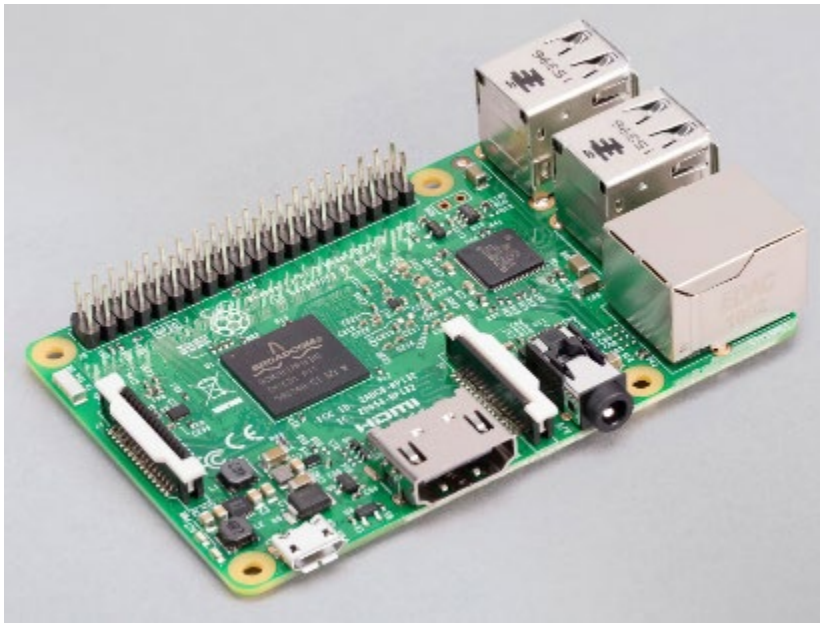
Hardverske platforme za primenu IoT koncepta (NodeMCU, Arduino, Raspberry Pi)



NodeMCU



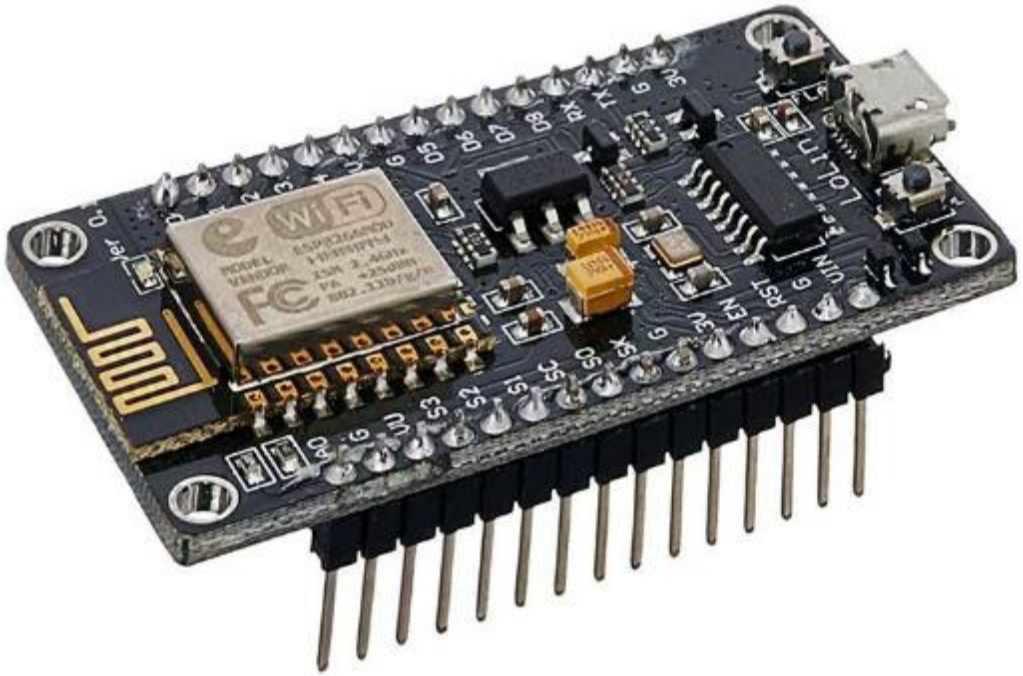
Arduino



Raspberry Pi

Co-funded by the European Union

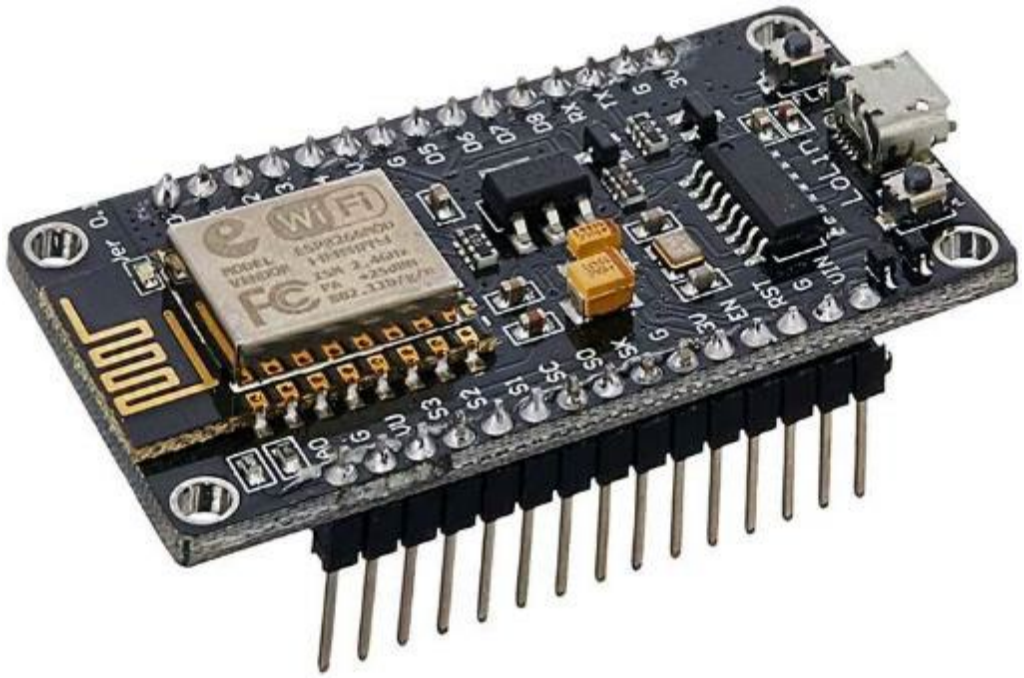
NodeMCU ESP8266

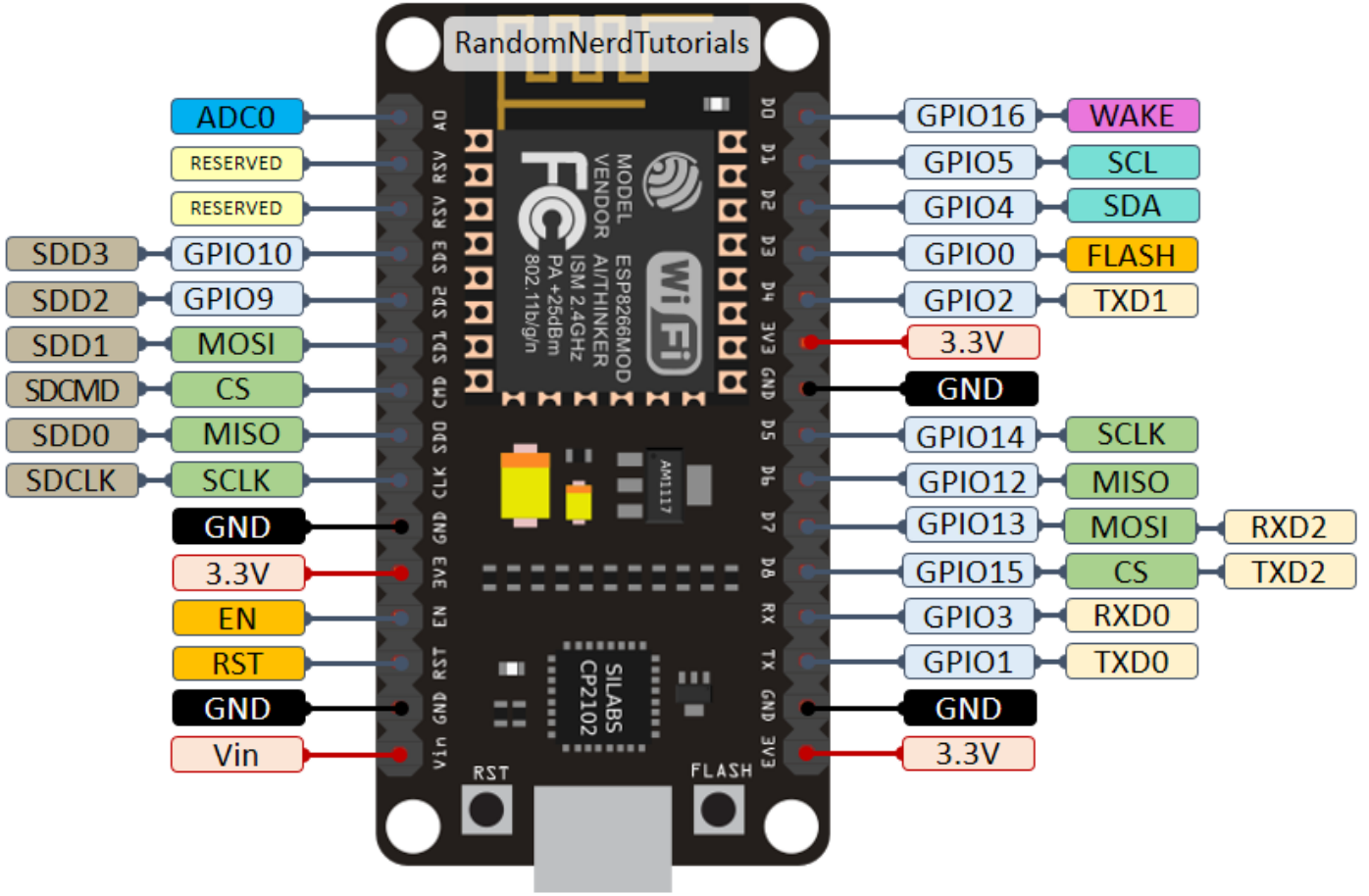


	Official NodeMCU
Microcontroller	ESP-8266 32-bit
NodeMCU Model	Amica
NodeMCU Size	49mm x 26mm
Carrier Board Size	n/a
Pin Spacing	0.9" (22.86mm)
Clock Speed	80 MHz
USB to Serial	CP2102
USB Connector	Micro USB
Operating Voltage	3.3V
Input Voltage	4.5V-10V
Flash Memory/SRAM	4 MB / 64 KB
Digital I/O Pins	11
Analog In Pins	1
ADC Range	0-3.3V
UART/SPI/I2C	01/01/01
WiFi Built-In	802.11 b/g/n
Temperature Range	-40C - 125C

Co-funded by the European Union

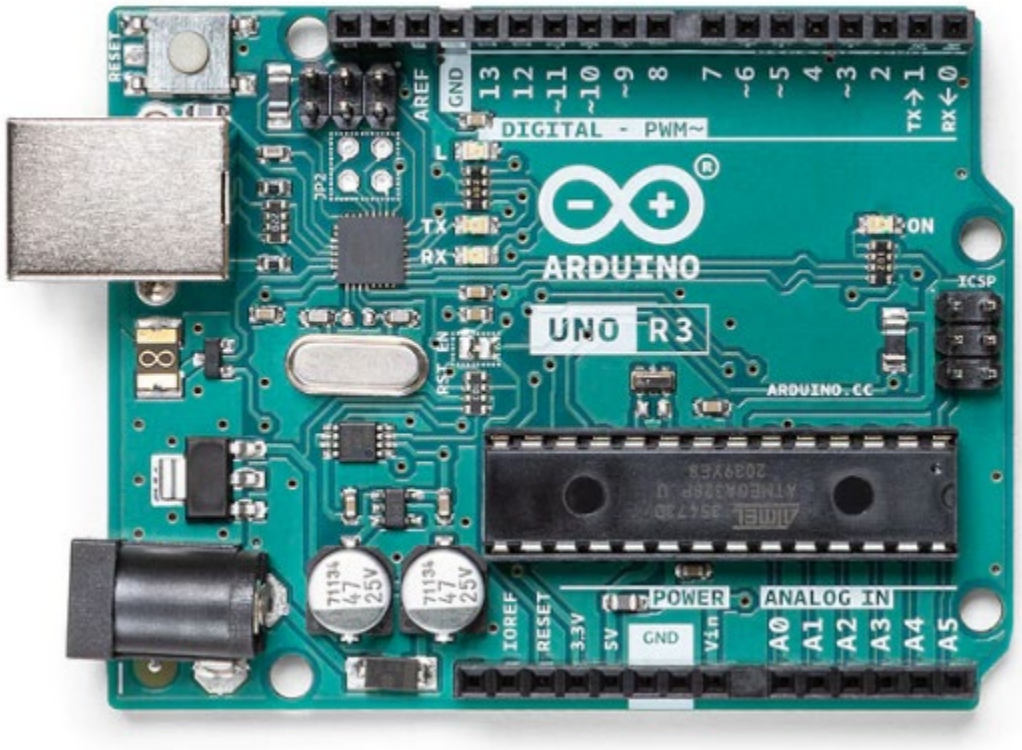
NodeMCU ESP8266





Co-funded by the European Union

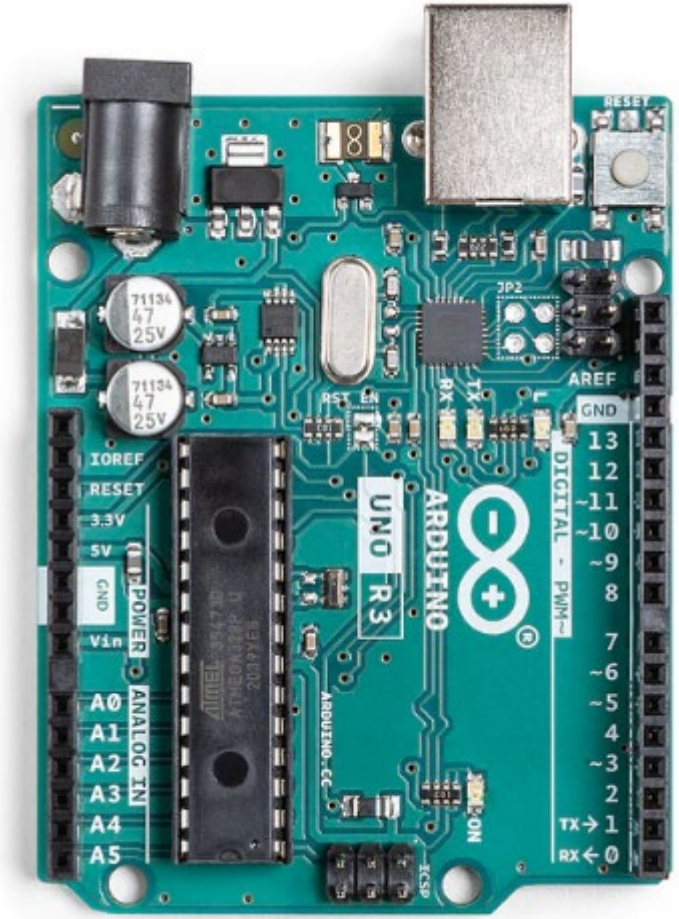
Arduino Uno

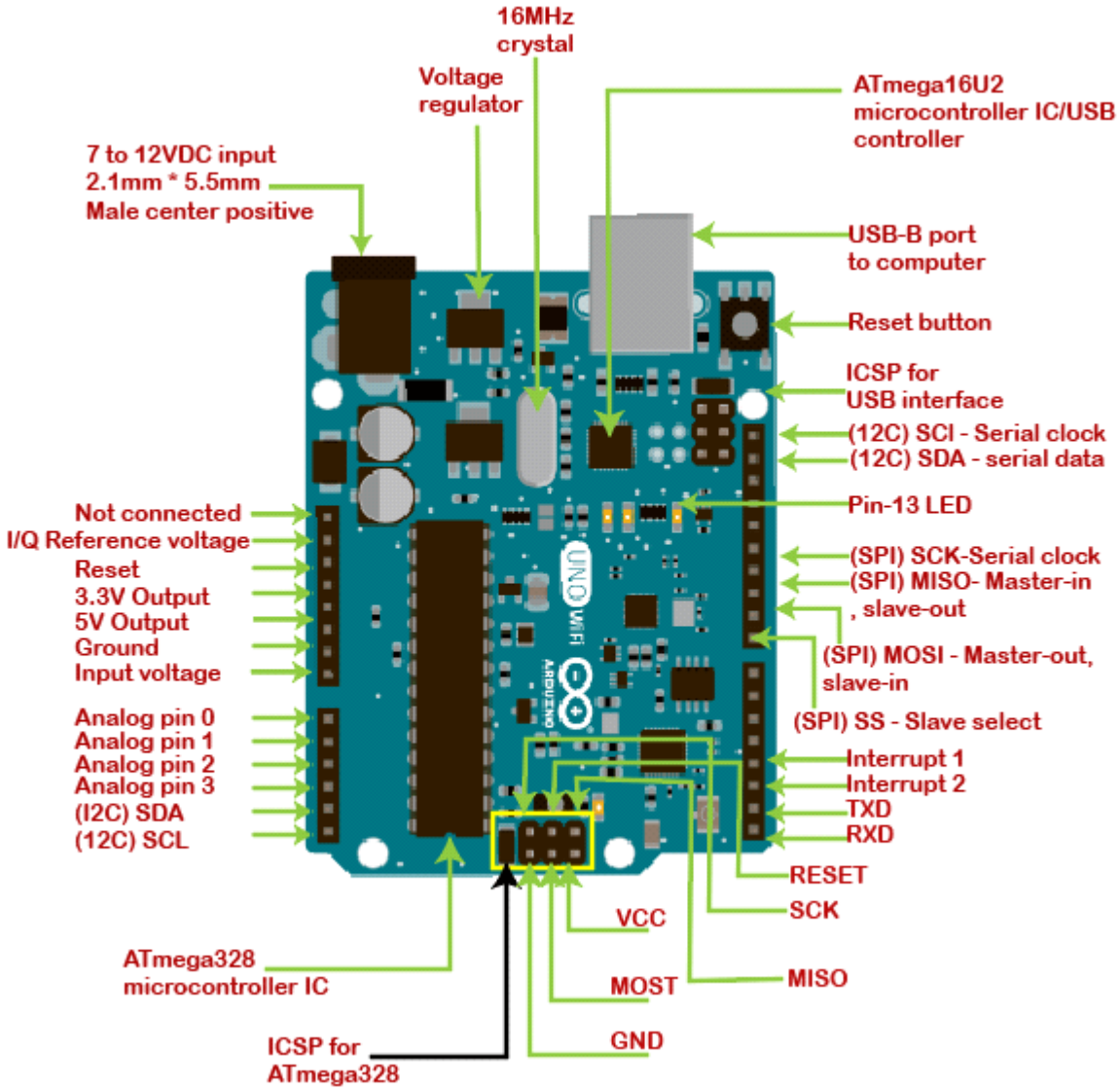


Microcontroller	ATmega328P
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limit)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
PWM Digital I/O Pins	6
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	20 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328P) of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328P)
EEPROM	1 KB (ATmega328P)
Clock Speed	16 MHz
LED_BUILTIN	13
Length	68.6 mm
Width	53.4 mm
Weight	25 g

Co-funded by the European Union

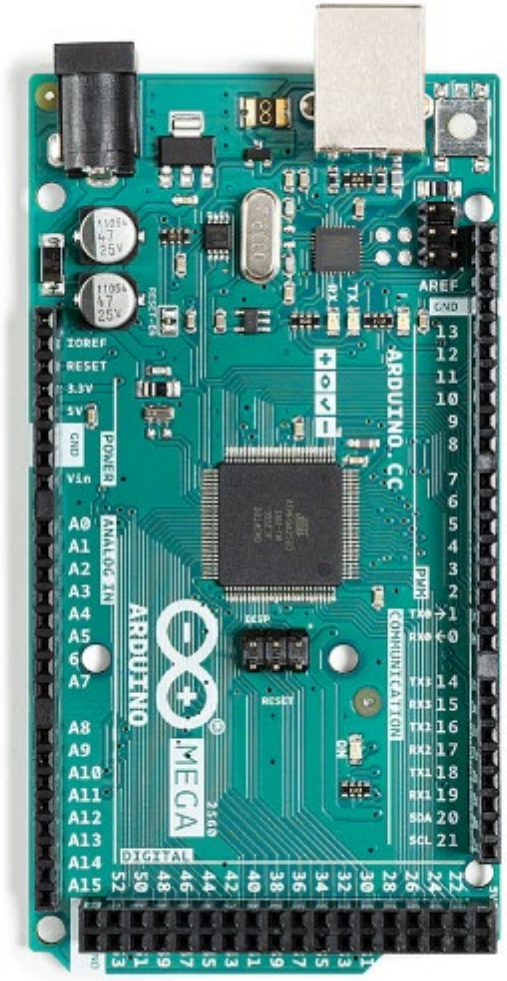
Arduino Uno





Co-funded by the European Union

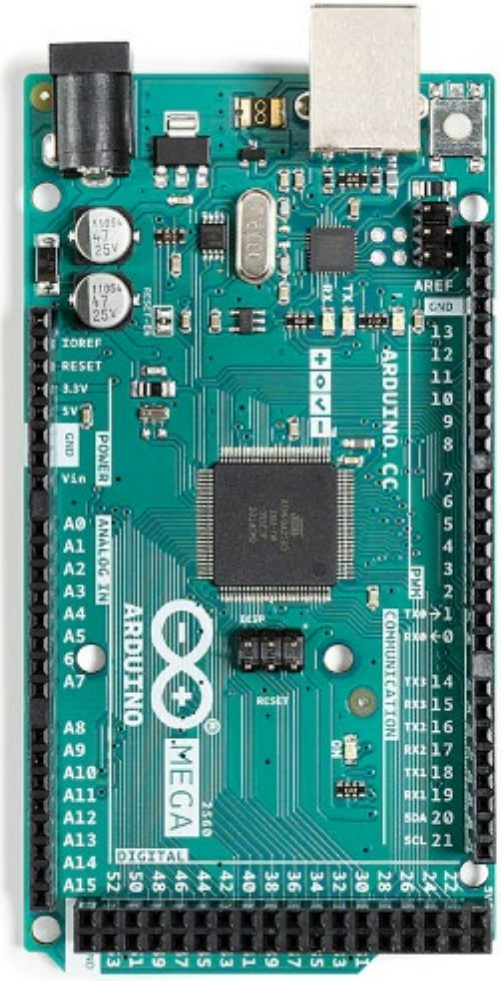
Arduino Mega

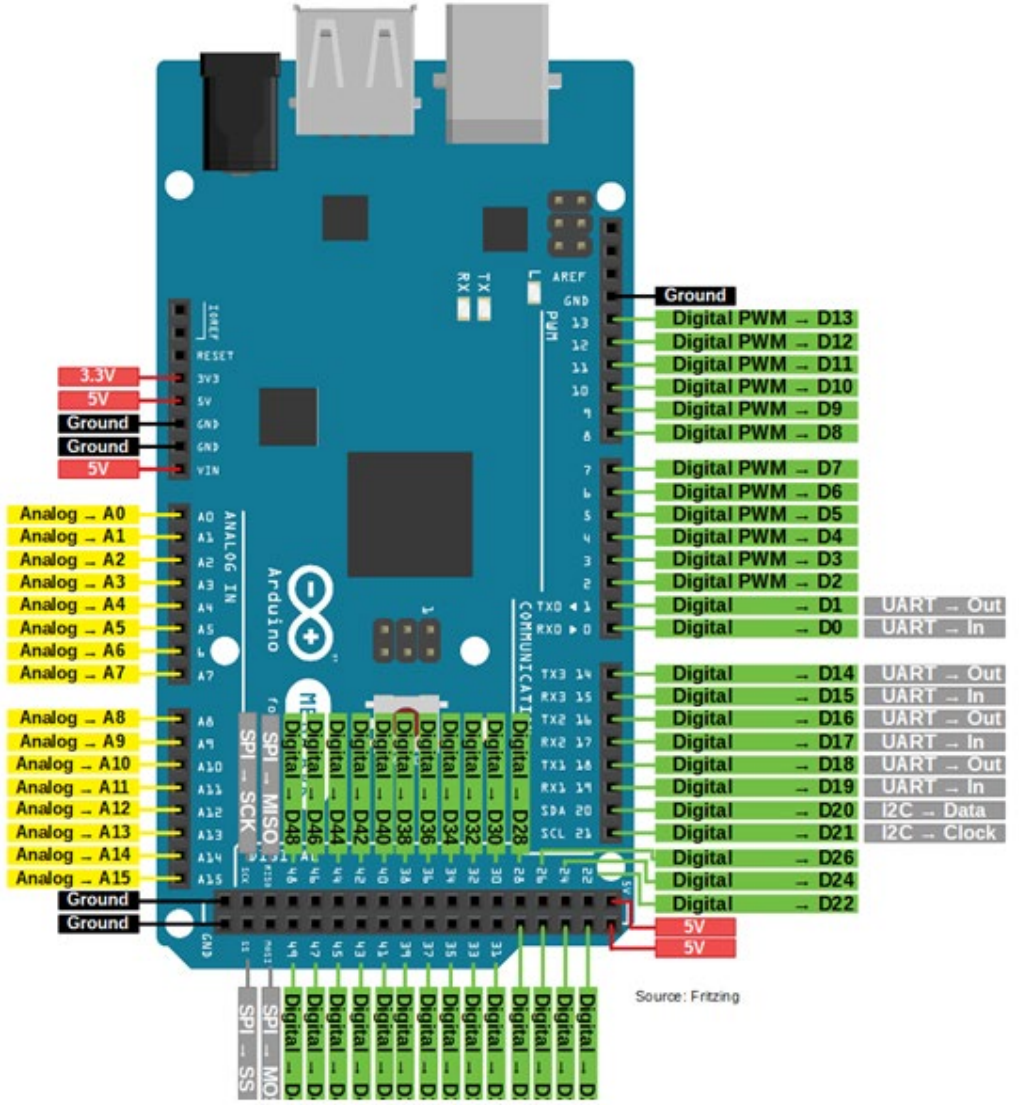


Microcontroller	**ATmega2560**
Operating Voltage	**5V**
Input Voltage (recommended)	**7-12V**
Input Voltage (limit)	**6-20V**
Digital I/O Pins	**54 (of which 15 provide PWM output)**
Analog Input Pins	**16**
DC Current per I/O Pin	**20 mA**
DC Current for 3.3V Pin	**50 mA**
Flash Memory	**256 KB of which 8 KB used by bootloader**
SRAM	**8 KB**
EEPROM	**4 KB**
Clock Speed	**16 MHz**
LED_BUILTIN	**13**
Length	**101.52 mm**
Width	**53.3 mm**
Weight	**37 g**

Co-funded by the European Union

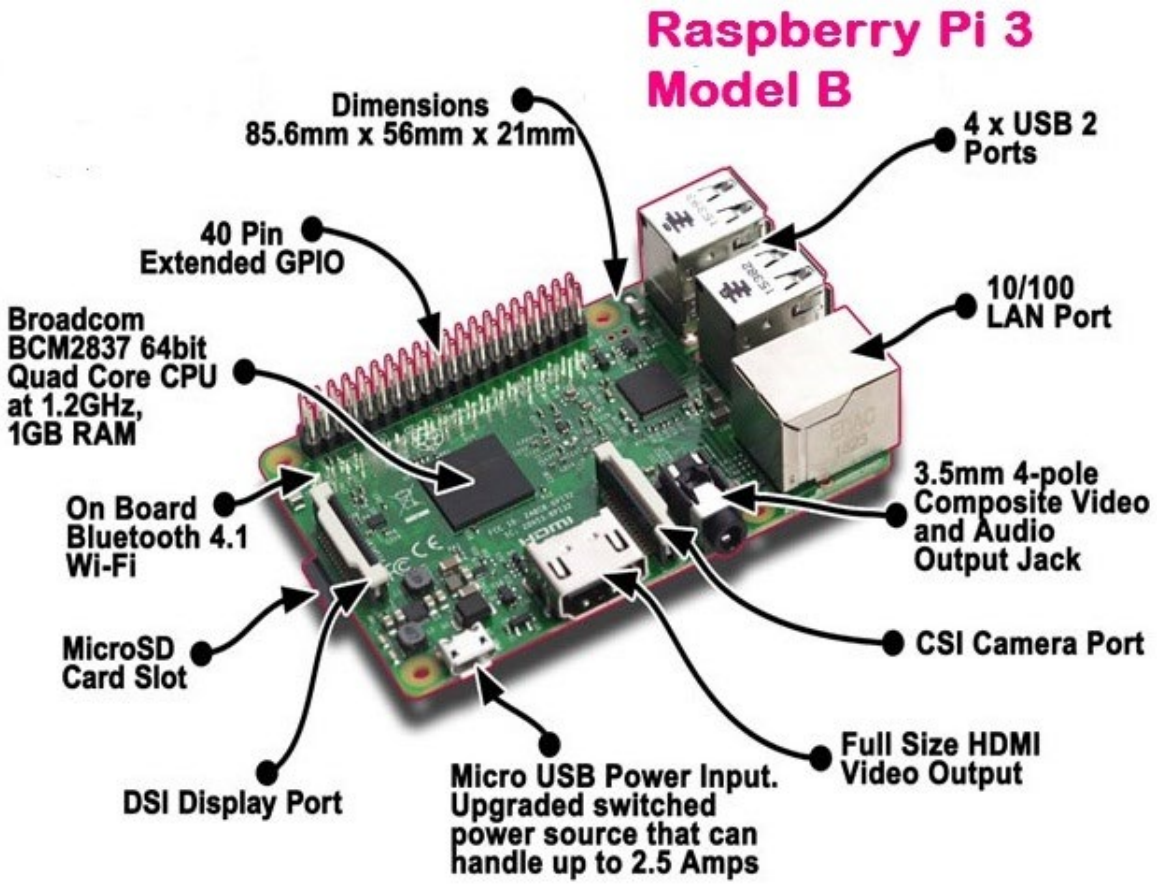
Arduino Mega





Co-funded by the European Union

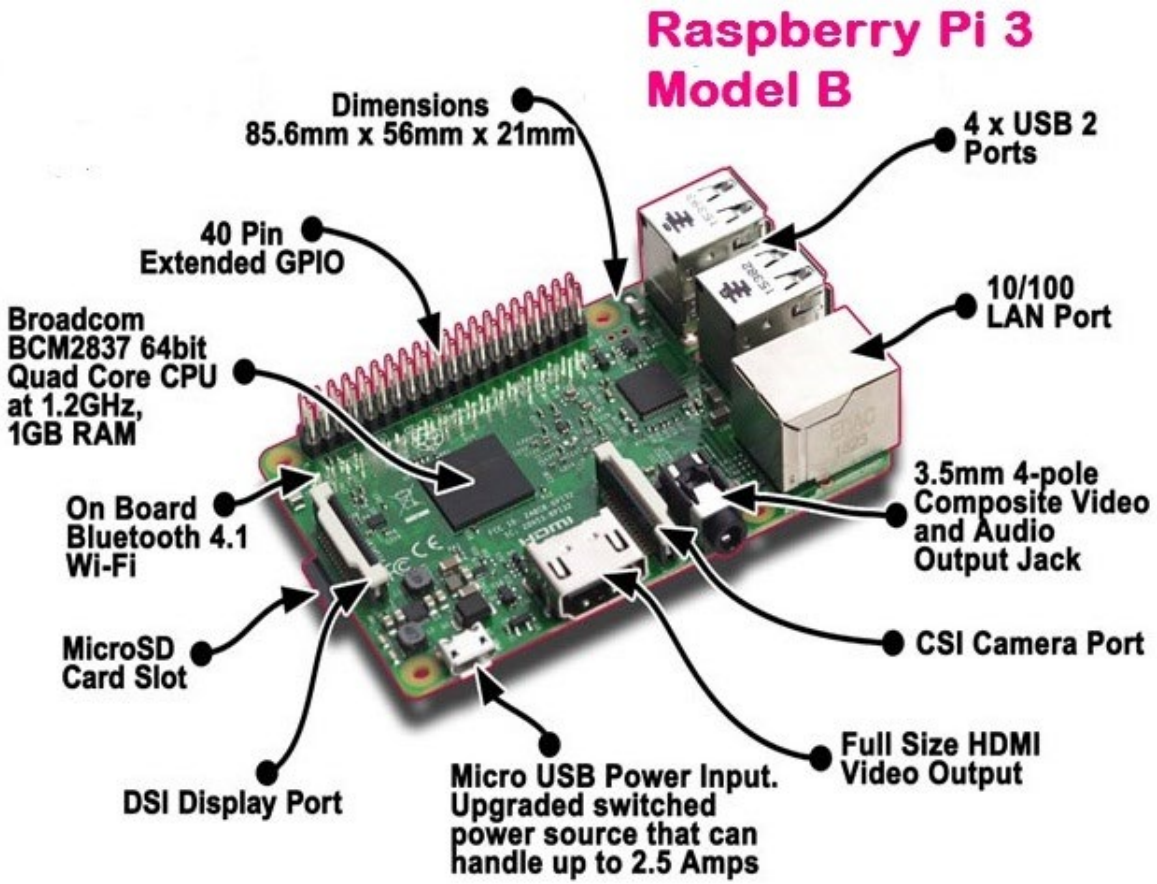
Raspberry Pi



Feature	Type
CPU	1.2 GHz 64-bit quad core ARM Cortex-A53
Memory (SDRAM)	1 GB (shared with GPU)
USB 2.0 Ports	4 (5 with the on-board 5-port USB hub)
Video input	15-pin MIPI camera interface (CSI) connector , used with the Raspberry Pi camera or Raspberry Pi NoIR camera
Video outputs	HDMI (rev 1.3), composite video (3.5 mm TRRS jack)
On-board storage	Micro SDHC slot
On-board network	10/100 Mbit/s Ethernet, 802.11n Wireless, Bluetoth 4.1
Power source	5 V with Micro USB or GPIO header
CPU	1.2 GHz 64-bit quad core ARM Cortex-A53

Co-funded by the European Union

Raspberry Pi

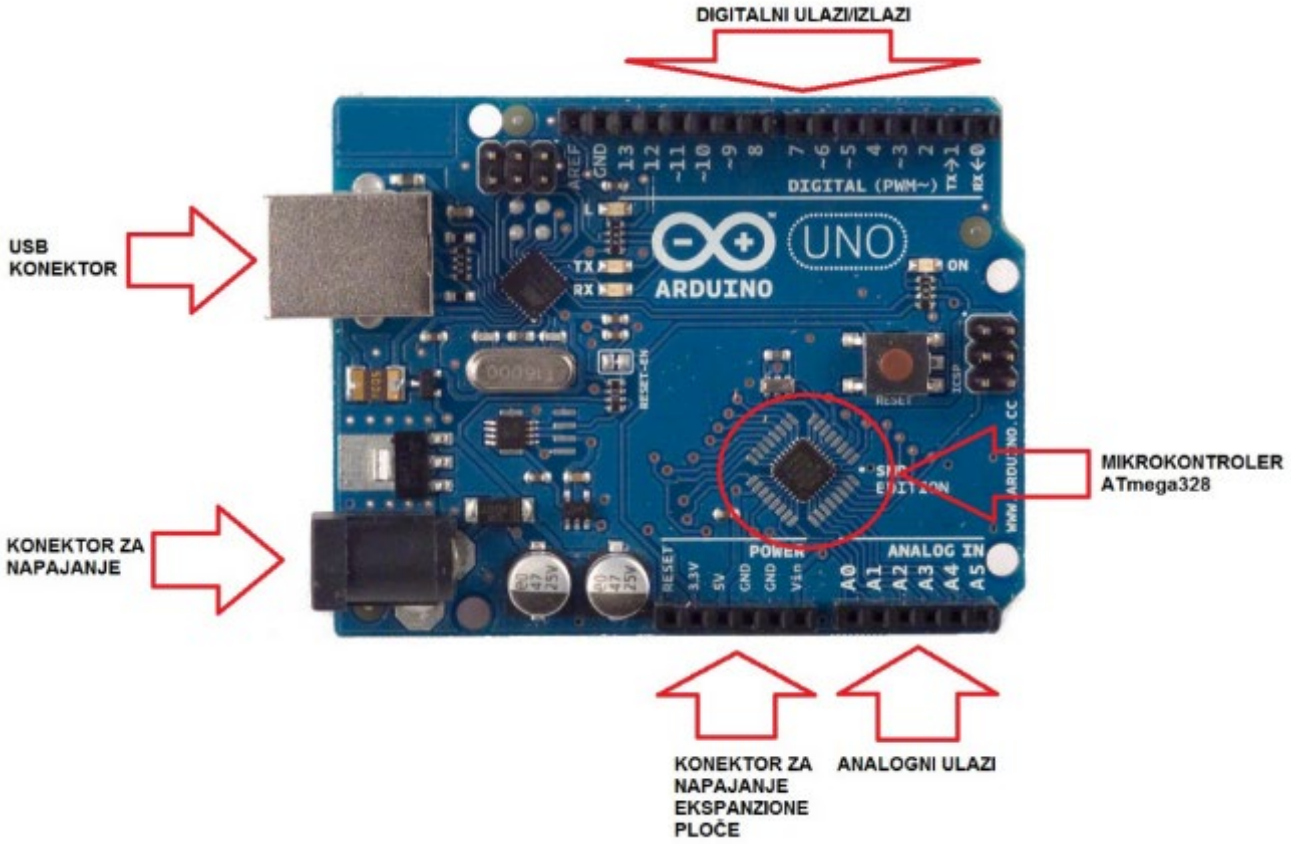


Pin#	NAME		NAME	Pin#
01	3.3v DC Power		DC Power 5v	02
03	GPIO02 (SDA1 , I2C)		DC Power 5v	04
05	GPIO03 (SCL1 , I2C)		Ground	06
07	GPIO04 (GPIO_GCLK)		(TXD0) GPIO14	08
09	Ground		(RXD0) GPIO15	10
11	GPIO17 (GPIO_GEN0)		(GPIO_GEN1) GPIO18	12
13	GPIO27 (GPIO_GEN2)		Ground	14
15	GPIO22 (GPIO_GEN3)		(GPIO_GEN4) GPIO23	16
17	3.3v DC Power		(GPIO_GEN5) GPIO24	18
19	GPIO10 (SPI_MOSI)		Ground	20
21	GPIO09 (SPI_MISO)		(GPIO_GEN6) GPIO25	22
23	GPIO11 (SPI_CLK)		(SPI_CE0_N) GPIO08	24
25	Ground		(SPI_CE1_N) GPIO07	26
27	ID_SD (I2C ID EEPROM)		(I2C ID EEPROM) ID_SC	28
29	GPIO05		Ground	30
31	GPIO06		GPIO12	32
33	GPIO13		Ground	34
35	GPIO19		GPIO16	36
37	GPIO26		GPIO20	38
39	Ground		GPIO21	40

Co-funded by the European Union

Arduino programsko okruženje

https://www.elektronika.ftn.uns.ac.rs/elektronika-e2/wp-content/uploads/sites/87/2018/03/Arduino-uputstvo.pdf



Arduino je zajednički naziv za familiju mikrokontrolerskih platformi, namenjenih razvoju aplikacija kod kojih je potrebno na jednostavan način ostvariti spregu izmedu hardverskih i softverskih komponenti. Razvoj softvera je omogućen korišćenjem Open-source integrisanog razvojnog okruženja. Veza sa hardverom ostvarena je preko serijskog USB interfejsa koji se nalazi na samoj ploči i preko kojeg se program koji je napisan i kompajliran u razvojnom okruženju prebacuje u programsku FLASH memoriju mikrokontrolera.

Co-funded by the European Union

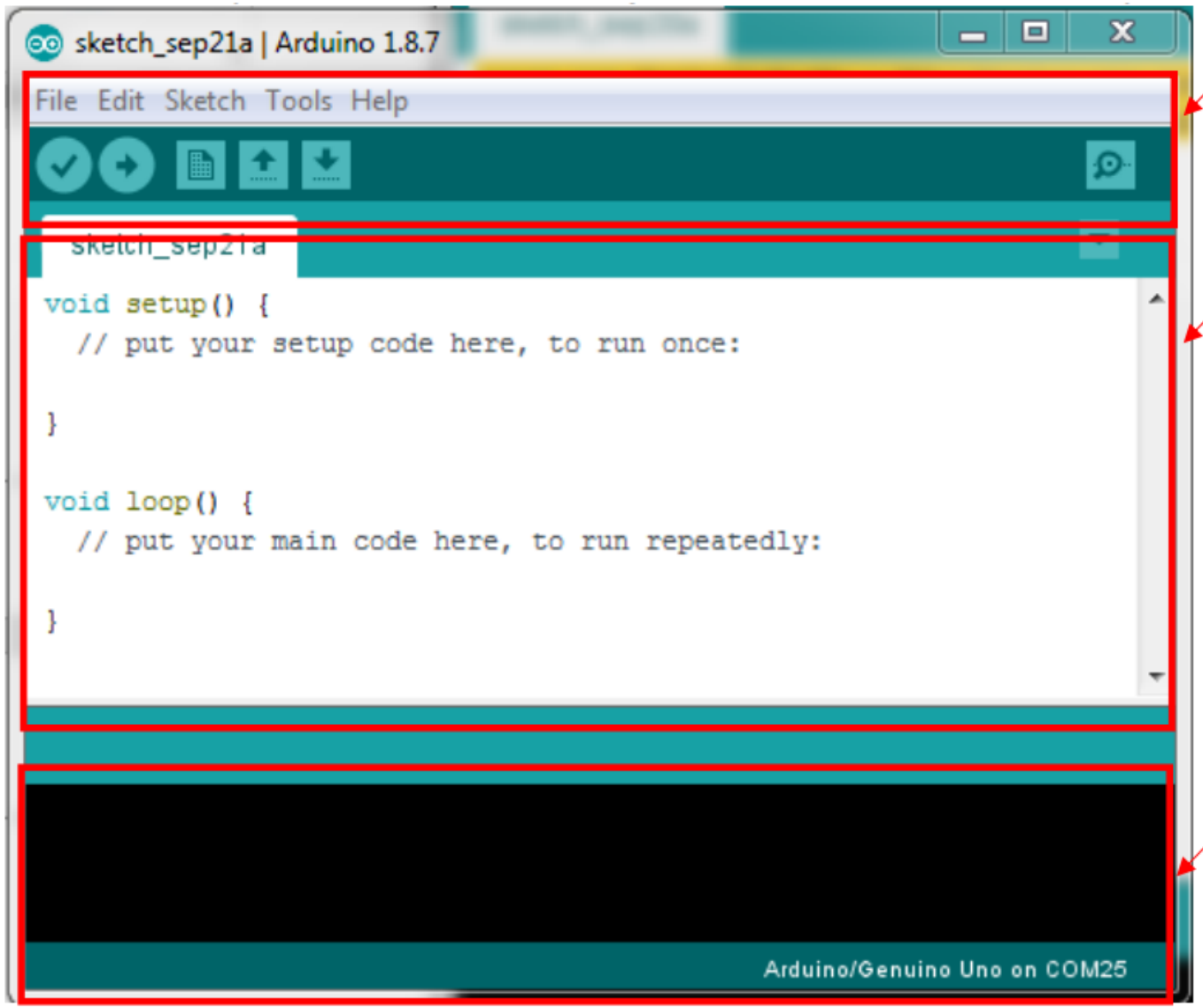
Arduino programsko okruženje

Arduino IDE (engl. Integrated Development Environment) je okruženje koje se koristi za razvoj softvera za različite tipove Arduino platformi. Pisano je u programskom jeziku Java i postoji u varijantama za operativne sisteme Windows, Linux i Mac OS X. Moguće ga je besplatno preuzeti preko web stranice http://www.arduino.cc/.

U okruženje između ostalog spadaju sledeći programski moduli:

- **Okruženje za unos teksta (editor)**, u kojem se piše izvorni kod programa
- **Prevodilac (kompajler)**, koji prevodi izvorni kod programa u izvršni mašinski kod
- **Programator**, koji se koristi za komunikaciju sa bootloaderom na ploči i služi za prebacivanje kompajliranog programa u programsku flash memoriju mikrokontrolera
- **Serijski monitor**, koji služi za komunikaciju sa Arduinom posredstvom virtuelnog USB serijskog porta, za vreme izvršavanja aplikacije

Co-funded by the European Union



Arduino programsko okruženje

Co-funded by the European Union

Arduino programsko okruženje

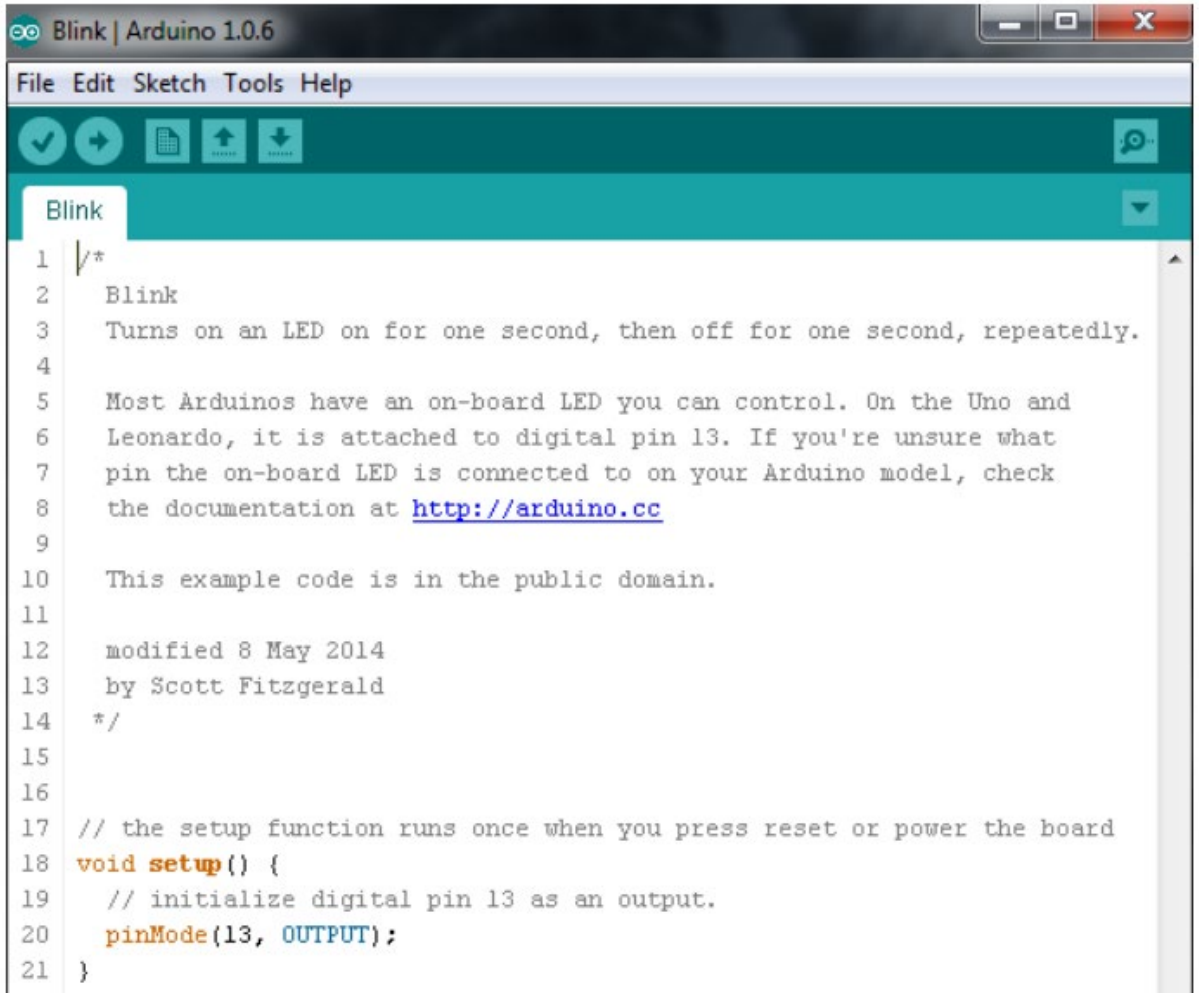
Programski jezik Arduino aplikacija koristi osnovne elemente jezika C i C++. Pisanje programa koji će se izvršavati na Arduino ploči podrazumeva da korisnik mora da definiše dve funkcije, koje sačinjavaju izvršni program. Te funkcije su:

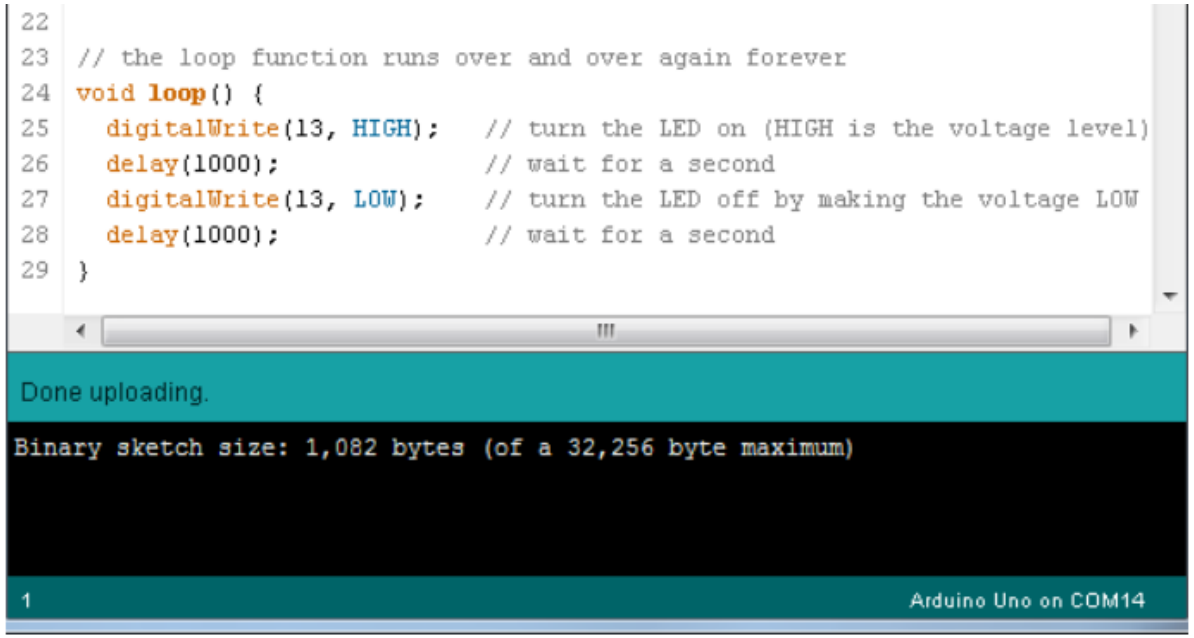
- **setup()** - funkcija koja se izvršava jednom na početku i služi za početna podešavanja (inicijalizaciju parametara)
- **loop()** - funkcija koja se nakon inicijalizacije izvršava u beskonačnoj petlji i poziva se sve dok se ne isključi napajanje osnovne ploče, ili dok ne nastupi reset, koji dovodi do ponovnog izvršenja programa iz početka

Kreatori Arduino platforme su programske aplikacije nazvali *skicama* (engl. *sketch*), a pri snimanju na disk, automatski im se dodeljuje ekstenzija .ino. Reprezentativni primeri programa, kao i najčešće korišćene biblioteke su uključeni u samo razvojno okruženje. Primere gotovih programa moguće je otvoriti korišćenjem opcije *File* → *Examples*, nakon čega se otvara meni u okviru kojeg se izabere željeni primer. Biblioteke sa gotovim funkcijama moguće je uključiti u program korišćenjem opcije *Sketch* → *Import Library*

Co-funded by the European Union

Arduino programsko okruženje



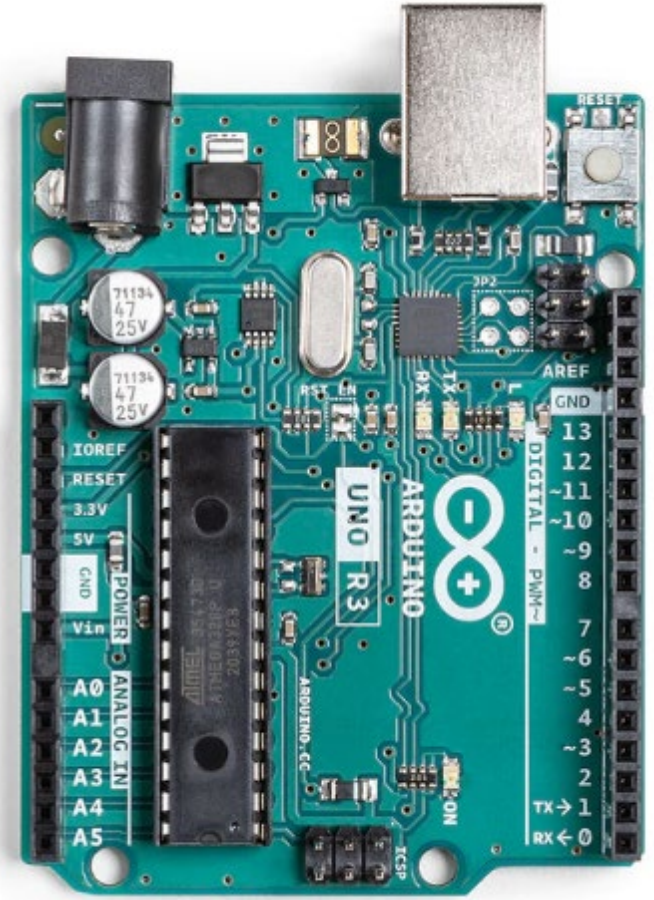


Co-funded by the European Union

Arduino programsko okruženje

```
16
17  // the setup function runs once when you press reset or power the board
18  void setup() {
19    // initialize digital pin 13 as an output.
20    pinMode(13, OUTPUT);
21  }
```

```
22
23  // the loop function runs over and over again forever
24  void loop() {
25    digitalWrite(13, HIGH);   // turn the LED on (HIGH is the voltage level)
26    delay(1000);              // wait for a second
27    digitalWrite(13, LOW);    // turn the LED off by making the voltage LOW
28    delay(1000);              // wait for a second
29  }
```



Arduino programsko okruženje

Co-funded by the European Union

Jezičke strukture

Kontrolne strukture

- if
- if..else
- switch..case
- for
- while
- do..while
- break
- continue
- return
- goto

Podaci

Konstante

- HIGH | LOW
- INPUT | OUTPUT | INPUT_PULLUP
- LED_BUILTIN
- true | false
- Celobrojne konstante
- Realne konstante

Tipovi podataka

- void
- boolean
- char
- unsigned char
- byte

Funkcije

- setup()
- loop()

Digitalni ulazi/izlazi

- pinMode()
- digitalWrite()
- digitalRead()

Analogni ulazi/izlazi

- analogReference()
- analogRead()
- analogWrite() - PWM

Arduino programsko okruženje

Co-funded by the European Union

Još sintakse

- ; (tačka-zarez)
- {} (vitičaste zagrade)
- // (komentar u liniji)
- /* */ (komentar u više linija)
- #define
- #include

Aritmetički operatori

- = (dodela vrednosti)
- + (sabiranje)
- - (oduzimanje)
- * (množenje)
- / (deljenje)
- % (ostatak pri deljenju)

Tipovi podataka

- boolean
- char
- unsigned char
- byte
- int
- unsigned int
- word
- long
- unsigned long
- short
- float
- double
- string - niz karaktera
- String - objekat
- nizovi

Matematičke funkcije

- min()
- max()
- abs()
- constrain()
- map()
- pow()
- sqrt()
- sin()
- cos()
- tan()

Arduino programsko okruženje

Co-funded by the European Union

Operatori poređenja

- == (jednako)
- != (nije jednako)
- < (manje od)
- > (veće od)
- ≤ (manje ili jednako)
- ≥ (veće ili jednako)

Logički operatori

- && (logičko I)
- || (logičko ILI)
- ! (logičko NE)

Bitski operatori

- & (bitsko I)
- | (bitsko ILI)
- ^ (bitsko EKS-ILI)

Konverzije između tipova

- char()
- byte()
- int()
- word()
- long()
- float()

Doseg promenljivih i kvalifikatori

- Doseg promenljivih
- static
- volatile
- const

Vreme

- millis()
- micros()
- delay()
- delayMicroseconds()

Slučajni brojevi

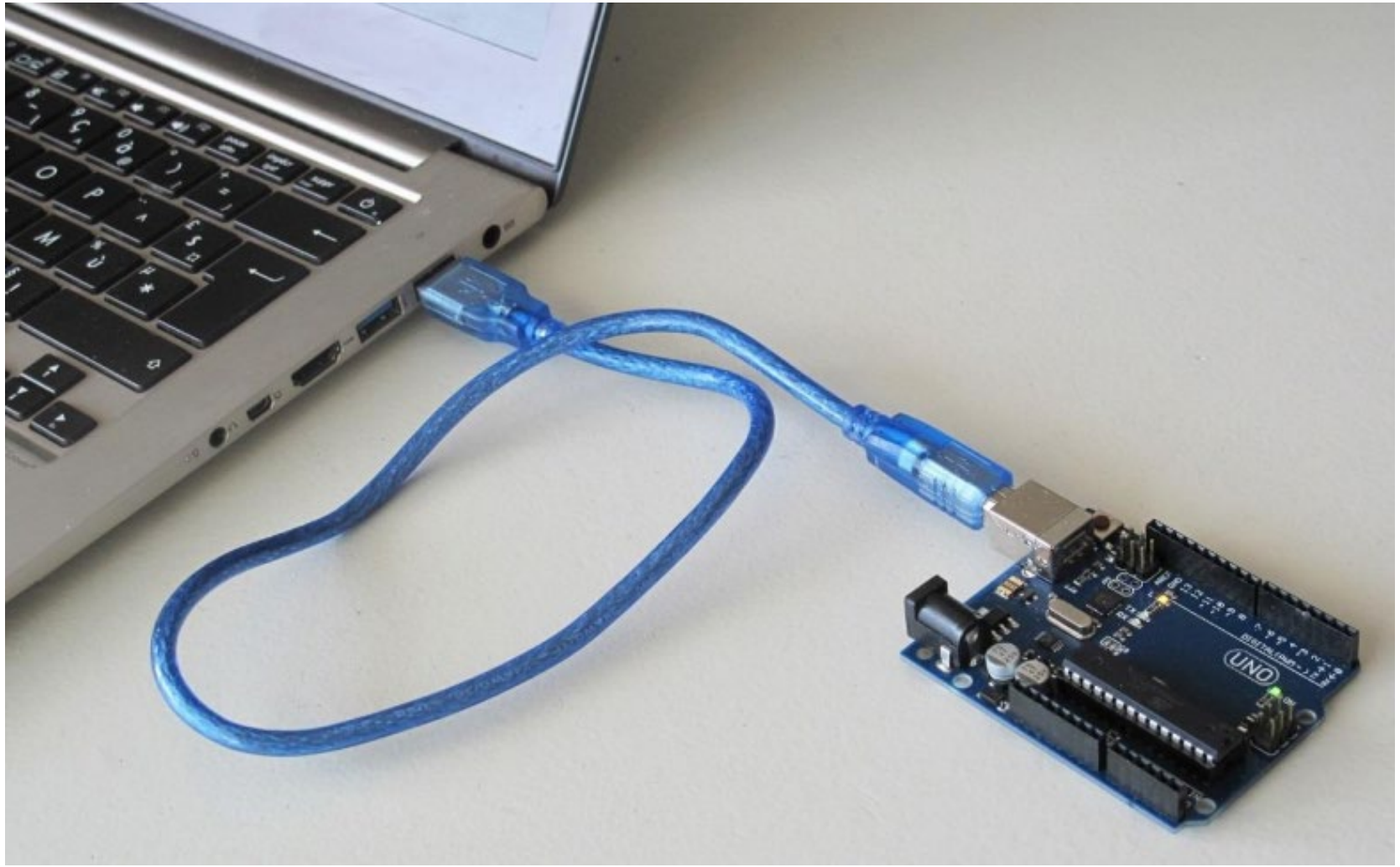
- randomSeed()
- random()

Serijska komunikacija (klasa Serial)

LCD displej (biblioteka LiquidCrystal)

Arduino programsko okruženje

Co-funded by the European Union



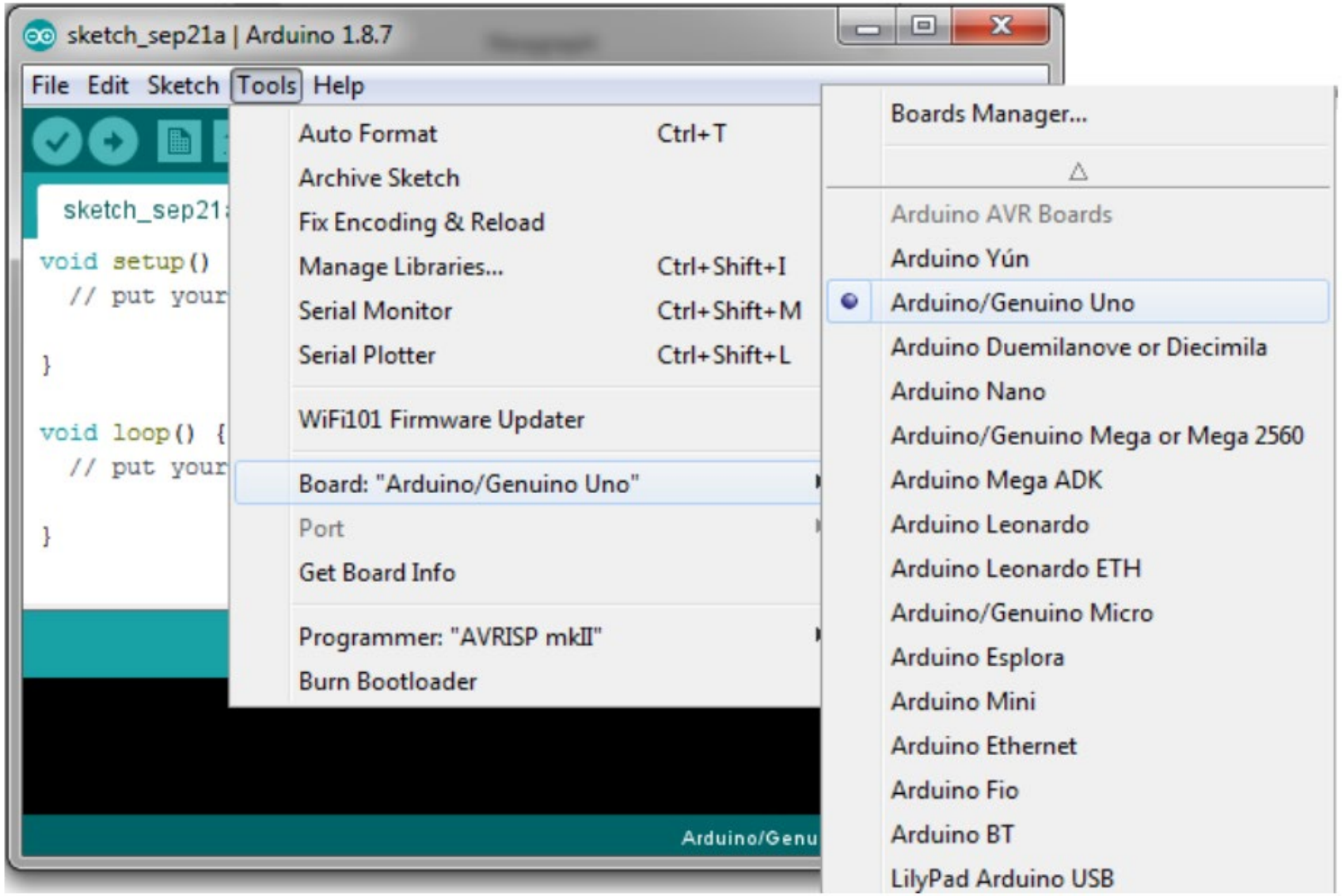
Pre nego što se započne sa pisanjem programa neophodno je pravilno povezati ceo sistem.

Pod povezivanjem sistema se podrazumeva hardversko povezivanje elemenata i softverska konfiguraciju.

Hardversko povezivanje sistema podrazumeva ispravno fizičko povezivanje Arduino hardverske platforme sa PC računarom.

Arduino programsko okruženje

Co-funded by the European Union
Safety 4EU

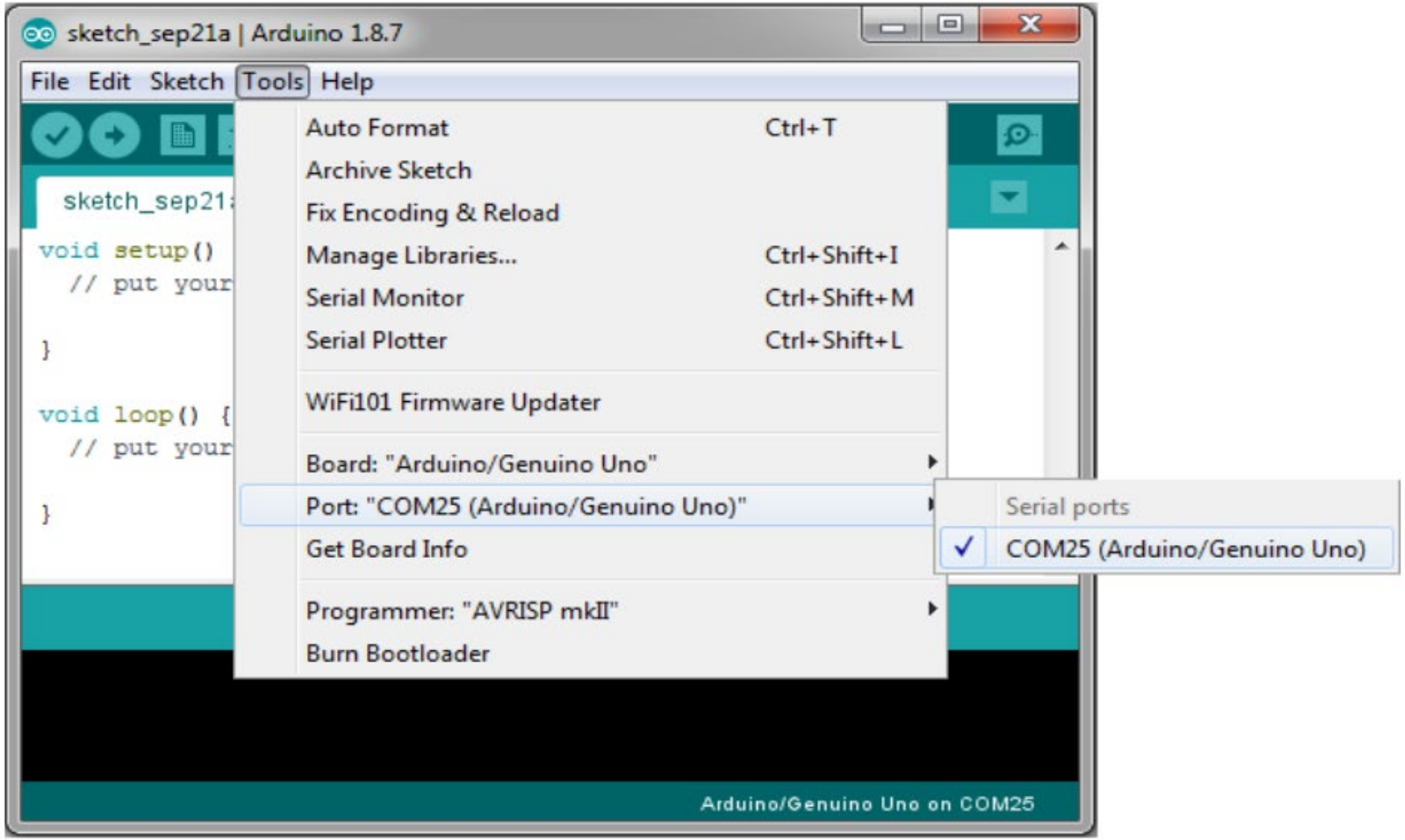


Kada se izvrši hardversko povezivanje sistema sledi podešavanje radnog okruženja za programiranje.

Prvo se vrši izbor platforme za koju pišemo program i to se radi tako što se u meniju Tools izabere sekcija Board a zatim se iz izlistanih platformi izabere platforma za koju pišemo program (u našem slučaju Arduino UNO).

Arduino programsko okruženje

Co-funded by the European Union
Safety 4EU



Nakon odabira hardverske platforme za koju pišemo program, neophodno je izvršiti selekciju komunikacijskog porta posredstvom koga se odvija komunikacija sa Arduino modulom.

To se vrši tako što se u meniju Tools, sekciji Port, izabere onaj port koji u nazivu ima ime platforme za koju pišemo kodove.

Co-funded by the European Union

Arduino programsko okruženje

Svaki program pisan za Arduino sadrži tri glavne programske celine i to:

-- Deklaracija promenljivih i korišćenih portova
-- Inicijalizacija sistema
-- Glavni program

Deklaracija promenljivih se vrši na samom početku programa. Pod deklaracijom promenljivih se podrazumeva deklaracija konstanti koje označavaju broj korišćenog pina, deklaracija promenljivih koje nose neku informaciju, itd.

Inicijalizacija sistema podrazumeva dovođenje sistema u početno stanje. To znači da je neophodno podesiti direkciju pinova, početne vrednosti koje će biti na pinovima ukoliko se pinovi proglase kao izlazni, dodela početnih vrednosti globalnim promenljivim, konfiguracija prekida, itd.

Inicijalizacija sistema se vrši unutar funkcije setup koja se poziva samo jednom i to na samom početku izvršavanja sistema.

Co-funded by the European Union

Arduino programsko okruženje

```
16
17 // the setup function runs once when you press reset or power the board
18 void setup() {
19   // initialize digital pin 13 as an output.
20   pinMode(13, OUTPUT);
21 }
```

```
22
23 // the loop function runs over and over again forever
24 void loop() {
25   digitalWrite(13, HIGH);   // turn the LED on (HIGH is the voltage level)
26   delay(1000);              // wait for a second
27   digitalWrite(13, LOW);    // turn the LED off by making the voltage LOW
28   delay(1000);              // wait for a second
29 }
```

Nakon inicijalizacije sistema neophodno je napisati algoritme koji realizuju neke funkcionalnosti. Ovi algoritmi se većinom pišu u glavnoj programskoj petlji loop.

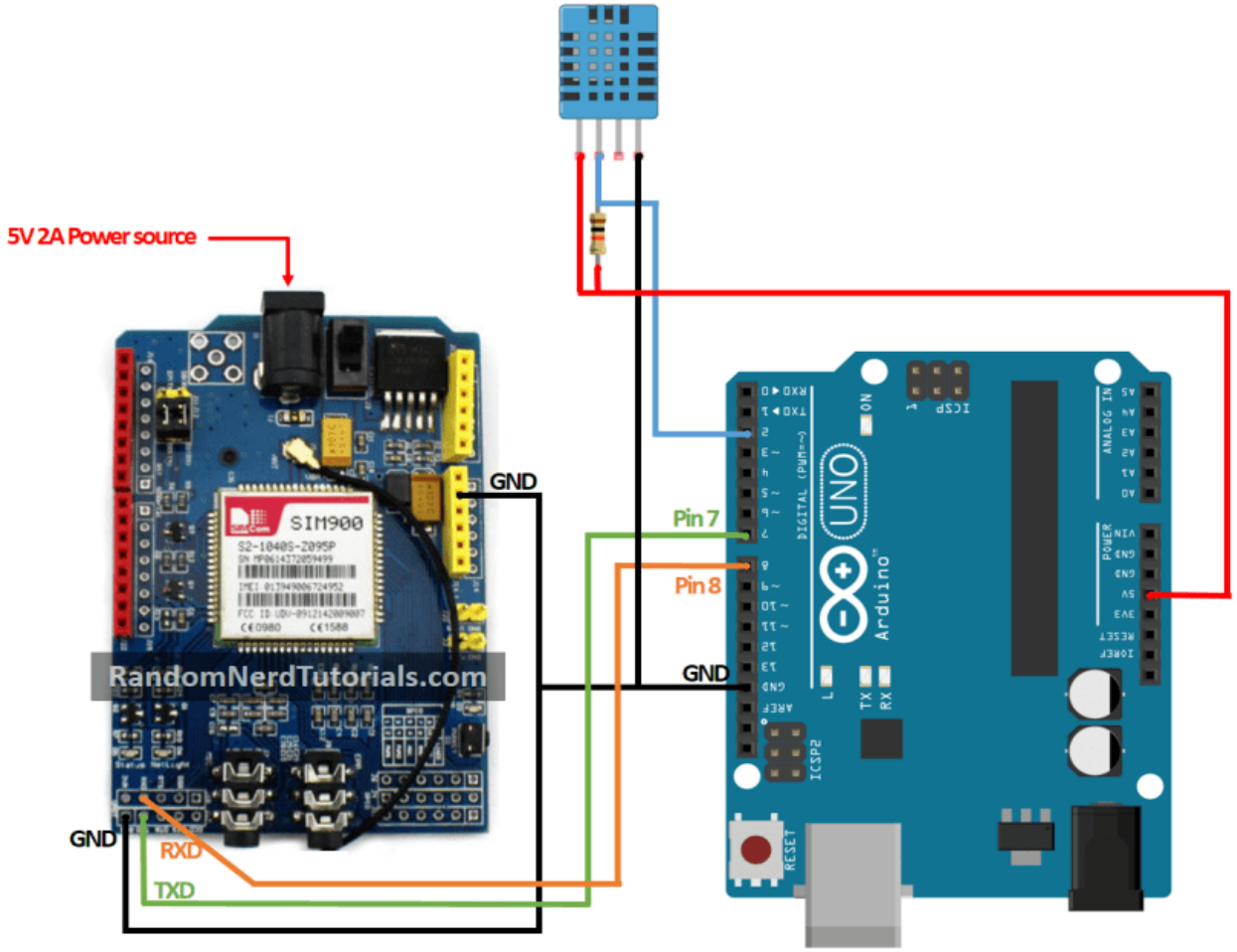
Loop predstavlja funkciju koja se poziva svaki put, tj. može se reći da se program stalno vrti u ovoj petlji.

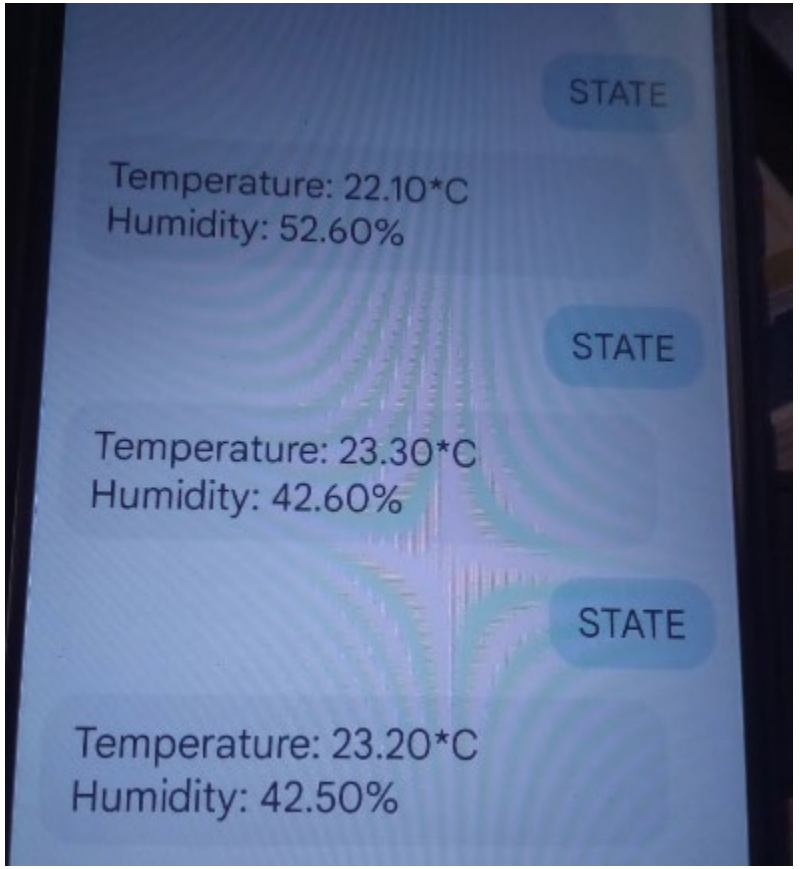
Dakle, svaki program pisan za Arduino platformu mora da sadrži setup i loop funkciju. One mogu biti prazne ali neophodno je da postoje u programu.

Arduino programsko okruženje

Co-funded by the European Union

Primer primene Arduino platforme za praćenje vlažnosti i temperature u radnom prostoru putem servisa moblne telefonije (SMS) koristeći SIM900 GSM modul





Co-funded by the European Union

Zaključci

- Internet stvari podrazumeva mogućnost da objekti potpuno samostalno komuniciraju i razmenjuju podatke preko Interneta.
- Jedan od najčešćih primera korišćenja IoT jesu senzori koji služe za merenje parametara kojima se procenjuje kvalitet vazduha u nekom radnom prostoru, nekoj fabričkoj hali, na farmi, ili nekom delu grada, a zatim se rezultati tih merenja šalju donosiocima odluka.

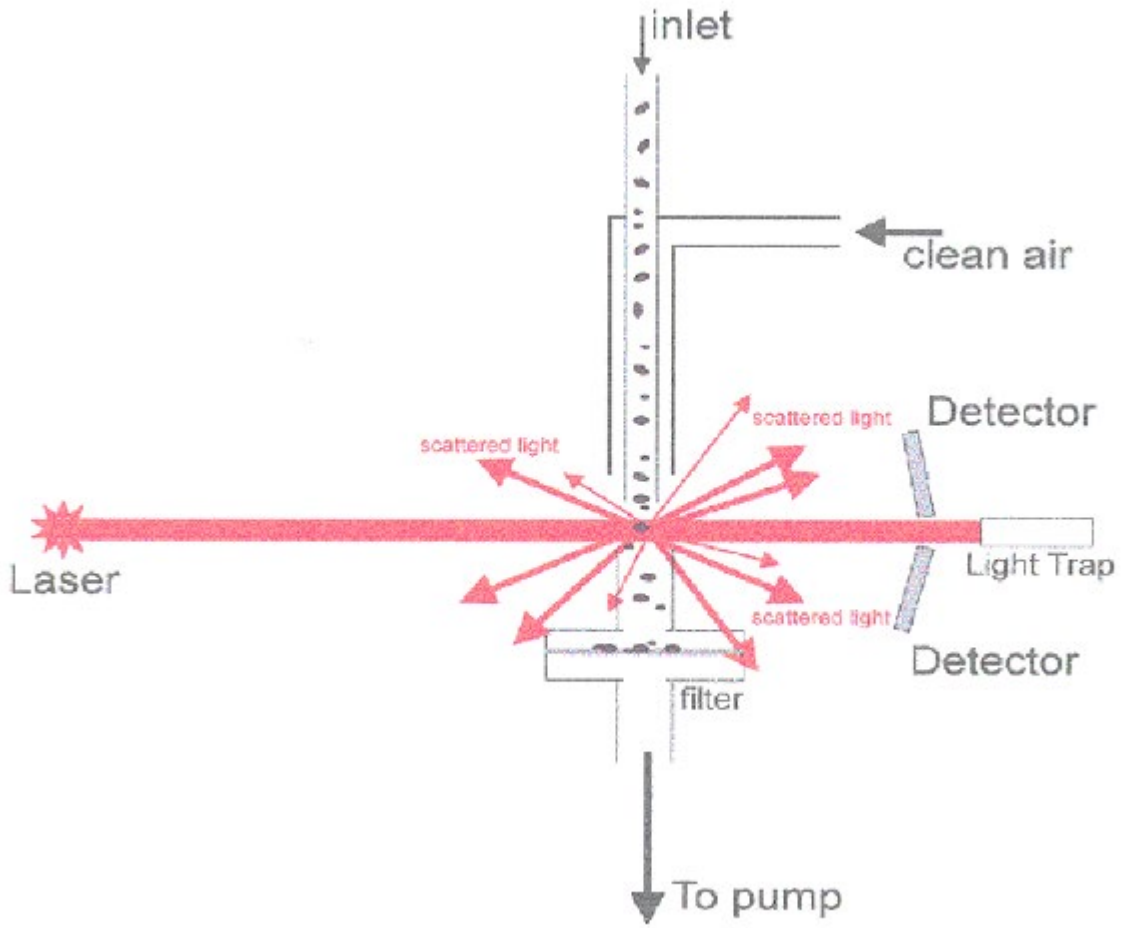
Co-funded by the European Union

Sadržaj prezentacije:

1. Prenosni uređaji za monitoring kvaliteta vazduha
2. Monitor kvaliteta vazduha PAQMAN 2020
3. Testiranje karakteristika low-cost senzora u laboratoriji
4. Testiranje karakteristika low-cost senzora na terenu
5. Zaključci

Co-funded by the European Union

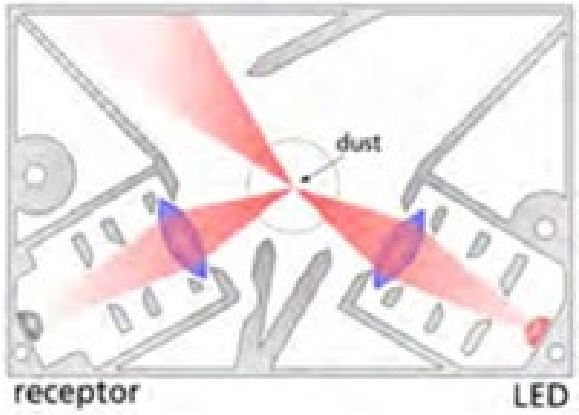
Prenosni uređaji za monitoring koncentracija suspendovanih čestica

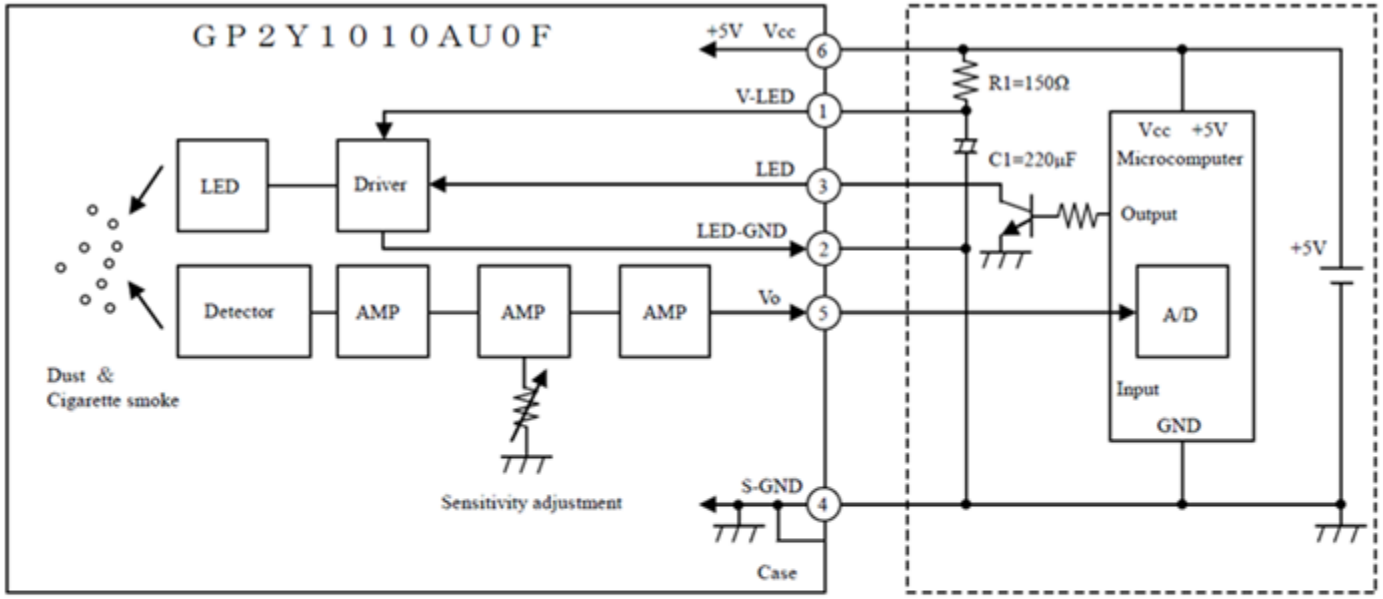


Princip rada laserskih brojača čestica

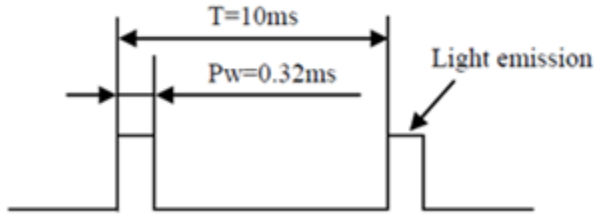
Co-funded by the European Union

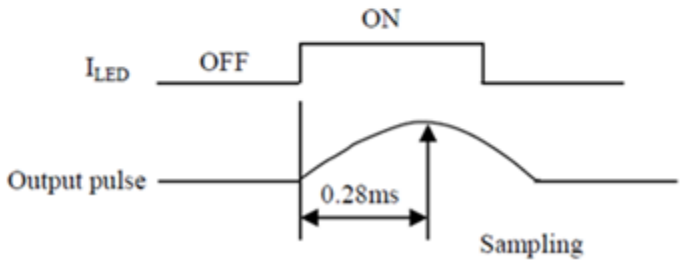
Princip rada laserskih brojača čestica





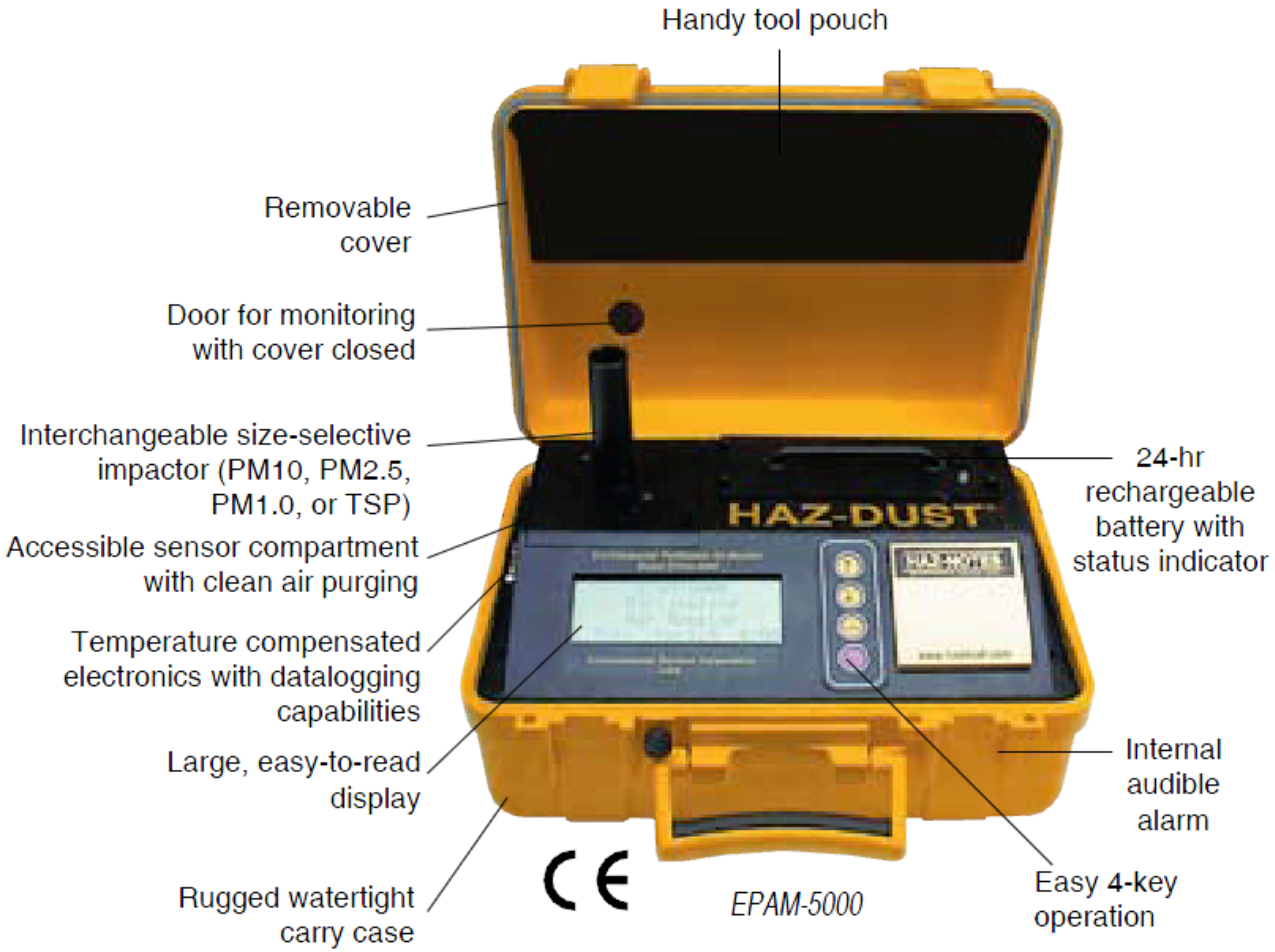
Sampling timing of output pulse





Co-funded by the European Union

Prenosni uređaji za monitoring koncentracija suspendovanih čestica



EPAM-5000 je prenosivi monitor suspendovanih čestica pogodan za ispitivanje kvaliteta vazduha u okruženju, životnoj sredini i unutrašnjem prostoru.

Veoma osetljiv, ovaj monitor koristi rasejanje svetlosti za merenje koncentracije čestica i omogućuje beleženje podataka o koncentraciji čestica u vazduhu u mg/m3.

Zamenljive glave za uzorkovanje omogućavaju praćenje PM10, PM2.5, PM1.0 ili TSP.

EPAM-5000 poseduje držač filtera od 47 mm što obezbeđuje istovremeno gravimetrijsko uzorkovanje.

Co-funded by the European Union

Prenosni uređaji za monitoring koncentracija suspendovanih čestica



Dylos **DC1700-PM** je brojač čestica koji broji čestice u dva opsega veličine: > 0,5 µm i > 2,5 µm.

DC1700-PM prikazuje brojeve čestica (> 0,5 µm i > 2,5 µm)

Na bazi broja čestica računaju se masene koncentracije PM2,5 i PM10 naizmenično.

Co-funded by the European Union

Prenosni uređaji za monitoring koncentracija suspendovanih čestica



OSIRIS PM monitor se koristi za procenu nivoa PM u zatvorenom i na otvorenom, kao i za ličnu izloženost.

Ovaj monitor je dizajniran za merenje masenih koncentracija PM (PM10, PM2,5 i PM1) u opsegu od 0,5-20 µm.

Co-funded by the European Union

Portable **A**ir **Q**uality **M**onitoring and **A**cquisition **N**ode 2020 - PAQMAN 2020

Zbog sve izraženije potrebe za merenjem kvaliteta vazduha, kako ambijentalnog tako i vazduha unutar objekata, u sklopu istraživanja vršenih u okviru nacionalnih projekata TR-33037 i III-42008 u Institutu za rudarstvo i metalurgiju Bor, realizovan je uređaj za merenje kvaliteta vazduha PAQMAN 2020



Co-funded by the European Union

Portable **A**ir **Q**uality **M**onitoring and **A**cquisition **N**ode 2020 - PAQMAN 2020

PAQMAN 2020 je prvenstveno namenjen za indikativna merenja masenih koncentracija suspendovanih čestica u vazduhu, frakcija PM_{10} i $PM_{2.5}$ iz opsega od 0 - 1000 µg/m^3, kao i za merenje temperature (od -10 do +40 °C) i relativne vlažnosti (RH) ambijentalnog vazduha (od 20 do 90% RH).

Postoji mogućnost da se u uređaj ugrade i dodatni senzorski moduli.

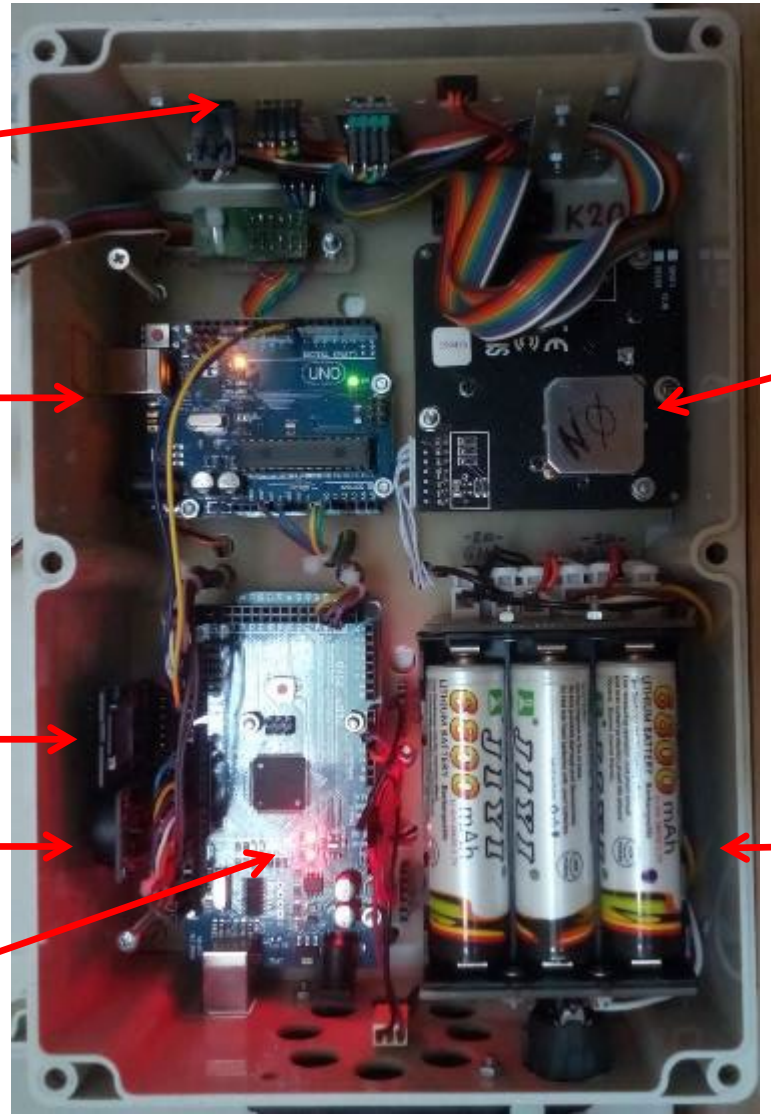
Sa dodatkom **NDIR S8 CO_2** modula urađaj može da se koristi za indikativna merenja koncentracija CO_2 u vazduhu u opsegu od 400 do 2000 ppm.

Sa dodatkom **VOC** modula uređaj može da se koristi za indikativno merenje koncentracija formaldehida u vazduhu u opsegu od 0 do 70 ppm.

Sa dodatkom senzorskog modula **BMP180** uređaj može da se koristi za merenje vazdušnog pritiska u opsegu od 300 do 1100 hPa.

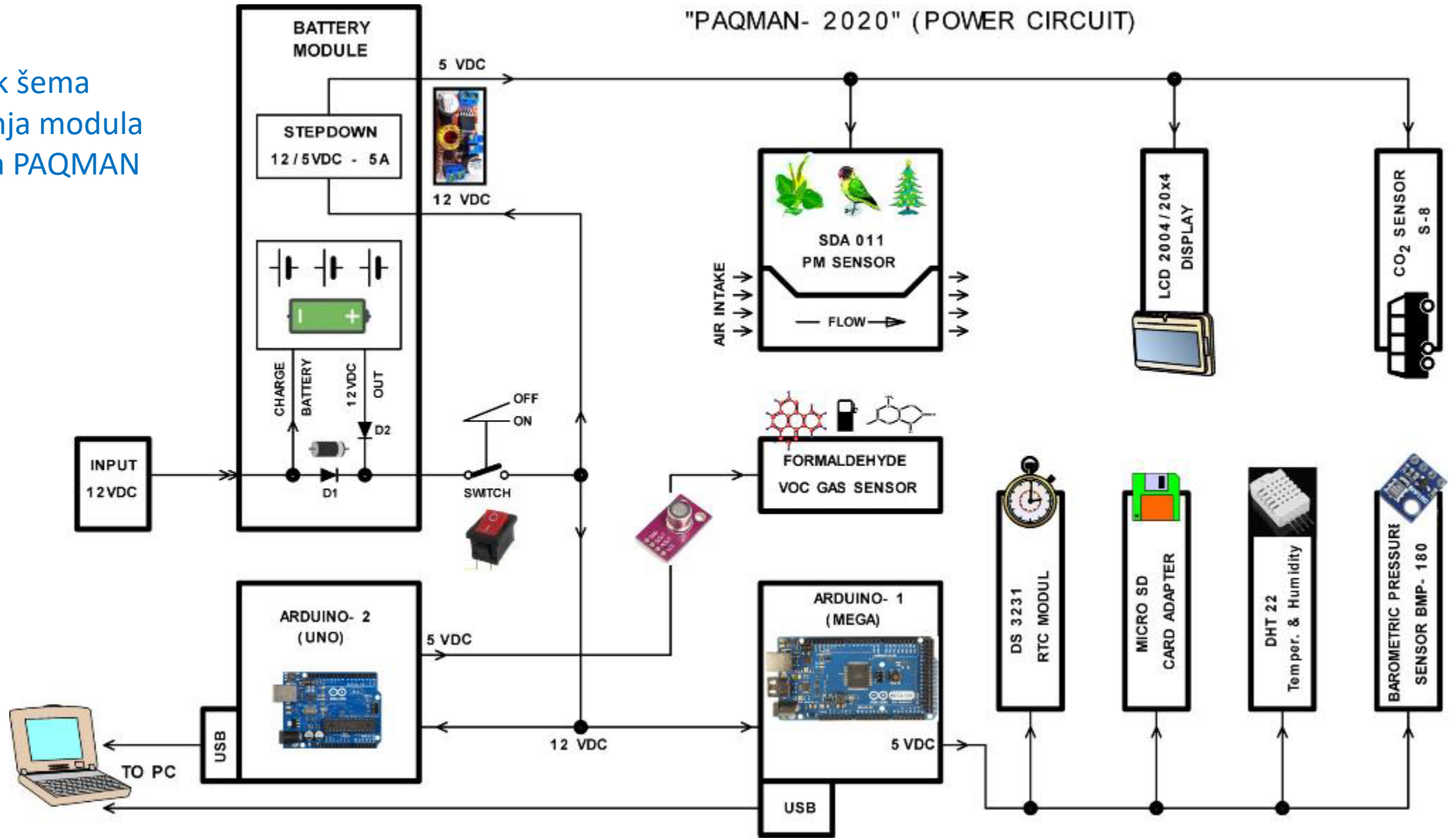
Co-funded by the European Union

Rasored modula u kućištu uređaja PAQMAN 2020



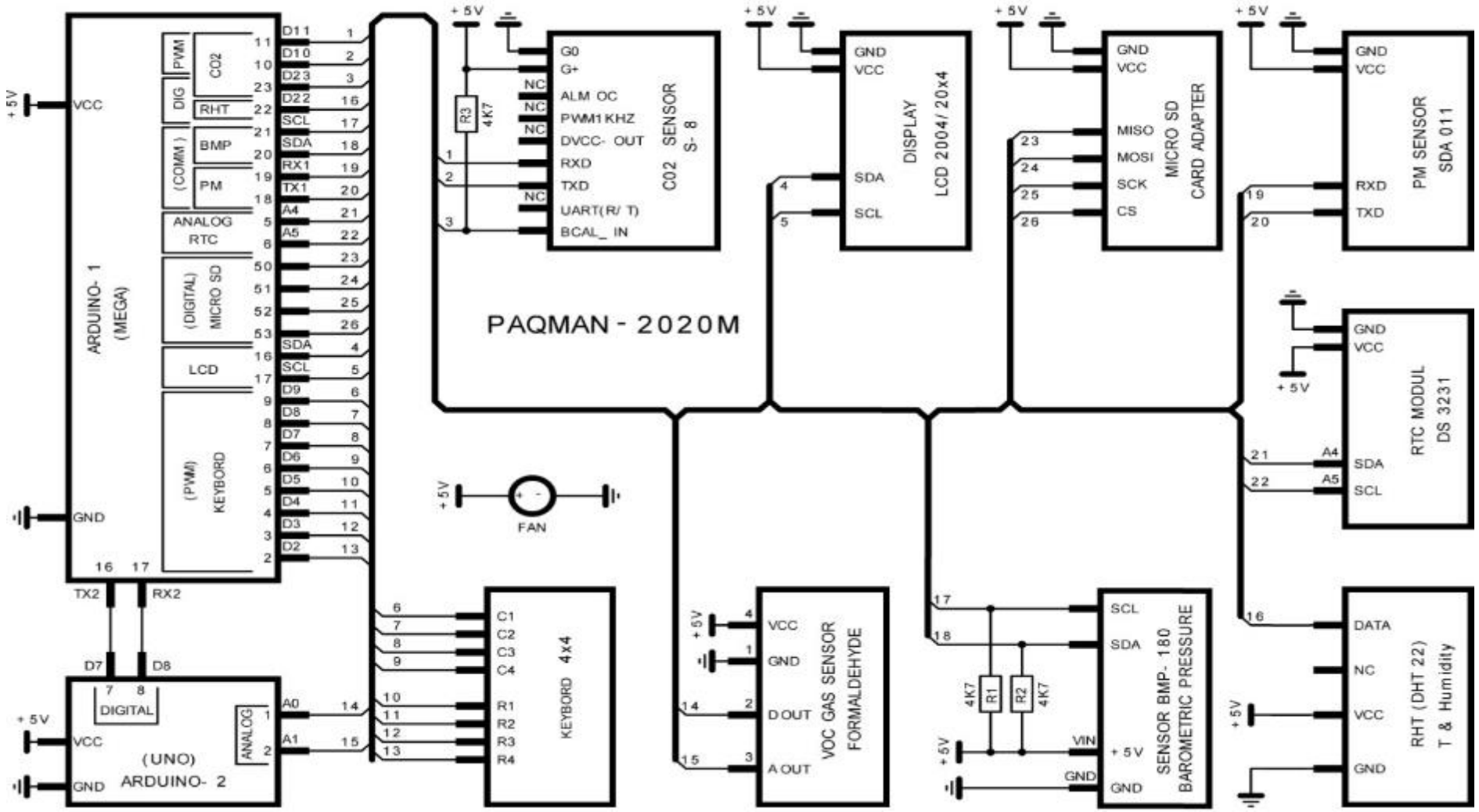
Co-funded by the European Union

Blok šema napajanja modula uređaja PAQMAN



Co-funded by the European Union

Blok šema povezivanja modula uređaja PAQMAN 2020

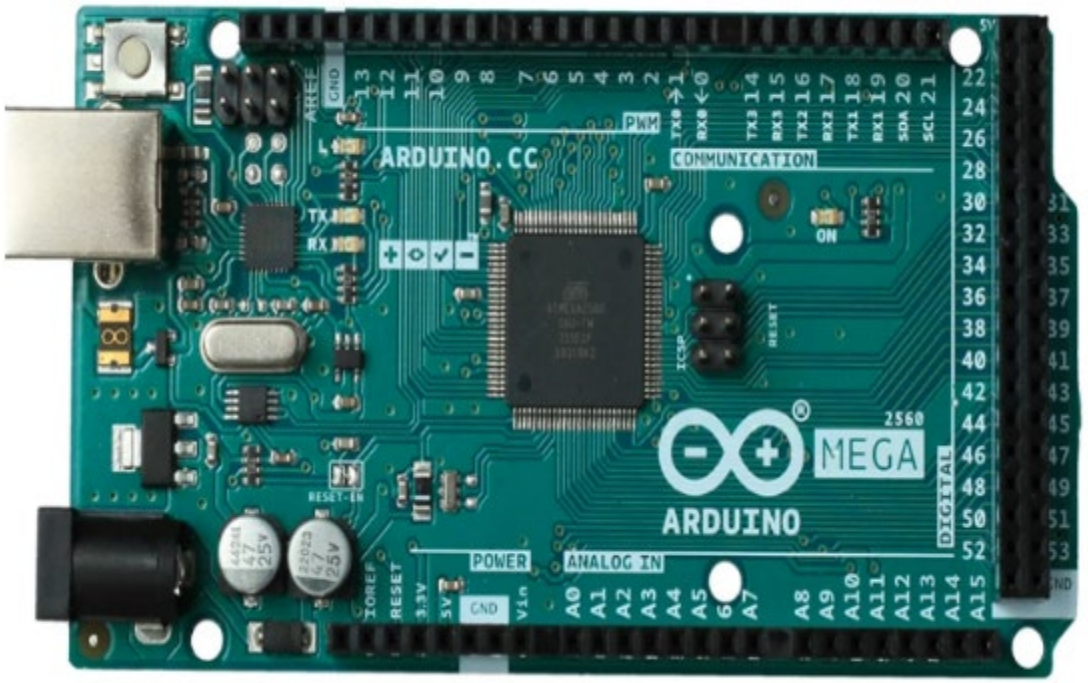


Co-funded by the European Union

Arduino Mega mikrokontrolerska ploča

Arduino Mega 2560 je mikrokontrolerska ploča bazirana na ATmega2560 (8-bit) mikrokontroleru. Na ploči se nalazi 54 digitalnih U/I priključaka (od kojih se 14 mogu koristiti kao PWM izlazi), 16 analognih ulaza, 4 UART-a (hardverska serijska porta), kristalni oscilator 16 MHz, USB priključak, priključak za napajanje, ICSP konektor i reset taster.

Jednostavno se povezuje na računar preko USB kabla. Napaja sa preko AC/DC adaptera (7-12V DC) ili sa USB porta računara preko USB konektora. Na Arduino Mega mikrokontrolersku ploču priključuju se svi moduli uređaja,



Co-funded by the European Union

Modul za merenje koncentracije PM - Nova SDS011

PM senzorski modul SDS011 koristi optički metod (rasejanje svetlosti od čestica koje prolaze kroz detektor) za određivanje koncentracije PM čestica u vazduhu, frakcije PM_{10} i $PM_{2.5}$, iz opsega od 0 - 1000 $\mu g/m^3$.

Ovaj PM modul se može koristi za merenje masenih koncentracija PM čestica čiji je prečnik u granicama od 0.3 do 10 μm.

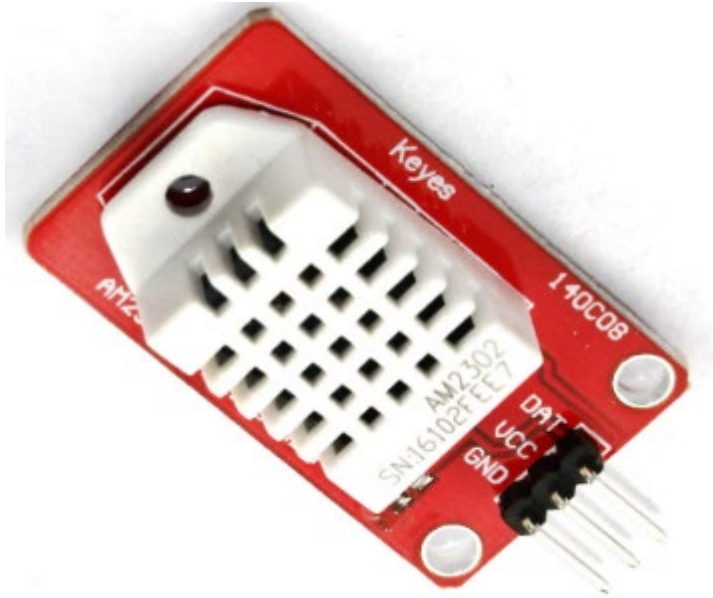
Laserska dioda ugrađena u PM senzor je visokog kvaliteta tako da je vek trajanja izvora svetlosti do 8000 sati.



Co-funded by the European Union

Modul za merenje temperature i relativne vlažnosti vazduha (DHT22 modul)

DHT22 (drugi naziv je AM2302) digitalni modul za merenje temperature i relativne vlažnosti vazduha je modul vrlo visoke pouzdanost i odlične dugoročne stabilnosti. Sadrži kapacitivni element za merenje vlažnosti vazduha i merni element visoke preciznosti za merenje temperature. Ovi elementi su povezani na 8-bitni mikrokontroler koji je ugrađen u modul.



Karakteristike modula: Veličina: 3.7 x 2.1 cm.
Napon napajanja: 5V DC.
Opseg merenja temperature: - 40 ~ 80 °C, +/- 0.5 °C. Opseg merenja relativne vlažnosti vazduha: 20-90% RH, +/- 2% RH.

Co-funded by the European Union

Senzor za merenje koncentracije isparljivih organskih materija (VOC)

MS1100 senzor namenjen je za merenje isparljivih organskih materija (VOC). Ovaj senzor može da se koristiti za određivanje koncentracija formaldehida (formaldehyde) i toluena (toluene) u vazduhu. U softver uređaja PAQMAN-2020 implementirana je radna kriva za određivanje koncentracija formaldehida u vazduhu u opsegu od 0 do 70 ppm.

Tehničke karakteristike: Materijal: polimer. Napon grejanja: 5V +/- 2%. Osetljivost: 3% od punog opsega rada. Vreme odziva: 5s (nakon grejanja senzora u trajanju od 3-5 minuta). Potrošnja električne energije:<430 mW. Radna temperatura senzora: -10~60 °C. Radni opseg senzora u pogledu vlažnosti vazduha: do 90% RH. Opseg izlaznog analognog signala 0-5V DC. Primena: merenje koncentracija VOC u unutrašnjem prostoru. Masa senzora: 13 g.

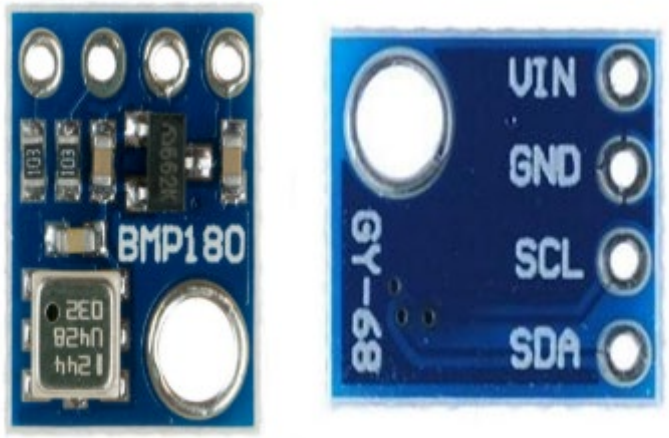




Co-funded by the European Union

Modul za merenje vazdušnog pritiska - BMP180

BMP180 modul za merenje vazdušnog pritiska je fabrički kalibrisan. Razmena podataka sa Arduino Mega mikrokontrolerom se vrši preko I^2C magistrale.



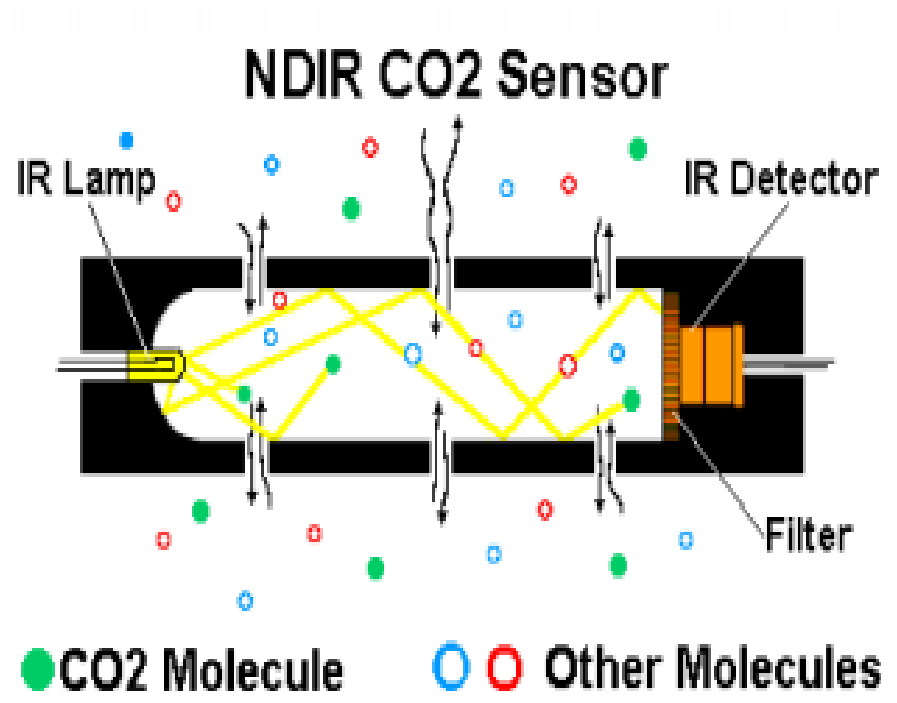
Karakteristike modula:
Napon napajanja od 1.8 do 3.6 V DC.
Potrošnja struje: 0.5 μA pri frekvenciji očitavanja od 1Hz.
Maksimalna brzina I^2C magistrale: 3.5MHz.
Greška merenja: do 0.02 hPa.
Opseg merenja pritiska: 300 do 1100 hPa.
Masa: 1.18 g.
Dimenzije: 21 mm x 18 mm.

Co-funded by the European Union

Postoje dve grupe senzora koji se najčešće koriste u uređajima za detekciju CO_2 . Jednu grupu čine NDIR (nedisperzivni infracrveni senzor), dok drugu grupu čine takozvani hemijski CO_2 senzori.

NDIR senzor je najčešće korišćeni tip CO_2 senzora u industriji. Tipični NDIR CO_2 senzor sastoji se od komore u kojoj se na jednom kraju nalazi izvor infracrvenog (IR) svetla, a na drugom kraju detektor. IR svetlost je usmerena kroz senzorsku komoru kroz koju prolazi gas. Ispred samog IR detektora se nalazi filter koji eliminiše svu IR svetlost osim one sa talasnom dužinom 4.26 µm koju samo molekuli CO_2 mogu da apsorbuju. Koncentracija CO_2 se određuje merenjem intenziteta svetlosti koja stiže do detektora.

Prenosni uređaji za monitoring koncentracija CO_2



Co-funded by the European Union

Prenosni uređaji za monitoring koncentracija CO_2



Testo-535



TSI IAQ7515



Q-Trak 8550



EXTECH-CO250



Anton IAQ 8494

Co-funded by the European Union

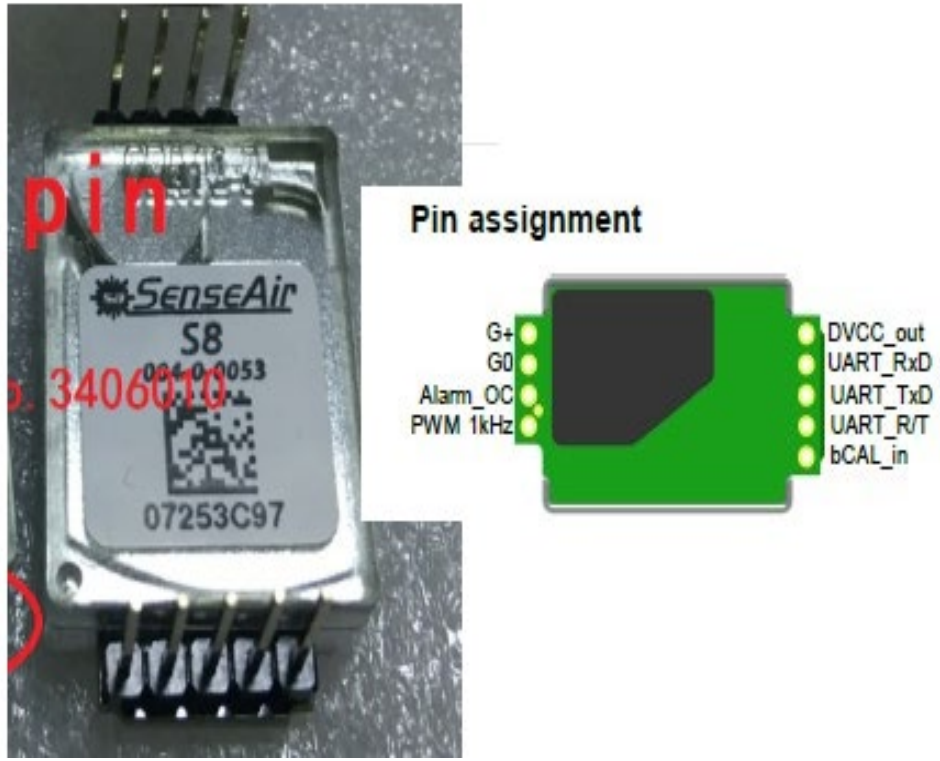
Tehničke karakteristike nekih komercijalno dostupnih CO_2 monitora

Proizvođač & Model	Testo-535	TSI IAQ7515	Q-Trak 8550	EXTECH-CO250	ANTON-IAQ8494
Tip senzora	NDIR	NDIR	NDIR	NDIR	NDIR
Opseg rada (ppm)	0 - 9999	0 - 5000	0-5000	0-5000	0-9999
Tačnost	±50ppm/ ±2%	±50ppm/ ±3%	±50ppm/ ±3%	±50ppm/ ±5%	±75ppm/ ±5%
Rezolucija (ppm)	1	1	1	1	2
Temperaturni opseg rada (°C)	0 - 50	5 - 45	5-45	0 - 50	-15 - 60
RH opseg	0~99%	Up to 80%	5~95%	0~99%	0~95%
Drugi parametri koji se mere	Nema	Nema	Temperatura Vlažnost	Temperatura Vlažnost	Temperatura
Cena (EUR)	500	400	-	360	280

Co-funded by the European Union

Modul za merenje koncentracije CO_2 - SenseAir S8

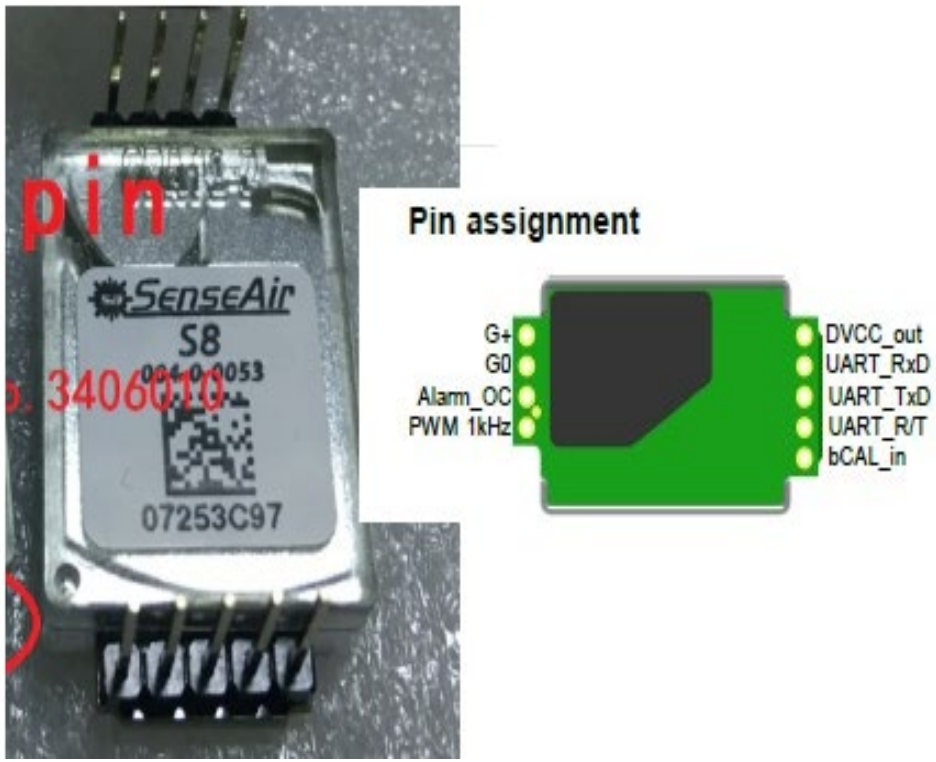
Senzorski modul SenseAir S8 je namenjen za merenje koncentracije CO_2 u vazduhu u opsegu od 400 do 2000 ppm. Ovaj modul koristi prethodno opisani NDIR princip rada. Modul ima ugrađen serijski port (UART) za očitavanje rezultata merenja.



Co-funded by the European Union

Tehničke karakteristike CO_2 modula SenseAir S8

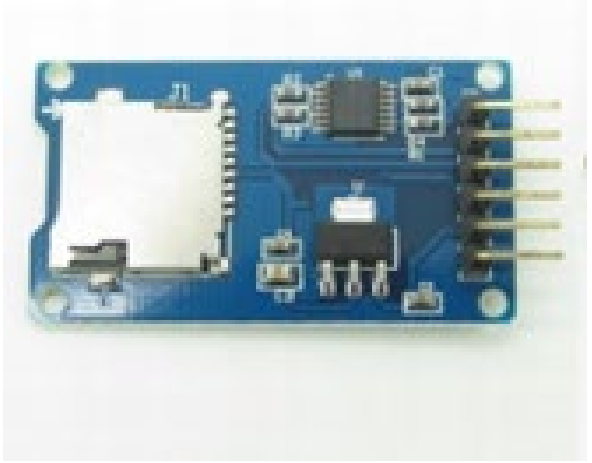
Gas koji se detektuje	CO_2
Princip rada	Non-dispersive infrared (NDIR)
Merni opseg	400 to 2000 ppm
Interval merenja	2 sekunde
Tačnost	±70 ppm ili ±3 % od očitane vredosti
Zavisnost očitavanja od pritiska	+1.6 % od očitane vrenosti po 1 kPa odstupanja od normalnog pritiska
Vreme odziva	2 minuta do 90% od max vrednosti opsega
Temperaturni opseg rada	0 – 50 °C
Radni režim u pogledu vlažnosti vazduha	0 – 85 % RH bez kondenzacije
Dimenzije (mm)	33.5 x 20 x 8.5 mm (max)
Masa	< 8 grama
Napajanje	4.5 – 5.25V DC, nema zaštitu od prenapona i inverznog polariteta
Potrošnja struje	300 mA max , 30mA prosečno



Co-funded by the European Union

MicroSD card modul sa SPI interfejsom

MicroSD Card Adapter modul omogućuje čitanje i upisivanje podataka u datoteke na SD kartici, korišćenjem SPI interfejsa.
Modul se napaja jednosmernim naponom od 4.5 do 5.5 V.
U modul je integrisan i regulator napona 3.3 V potreban za rad integrisanih kola modula . SD card modul ima šest priključnih pinova (GND, VCC, MISO, MOSI, SCK, CS).
GND pin se povezuje na masu, VCC pin na napajanje, dok se, MISO, MOSI, i SCK pinovi vezuju na SPI magistralu. CS pin služi za selektovanje modula.

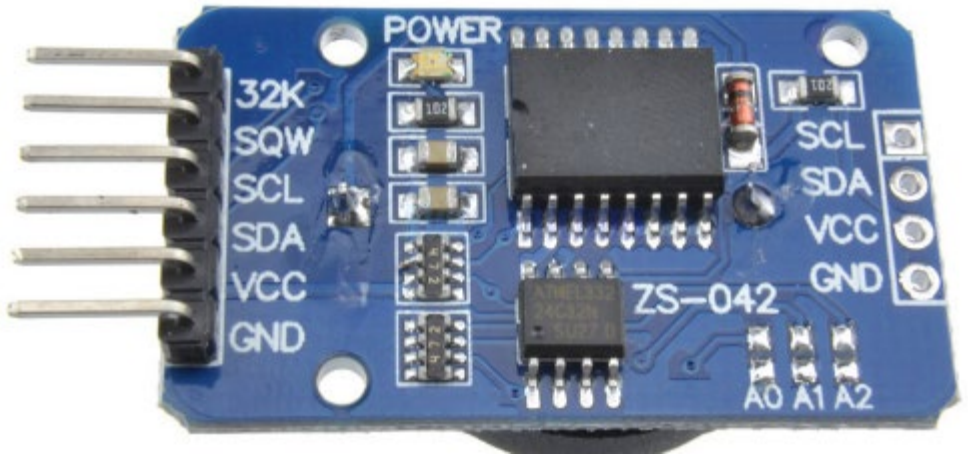




Co-funded by the European Union

Modul sata realnog vremena DS3231 (RTC modul)

Pomoću RTC modula obezbeđuju se informacije o realnom vremenu (sekundama, minutama, satima, danu, datumu, mesecu i godini).
DS3231 je jeftin, izuzetno precizan temperaturno kompenzovan sat realnog vremena (RTC), sa integrisanim kristalnim oscilatorom. Za prenos podataka između RTC modula i mikrokontrolera koristi se I^2C magistrala.



Veličina: 38 mm (dužina) x 22 mm (š) x 14 mm (visina). Težina: 8 g.
Radni napon: 3.3 - 5.5 V DC.
RTC čip: DS3231 sat visoke tačnosti.
Memorijski čip: AT24C32 (kapacitet 32kB).
Baterija: tip Lithium Cell CR2032, 3V

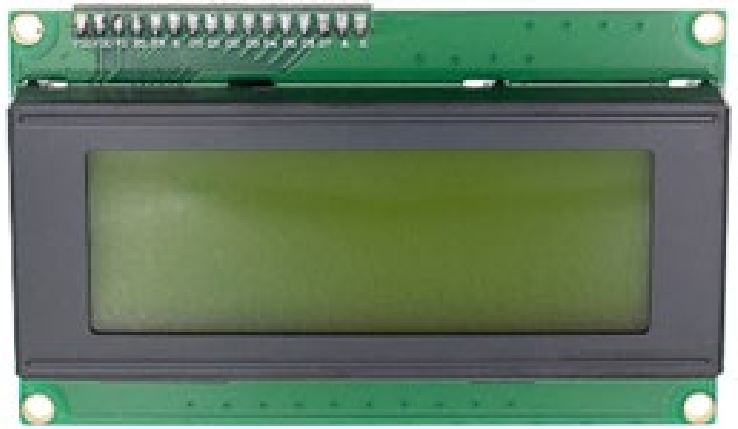
Co-funded by the European Union

LCD modul za prikaz po 20 karaktera u 4 reda (LCD2004)

LCD2004 je LCD modul koji omogućuje prikaz 20x4 karaktera, i poseduje I^2C interfejs. I^2C magistrala za rad koristi dve dvosmerne signalne linije, serijsku liniju podataka (SDA) i serijsku liniju takta (SCL).

Karakteristike modula:
Napon napajanja: 5V DC.
Dimenzija štampane ploče: 60 mm x 99 mm.
Modul poseduje potencimetar za podešavanje pozadinskog osvetljenja.





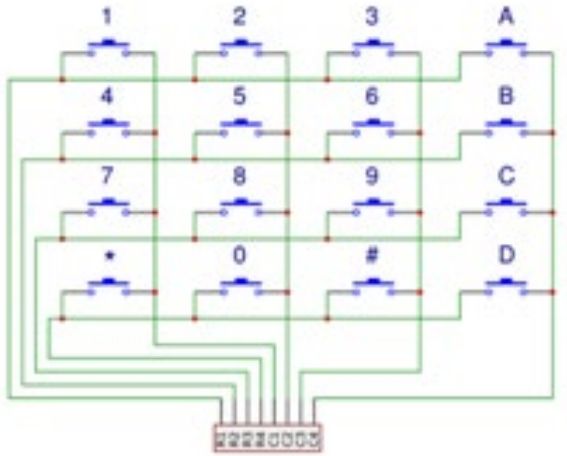
Co-funded by the European Union

Matrična tastatura sa 16 tastera



Za interakciju čoveka sa PAQMAN-2020 koristi se matrična tastatura sa 16 tastera, dimenzija: 69x76x8 mm. Tastatura je pričvršćena za poklopac uređaja.

Ovakve (matrične) tastature koriste kombinaciju četiri reda i četiri kolone (4x4) za očitavanje stanja tastera kao što je prikazano na slici .



Co-funded by the European Union

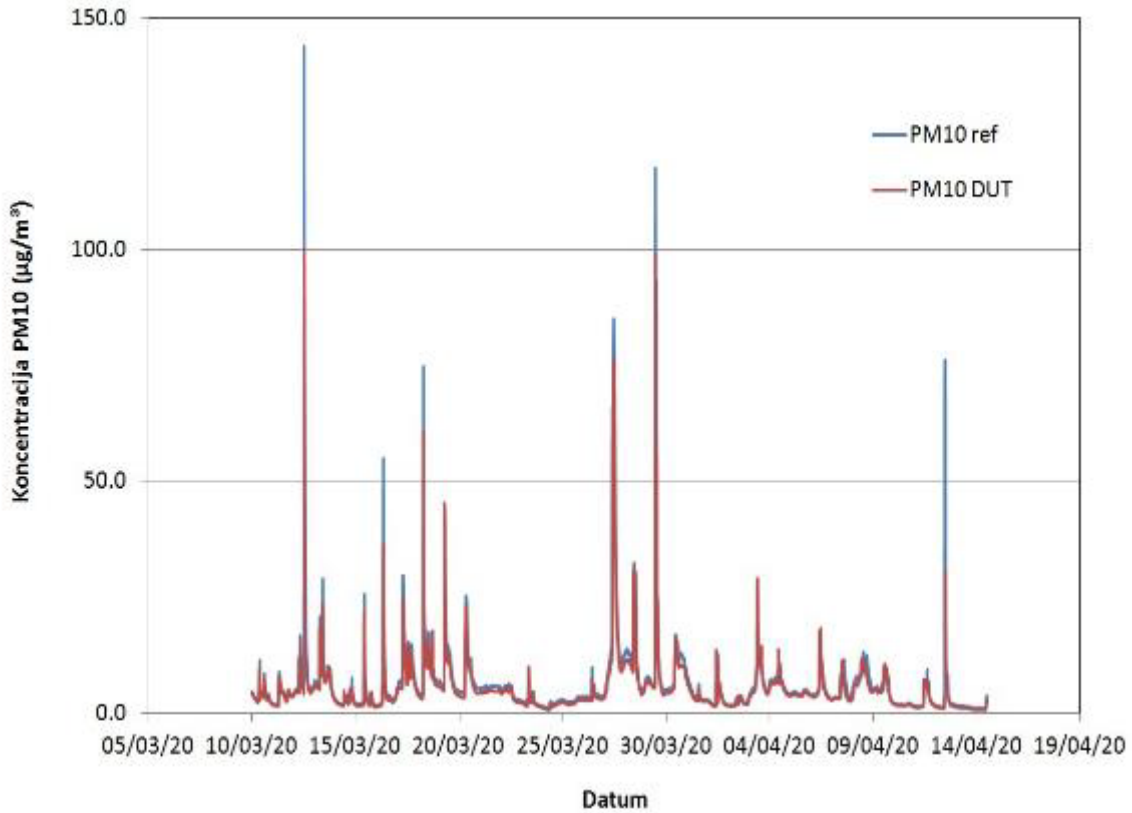
Testiranje karakteristike uređaja PAQMON 2020 u laboratoriji

Uređaj je testiran u laobratoriji za primenjenu elekroniku i računarsko inženjerstvo u Instututu za rudarstvo i metalrugiju Bor i u Laboratoriji za zaštitu vazduha na Fakultetu zaštite na radu u Nišu. U ovim laboratorijama vršena su uporedna merenja PM_{10}, $PM_{2.5}$, CO_2, T, RH, i P uređajem PAQMAN 2020 i komercijalno dostupnim etaloniranim instrumentima za navedene parametre.
Uporedna merenja u laboratoriji vršena su u trajanju od po 60 dana. Upoređivane su srednje 15. minutne ili srednje satne vrednosti, u zavisnosti od dostupne vremenske rezolucije rezultata sa referentnih instrumenata.



Co-funded by the European Union

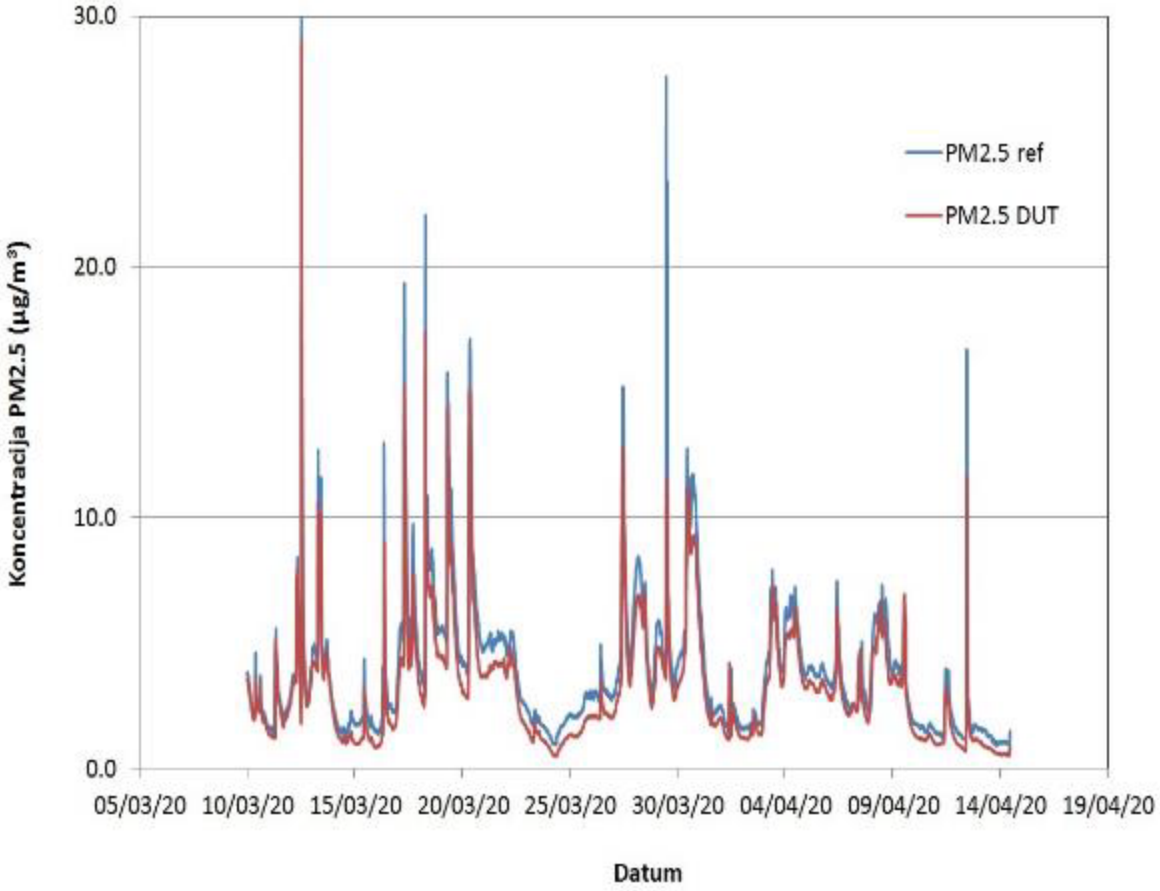
Testiranje karakteristike uređaja PAQMON 2020 u laboratoriji





Co-funded by the European Union

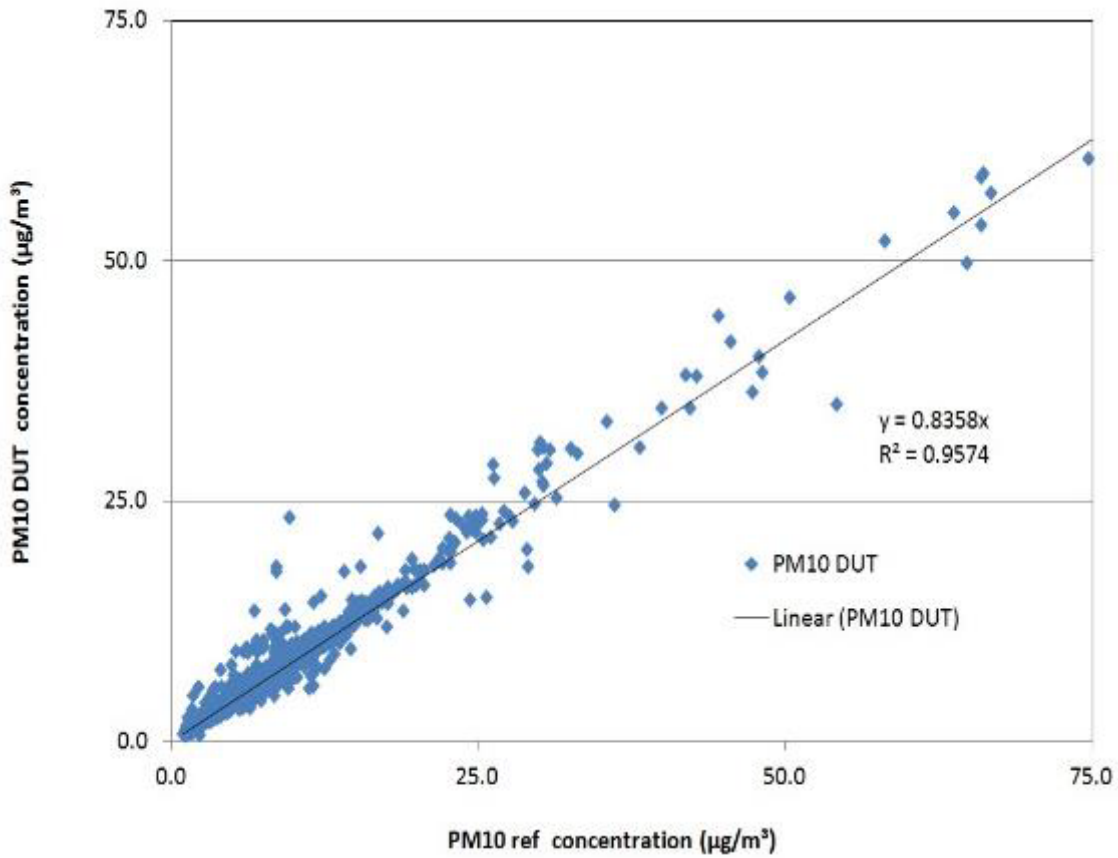
Testiranje karakteristike uređaja PAQMON 2020 u laboratoriji

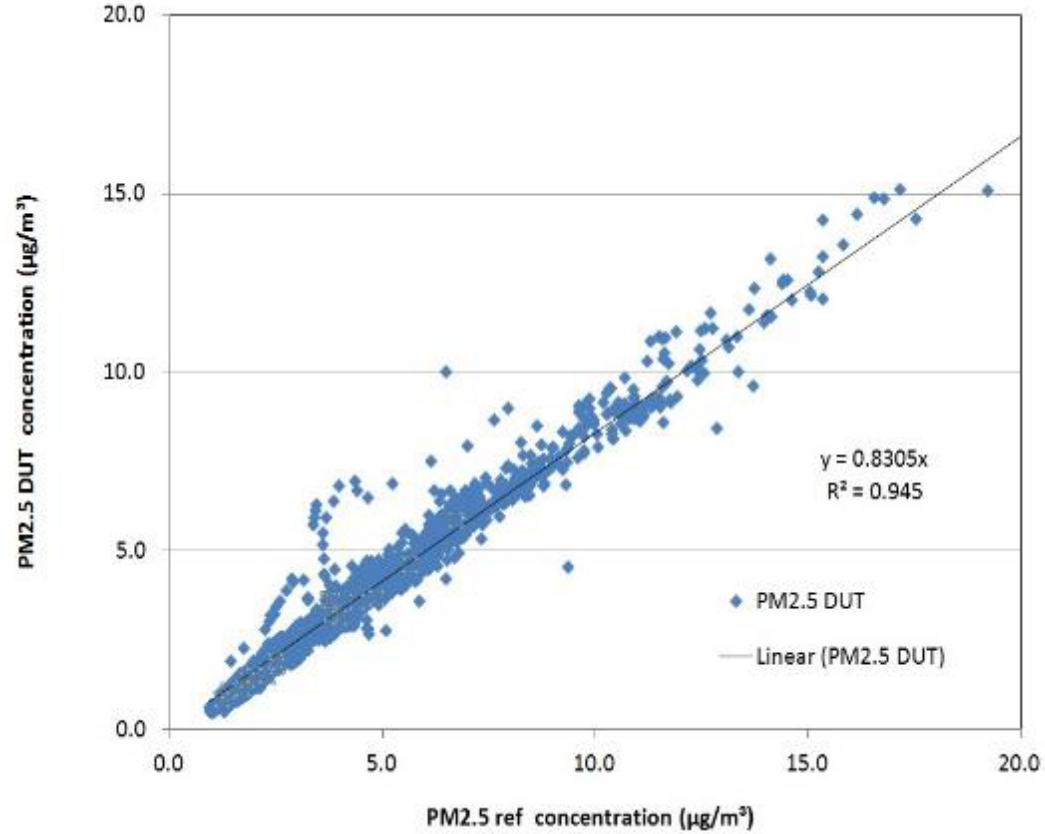




Co-funded by the European Union

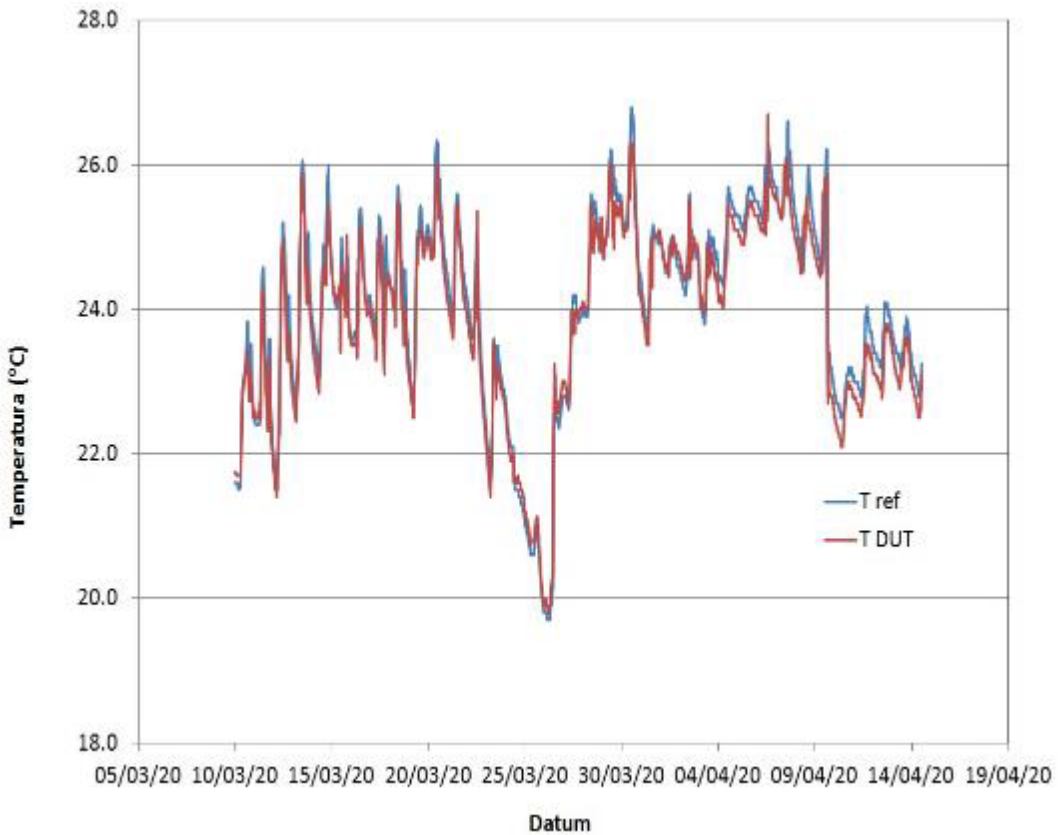
Testiranje karakteristike uređaja PAQMON 2020 u laboratoriji

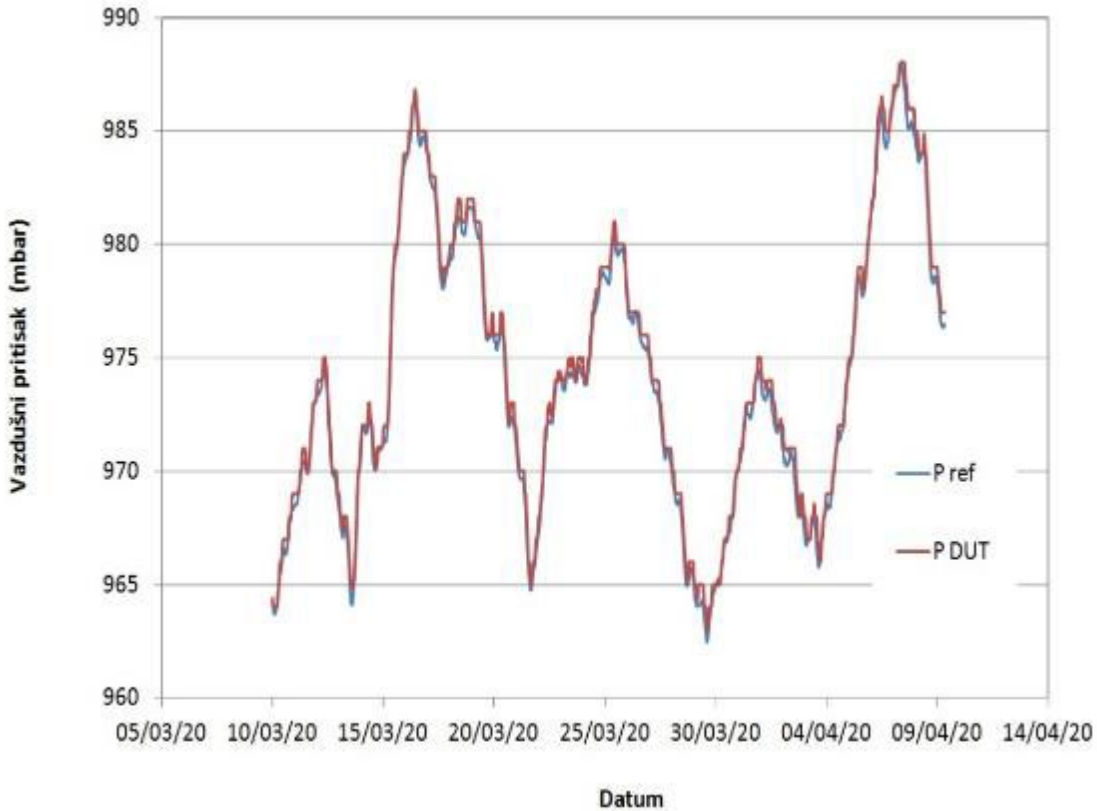




Co-funded by the European Union

Testiranje karakteristike uređaja PAQMON 2020 u laboratoriji





Co-funded by the European Union

Testiranje karakteristike uređaja PAQMON 2020 na terenu

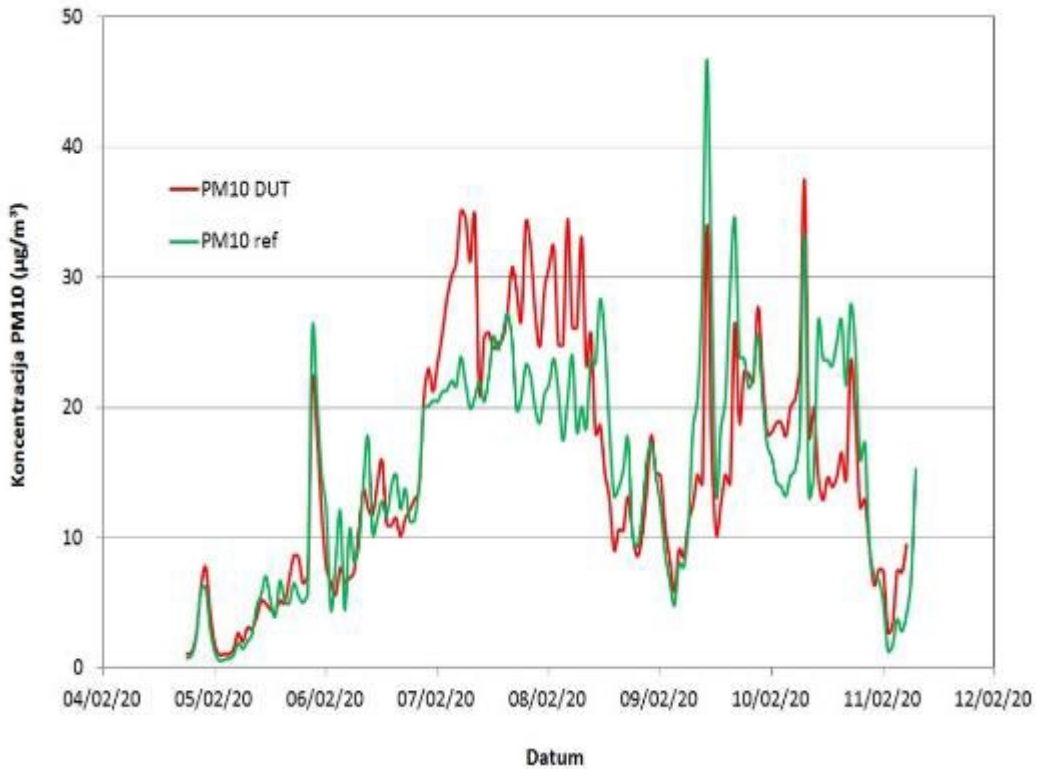
U realnim uslovima vršena us poređenja rezultata merenja uređaja PAQMON 2020 sa rezultatima merenja referentnih uređaja.

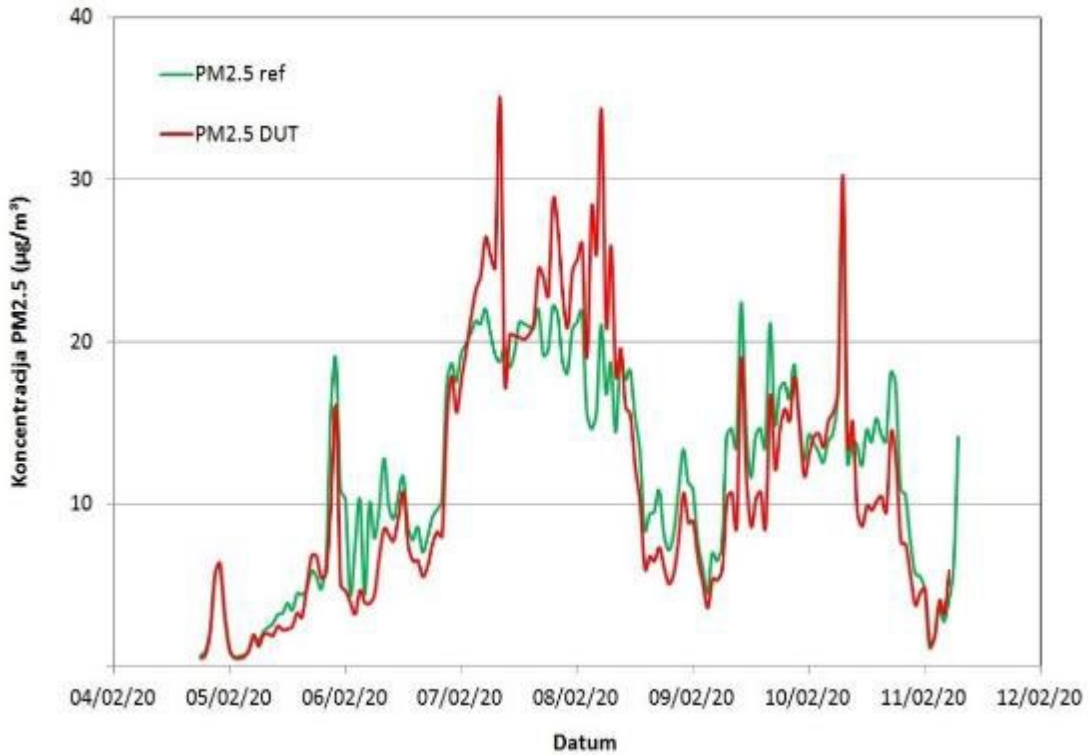
I pored toga što je PAQMAN 2020 prvenstveno namenjen za rad u unutrašnjem prostoru, testiran je i na terenu, uz korišćenje kućišta koje ga štiti od atmosferskih padavina. Uređaj je postavljen u neposrednoj blizini SEPA AAQMS (Automatic Air Quality Monitoring Station) Bor Gradski park. Uporedna merenja vršena su u trajanju od 60 dana (30 dana u grejnoj i 30 dana u negrejnoj sezoni). Merenja PM_{10}, $PM_{2.5}$, T, RH, i P vršena su uređajem PAQMAN 2020 i komercijalno dostupnim etaloniranim instrumentima za merenje navedenih parametara u okviru AAQMS Bor Gradski park. Upoređivane su srednje satne vrednosti.



Co-funded by the European Union

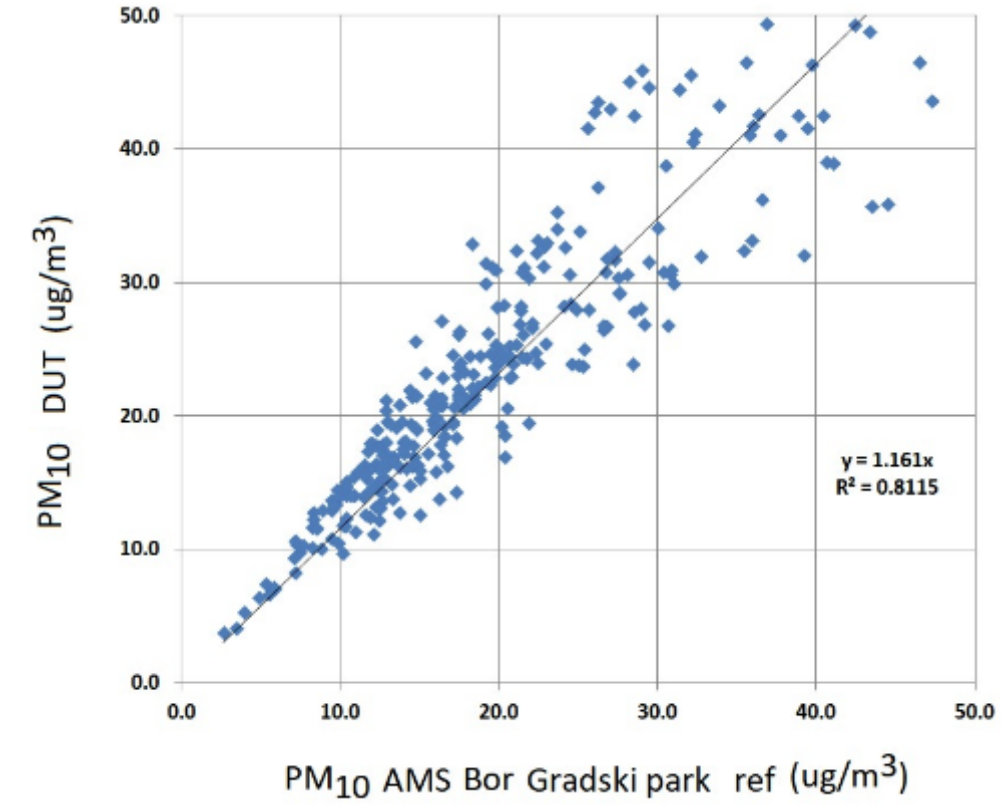
Testiranje karakteristike uređaja PAQMON 2020 na terenu

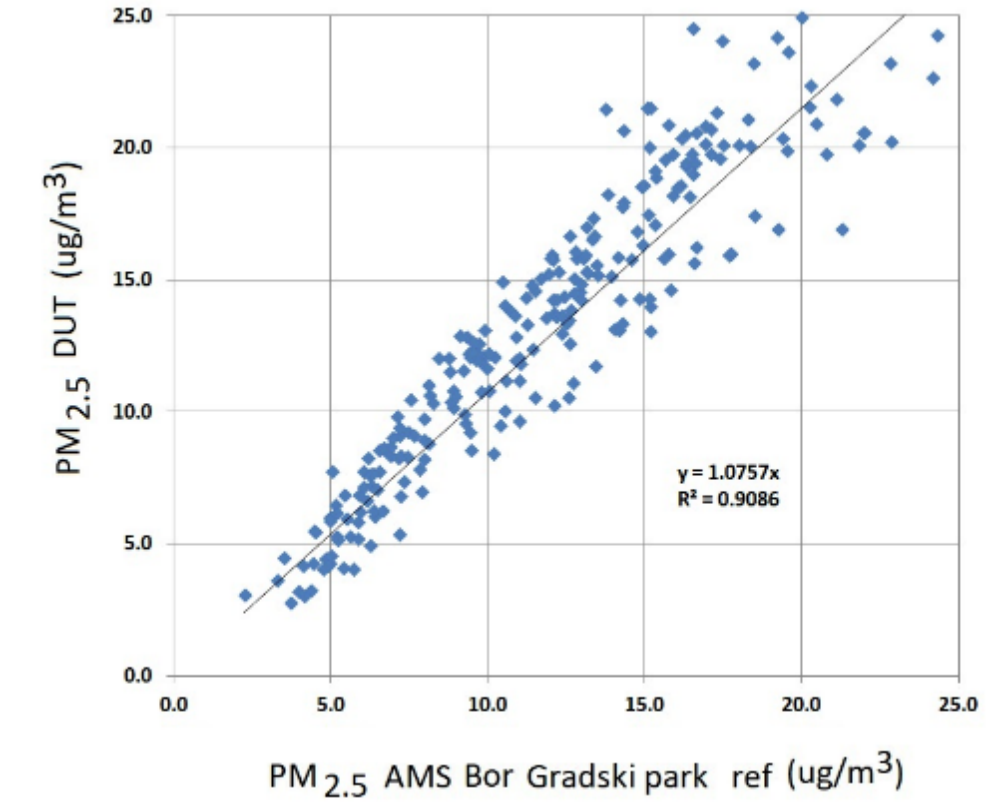




Co-funded by the European Union

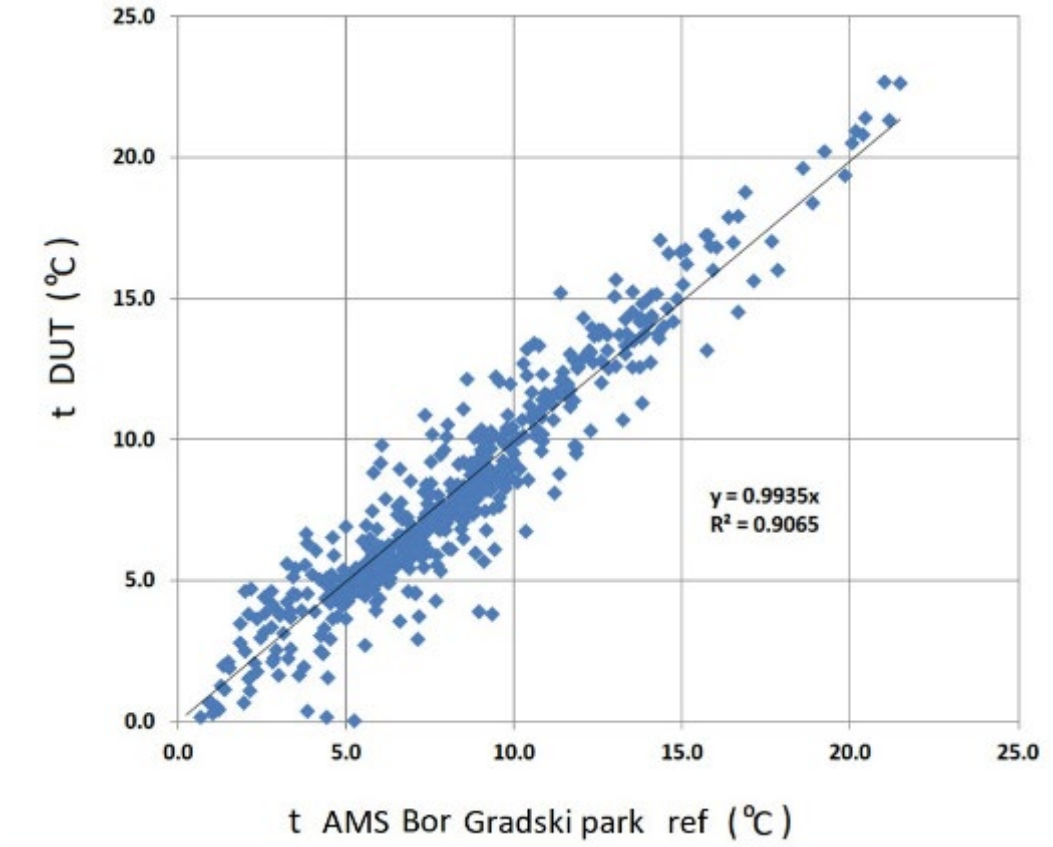
Testiranje karakteristike uređaja PAQMON 2020 na terenu

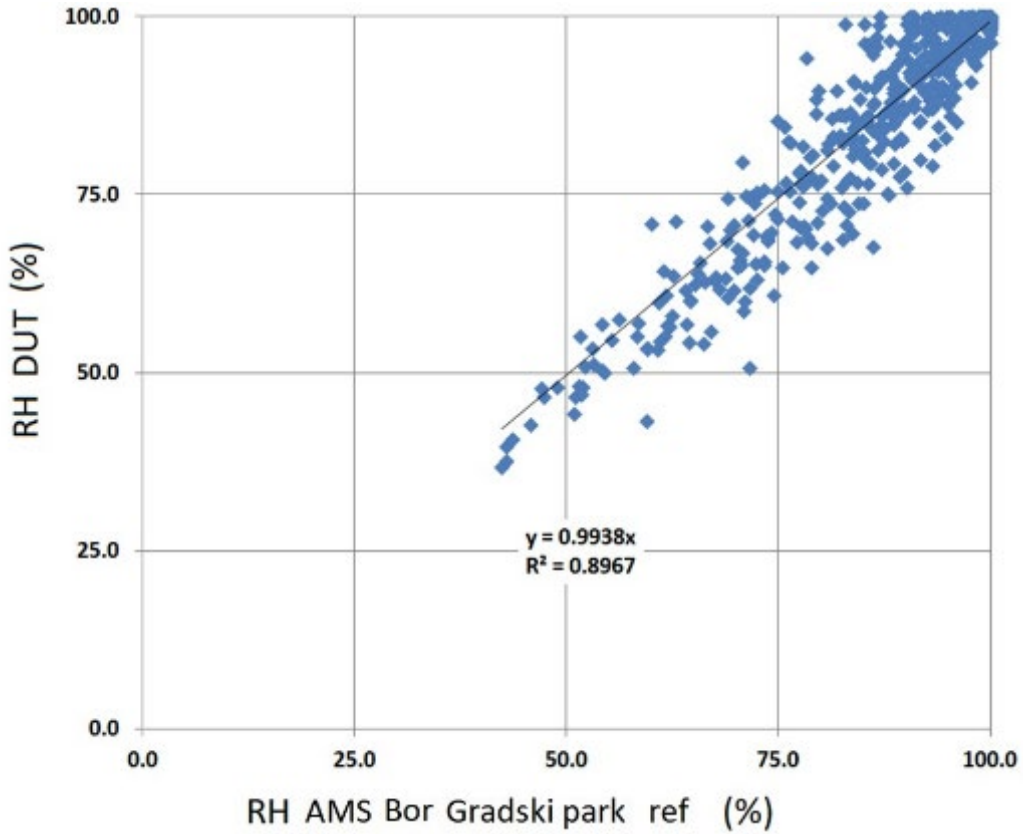




Co-funded by the European Union

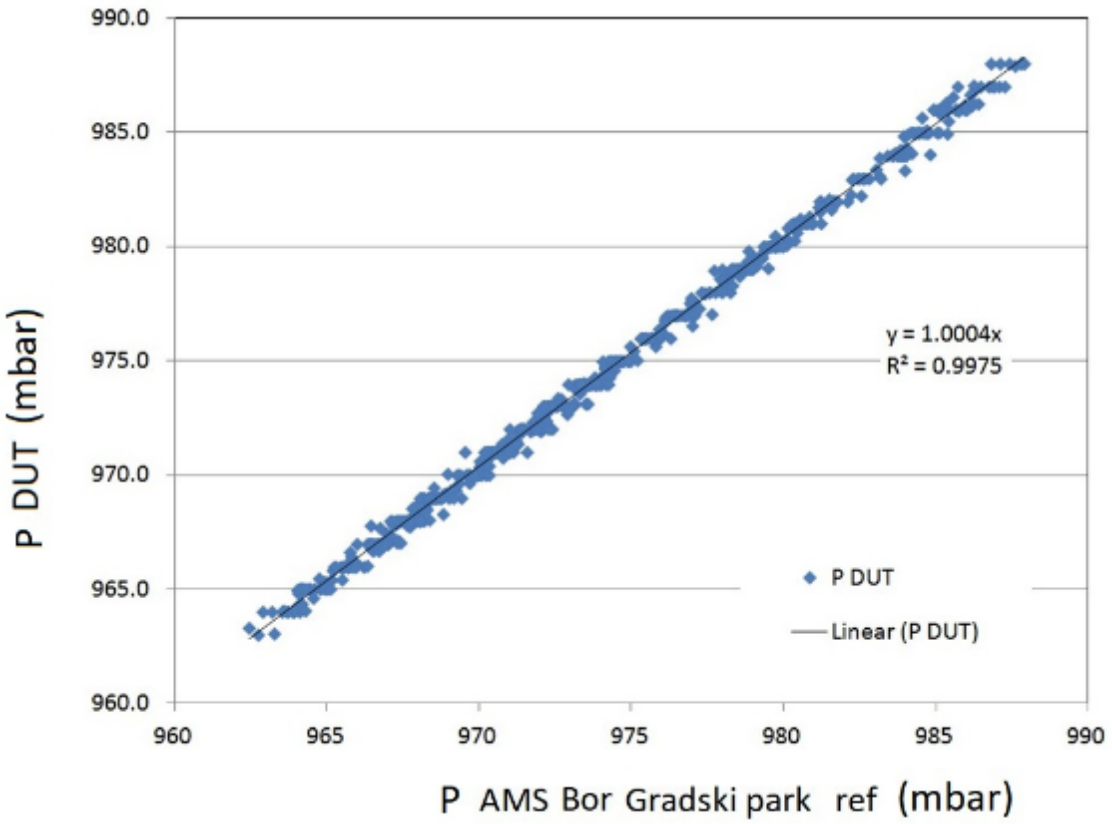
Testiranje karakteristike uređaja PAQMON 2020 na terenu





Co-funded by the European Union

Testiranje karakteristike uređaja PAQMON 2020 na terenu





Co-funded by the European Union

Zaključci

U ovoj prezentacijirešenja predstavljene su najvažnije karakteristike realizovanog uređaja za merenje kvaliteta vazduha PAQMAN 2020. Realizovani uređaj prvenstveno je namenjen za indikativna merenja PM_{10}, $PM_{2.5}$, CO_2, T, RH, P i formaldehida u unutrašnjem vazduhu (unutar objekata). Uređaj je jednostavan za rukovanje, troškovi izrade su niži u odnosu na slične proizvode koji se mogu naći u ponudi na tržištu, jednostavan je za postavljanje, kalibraciju i održavanje.

Co-funded by the European Union

Zaključci

Uređaj je testiran u laboratorijskim uslovima i na terenu, pri čemu je pokazao veoma dobru stabilnost i pouzdanost u radu. Primenljiv je za privremena ili kontinualna indikativna merenja kvaliteta vazduha u unutrašnjem prostoru i na terenu (uz primenu odgovarajućeg kućišta za zaštitu uređaja od atmosfereskih padavina).

Veoma je važno istaći da, pre upotrebe, svaki uređaj za merenje kvaliteta vazduha koji je zasnovan na primeni jeftinih senzora treba da prođe odgovarajuće procedure obezbeđenja i kontrole kvaliteta, kako u laboratorijskim uslovima, tako i na terenu.

Co-funded by the European Union

Sadržaj prezentacije:

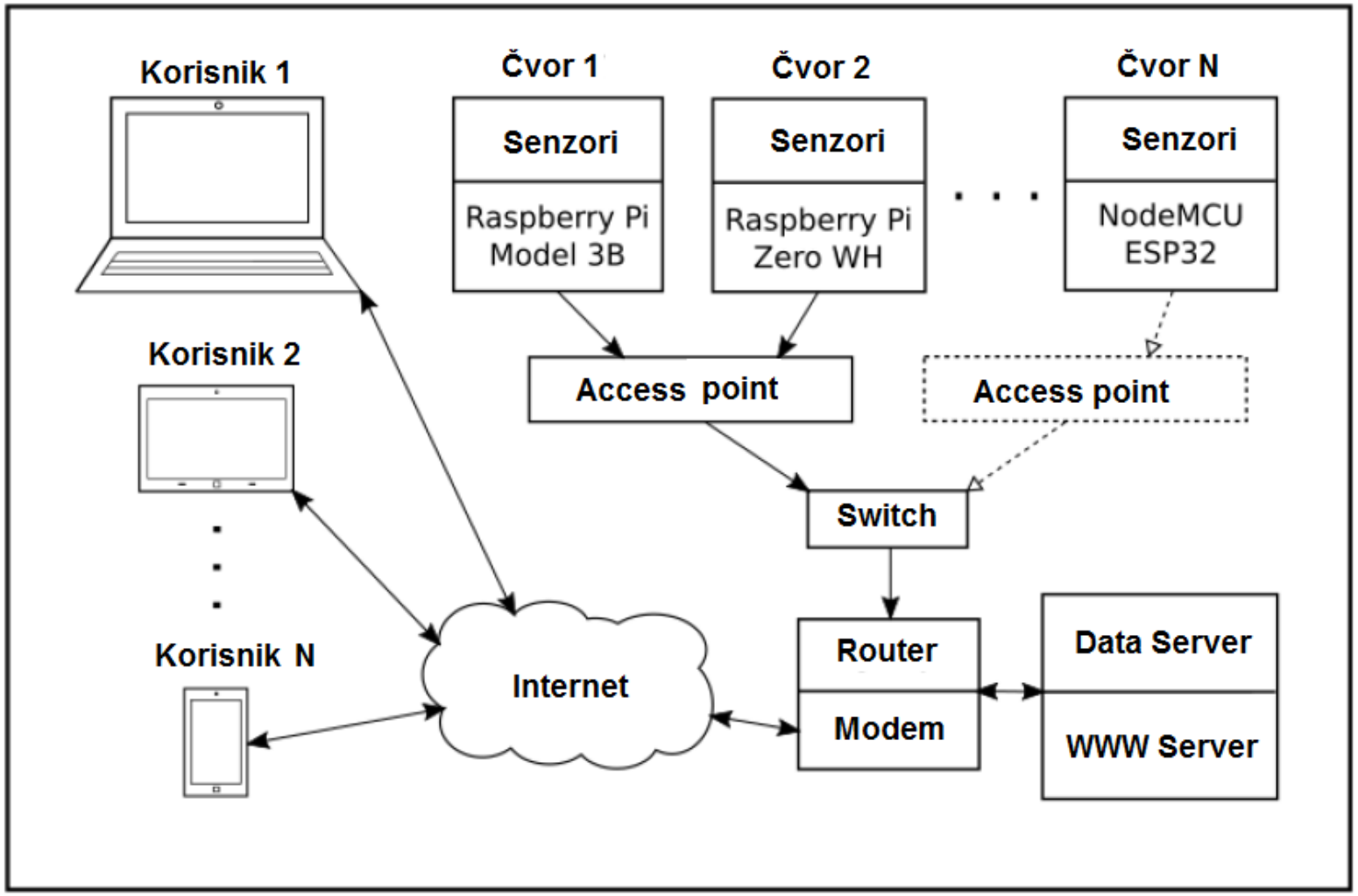
1. Elementi senzorske mreže
2. Primer senzorske mreže za monitoring kvaliteta vazduha sa bazom podataka u oblaku
3. Primer senzorske mreže za monitoring kvaliteta vazduha sa bazom podataka u lokalnoj računarskoj mreži
4. Prezentacija rezultata monitoringa kvaliteta vazduha putem www servisa na Internetu
5. Zaključci

Co-funded by the European Union

Elementi senzorske mreže u slučaju kada je baza podataka u okviru lokalne računarske mreže

Sistem za monitoring kvaliteta vazduha predstavlja računarsku mrežu koja se sastoji od čvorova sa senzorskim modulima (low-cost senzorske platforme) i servera na kome se prikupljaju i čuvaju podaci sa čvorova.

Mini računari Raspberry Pi i mikrokontroler NodeMCU ESP32 se koriste za implementaciju čvorova, a kao serveri mogu da se koriste personalni računari sa Windows ili Linux operativnim sistemom.

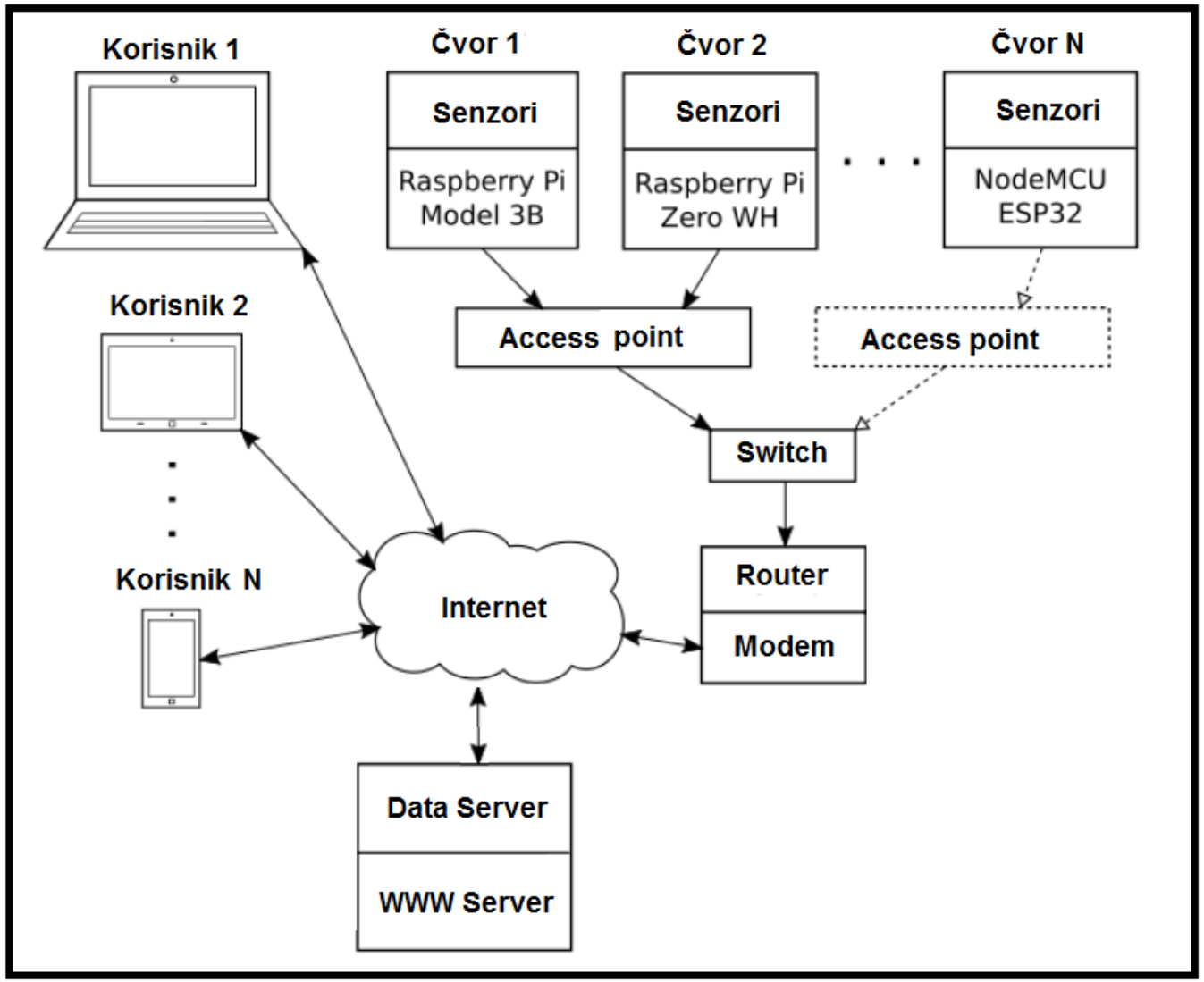


Co-funded by the European Union

Elementi senzorske mreže u slučaju kada je baza podataka u oblaku

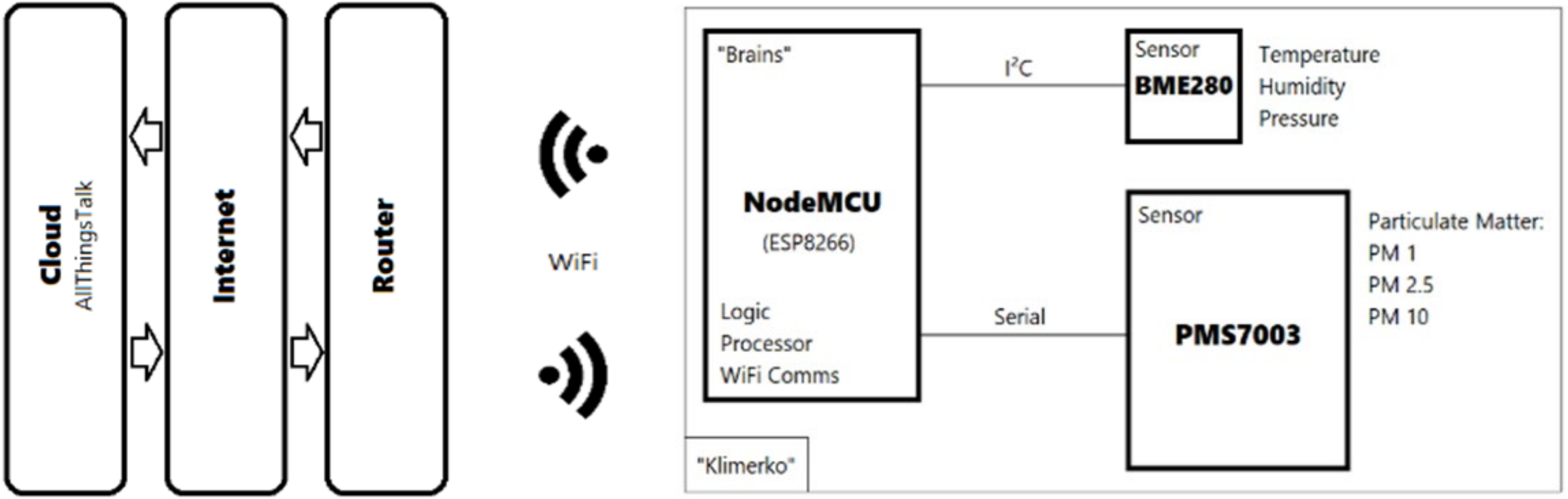
Sistem za monitoring kvaliteta vazduha predstavlja računarsku mrežu koja se sastoji od čvorova sa senzorskim modulima (low-cost senzorske platforme) i servera na kome se prikupljaju i čuvaju podaci sa čvorova.

Mini računari Raspberry Pi i mikrokontroler NodeMCU ESP32 se koriste za implementaciju čvorova, a kao serveri mogu da se koriste personalni računari sa Windows ili Linux operativnim sistemom.



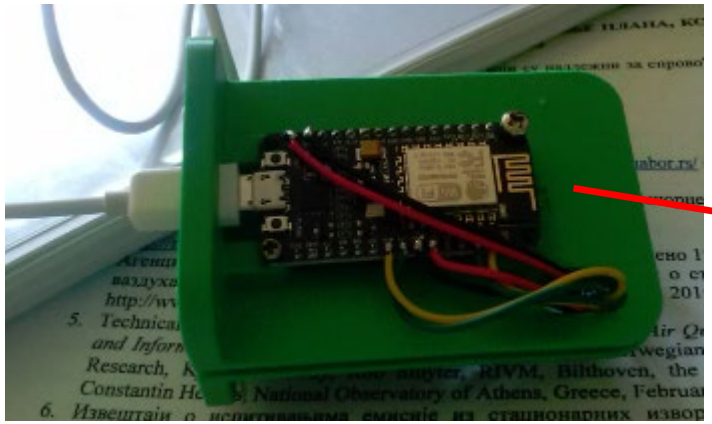
Co-funded by the European Union

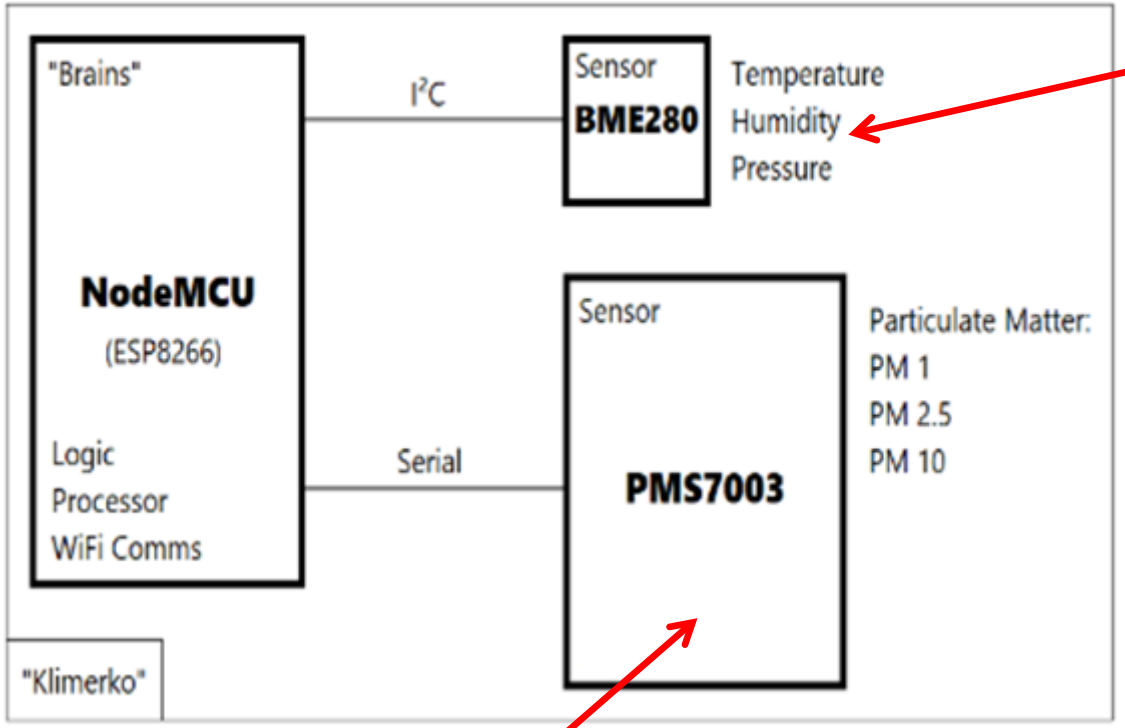
Primer senzorske mreže za praćenje kvaliteta vazduha sa bazom podataka u oblaku - KLIMERKO

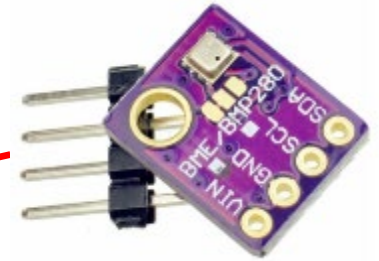


Co-funded by the European Union

Elementi čvora (node) senzorske mreže - Klimerko





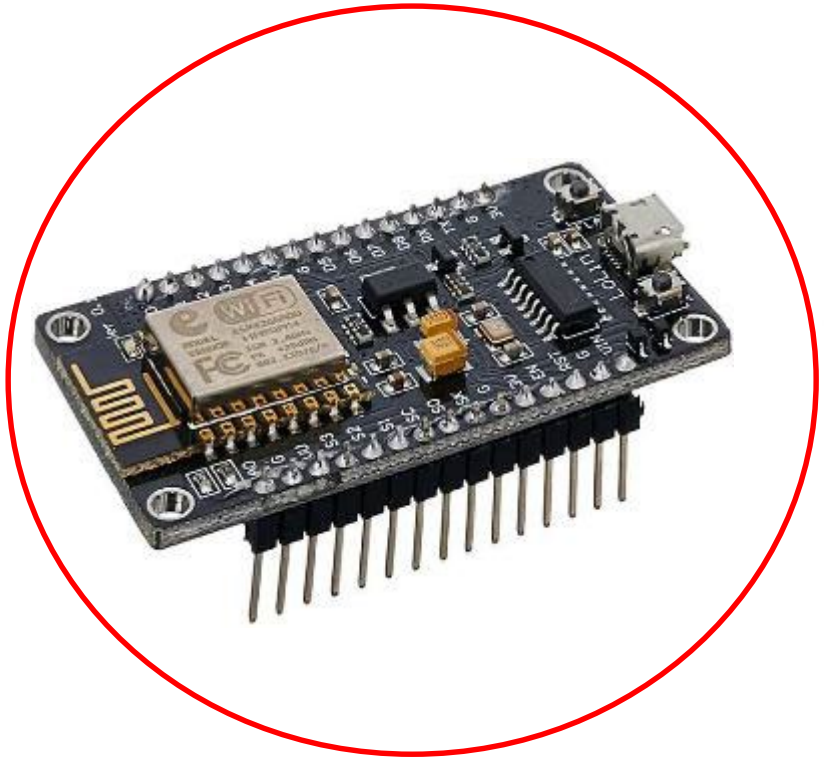




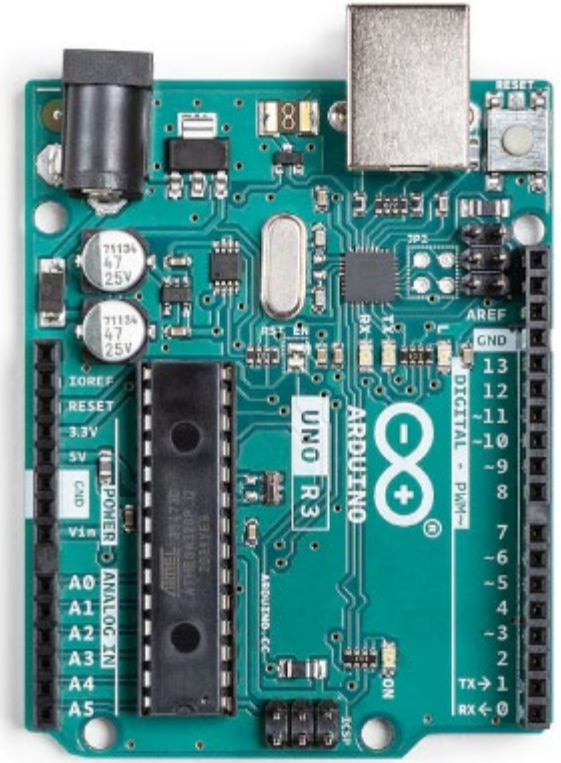


Co-funded by the European Union

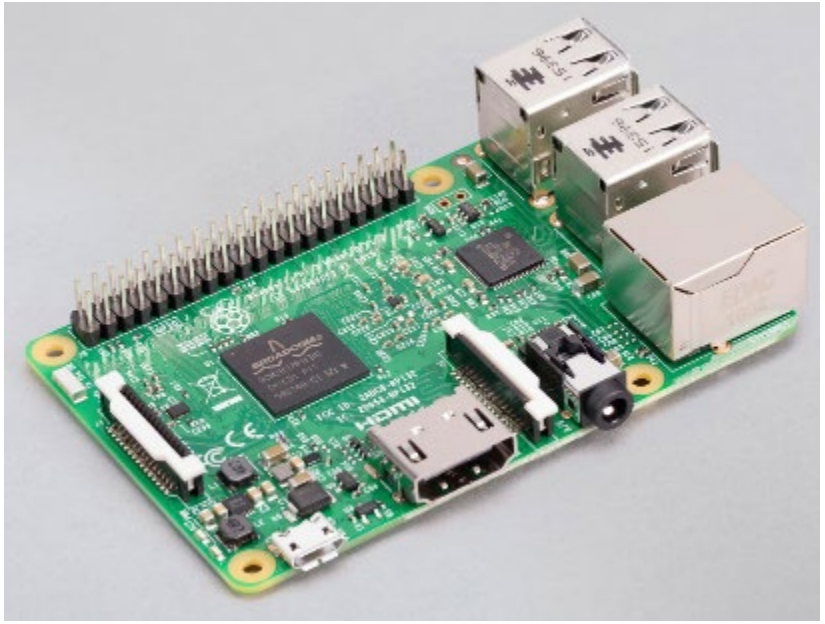
Hardverske platforme za realizaciju čvorova računarske mreže (NodeMCU, Arduino, Raspberry Pi)



NodeMCU



Arduino

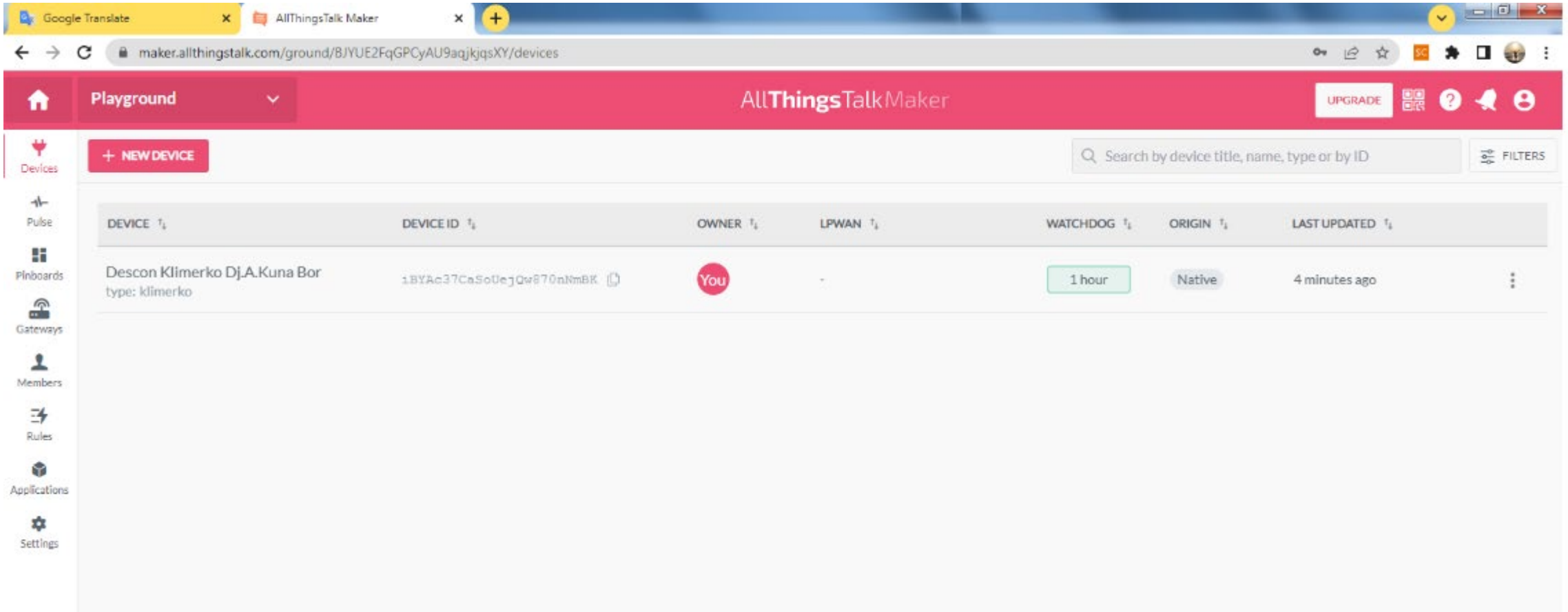


Raspberry Pi

Co-funded by the European Union

Interfejs za pristup bazi podataka u oblaku - AllThingsTalk

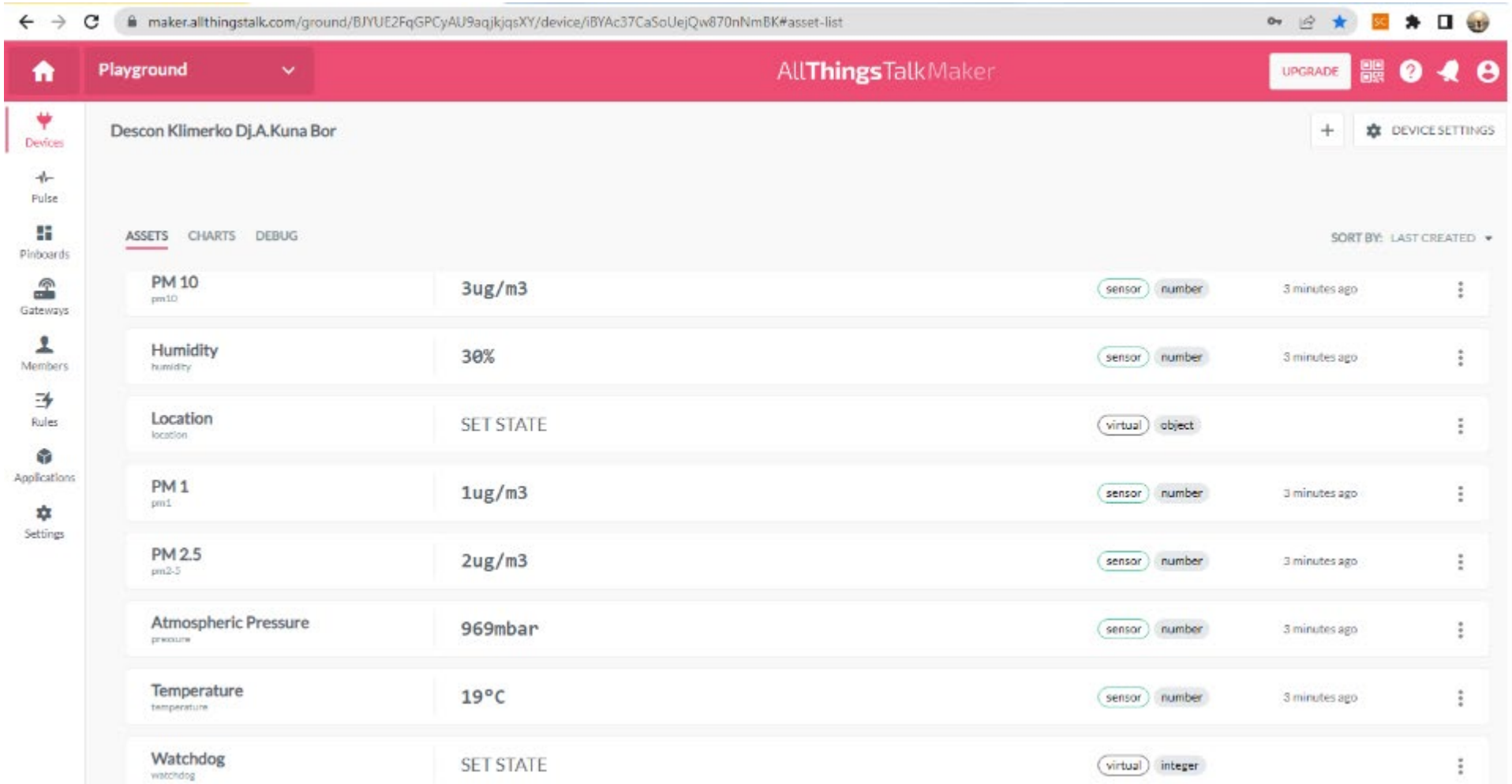
Pristup delu baze podataka koji je dodeljen svakom čvoru ponaosob



Co-funded by the European Union

Interfers za pristup bazi podataka u oblaku - AllThingsTalk

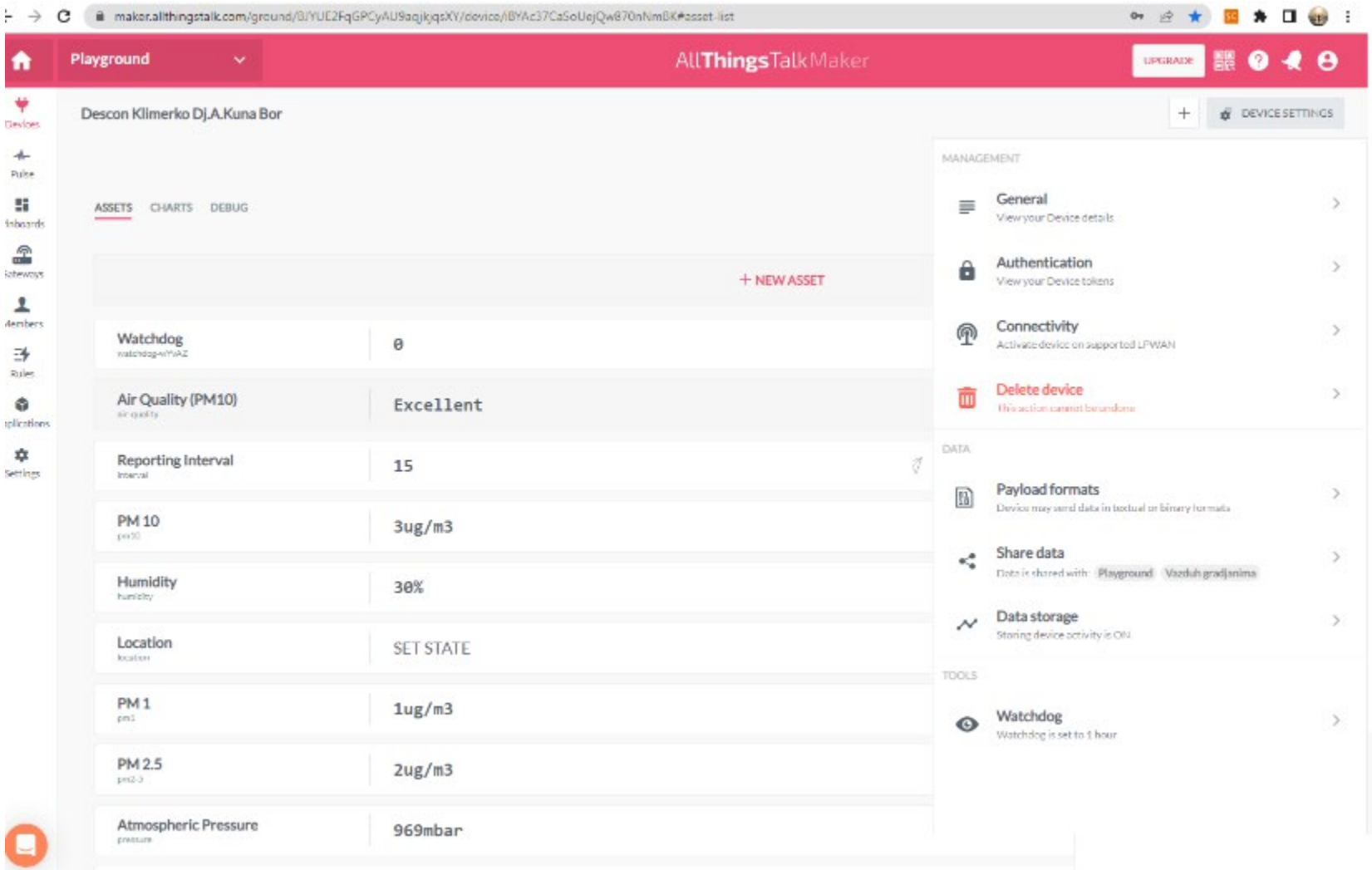
Pristup do svakog polja iz baze podataka sa opisima čvora mreže



Co-funded by the European Union

Interfejs za pristup bazi podataka u oblaku - AllThingsTalk

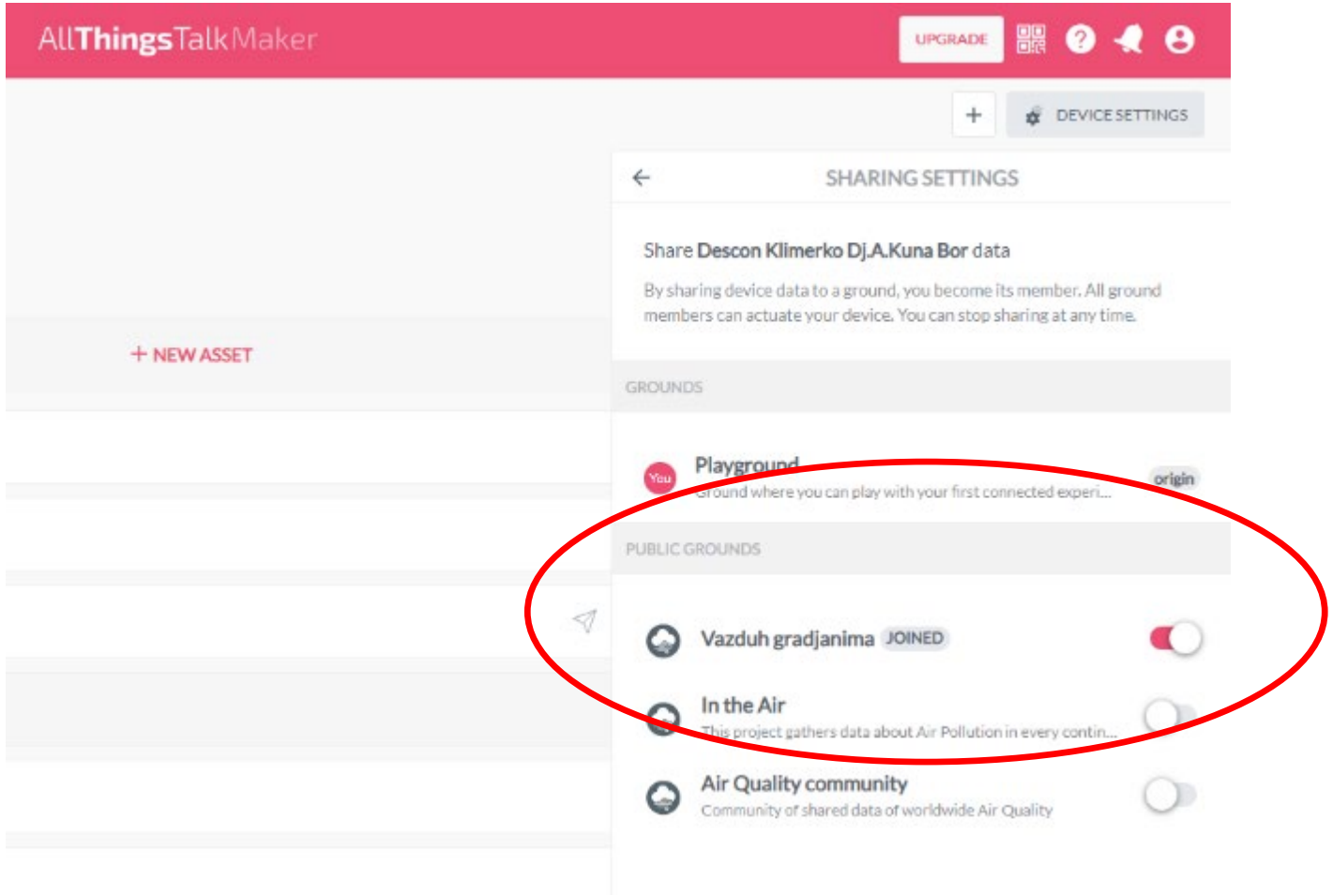
Podešavanje osobina polja u bazi podataka za dati čvor mreže



Co-funded by the European Union

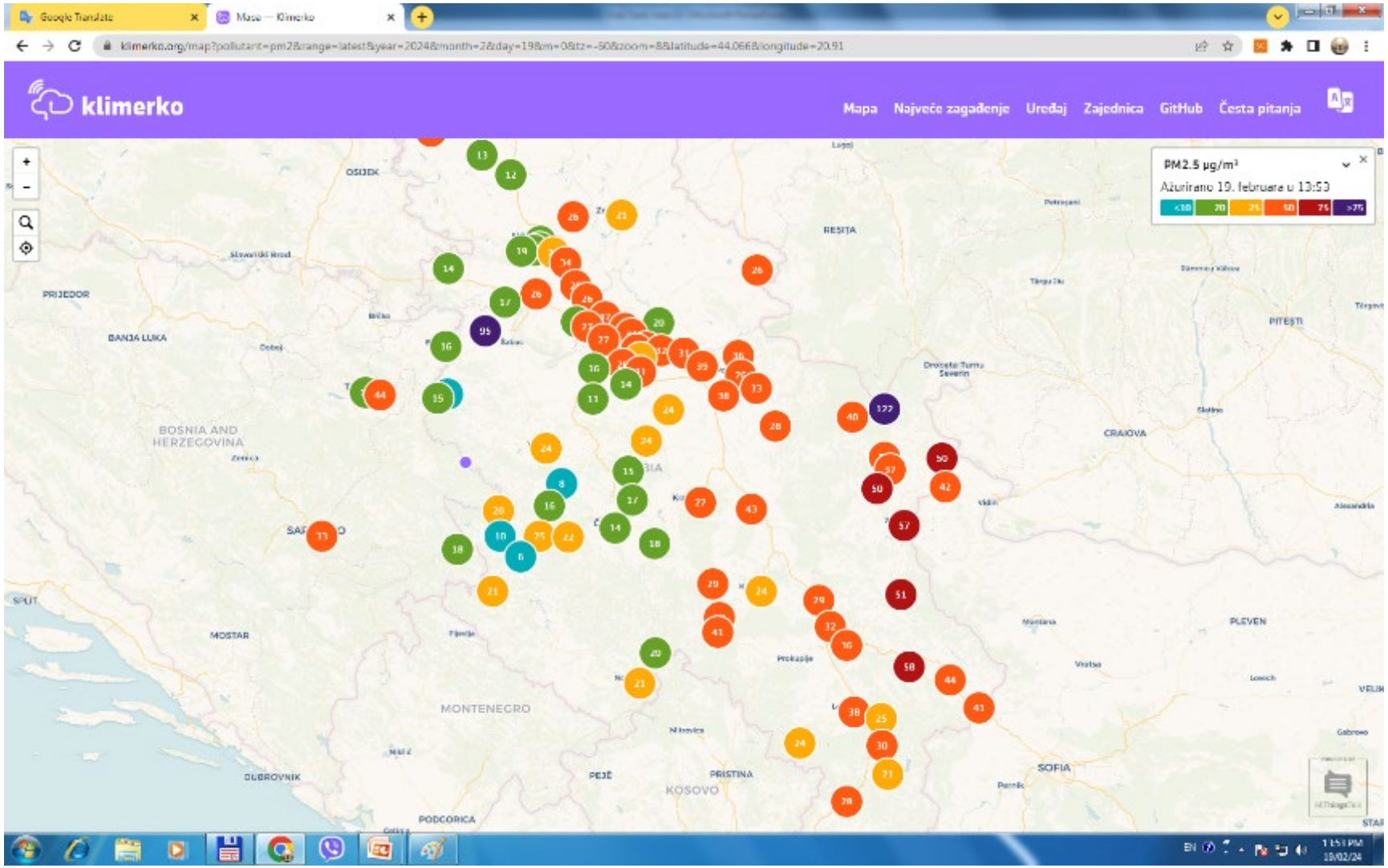
Interfejs za pristup bazi podataka u oblaku - AllThingsTalk

Definisanje prava pristupa podacima iz baze podataka za dati čvor



Co-funded by the European Union

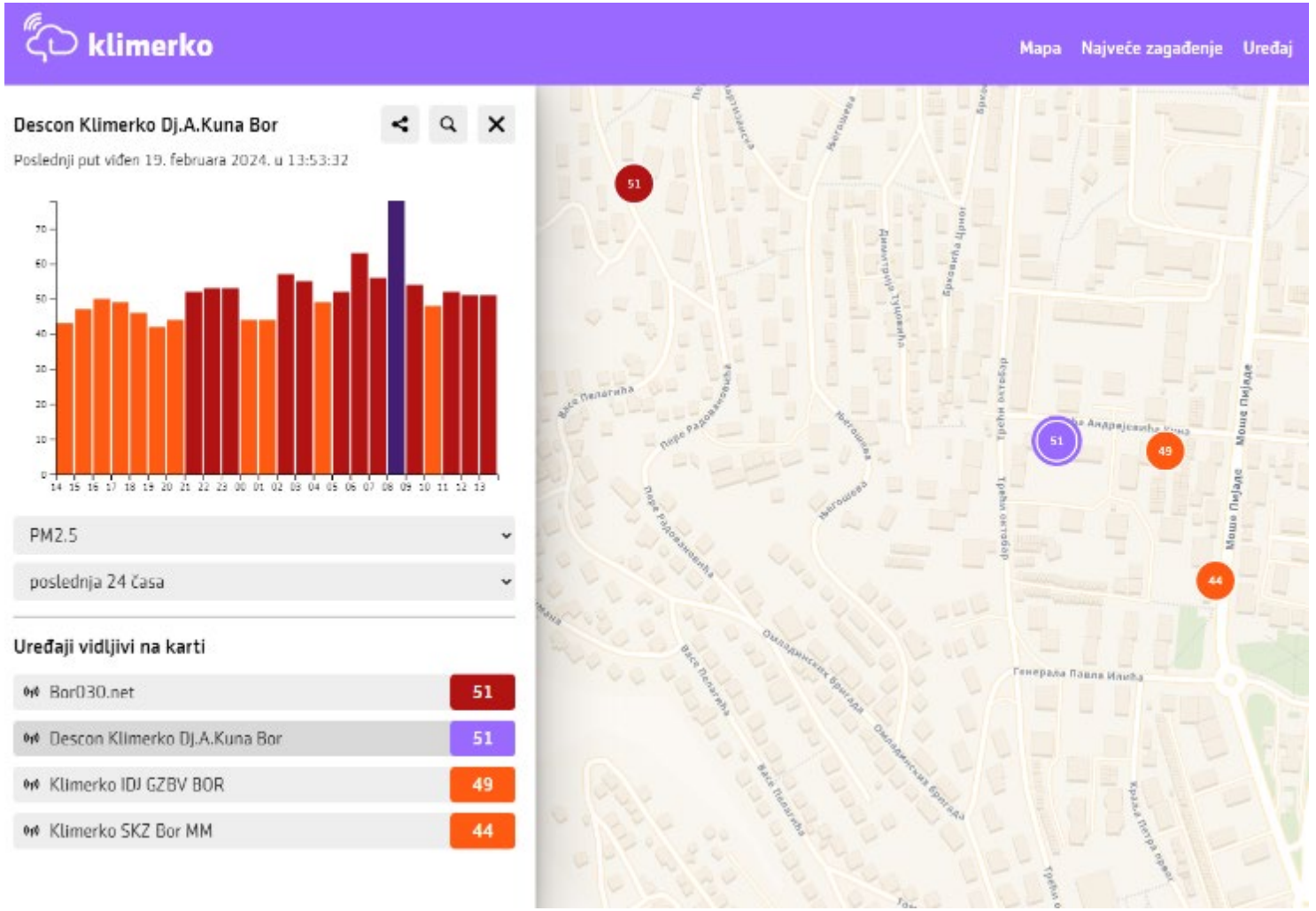
WWW aplikacija za prikaz rezultata monitoringa kvaliteta vazduha



Co-funded by the European Union

WWW aplikacija za prikaz rezultata monitoringa kvaliteta vazduha

Informacije o zagađenju vazduha preuzete iz baze podataka koja se nalazi u oblaku, za konkretan čvor senzorske mreže



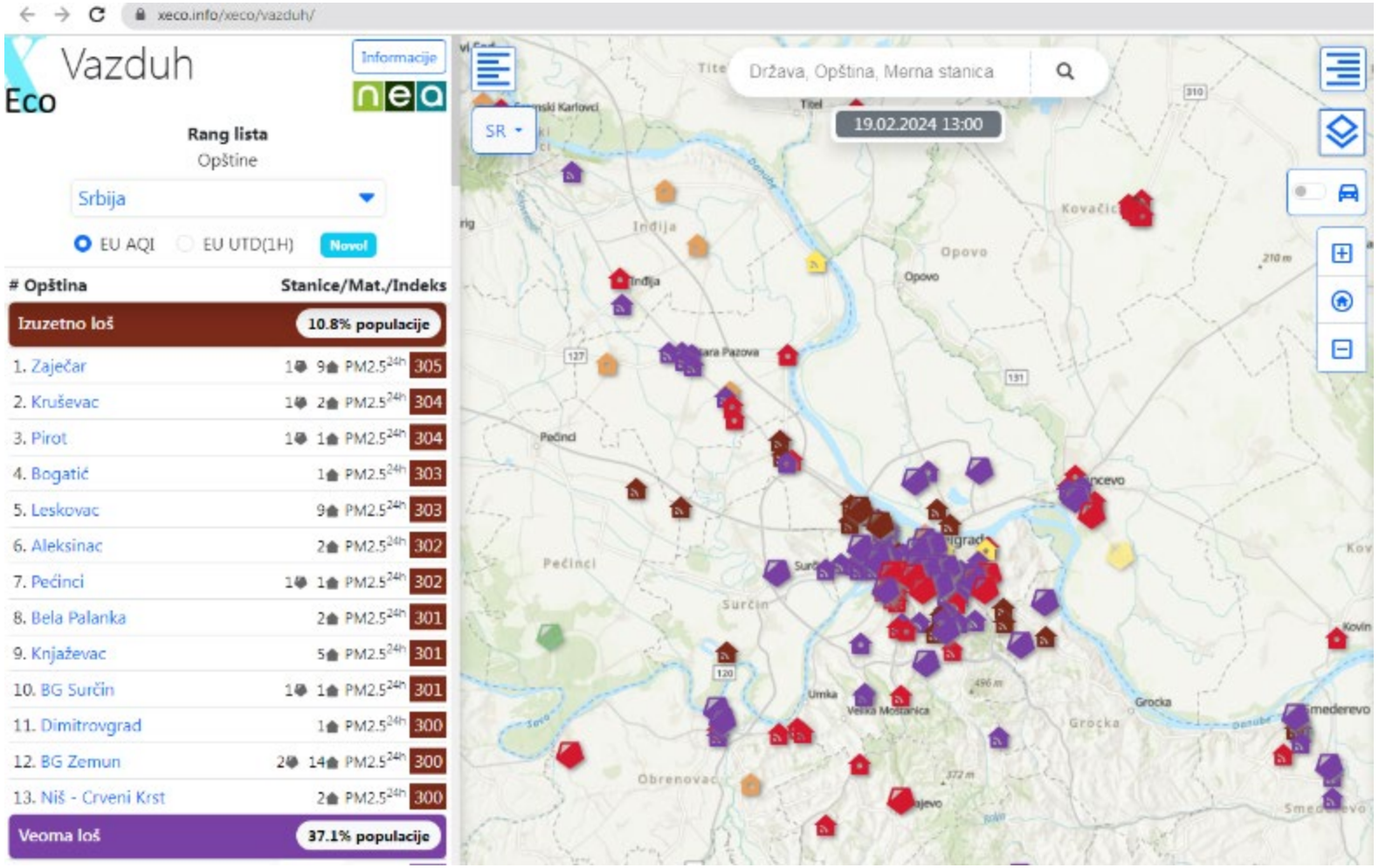
Co-funded by the European Union

WWW aplikacija za prikaz rezultata monitoringa kvaliteta vazduha

Informacije o zagađenju vazduha preuzete iz različitih baza podataka

www aplikacija

https://xeco.info/xeco/vazduh/

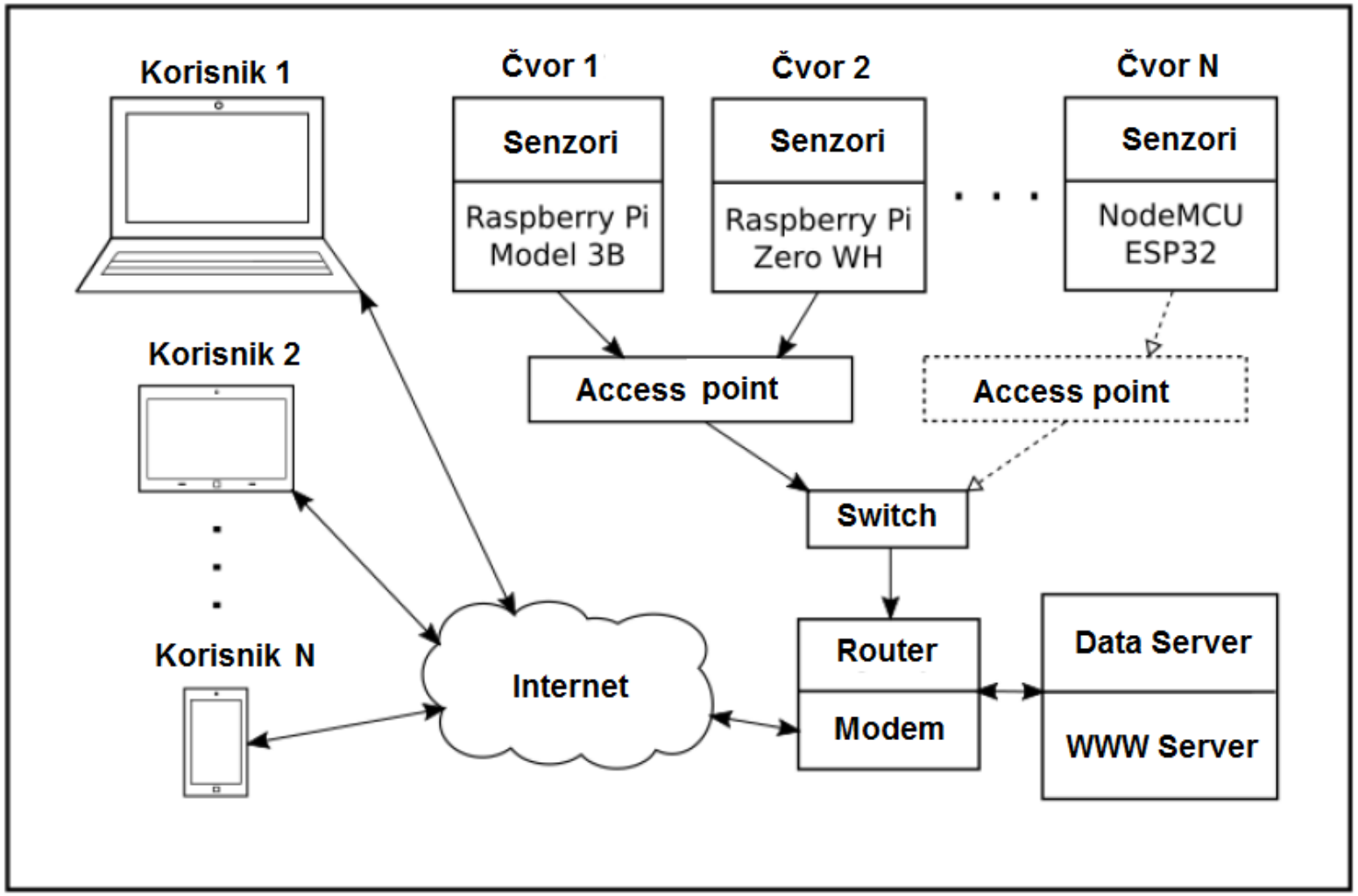


Co-funded by the European Union

Elementi senzorske mreže u slučaju kada je baza podataka u okviru lokalne računarske mreže

Sistem za monitoring kvaliteta vazduha predstavlja računarsku mrežu koja se sastoji od čvorova sa senzorskim modulima (low-cost senzorske platforme) i servera na kome se prikupljaju i čuvaju podaci sa čvorova.

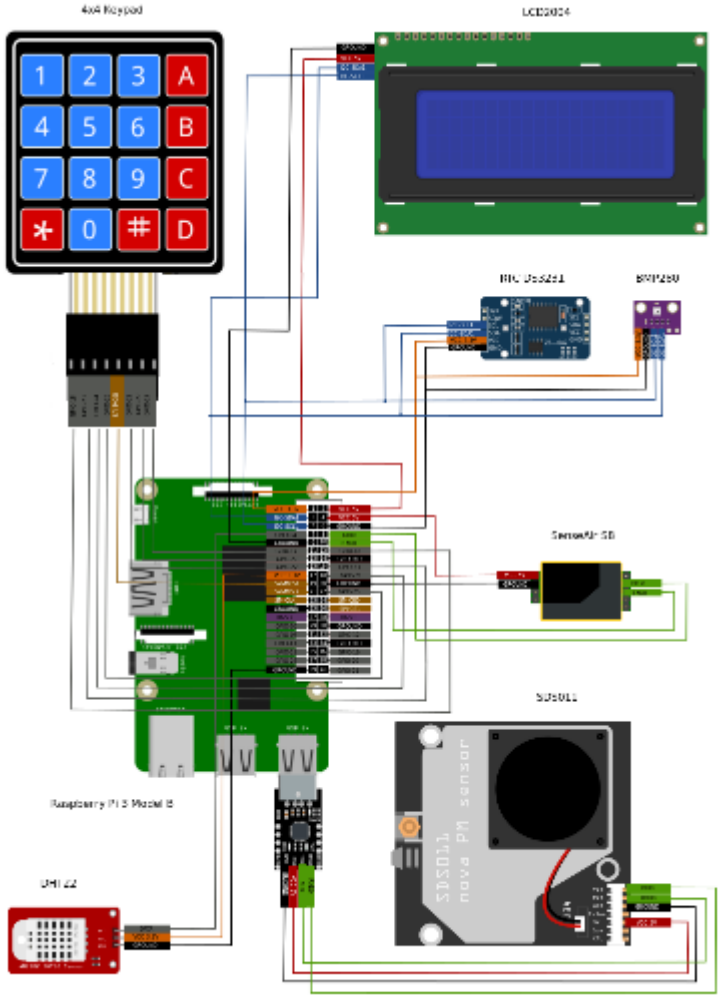
Mini računari Raspberry Pi i mikrokontroler NodeMCU ESP32 se koriste za implementaciju čvorova, a kao serveri mogu da se koriste personalni računari sa Windows ili Linux operativnim sistemom.

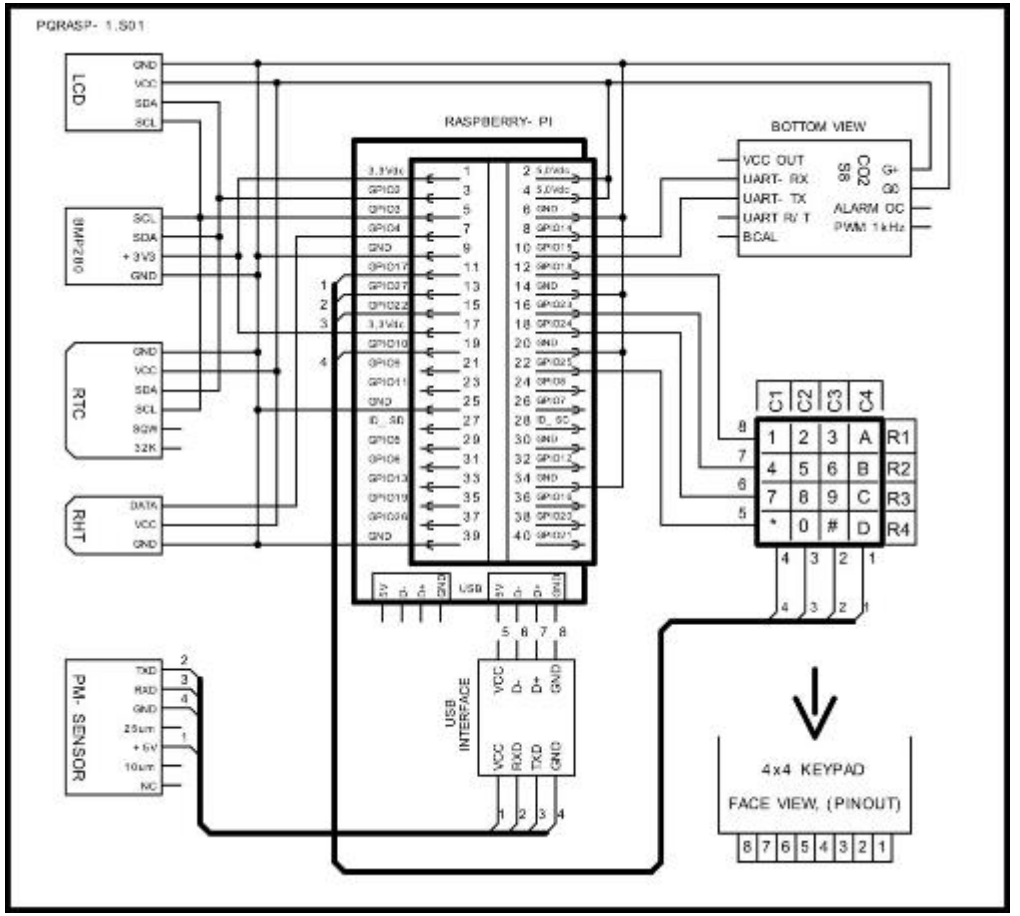


Co-funded by the European Union

Safety 4EU

Primer senzorske mreže za praćenje kvaliteta vazduha sa bazom podataka i www serverom u okviru lokalne računarske mreže

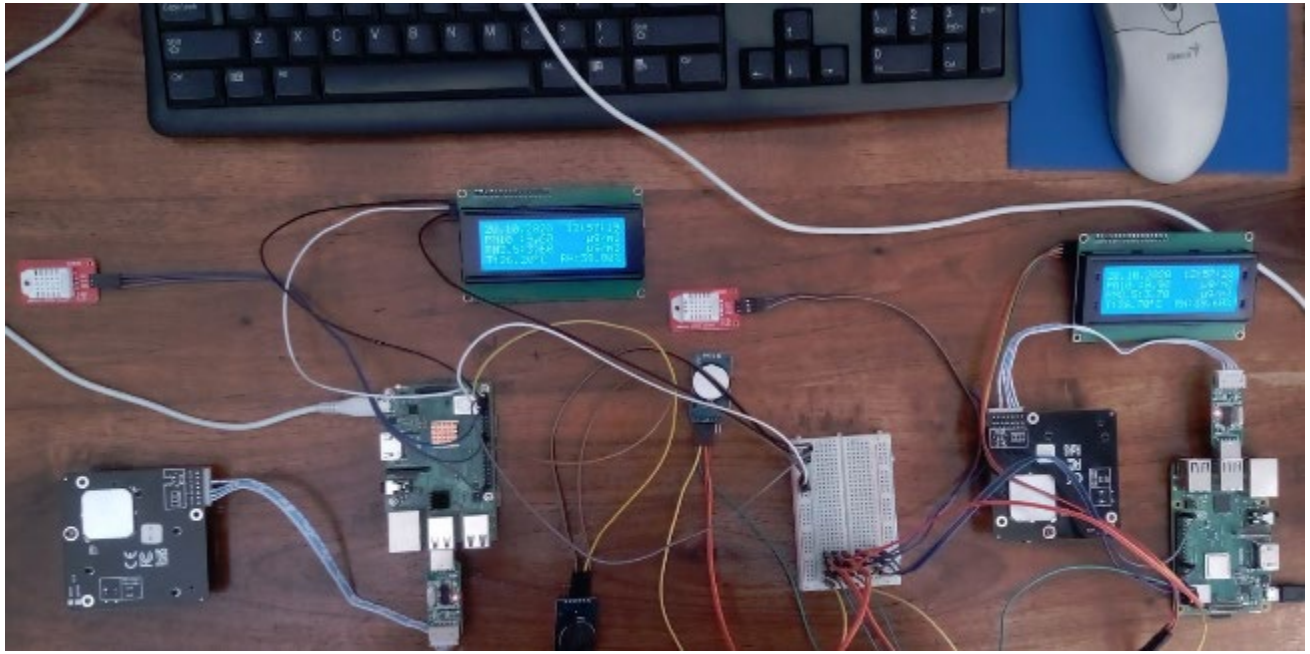




Co-funded by the European Union

Primer senzorske mreže za kontrolu kvaliteta vazduha sa bazom podataka i www serverom u okviru lokalne računarske mreže

Testiranje elemenata čvorova mreže za kontrolu kvaliteta vazduha u unutrašnjem prostoru objekata



Izgled realizovanog čvora mreže

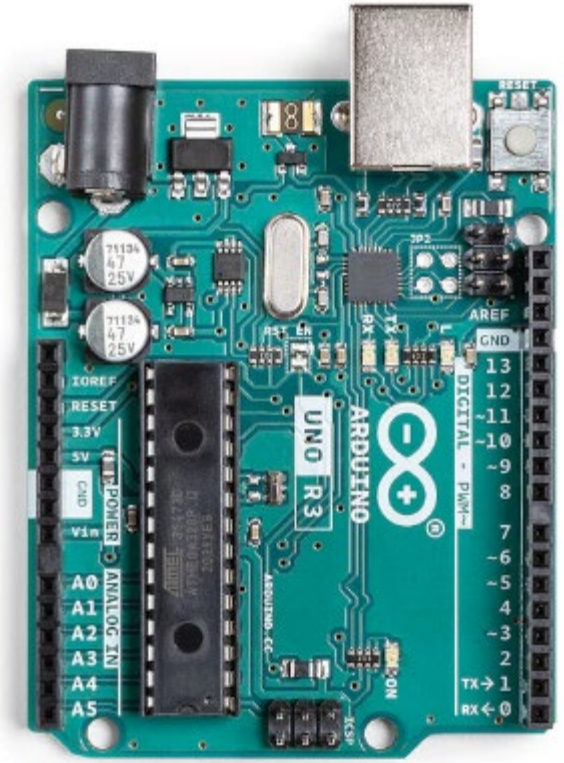


Co-funded by the European Union

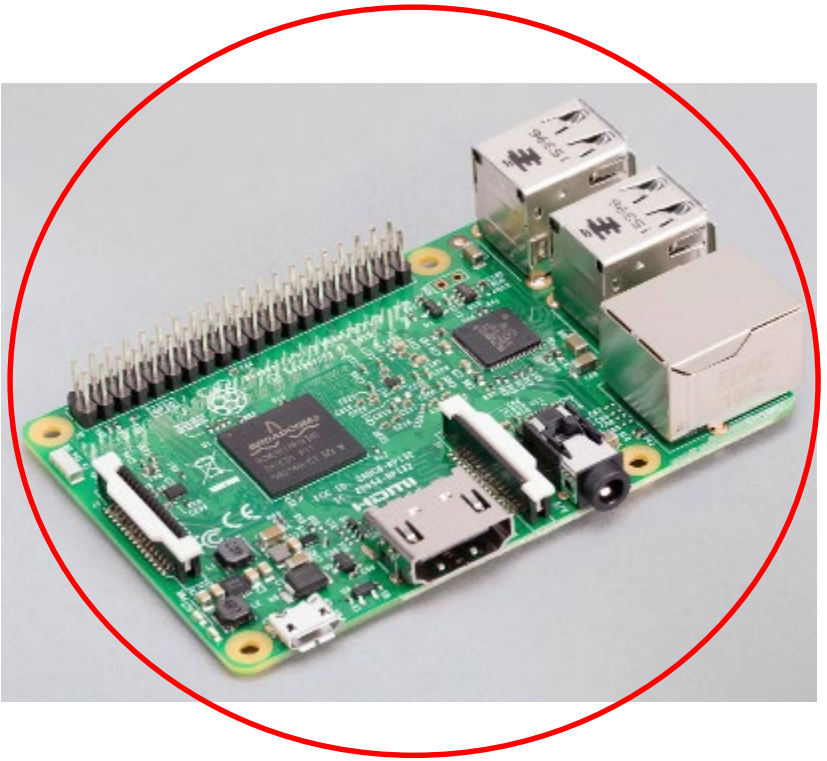
Hardverske platforme za realizaciju čvorova računarske mreže (NodeMCU, Arduino, Raspberry Pi)



NodeMCU



Arduino

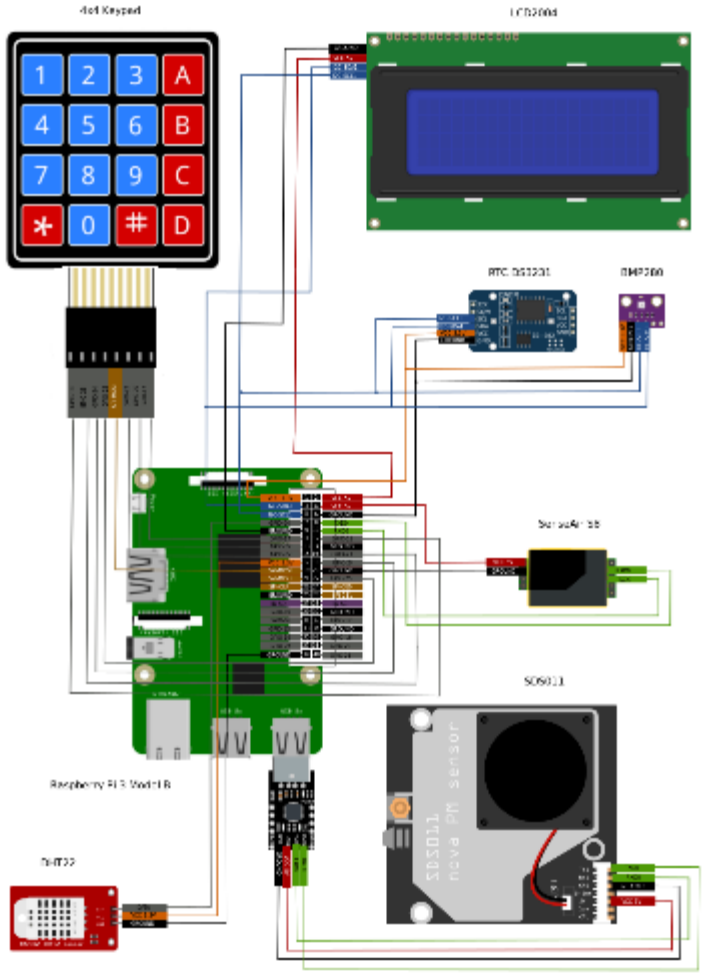


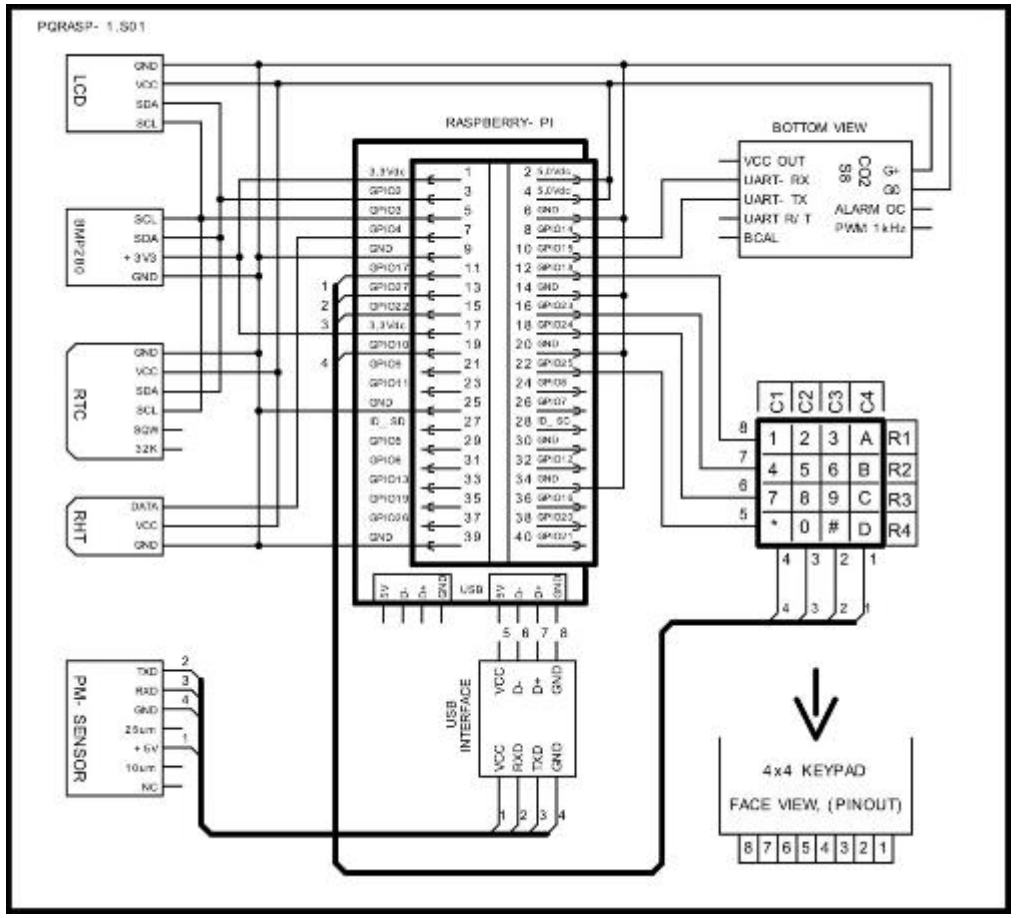
Raspberry Pi

Co-funded by the European Union

Safety 4EU

Primer senzorske mreže za praćenje kvaliteta vazduha sa bazom podataka i www serverom u okviru lokalne računarske mreže

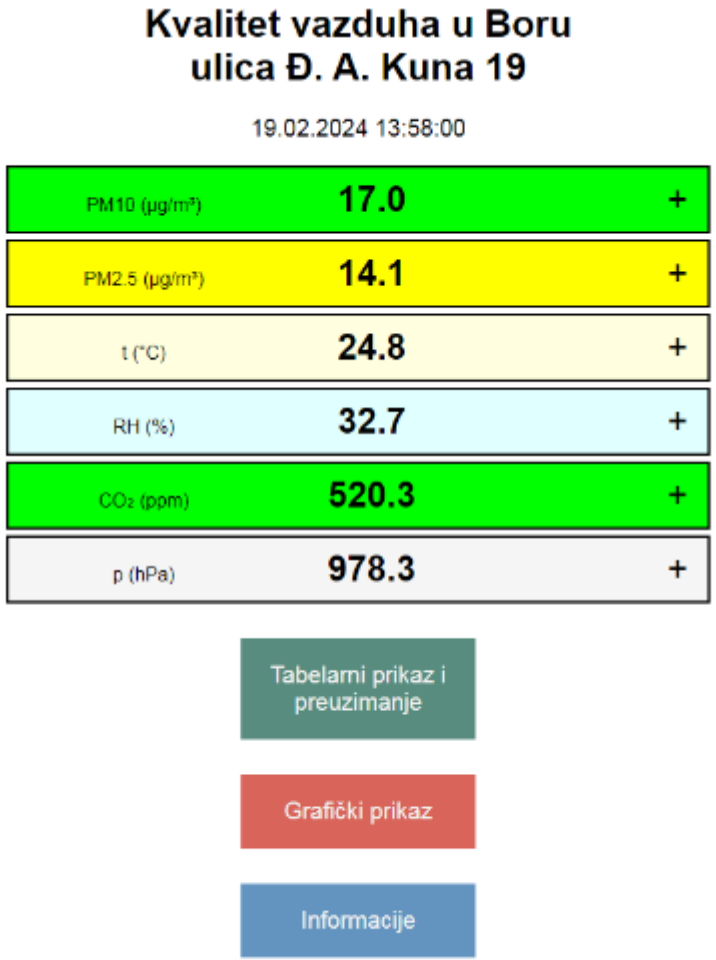




Co-funded by the European Union

Prezentacija rezultata monitoringa kvaliteta vazduha na Internetu

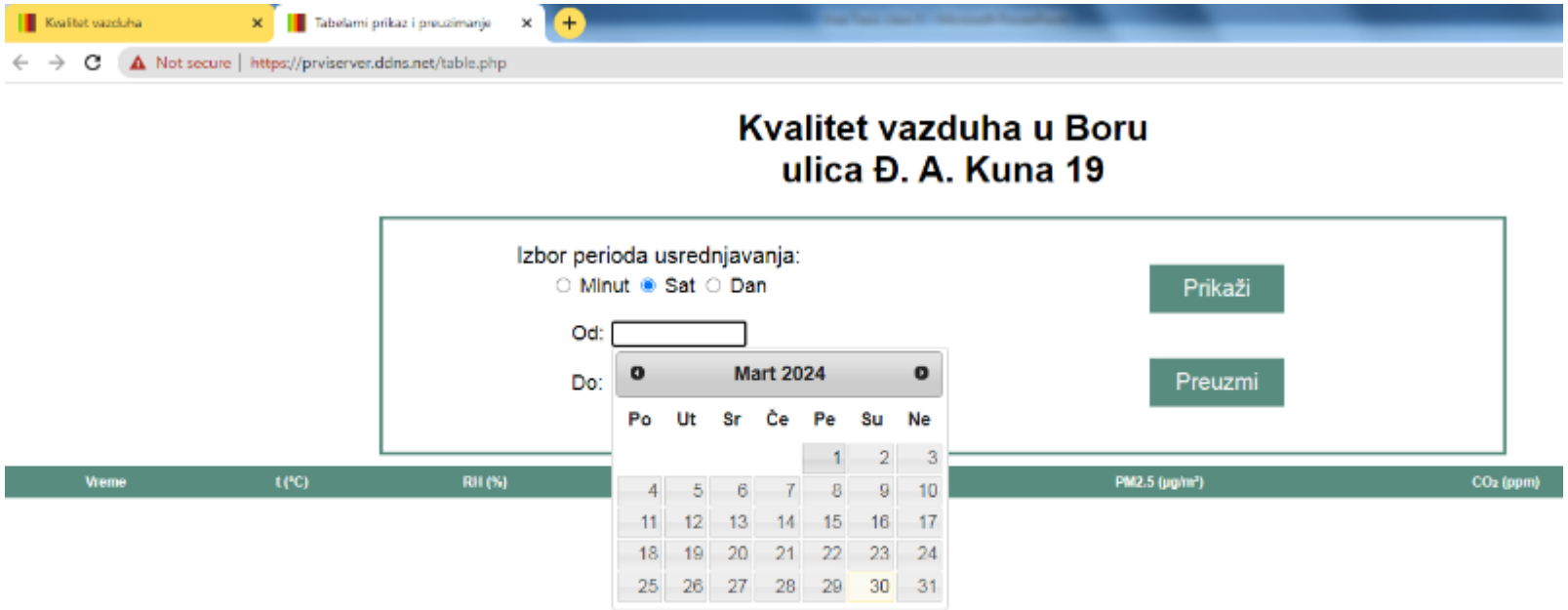
Primer www strane sa prikazom informacija o stanju kvaliteta vazduha u unutrašnjem prostoru



Co-funded by the European Union

Prezentacija rezultata monitoringa kvaliteta vazduha na Internetu

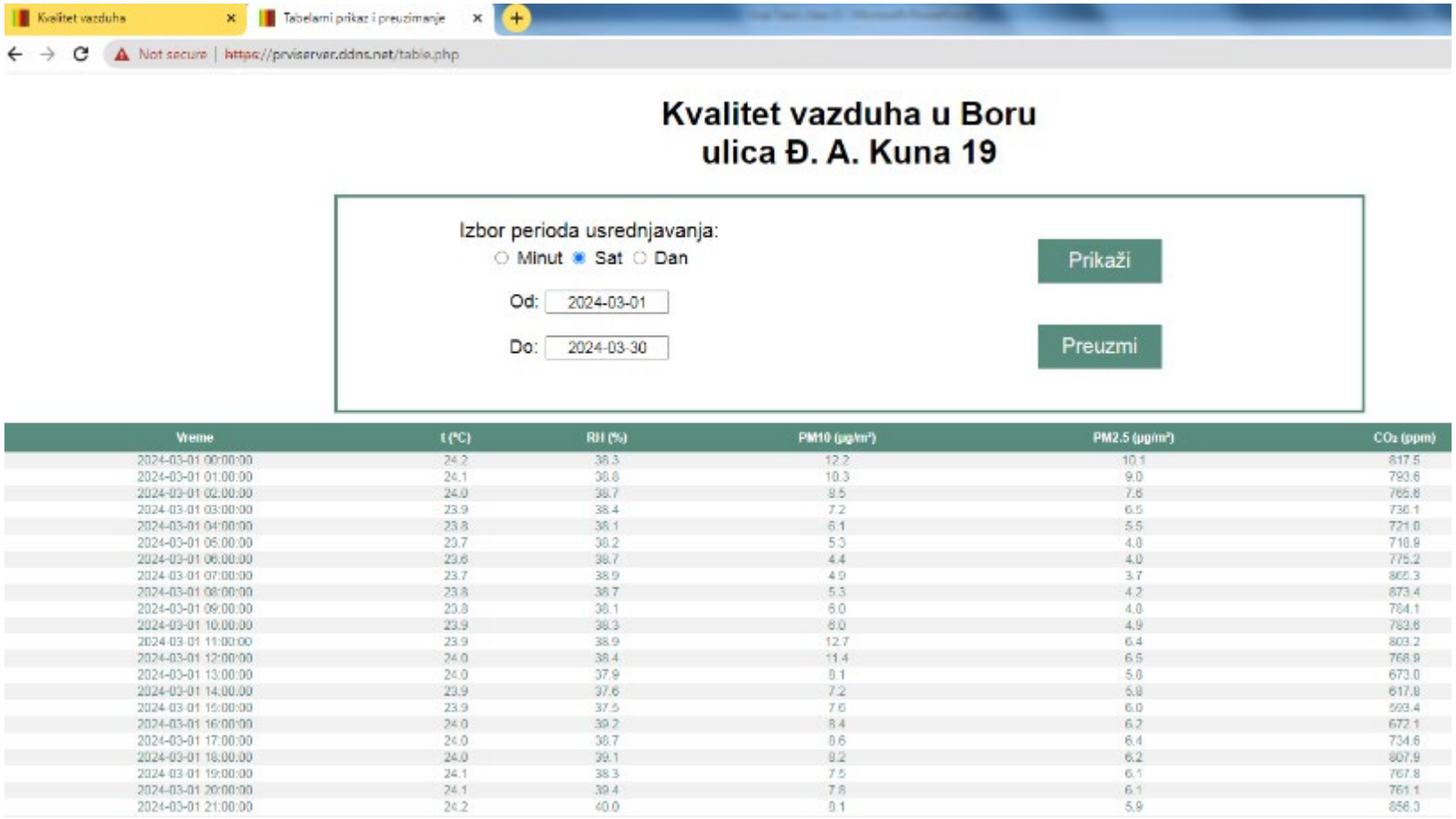
Primer www strane sa prikazom informacija o stanju kvaliteta vazduha u unutrašnjem prostoru



Co-funded by the European Union

Prezentacija rezultata monitoringa kvaliteta vazduha na Internetu

Primer www strane sa prikazom informacija o stanju kvaliteta vazduha u unutrašnjem prostoru

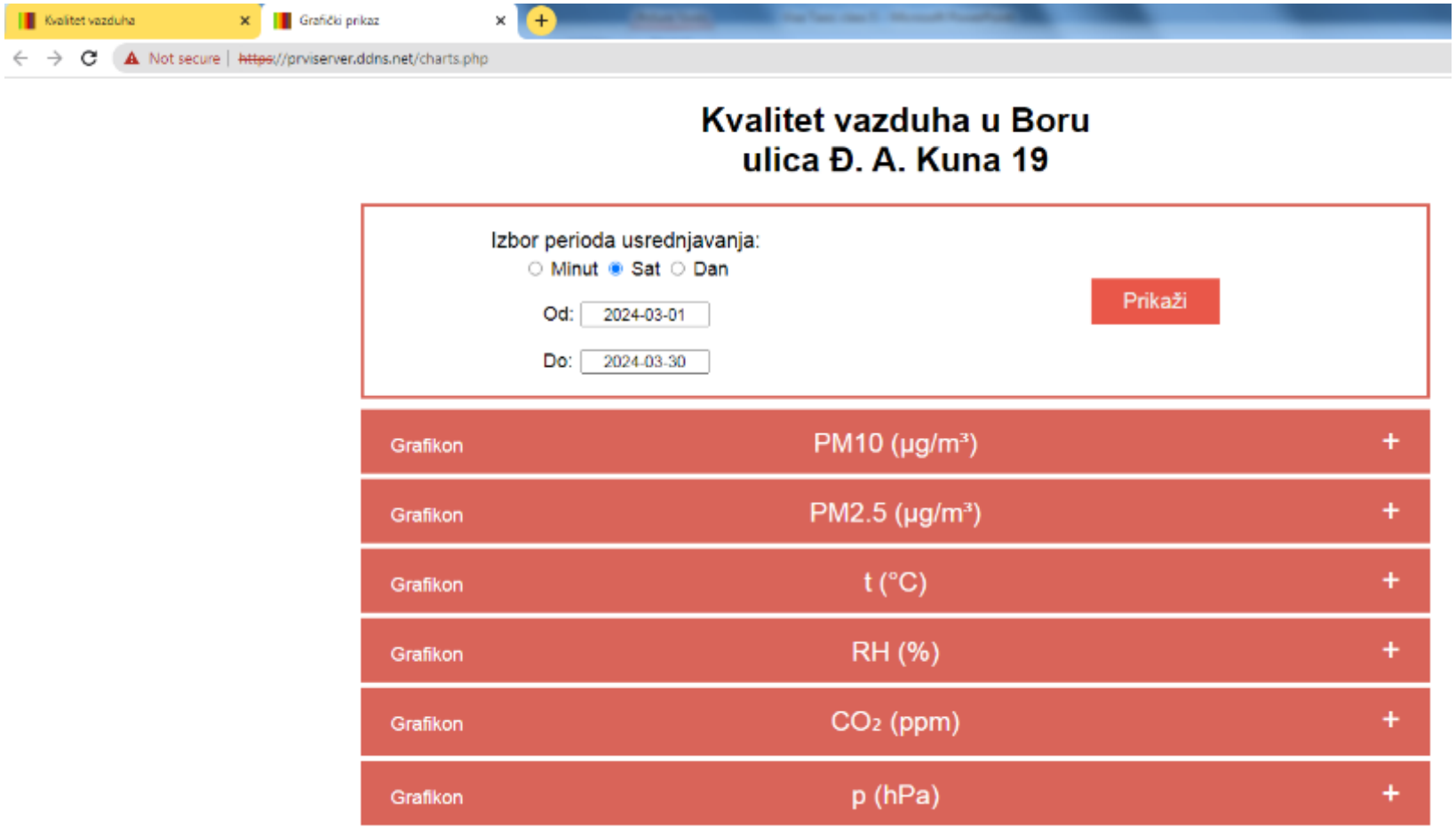


Vreme	t (°C)	RH (%)	PM10 (µg/m³)	PM2.5 (µg/m³)	CO_2 (ppm)
2024-03-01 00:00:00	24.2	38.3	12.2	10.1	817.5
2024-03-01 01:00:00	24.1	38.6	10.3	9.0	793.6
2024-03-01 02:00:00	24.0	38.7	9.5	7.6	765.8
2024-03-01 03:00:00	23.9	38.4	7.2	6.5	736.1
2024-03-01 04:00:00	23.8	38.1	6.1	5.5	721.0
2024-03-01 05:00:00	23.7	38.2	5.3	4.8	718.9
2024-03-01 06:00:00	23.6	38.7	4.4	4.0	775.2
2024-03-01 07:00:00	23.7	38.9	4.9	3.7	865.3
2024-03-01 08:00:00	23.8	38.7	5.3	4.2	873.4
2024-03-01 09:00:00	23.8	38.1	6.0	4.8	784.1
2024-03-01 10:00:00	23.9	38.3	6.0	4.9	783.6
2024-03-01 11:00:00	23.9	38.9	12.7	6.4	803.2
2024-03-01 12:00:00	24.0	38.4	11.4	6.5	768.9
2024-03-01 13:00:00	24.0	37.9	9.1	5.8	673.0
2024-03-01 14:00:00	23.9	37.6	7.2	5.8	617.8
2024-03-01 15:00:00	23.9	37.5	7.6	6.0	593.4
2024-03-01 16:00:00	24.0	39.2	8.4	6.2	672.1
2024-03-01 17:00:00	24.0	38.7	9.6	6.4	734.6
2024-03-01 18:00:00	24.0	39.1	9.2	6.2	807.9
2024-03-01 19:00:00	24.1	38.3	7.5	6.1	767.8
2024-03-01 20:00:00	24.1	39.4	7.8	6.1	761.1
2024-03-01 21:00:00	24.2	40.0	9.1	5.9	856.3

Co-funded by the European Union

Prezentacija rezultata monitoringa kvaliteta vazduha na Internetu

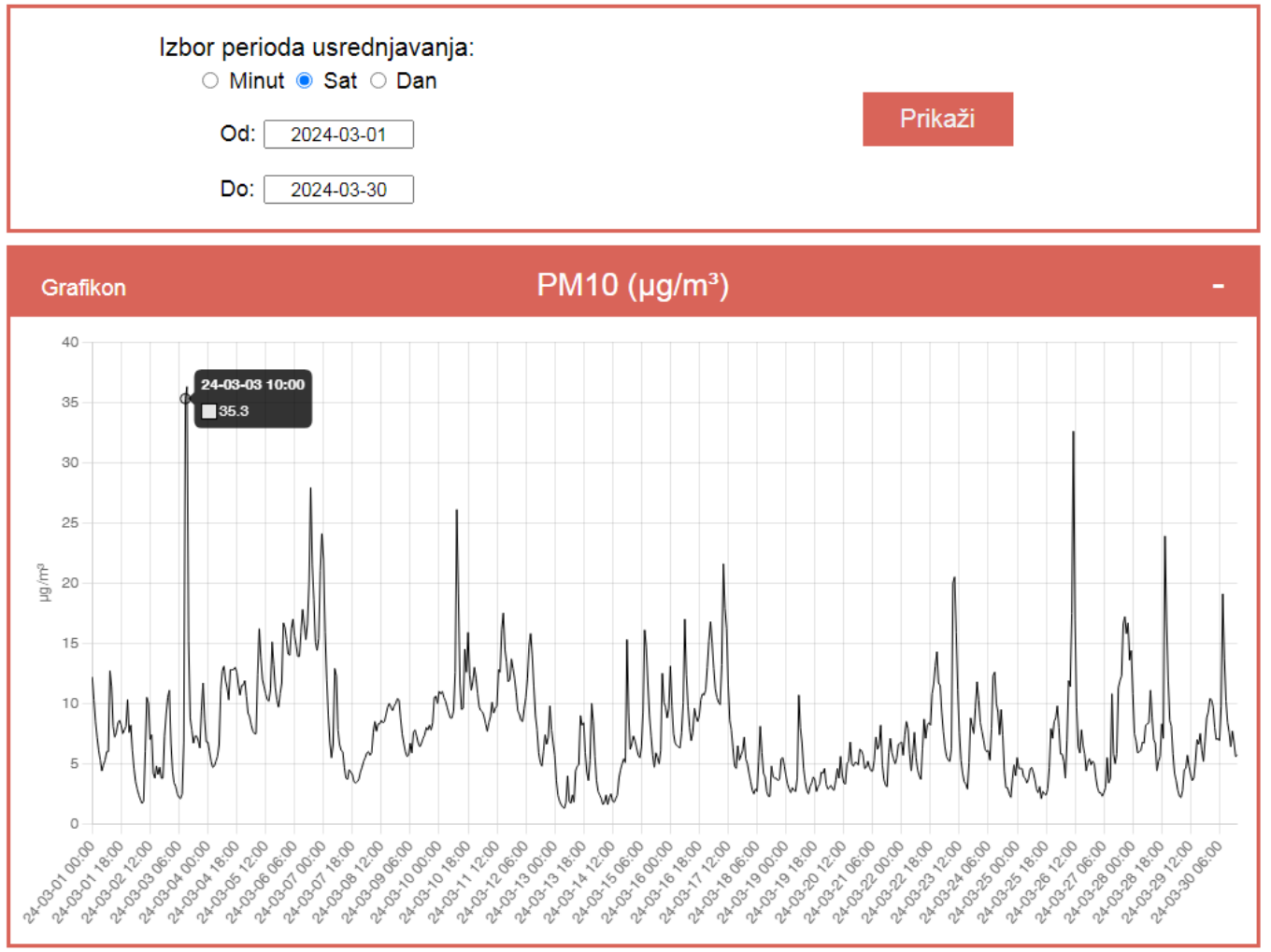
Primer www strane sa prikazom informacija o stanju kvaliteta vazduha u unutrašnjem prostoru



Co-funded by the European Union

Prezentacija rezultata monitoringa kvaliteta vazduha na Internetu

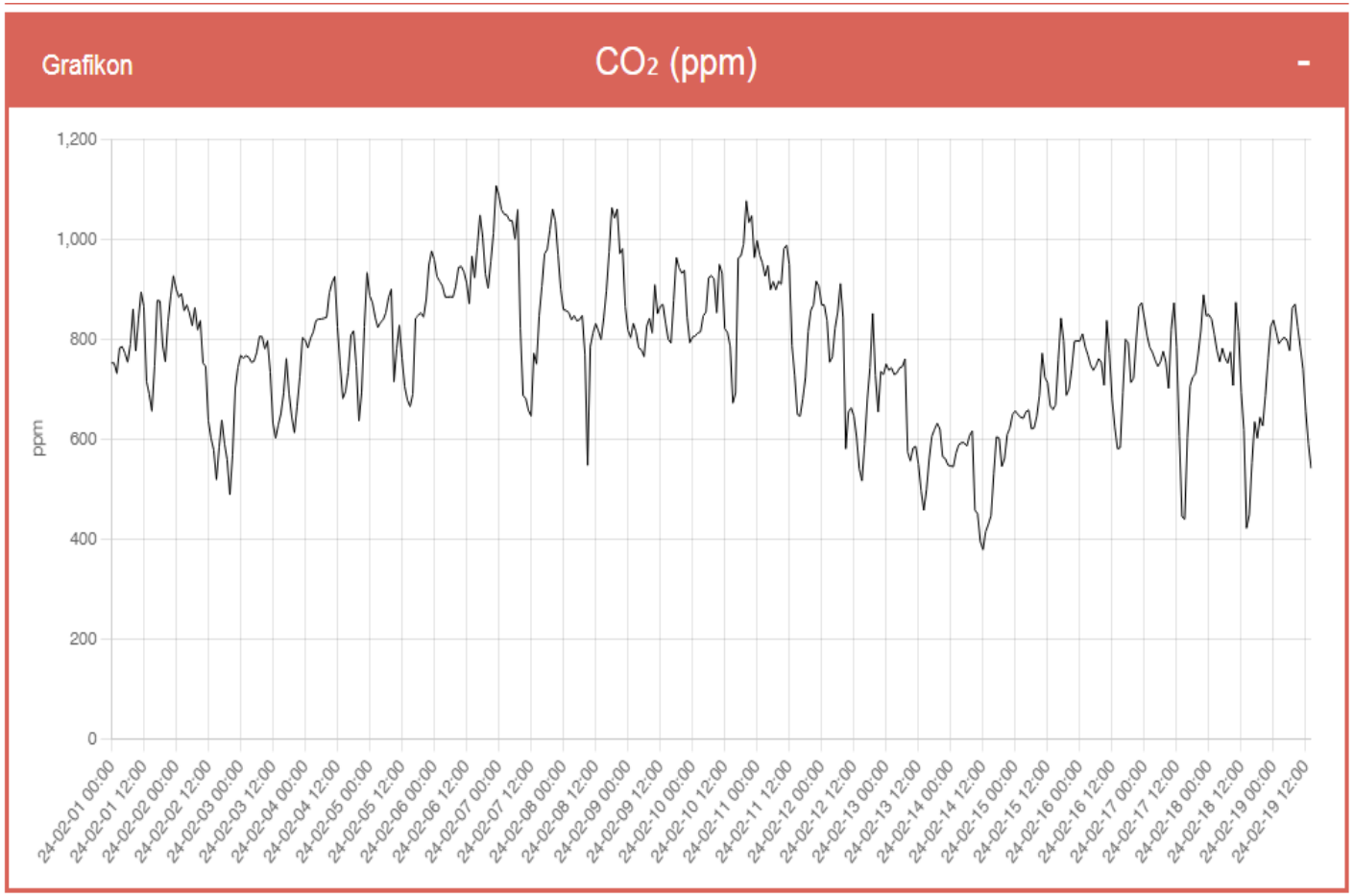
Primer www strane sa prikazom informacija o stanju kvaliteta vazduha u unutrašnjem prostoru



Co-funded by the European Union

Prezentacija rezultata monitoringa kvaliteta vazduha na Internetu

Primer www strane sa prikazom informacija o stanju kvaliteta vazduha u unutrašnjem prostoru



Co-funded by the European Union

Prezentacija rezultata monitoringa kvaliteta vazduha na Internetu

Primer pregleda informacija o stanju kvaliteta vazduha koje su dostupne na web stranicama

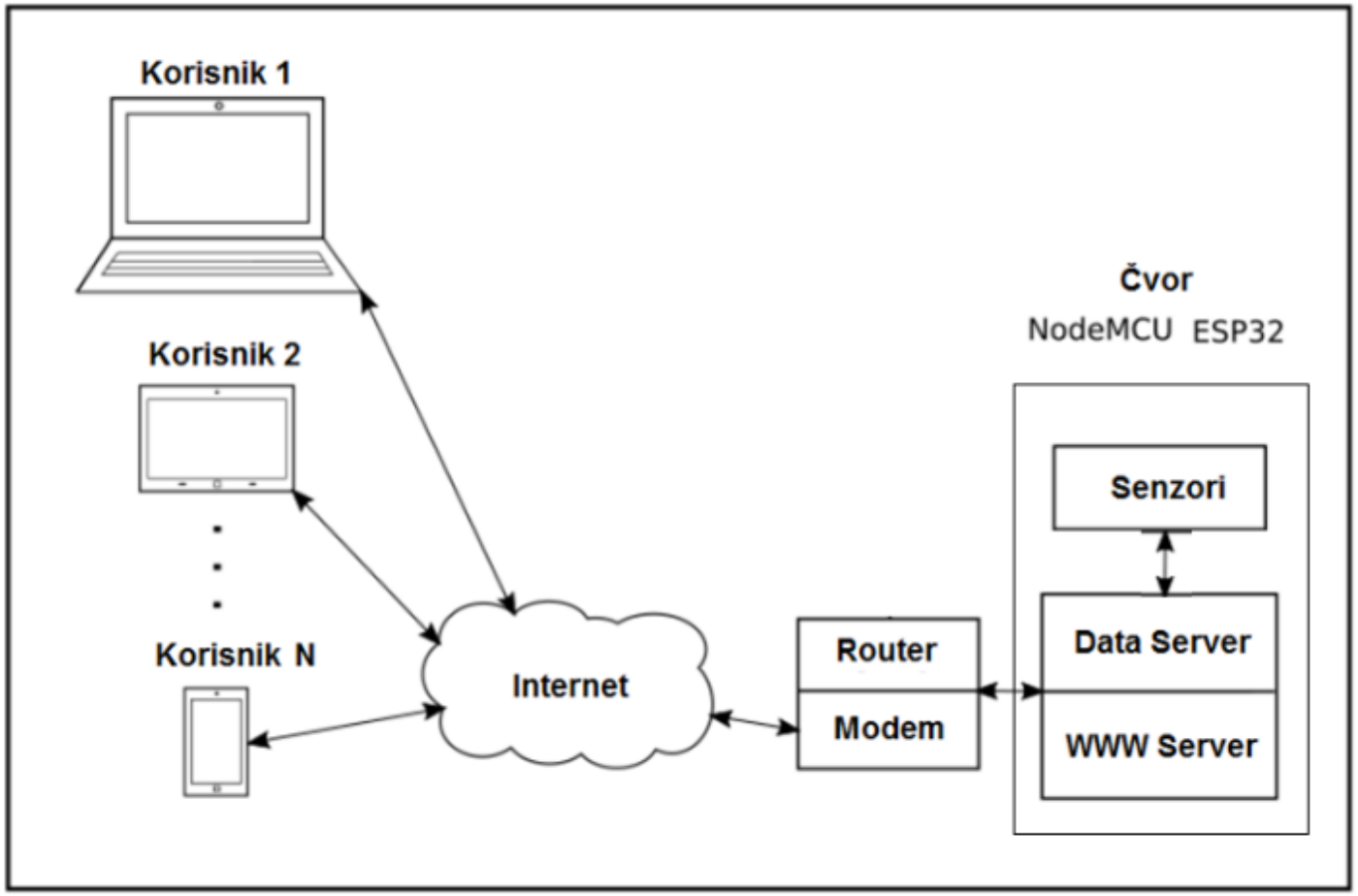


Co-funded by the European Union

Elementi senzorske mreže u slučaju kada je www server na jednom od čvorova u okviru lokalne računarske mreže

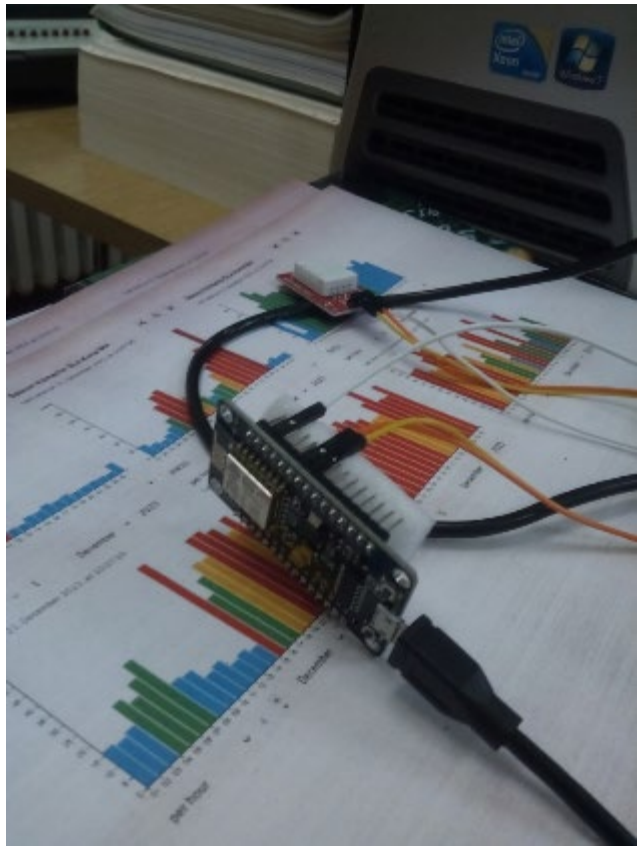
Sistem za monitoring kvaliteta vazduha predstavlja računarsku mrežu koja se sastoji od čvorova sa senzorskim modulima (low-cost senzorske platforme) i servera na kome se prikupljaju i čuvaju podaci sa čvorova.

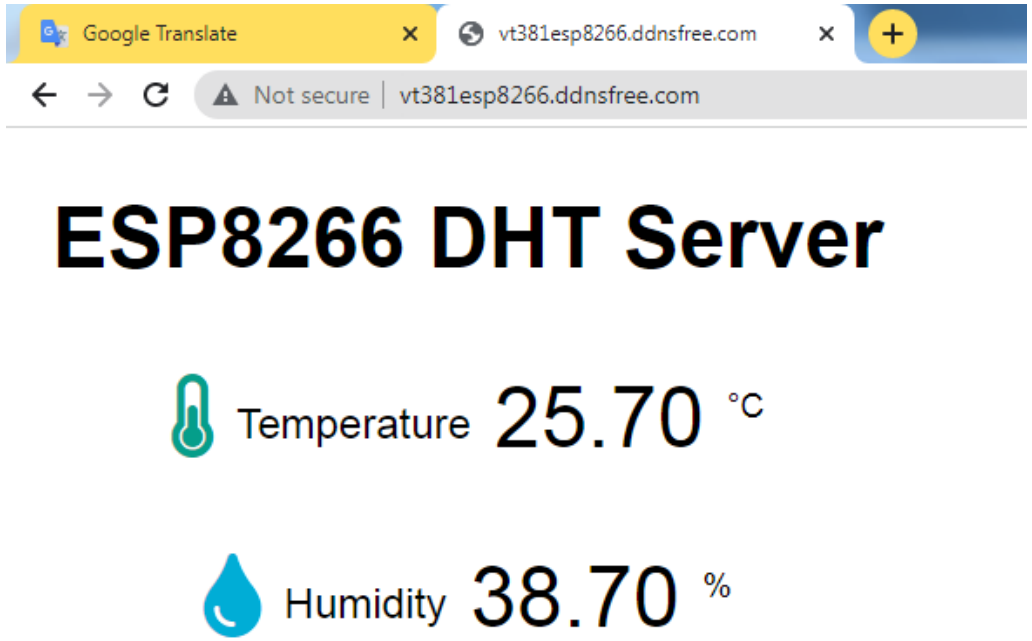
Mikrokontroler NodeMCU ESP32, Raspberry Pi i slični mogu da se koriste za implementaciju čvorova i www servera.



Co-funded by the European Union

Prezentacija rezultata monitoringa kvaliteta vazduha na Internetu





Co-funded by the European Union

Prezentacija rezultata monitoringa kvaliteta vazduha na Internetu

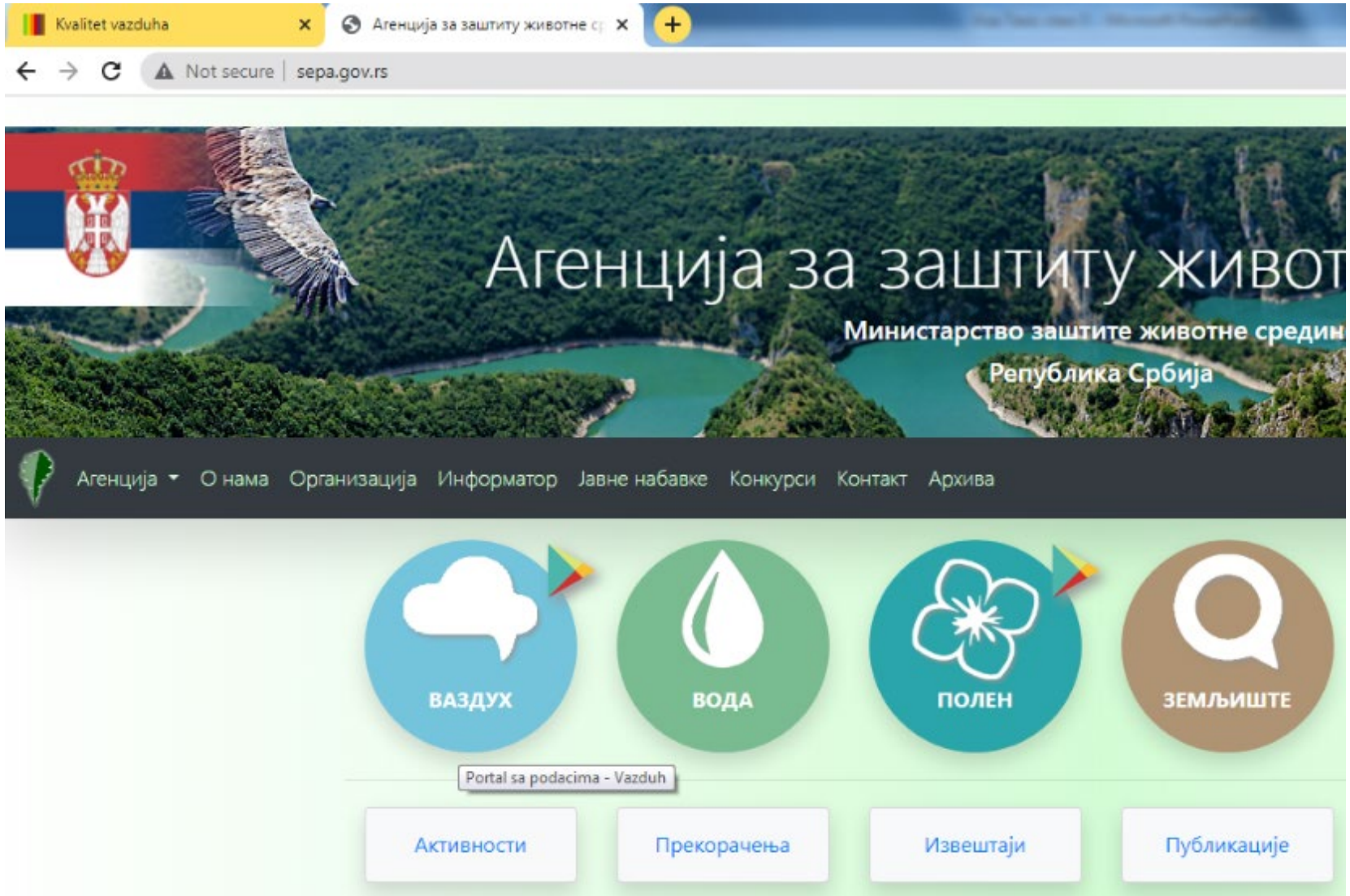




Co-funded by the European Union

Prezentacija rezultata monitoringa kvaliteta vazduha na Internetu

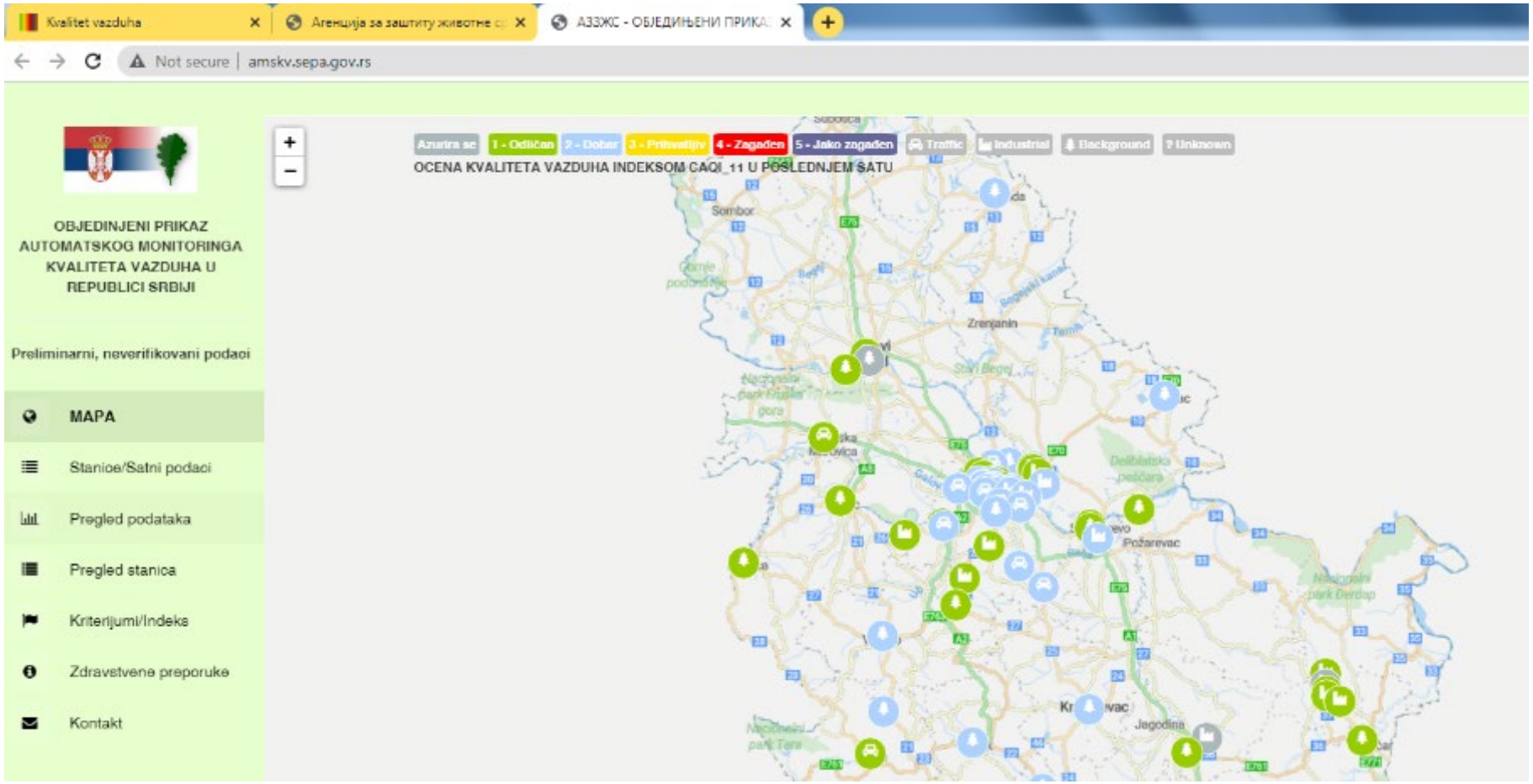
Primer pregleda informacija o stanju kvaliteta vazduha koje su dostupne na web stranicama



Co-funded by the European Union

Prezentacija rezultata monitoringa kvaliteta vazduha na Internetu

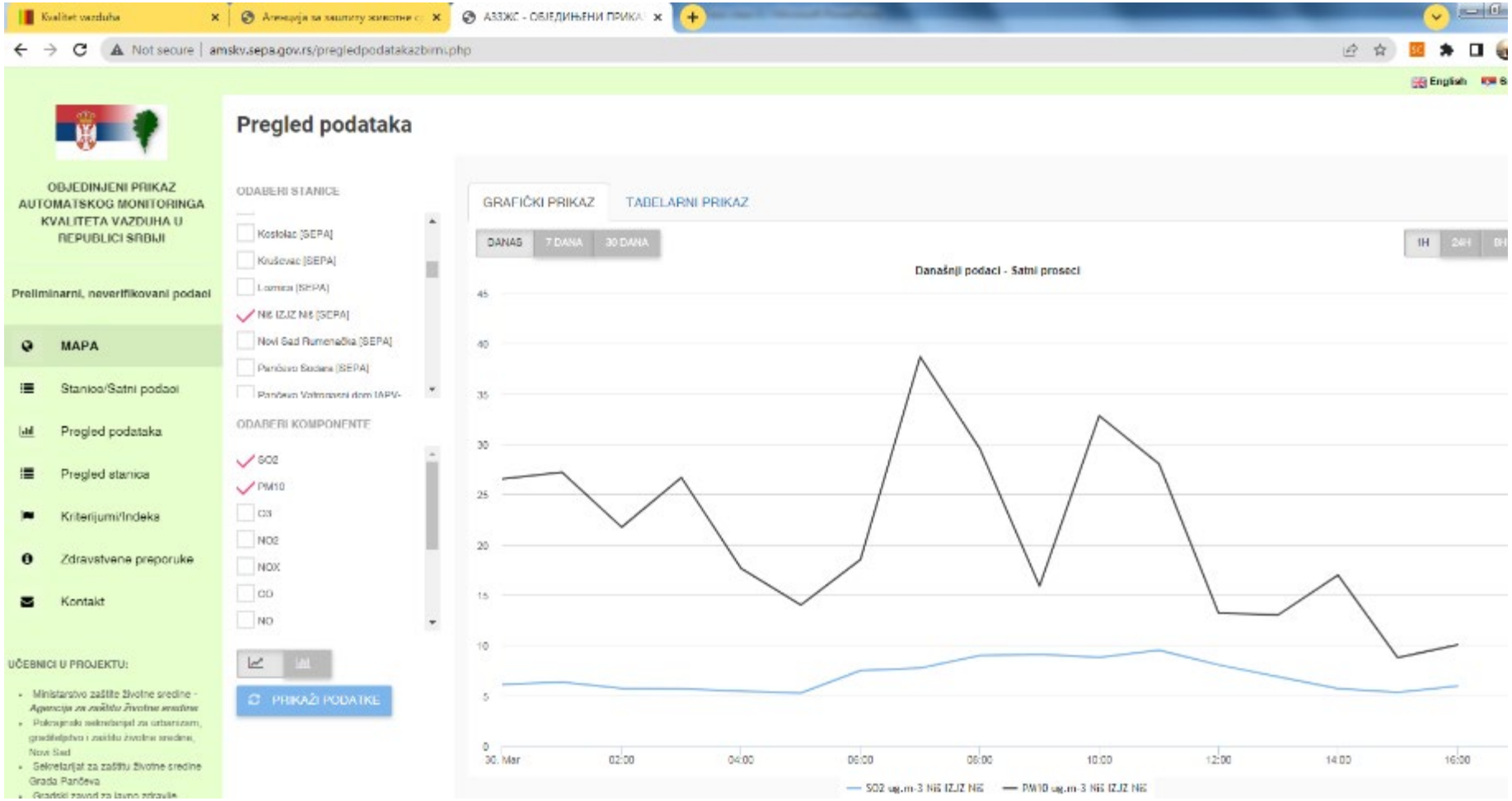
Primer pregleda informacija o stanju kvaliteta vazduha koje su dostupne na web stranicama



Co-funded by the European Union

Prezentacija rezultata monitoringa kvaliteta vazduha na Internetu

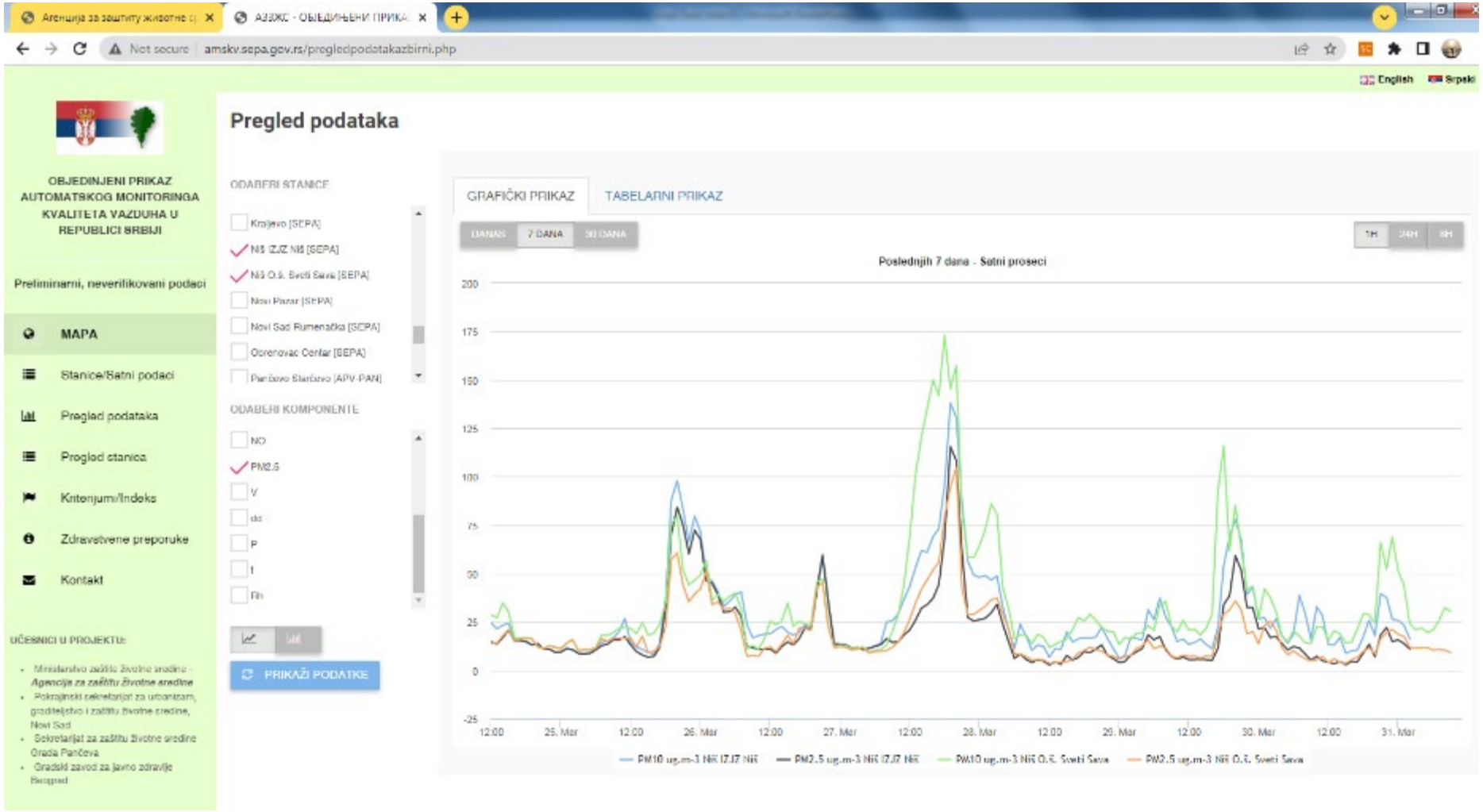
Primer pregleda informacija o stanju kvaliteta vazduha koje su dostupne na web stranicama



Co-funded by the European Union

Prezentacija rezultata monitoringa kvaliteta vazduha na Internetu

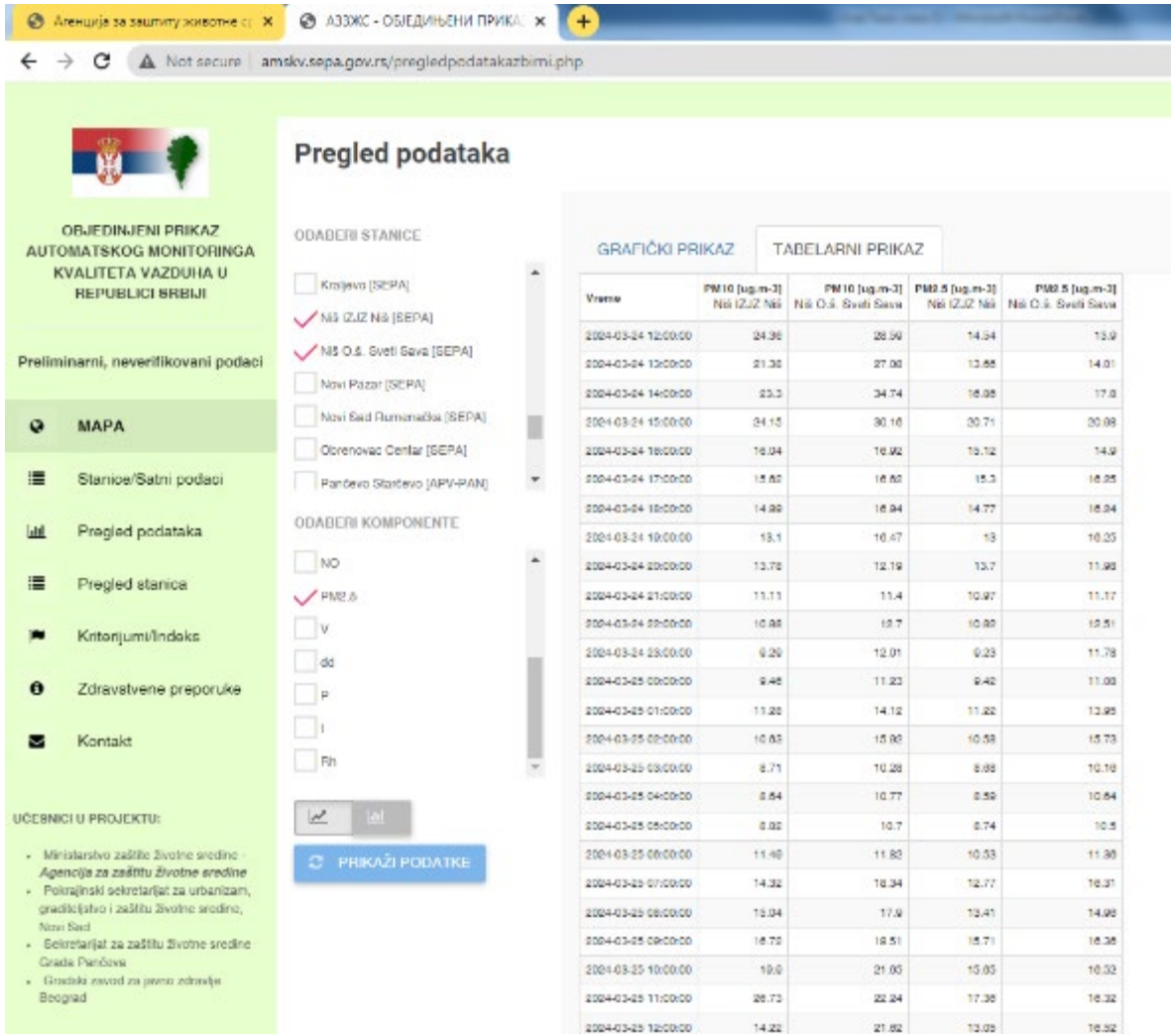
Primer pregleda informacija o stanju kvaliteta vazduha koje su dostupne na web stranicama



Co-funded by the European Union

Prezentacija rezultata monitoringa kvaliteta vazduha na Internetu

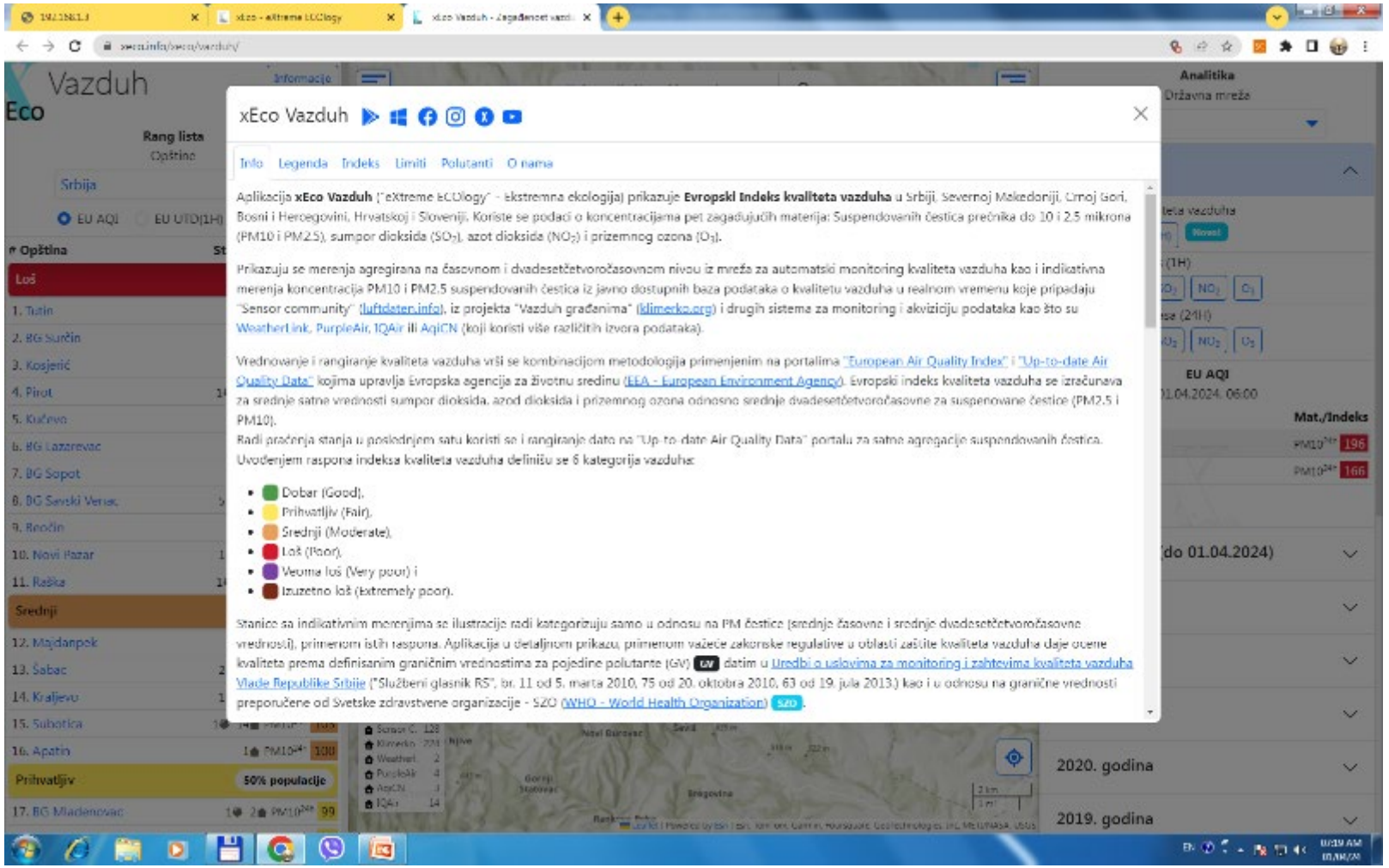
Primer pregleda informacija o stanju kvaliteta vazduha koje su dostupne na web stranicama



Co-funded by the European Union

Prezentacija rezultata monitoringa kvaliteta vazduha na Internetu

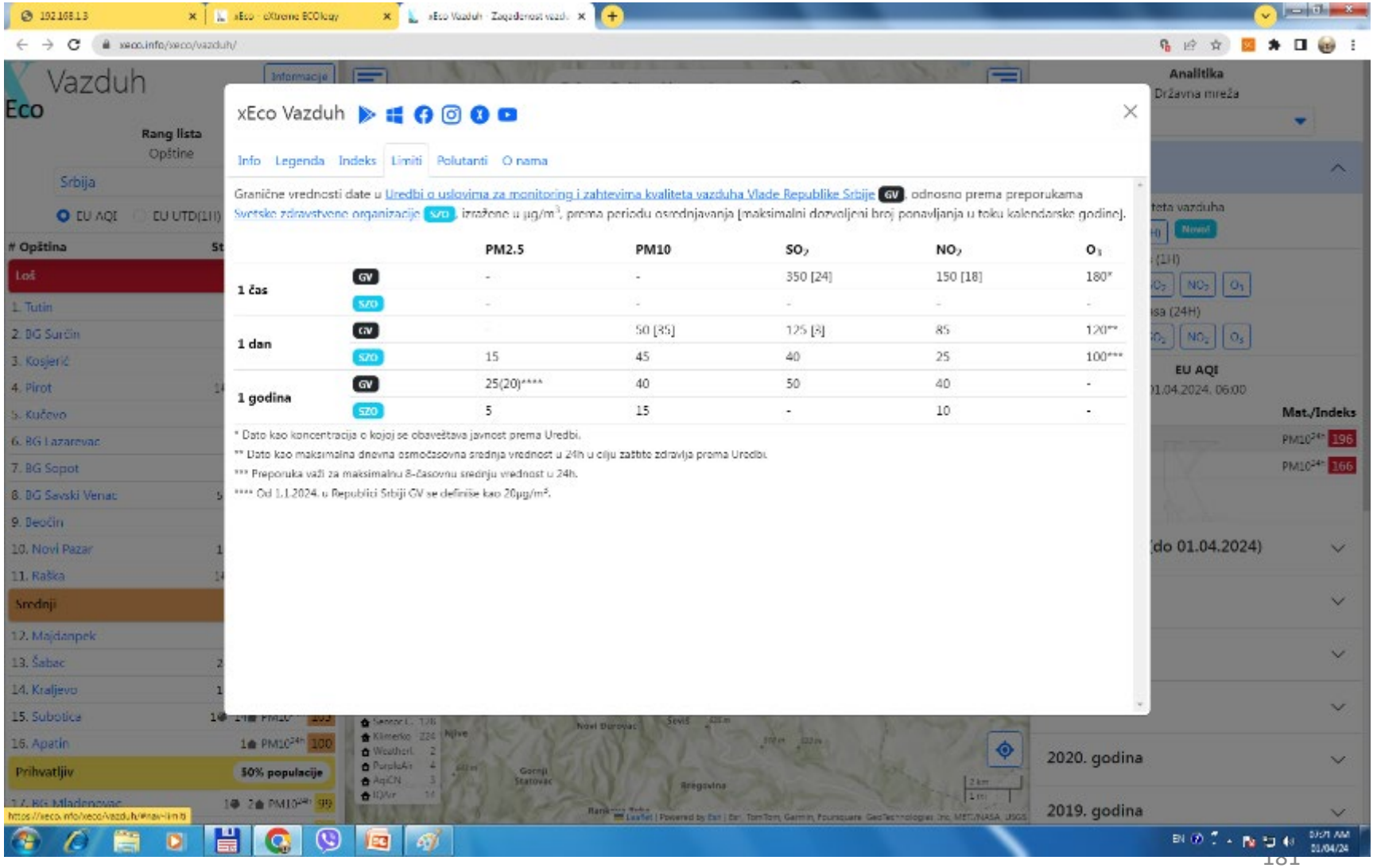
Primer pregleda informacija o stanju kvaliteta vazduha koje su dostupne na web stranicama



Co-funded by the European Union

Prezentacija rezultata monitoringa kvaliteta vazduha na Internetu

Primer pregleda informacija o stanju kvaliteta vazduha koje su dostupne na web stranicama



Co-funded by the European Union

Zaključci

Sistem za monitoring kvaliteta vazduha predstavlja računarsku mrežu koja se sastoji od čvorova sa senzorskim modulima (low-cost senzorske platforme) i servera na kome se prikupljaju i čuvaju podaci sa čvorova.

Mini računari Raspberry Pi i mikrokontroler NodeMCU ESP32 se najčešće koriste za implementaciju čvorova mreže, a kao serveri mogu da se koriste Raspberry Pi, ili personalni računari sa Windows ili Linux operativnim sistemom.

Co-funded by the European Union

Zaključci

Bez obzira na samu strukturu sistema za monitoring kvaliteta vazduha (da li je baza podataka u oblaku ili u lokalnoj računarskoj mreži) prezentacija rezultata monitoringa najčešće se vrši putem WWW servisa.

Javno dostupni rezultatu monitoringa kvaliteta vazduha prikazuju se posredstvom WWW strana preko kojih se vrši upit (zahtevaju se podaci iz baze podataka).

Senzorske mreže sa manjim brojem čvorova za prikaz rezultata uglavnom koriste jedostavne WWW servere i strane na kojima se prikazuju samo poslednje izmerene vrednosti sa senzora u mreži.