

Meteorološki podaci prikupljeni nanosatelitom

Anes Hadžiomerović, Azra Hadžiomerović, Anesa Hadžiomerović,
Deni Ajanić, Armin Đidelića

SAŽETAK: U ovom radu dokazat će se da je promjena atmosferskog pritiska pravilna, a da promjena temperature nije pri promjeni nadmorske visine nanosatelita ili CubSat kocke. Nanosatelit će se lansirati u niže slojeve atmosfere i prikupljati podatke poput atmosferskog pritiska, temperature, vlažnosti, jačine svjetlosti, ultraljubičastog zračenja, kao i lociranje istog pomoću GPS uređaja.

Ovaj rad sadržavat će metodologiju mjerenja fizičkih veličina iznad grada Mostara za mjesec septembar 2021. godine. U eksperimentalnom dijelu koristit će se više tipova senzora i programiranje istih, te puštanje nanosatelita uz pomoć meteorološkog balona ispunjenog helijem.

U ovom radu prikazat će se rezultati za sva mjerenja fizičkih veličina, atmosferskog pritiska, temperature, vlažnosti, UV zračenja i ostalih veličina. Ova metodologija mjerenja fizičkih veličina primijenit će se prvi put u Bosni i Hercegovini.

Ključne riječi: *Nanosatelit, CubSat, dizajn, programiranje, mjerenja*

Meteorological Data Collected via Nanosatellite

ABSTRACT: In this paper, it will be proved that the change in atmospheric pressure is regular, and that the change in temperature is not when the altitude of the nano-satellite or CubSat cube changes. Nanosatellite will be launched into the lower layers of the atmosphere and collect data such as atmospheric pressure, temperature, humidity, light intensity, ultraviolet radiation, as well as locating it using a GPS device.

This paper will contain the methodology for measuring physical quantities above the City of Mostar for the month of September 2021. In the experimental part, several types of sensors will be used and programmed, as well as the release of nano-satellites with the help of a meteorological balloon filled with helium.

This paper will present the results for all measurements of physical quantities, atmospheric pressure, temperature, humidity, UV radiation and other quantities. This methodology for measuring physical quantities will be applied for the first time in Bosnia and Herzegovina.

Keywords: *Nanosatellite, CubSat, design, programming, measurements*

UVOD

Posljednih 30 i više godina nije zabilježeno da su vršena meteorološka mjerenja uz pomoć tehnologije nanosatelita i meteorološkog balona na teritoriju Bosne i Hercegovine.

Poznato nam je da se svakodnevno vrše mjerenja na tlu. Ona se obrađuju i primjenjuju kao zvanični podaci Federalnog hidrometeorološkog zavoda Bosne i Hercegovine.

Osnovna ideja ovog rada je prikaz mjerenja u troposferi koja smo obavili na području iznad grada Mostara. Želimo pokazati da je, pri promjeni nadmorske visine, promjena atmosferskog pritiska pravilna, dok promjena temperature nije. Osim toga, izvršili smo i druga mjerenja poput vlažnosti zraka, jačine svjetlosti, UV zračenja.

NANOSATELIT ILI CUBSAT KOCKA

Danas je već općepoznato da je svemirska industrija na vrhu lanca vrijednosti komercijalnih usluga, nauke i

usluga javnog sektora. U posljednjem desetljeću veliki je razvoj komercijalnih svemirskih letova i ekonomski pristupačnih lansiranja satelita za razmjenu informacija i naučna straživanja.

Nanosateliti su u posljednjih nekoliko godina doživjeli ekspanziju, jer se uz ekonomski prihvatljive troškove mogu prikupiti značajni podaci za razna istraživanja.

Jedan od njima sličnih je i naš nanosatelit koji ima zadatak da prikupi podatke poput atmosferskog pritiska, vlažnosti zraka, temperature zraka, ultraljubičastog zračenja, jačine svjetlosti, slikanja i snimanja.

Karakteristike nanosatelita

Prednost nanosatelita je njegova mala dimenzija što direktno utječe na masu i zapreminu balona, kojem je zadatak da podigne CubSat kocku u troposferu, što direktno utječe na količinu helija kojim je balon ispunjen.

CubSat je istraživačka svemirska letjelica koja se zove i nanosatelit. CubSat-i se izrađuju prema

standardnim dimenzijama (U-units, odnosno jedinice) od 10 cm x 10 cm x 10 cm (1 litar). Mogu biti veličine 1U, 2U, 3U ili 6U i obično teže 1,33 kg po jednom U. Dimenzije našeg CubSat-a su 10 cm x 10 cm x 10 cm, odnosno 1U.

Dijelovi korišteni u istraživanju i dizajnu CubSat kočke

Komponente CubSat-a su: Arduino MKR1000 WiFi, MKR ENV rev 2 shield, ArduCam Mini 5MP Plus OV5640, GUYVA-S12SD UV Light Sensor Module, Li-Po 3.7V 2500mAh baterija, kablovi, Prototyping board, prekidač, kablovi, Heat Shrinks.

Arduino MKR1000 je praktično i isplativo rješenje za proizvođače koji svojim projektima žele dodati Wi-Fi povezivost. Temelji se na Atmel ATSAMW25 SoC-u (sistem na čipu), koji je dio SmartConnect porodice Atmel Wireless uređaja, posebno dizajnirana za IoT projekte i uređaje.

Modul se sastoji od tri glavna bloka:

- SAMD21 Cortex-M0+ 32-bitni ARM MCU male snage
- WINC1500 niske snage 2,4 GHz IEEE® 802.11 b/g/n Wi-Fi
- ECC508 Kripto Autentifikacija
- ATSAMW25 također uključuje jednu 1x1 stream PCB antenu.

Arduino MKR1000 (Slika 1.) sadrži mikro USB-B priključak koji omogućava da sistem radi na eksternih 5V ili na bateriju, a bateriju je moguće puniti kada je sistem povezan preko mikro USB-B priključka na neki vanjski izvor energije. Prebacivanje s jednog izvora na drugi vrši se automatski. Arduino MKR1000 odlikuju dobra 32-bitna računarska snaga, uobičajeni bogati skup I/O sučelja, Wi-Fi male snage s posebnim kriptičipom za sigurnu komunikaciju te i jednostavnost korištenja Arduino softvera (IDE) za razvoj koda i programiranje. Arduino MKR1000 može raditi sa Li-Po baterijom ili bez nje, a ima ograničenu potrošnju energije. Ovaj Wi-Fi modul podržava certifikat SHA-256.



Slika 1. Arduino MKR1000 WiFi

Arduino MKR ENV Shield rev2 (Slika 2.) se povezuje na Arduino Wi-Fi modul i Shield na sebi ima integrirane najnovije senzore:

- ST LPS22HB za atmosferski pritisak
- ST HTS221 za temperaturu i vlažnost zraka
- VISHAY TEMT6000 za osvjetljenje (maksimalno može izmjeriti 650 lux)

Također, Shield ima i čitač SD kartice na koju se spremaju mjerenja.

ArduCam Mini 5MP Plus OV5640 (Slika 3.) ima mogućnost snimanja pristojnih JPEG slika do 5 MP, kao i snimanja RAW slika pune rezolucije od 5 MP što je čini odličnom kamerom za IoT, neke naučne eksperimente i istraživanja kao što je ovo. Može snimati i kratke videosnimke. Podržava JPEG način kompresije, a sama kamera se može koristiti na raznim

platformama koje imaju SPI i I2C sučelje. Rezolucije koje podržava su: 5MP, 1080p, 720p, VGA, QVGA. Specifikacija objektiva: veličina senzora: 1/4 "; EFL: 4,9 mm; F/N: 2,2; BFL: 1,2 mm; HFOV: 60 stepeni (SKU: U6067). Kamera ima masu od 20 g i podržava temperature od -10°C do +55°C.



Slika 2. Arduino MKR ENV Shield rev2



Slika 3. ArduCam Mini 5MP Plus OV5640

GUYVA-S12SD UV Light Sensor Module koristi UV fotodiodu, koja može detektirati svjetlost u rasponu od 240-370 nm (koja pokriva UVB i većinu UVA spektra). Modul je prilično jednostavan i služi isključivo davanju analognog naponskog izlaza te mu nije potreban I2C. Također, ima „pravi“ UV senzor umjesto kalibriranog svjetlosnog senzora.



Slika 4. GUYVA-S12SD UV Light Sensor Module

Za napajanje cijelog sistema koristimo Li-Po 3.7V 2500mAh bateriju. Ovo je tanka, lagana i snažna baterija koja ima izlazni napon od 4.2 V kada je u potpunosti napunjena. Baterija dolazi sa 2-pinskim JST-PH konektorom koji omogućava lahko povezivanje baterije na modul, kao i njeno isključivanje sa modula. Baterija ima i implementirane zaštitne krugove koji omogućavaju da napon baterije ne bude previsok ili prenizak. Ne smije puniti strujom većom od 1,2 A, a preporučeno je da se puni strujom od 0,5 A.

CubSat je opremljen malim padobranom koji bi u slučaju nezgode ublažio pad nanosatelita, a i spasio dijelove i SD karticu sa mjerenjima.

Također, u CubSat-u se nalazi i GPS lokator, preciznije GPS GF-07 koji se koristi za lociranje prototipa u slučaju pada nanosatelita na neku nepoznatu lokaciju. Da biste dobili lokaciju CubSat-a, dovoljno je da pošaljete SMS na SIM karticu koja se nalazi u lokatoru, te ćete dobiti SMS sa koordinatama nanosatelita.

Da biste imali uvid u mjerenja koja su izvršena, potrebno je u Shield staviti SD karticu na kojoj će se spasiti mjerenja.

DATALOG - Notepad

File Edit Format View Help

```

24/9/21, 12:15:13, Temperature = 28.53, Humidity = 15.59, Pressure = 101.71, Illuminance = 640.65, UVA = 0.00, UVB = 0.00, UV Index = 0.00, Slika br.1, voltage = 0.15 / Sensor UV Index = 1.47
24/9/21, 12:15:14, Temperature = 28.58, Humidity = 15.27, Pressure = 101.71, Illuminance = 648.39, UVA = 0.00, UVB = 0.00, UV Index = 0.00, Slika br.2, voltage = 0.11 / Sensor UV Index = 1.12
24/9/21, 12:15:24, Temperature = 28.71, Humidity = 21.91, Pressure = 101.64, Illuminance = 635.48, UVA = 0.00, UVB = 0.00, UV Index = 0.00, Slika br.3, voltage = 0.10 / Sensor UV Index = 0.98
24/9/21, 12:15:36, Temperature = 28.51, Humidity = 22.26, Pressure = 101.46, Illuminance = 648.39, UVA = 0.00, UVB = 0.00, UV Index = 0.00, Slika br.4, voltage = 0.12 / Sensor UV Index = 1.17
24/9/21, 12:15:48, Temperature = 28.61, Humidity = 19.01, Pressure = 101.18, Illuminance = 641.29, UVA = 0.00, UVB = 0.00, UV Index = 0.00, Slika br.5, voltage = 0.08 / Sensor UV Index = 0.83
24/9/21, 12:16:03, Temperature = 27.43, Humidity = 19.45, Pressure = 101.03, Illuminance = 645.16, UVA = 0.00, UVB = 0.00, UV Index = 0.00, Slika br.6, voltage = 0.09 / Sensor UV Index = 0.93
24/9/21, 12:16:12, Temperature = 26.68, Humidity = 21.80, Pressure = 100.89, Illuminance = 637.42, UVA = 0.00, UVB = 0.00, UV Index = 0.00, Slika br.7, voltage = 0.12 / Sensor UV Index = 1.17
24/9/21, 12:16:23, Temperature = 26.81, Humidity = 20.84, Pressure = 100.77, Illuminance = 641.94, UVA = 0.00, UVB = 0.00, UV Index = 0.00, Slika br.8, voltage = 0.10 / Sensor UV Index = 1.03
24/9/21, 12:16:35, Temperature = 25.31, Humidity = 22.29, Pressure = 100.59, Illuminance = 637.42, UVA = 0.00, UVB = 0.00, UV Index = 0.00, Slika br.9, voltage = 0.14 / Sensor UV Index = 1.42
24/9/21, 12:16:47, Temperature = 24.88, Humidity = 22.55, Pressure = 100.33, Illuminance = 640.00, UVA = 0.00, UVB = 0.00, UV Index = 0.00, Slika br.10, voltage = 0.08 / Sensor UV Index = 0.83
24/9/21, 12:16:59, Temperature = 24.75, Humidity = 21.09, Pressure = 99.93, Illuminance = 642.58, UVA = 0.00, UVB = 0.00, UV Index = 0.00, Slika br.11, voltage = 0.08 / Sensor UV Index = 0.78
24/9/21, 12:17:11, Temperature = 24.69, Humidity = 24.80, Pressure = 99.77, Illuminance = 638.71, UVA = 0.00, UVB = 0.00, UV Index = 0.00, Slika br.12, voltage = 0.11 / Sensor UV Index = 1.08
24/9/21, 12:17:23, Temperature = 24.41, Humidity = 22.32, Pressure = 99.51, Illuminance = 640.65, UVA = 0.00, UVB = 0.00, UV Index = 0.00, Slika br.13, voltage = 0.09 / Sensor UV Index = 0.88
24/9/21, 12:17:35, Temperature = 24.26, Humidity = 25.17, Pressure = 99.33, Illuminance = 649.03, UVA = 0.00, UVB = 0.00, UV Index = 0.00, Slika br.14, voltage = 0.11 / Sensor UV Index = 1.12
24/9/21, 12:17:47, Temperature = 24.15, Humidity = 25.80, Pressure = 99.18, Illuminance = 636.77, UVA = 0.00, UVB = 0.00, UV Index = 0.00, Slika br.15, voltage = 0.13 / Sensor UV Index = 1.27
24/9/21, 12:17:59, Temperature = 23.89, Humidity = 22.35, Pressure = 98.85, Illuminance = 640.00, UVA = 0.00, UVB = 0.00, UV Index = 0.00, Slika br.16, voltage = 0.09 / Sensor UV Index = 0.93
24/9/21, 12:18:10, Temperature = 23.63, Humidity = 21.03, Pressure = 98.44, Illuminance = 639.35, UVA = 0.00, UVB = 0.00, UV Index = 0.00, Slika br.17, voltage = 0.08 / Sensor UV Index = 0.78
24/9/21, 12:18:22, Temperature = 23.09, Humidity = 25.05, Pressure = 98.24, Illuminance = 645.81, UVA = 0.00, UVB = 0.00, UV Index = 0.00, Slika br.18, voltage = 0.07 / Sensor UV Index = 0.73
24/9/21, 12:18:34, Temperature = 23.05, Humidity = 21.64, Pressure = 98.10, Illuminance = 647.74, UVA = 0.00, UVB = 0.00, UV Index = 0.00, Slika br.19, voltage = 0.07 / Sensor UV Index = 0.73
24/9/21, 12:18:46, Temperature = 23.07, Humidity = 24.48, Pressure = 97.90, Illuminance = 643.23, UVA = 0.00, UVB = 0.00, UV Index = 0.00, Slika br.20, voltage = 0.08 / Sensor UV Index = 0.88
24/9/21, 12:18:58, Temperature = 23.07, Humidity = 19.80, Pressure = 97.53, Illuminance = 647.10, UVA = 0.00, UVB = 0.00, UV Index = 0.00, Slika br.21, voltage = 0.08 / Sensor UV Index = 0.83
24/9/21, 12:19:10, Temperature = 22.89, Humidity = 20.71, Pressure = 97.34, Illuminance = 650.97, UVA = 0.00, UVB = 0.00, UV Index = 0.00, Slika br.22, voltage = 0.09 / Sensor UV Index = 0.88
24/9/21, 12:19:21, Temperature = 22.81, Humidity = 20.13, Pressure = 97.20, Illuminance = 650.97, UVA = 0.00, UVB = 0.00, UV Index = 0.00, Slika br.23, voltage = 0.08 / Sensor UV Index = 0.78
24/9/21, 12:19:33, Temperature = 22.76, Humidity = 19.43, Pressure = 96.98, Illuminance = 643.23, UVA = 0.00, UVB = 0.00, UV Index = 0.00, Slika br.24, voltage = 0.07 / Sensor UV Index = 0.73
24/9/21, 12:19:45, Temperature = 22.38, Humidity = 17.21, Pressure = 96.79, Illuminance = 636.77, UVA = 0.00, UVB = 0.00, UV Index = 0.00, Slika br.25, voltage = 0.08 / Sensor UV Index = 0.78
24/9/21, 12:19:57, Temperature = 22.38, Humidity = 27.03, Pressure = 96.57, Illuminance = 647.10, UVA = 0.00, UVB = 0.00, UV Index = 0.00, Slika br.26, voltage = 0.12 / Sensor UV Index = 1.17
24/9/21, 12:20:09, Temperature = 22.35, Humidity = 25.43, Pressure = 96.41, Illuminance = 649.03, UVA = 0.00, UVB = 0.00, UV Index = 0.00, Slika br.27, voltage = 0.13 / Sensor UV Index = 1.27
24/9/21, 12:20:20, Temperature = 22.22, Humidity = 18.75, Pressure = 95.89, Illuminance = 638.06, UVA = 0.00, UVB = 0.00, UV Index = 0.00, Slika br.28, voltage = 0.10 / Sensor UV Index = 1.03
24/9/21, 12:20:32, Temperature = 22.22, Humidity = 18.75, Pressure = 95.89, Illuminance = 638.71, UVA = 0.00, UVB = 0.00, UV Index = 0.00, Slika br.29, voltage = 0.09 / Sensor UV Index = 0.93
24/9/21, 12:20:44, Temperature = 22.18, Humidity = 20.89, Pressure = 95.69, Illuminance = 644.52, UVA = 0.00, UVB = 0.00, UV Index = 0.00, Slika br.30, voltage = 0.09 / Sensor UV Index = 0.93
24/9/21, 12:20:56, Temperature = 21.90, Humidity = 21.86, Pressure = 95.39, Illuminance = 638.71, UVA = 0.00, UVB = 0.00, UV Index = 0.00, Slika br.31, voltage = 0.13 / Sensor UV Index = 1.32
24/9/21, 12:21:08, Temperature = 21.90, Humidity = 19.74, Pressure = 95.14, Illuminance = 649.03, UVA = 0.00, UVB = 0.00, UV Index = 0.00, Slika br.32, voltage = 0.11 / Sensor UV Index = 1.12
24/9/21, 12:21:20, Temperature = 21.69, Humidity = 19.58, Pressure = 94.96, Illuminance = 638.06, UVA = 0.00, UVB = 0.00, UV Index = 0.00, Slika br.33, voltage = 0.10 / Sensor UV Index = 1.03
24/9/21, 12:21:31, Temperature = 21.64, Humidity = 24.06, Pressure = 94.73, Illuminance = 643.23, UVA = 0.00, UVB = 0.00, UV Index = 0.00, Slika br.34, voltage = 0.09 / Sensor UV Index = 0.93
24/9/21, 12:21:43, Temperature = 21.51, Humidity = 23.50, Pressure = 94.53, Illuminance = 645.16, UVA = 0.00, UVB = 0.00, UV Index = 0.00, Slika br.35, voltage = 0.09 / Sensor UV Index = 0.93
24/9/21, 12:21:55, Temperature = 21.28, Humidity = 17.82, Pressure = 94.37, Illuminance = 649.08, UVA = 0.00, UVB = 0.00, UV Index = 0.00, Slika br.36, voltage = 0.11 / Sensor UV Index = 1.08
24/9/21, 12:22:07, Temperature = 21.19, Humidity = 25.02, Pressure = 94.23, Illuminance = 639.35, UVA = 0.00, UVB = 0.00, UV Index = 0.00, Slika br.37, voltage = 0.10 / Sensor UV Index = 0.98
24/9/21, 12:22:19, Temperature = 21.14, Humidity = 20.88, Pressure = 94.11, Illuminance = 646.45, UVA = 0.00, UVB = 0.00, UV Index = 0.00, Slika br.38, voltage = 0.10 / Sensor UV Index = 0.98
24/9/21, 12:22:30, Temperature = 21.25, Humidity = 25.94, Pressure = 93.98, Illuminance = 641.29, UVA = 0.00, UVB = 0.00, UV Index = 0.00, Slika br.39, voltage = 0.10 / Sensor UV Index = 1.03
24/9/21, 12:22:42, Temperature = 20.89, Humidity = 23.54, Pressure = 93.89, Illuminance = 649.08, UVA = 0.00, UVB = 0.00, UV Index = 0.00, Slika br.40, voltage = 0.13 / Sensor UV Index = 1.32
24/9/21, 12:22:54, Temperature = 21.19, Humidity = 20.82, Pressure = 93.80, Illuminance = 638.06, UVA = 0.00, UVB = 0.00, UV Index = 0.00, Slika br.41, voltage = 0.10 / Sensor UV Index = 1.03
24/9/21, 12:23:06, Temperature = 20.47, Humidity = 26.40, Pressure = 93.68, Illuminance = 640.00, UVA = 0.00, UVB = 0.00, UV Index = 0.00, Slika br.42, voltage = 0.09 / Sensor UV Index = 0.93
24/9/21, 12:23:18, Temperature = 20.19, Humidity = 20.63, Pressure = 93.49, Illuminance = 640.65, UVA = 0.00, UVB = 0.00, UV Index = 0.00, Slika br.43, voltage = 0.14 / Sensor UV Index = 1.37
24/9/21, 12:23:29, Temperature = 19.85, Humidity = 19.82, Pressure = 93.27, Illuminance = 645.16, UVA = 0.00, UVB = 0.00, UV Index = 0.00, Slika br.44, voltage = 0.13 / Sensor UV Index = 1.27
24/9/21, 12:23:41, Temperature = 19.48, Humidity = 20.50, Pressure = 93.24, Illuminance = 651.61, UVA = 0.00, UVB = 0.00, UV Index = 0.00, Slika br.45, voltage = 0.10 / Sensor UV Index = 0.98
24/9/21, 12:23:53, Temperature = 19.27, Humidity = 30.22, Pressure = 93.14, Illuminance = 644.52, UVA = 0.00, UVB = 0.00, UV Index = 0.00, Slika br.46, voltage = 0.11 / Sensor UV Index = 1.12
24/9/21, 12:24:05, Temperature = 18.98, Humidity = 30.22, Pressure = 92.97, Illuminance = 644.52, UVA = 0.00, UVB = 0.00, UV Index = 0.00, Slika br.47, voltage = 0.12 / Sensor UV Index = 1.22
24/9/21, 12:24:17, Temperature = 18.99, Humidity = 27.97, Pressure = 92.76, Illuminance = 641.94, UVA = 0.00, UVB = 0.00, UV Index = 0.00, Slika br.48, voltage = 0.12 / Sensor UV Index = 1.22
24/9/21, 12:24:28, Temperature = 18.83, Humidity = 30.25, Pressure = 92.58, Illuminance = 644.52, UVA = 0.00, UVB = 0.00, UV Index = 0.00, Slika br.49, voltage = 0.10 / Sensor UV Index = 0.98
    
```

Slika 5. Prikupljeni podaci na SD karticu

Bitno je napomenuti da se na ovaj nanosatelit mogu dodati i drugi senzori što bi CubSat učinilo još boljim i efikasnijim.

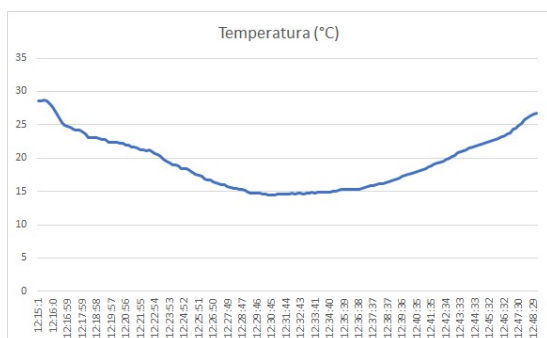
Rezultati dobiveni puštanjem nanosatelita u troposferu

Brojčane vrijednosti mjerenja se spašavaju na SD karticu u TXT formatu (Slika 5.), dok su slike koje je bilježila kamera spašene u JPEG formatu. Nakon određene misije CubSat-a, uz korištenje čitača SD kartica, datoteke možemo prebaciti na računar te preuzeti izvršena mjerenja.

CubSat je opremljen i RTC-om koji nam omogućava da još bolje analiziramo dobivena mjerenja jer znamo tačno vrijeme i datum nekog mjerenja, što je korisno ukoliko bi CubSat danima prikupljao podatke.

Za programiranje navedenih komponenti i CubSat kocke uopće, korišten je Arduino programski jezik gdje je nakon svakog ciklusa mjerenja uslikana i panoramska fotografija.

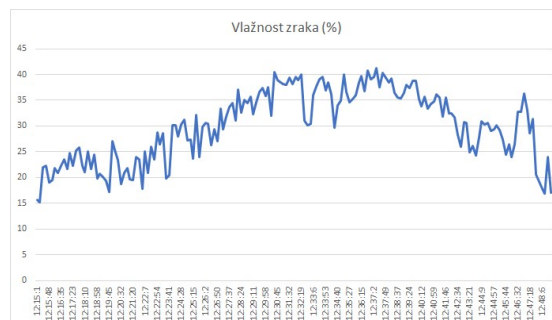
Na sljedećim grafovima su prikazana mjerenja i ostupanja koja su zabilježena CubSat kockom:



Slika 6. Temperatura

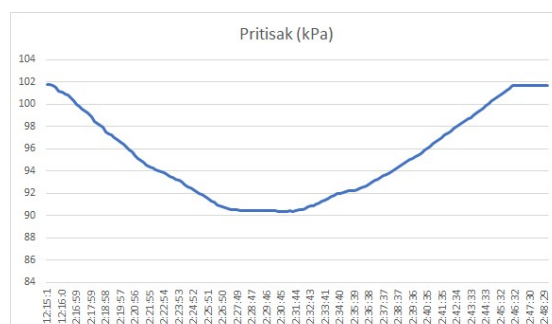
Iz Slike 6. možemo vidjeti pad temperature sa porastom nadmorske visine. Također, vidimo i stagnaciju temperature na istoj visini, kao i rast temperature koji se desio tokom spuštanja CubSat-a.

Razlika maksimalne i minimalne temperature iznosi ~14°C, tj. temperatura na tlu prije puštanja samog nanosatelita iznosila je 28.5°C, a na visini od 1km temperatura se je spustila na 14.4°C.



Slika 7. Vlažnost zraka

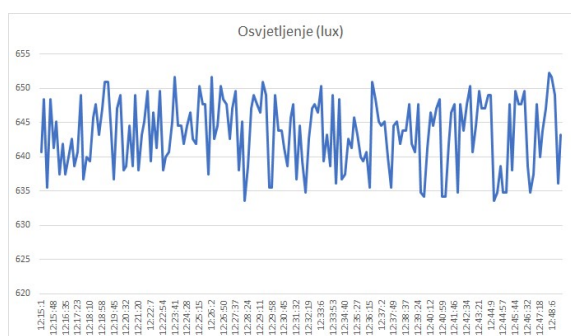
Za razliku od temperature, vlažnost zraka se povećava pri povećanju nadmorske visine, što možemo vidjeti iz Slike 7. Na grafu se vidi značajna razlika između minimalne i maksimalne vlažnosti koja iznosi ~25%, tj. vlažnost zraka na tlu prije puštanja samog nanosatelita iznosila je 15.59%, a na visini od 1km ista je porasla je na 41.17%.



Slika 8. Atmosferski pritisak

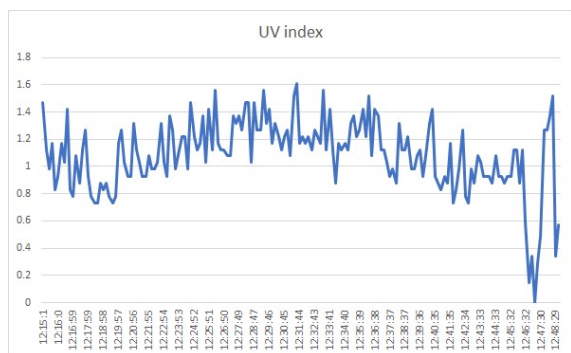
Kako i temperatura, porastom nadmorske visine smanjuje se i atmosferski pritisak (Slika 8), a razlika

maksimalnog i minimalnog pritiska sa grafa iznosi ~12kPa, tj. atmosferski pritisak na tlu prije puštanja nanosatelita iznosio je 101,71kPa, a na visini od 1km pritisak se spustio na 90,35kPa, što je normalno i prihvatljivo odstupanje.



Slika 9. Jačina svjetlosti

Jačina svjetlosti je oscilirala (Slika 9) od 640,65lux do 652,26lux.



Slika 10. UV index

Vrijednosti UV indexa (Slika 10.) i osvjetljenja (Slika 9.) nisu konstantne jer one direktno zavise od svjetlosti, a senzori koji očitavaju ove vrijednosti nisu uvijek okrenuti ka suncu ili nekom drugom izvoru svjetlosti. Gotovo je nemoguće kontrolirati nanosatelit tako da on uvijek bude okrenut ka svjetlosti što utječe na mjerenja i njihovu oscilaciju.

Upotrebom ovakve vrste istraživanja i upotrebom više aktivnih satelita u određenom području ili na teritoriju Bosne i Hercegovine, mogli bismo vršiti analize inteziteta svjetlosti, čime bismo dobili proračun isplativosti fotonaponskih ćelija ili solarnih elektrana.



Slika 11. Slika nanosatelita (CubSat kocka)

Korištenjem nanosatelita posljednjih 10 godina je u ekspanziji. Ranije su nanosateliti koštali čitavo bogatstvo i imali su ograničene funkcije, dok je danas moguće napraviti nanosatelit relativno male cijene i prikupiti veoma korisne podatke. Korištenjem CubSat-a (Slika 11.) i analizom podataka možemo vidjeti i najmanje anomalije koje se dešavaju u prirodi.

Redovnim prikupljanjem podataka moguće je dugoročno vidjeti razlike i shodno tome postupati u određenom mjestu.

Imali bismo podatke o svakom dijelu grada ili države, te bi se na osnovu njih moglo znati gdje su bolji uslovi za život, usjeve i sl., a i preference za izgradnju određenih institucija ili građevina. Ustanovljenjem velike zagađenosti, oscilacija u vlažnosti ili razlika temperatura, vlast, agencije, a i sami ljudi bi mogli poduzeti mjere za poboljšanje kvaliteta života.

Eksperimentalna istraživanja su dokazala da se atmosferski pritisak smanjuje se sa povećanjem nadmorske visine, na početku naglo, a zatim sve sporije. Možemo zaključiti da je smanjenje atmosferskog pritiska u direktnoj zavisnosti od temperature zraka, i možemo vidjeti da je u toplijem zraku sporije.

Također, moguća su dalja istraživanja u ovom polju, jer prema podacima Federalnog hidrometeorološkog zavoda Bosne i Hercegovine, meteorološki balon nije puštan u atmosferu više od 30 godina. Ovakav tip mjerenja, uz pomoć meteorološkog balona i ovakve vrste senzora, urađen je prvi put u historiji Bosne i Hercegovine.

LITERATURA

- Margolis M. & Jepson B. (2020), Arduino Cookbook
 Hughes J.M. (2016), Arduino: A Technical Reference
 Timmis H. (2011), Practical Arduino Engineering
 Premeaux E. & Evans B. (2011), Arduino Projects to Save the World
 Upotreba opisa hardverskih komponenti (n.d.)
<https://www.arducam.com/product/arducam-5mp-plus-spi-cam-arduino-ov5642/>
 Upotreba opisa hardverskih komponenti (n.d.)
<https://www.adafruit.com/product/1918>
 Upotreba opisa hardverskih komponenti (n.d.)
<https://www.arduino.cc/>

INFORMACIJE O AUTORIMA

Anes Hadžimerović

Druga gimnazija Mostar, USRC M. H. Hujka bb, Mostar
e-mail: aneshagi@gmail.com

Azra Hadžimerović

Gimnazija Mostar, Španski trg 1, Mostar
e-mail: azrahagi@gmail.com

Anesa Hadžimerović

Prva bošnjačka gimnazija, Petrakijina 22, Sarajevo
e-mail: anesa.hadziomerovic@gmail.com

Deni Ajanić

Elektrodistribucija Mostar, Adema Buća bb, Mostar
e-mail: deni_a14@hotmail.com

Armin Đidelića

Univerzitet „Džemal Bijedić“ u Mostaru,
USRC M. H. Hujka bb, Mostar
e-mail: didelića.armin@gmail.com