



e-Škole  
RAZVOJ SUSTAVA  
DIGITALNO ZRELIH ŠKOLA  
(II. FAZA)

Upoznavanje s mrežnom  
opremom i sustavom za  
upravljanje i nadzor mreže:

**Mrežno rješenje Cisco**

**CARNET**

2021. GODINA



Operativni program  
**KONKURENTNOST  
I KOHEZIJA**

## Sadržaj

|   |    |
|---|----|
| Popis korištenih kratica .....  | 3  |
| 1. Uvodne informacije .....   | 4  |
| 2. Osnove mrežnog sustava .....   | 5  |
| 3. Pasivna mrežna oprema u školama .....                                  | 6  |
| 3.1 Komunikacijski ormari i priključnice .....                            | 6  |
| 3.2 Sustav označavanja .....  | 10 |
| 3.2.1 Fizičke pozicije .....  | 10 |
| 3.2.2 Oznaka etaže .....  | 10 |
| 3.2.3 Oznaka razdjelnika .....  | 10 |
| 3.3 Primjeri i načini veza komunikacijskih ormara .....                   | 12 |
| 4. Aktivna mrežna oprema u školama .....                                  | 14 |
| 4.1 Arhitektura sustava .....   | 14 |
| 4.2 WAN mreža .....   | 15 |
| 4.2.1 Mrežni usmjerivač .....   | 15 |
| 4.2.2 Konfiguracijske značajke .....                                      | 17 |
| 4.3 LAN mreža .....   | 18 |
| 4.3.1 Mrežni preklopnik .....   | 18 |
| 4.3.2 Konfiguracijske značajke .....                                      | 20 |
| 4.4 Bežična mreža .....   | 21 |
| 4.4.1 Bežične pristupne točke .....                                       | 21 |
| 4.4.2 Konfiguracijske značajke .....                                      | 22 |
| 5. Sustav za upravljanje i nadzor mreže .....                             | 25 |
| 5.1 Osnovne sastavnice sustava .....                                      | 25 |
| 5.2 Pregled glavnih upravljačkih funkcionalnosti .....                    | 28 |
| 6. Administracija i održavanje implementirane mrežne infrastrukture ..... | 32 |
| 6.1 Spajanje mrežnog uređaja .....  | 32 |
| 6.2 Vraćanje konfiguracija na tvorničke postavke .....                    | 43 |
| 6.2.1 Vraćanje bežične pristupne točke na tvorničke postavke .....        | 43 |
| 6.2.2 Vraćanje preklopnika na tvorničke postavke .....                    | 43 |
| 6.2.3 Vraćanje usmjerivača na tvorničke postavke .....                    | 44 |
| 6.3 Nadzor nad mrežnom opremom .....                                      | 46 |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 6.4   | Nadzor nad klijentima na mreži .....                          | 50 |
| 6.5   | Konfiguracija osnovnih postavki na mrežnoj opremi.....        | 53 |
| 6.5.1 | Primjer konfiguracije sučelja na usmjerivaču .....            | 53 |
| 6.5.2 | Primjer konfiguracije rute na usmjerivaču .....               | 57 |
| 6.5.3 | Primjer dodavanja sigurnosnog pravila .....                   | 60 |
| 6.5.4 | Primjer konfiguracije sučelja preklopnika .....               | 66 |
| 6.5.5 | Primjer kreiranja novog VLAN-a.....                           | 69 |
| 6.5.6 | Primjer kreiranja novog SSID-a.....                           | 73 |
| 6.5.7 | Primjer kreiranja novog korisnika za <i>guest</i> mrežu ..... | 76 |
| 7.    | Prijava poteškoća i upita CARNET-ovom helpdesku .....         | 79 |
|       | Popis slika .....   | 80 |
|       | Popis tablica .....   | 82 |
|       | Popis korištene literature .....                              | 82 |
|       | Impresum.....   | 83 |



Ovo djelo je dano na korištenje pod licencom Creative Commons Imenovanje -Nekomercijalno - Dijeli pod istim uvjetima 4.0 međunarodna.

## Popis korištenih kratica

**AP** (engl. *Access Point*) – Bežična pristupna točka  
**BD** (engl. *Building Distributor*) – Razdjelnik zgrade  
**CPE** (engl. *Customer Premises Equipment*) – Oprema smještena na lokaciji korisnika  
**DHCP** (engl. *Dynamic Host Configuration Protocol*) – Mrežni protokol korišten od strane mrežnih računala za dodjeljivanje IP adresa  
**DIS** – Dokumentacija izvedenog stanja  
**DNS** (engl. *Domain Name System*) – Domenski sustav imena  
**EANE** (engl. *Existing Active Network Equipment*) – Postojeća aktivna mrežna oprema  
**EFD** (engl. *Existing Floor Distributor*) – Postojeći etažni razdjelnik  
**EKM** – Elektronička komunikacijska mreža  
**FD** (engl. *Floor Distributor*) – Etažni razdjelnik  
**GE** (engl. *Gigabit Ethernet*) – Prijenos Ethernet okvira brzinom od gigabita u sekundi  
**GIP** – Glavni izvedbeni projekt  
**HTTPS** (engl. *Hypertext Transfer Protocol Secure*) – Skup pravila koja se koriste za siguran prijenos hipertekstualnih dokumenata između dva računala  
**IP** (engl. *Internet Protocol*) – Mrežni protokol za prijenos podataka  
**LAN** (engl. *Local Area Network*) – Lokalna računalna mreža  
**MU-MIMO** (engl. *Multi-user MIMO*) – Skup tehnologija s više ulaza i više izlaza za višestruku bežičnu komunikaciju  
**MSP** (engl. *Managed Service Provider*) – Upravljeni davatelj usluga  
**NAT** (engl. *Network Address Translation*) – Prijevod IP adrese iz jedne mreže u drugu IP adresu u drugoj mreži  
**OSI** (engl. *Open Systems Interconnection*) – Model ili referentni model za otvoreno povezivanje sustava, predstavlja najkorišteniji apstraktni opis arhitekture mreže  
**PDF** (engl. *Portable Document Format*) – Format zapisa dokumenata kojeg je kreirala kompanija Adobe Systems  
**PoE** (engl. *Power Over Ethernet*) – Napajanje preko pasivne mrežne infrastrukture  
**PSK** (engl. *Pre-shared key*) – Unaprijed podijeljeni ključ  
**PP** – Prespojni panel  
**QoS** (engl. *Quality of Service*) – Kvaliteta usluge u mreži  
**RF** (engl. *Radio Frequency*) – Radijska frekvencija  
**SSID** (engl. *Service Set Identifier*) – Naziv (identifikator) bežične mreže  
**STP** – Stručnjak za tehničku podršku  
**STP** (engl. *Spanning Tree Protocol*) – Mrežni protokol koji gradi logičku topologiju mreže bez petlji  
**TCP/IP** (engl. *Transmission Control Protocol / Internet Protocol*) – Referentni model, tehnički otvoreni standard Interneta  
**TO** (engl. *Telecommunications Outlet*) – Priključna točka na pasivnu mrežnu infrastrukturu  
**UTP** (engl. *Unshielded Twisted Pair*) – Neoklopljena upletena parica  
**VLAN** (engl. *Virtual Local Area Network*) – Virtualna lokalna mreža  
**WAN** (engl. *Wide Area Network*) – Mreža širokog područja  
**WPA2** (engl. *Wi-Fi Protected Access 2*) – Algoritam za sigurnu komunikaciju putem IEEE 802.11 bežičnih mreža

## 1. Uvodne informacije

Priručnik o mrežnoj opremi i sustavu za upravljanje i nadzor mreže opisuje aktivnu i pasivnu mrežnu infrastrukturu implementiranu u školama u sklopu druge faze programa “e-Škole: Razvoj sustava digitalno zrelih škola (II. faza)”.

Osim opisa implementirane mrežne infrastrukture priručnik pruža osnovne informacije potrebne za administraciju, praćenje rada, detektiranje i otklanjanje manjih poteškoća u radu implementiranog aktivnog mrežnog sustava koji se zasniva na rješenju proizvođača Cisco.

U priručniku se ujedno nalaze upute o postupanju u slučajevima poteškoća u radu sustava te načinu prijave takvih poteškoća CARNET-ovom helpdesku.

Priručnik je namijenjen osobama koje pružaju tehničku podršku školama, odnosno stručnjacima za tehničku podršku, administratorima resursa u školama te svim drugim osobama koje jesu ili će biti angažirane na održavanju funkcionalnog mrežnog sustava u školama, a kako bi se što bolje upoznali s implementiranim sustavom na operativnoj razini.

## 2. Osnove mrežnog sustava

Kao preduvjet za administraciju i nadzor nad računalnom mrežom infrastrukturom implementiranom u sklopu projekta “e-Škole: Razvoj sustava digitalno zrelih škola (II. faza)“, nužno je da stručnjak za tehničku podršku (STP) zadužen za administraciju sustava bude upoznat s osnovama mrežnog sustava, mrežnim protokolima i servisima, osnovama rada bežične mreže, kao i sa sigurnošću računalnih mreža.

Budući da se od stručnjaka za tehničku podršku očekuje poznavanje osnova mrežnih tehnologija i pripadajućih protokola, u ovom priručniku osnove neće biti dodatno pojašnjene.

Od stručnjaka za tehničku podršku očekuje se osnovno znanje o sljedećim područjima implementacije i održavanja sustava mrežnih tehnologija:

- 7 slojeva OSI mrežnog modela (OSI - engl. *Open Systems Interconnection*), 4 sloja mrežnog TCP/IP (engl. *Transmission Control Protocol / Internet Protocol*) modela,
- adresiranje u računalnim mrežama,
- mrežni protokoli,
- sigurnost lokalnih mreža,
- mrežni uređaji
  - L2/L3 preklopnik, usmjeritelj, vatrozid, bežična pristupna točka (AP – engl. *Access Point*),
- bežična mreža
  - frekvencijski pojas (2,4 GHz, 5 GHz) i kanali,
  - standardi 802.11 a/b/g/n/ac,
  - sigurnost u bežičnim mrežama – autentikacija, autorizacija i enkripcija.

### 3. Pasivna mrežna oprema u školama

U sklopu projekta “e-Škole: Razvoj sustava digitalno zrelih škola (II. faza)“, u Glavnim izvedbenim projektima (GIP) definirani su parametri kvalitete pasivne mrežne infrastrukture koja se postavlja u školama. Ako u školama postoji dio infrastrukture koji ispunjava nužne parametre kvalitete, projektom je dopušteno korištenje postojeće infrastrukture, uključujući mrežne ormare, priključnice, kabela trase itd., a ta je mogućnost iskorištena u određenom broju škola. Za potrebe novog sustava kabliranja u školama, koriste se i postojeće trase (kabelski kanali) i postojeći etažni razdjelnici (EFD), u slučaju da raspoložu dovoljnim kapacitetom. Za svaku školu za koju je izvedeno kabliranje u sklopu projekta izgradnje pasivne mrežne infrastrukture u školama, izrađen je i Dokument izvedenog stanja (DIS) pasivne mrežne infrastrukture škole.

Novoizgrađena pasivna infrastruktura omogućuje:

- stabilnu i kvalitetnu pasivnu mrežu
- povezivanje računalne i mrežne opreme nabavljene kroz projekt “e-Škole: Razvoj sustava digitalno zrelih škola (II. faza)“
- integraciju postojeće mreže s novom
- veći kapacitet lokalnih mreža (LAN – engl. *Local Area Network*)
- mogućnost proširenja mreže.

#### 3.1 Komunikacijski ormari i priključnice

Aktivni uređaji, prespojni paneli i sl. smještaju se u razdjelnike sukladno DIS-u pasivne mrežne infrastrukture škole u kojem je predložen raspored opreme po komunikacijskim ormarima. Razmještaj i eventualna manja preraspodjela postojeće opreme po razdjelnicima izvedeni su na lokaciji prilikom same instalacije pasivne i prateće aktivne opreme.

U DIS-u pasivne mrežne infrastrukture škole korištene su sljedeće oznake, odnosno kratice za komponente:

- razdjelnik zgrade (BD – engl. *Building Distributor*)
- etažni razdjelnik (FD – engl. *Floor Distributor*)
- postojeći etažni razdjelnik (EFD – engl. *Existing Floor Distributor*)
- postojeća aktivna mrežna oprema (EANE – engl. *Existing Active Network Equipment*)

Glavni razdjelnik zgrade (BD) služi za smještaj aktivne mrežne opreme i pratećih sredstava nužnih za osiguranje pune funkcionalnosti dijela elektroničke komunikacijske mreže (EKM) za dio zgrade koji opslužuju. BD služi za povezivanje s terminalnom opremom za površine koje mu gravitiraju, kao i terminaciju kabela za okosnice zgrade, tj. veze s etažnim razdjelnicima (FD). U svakoj je školi postavljen jedan samostojeći BD u kojem se nalazi veći dio aktivne mrežne opreme, kao i CARNET-ova oprema smještena

na lokaciji korisnika (CPE – engl. *Customer Premises Equipment*), te smještaj infrastrukture vezane uz pristup na okosnicu CARNET-ove mreže.



*Slika 1: Primjer razdjelnika BD*

Etažni razdjelnik (FD) je optičkim kabelom povezan s glavnim razdjelnikom zgrade (BD), u skladu s namjenom, te služi za smještaj opreme za zaključenje etažnog kabliranja EKM-a opsluživanog područja i pripadajućih sustava za vođenje kabela. U FD ormare instalira se potreban tip i broj mrežnih preklopnika, u skladu s DIS-om.



*Slika 2: Primjer razdjelnika FD*



Za potrebe horizontalnog kabliranja, koriste se telekomunikacijski priključci (TO – engl. *Telecommunications Outlet*) koji su modularne (ugrađuju se u parapetne kanale) ili nadžbukne (samostojeće) izvedbe. Telekomunikacijskim se priključcima terminiraju kabele na strani korisničke opreme, ispred bežičnih pristupnih točki i na EANE mjestima. To su mjesta u školi na kojima se nalazi aktivna mrežna oprema koja nije smještena u komunikacijskom ormaru. Precizna pozicija svih mjesta završetka kabela, odnosno TO, specificirana je u izvedbenom projektu pasivne mrežne infrastrukture, tj. u njezinoj pratećoj dokumentaciji.



Slika 3: Primjer priključne kutije

Za potrebe horizontalnog kabliranja, koriste se prespojni paneli RJ45 izvedbe za montažu unutar telekomunikacijskih ormara 19" (19 inča), visine 1U, s 24 priključna mjesta za module čiji standard odgovara ugrađenom kabelu. Potreban broj prespojnih panela RJ45 i pozicija unutar pojedinog razdjelnika definiran je u DIS-u pasivne mrežne infrastrukture škole. Prespojni panel RJ45 služi za terminiranje svih U/UTP kabela koji gravitiraju razdjelniku u kojemu su isti terminirani.



Slika 4: Primjer modula RJ45

Prespojni paneli namijenjeni su za ugradnju u razdjelnike širine vertikalnih tračnica 19". Prespajanje krajnjih točaka kabela međusobno, kao i spajanje aktivnih uređaja na njih, izvedeno je prespojnima kabelima unutar razdjelnika.



Slika 5: Primjer optičkog LC prespojnog panela



Slika 6: Primjer UTP modularnog prespojnog panela

Svjetlovodni prespojni kabeli imaju dvije niti (engl. *duplex*). Oni su zaključeni svjetlovodnim konektorima tipa LC.



Slika 7: Svjetlovodni LC konektor

U/UTP prespojni kabeli kategorije 6A (Cat. 6A) s obje su strane zaključeni RJ45 konektorima.



Slika 8: UTP RJ45 konektor

## 3.2 Sustav označavanja

Oznake komunikacijskih ormara i krajnjih točaka njihove terminacije slijede preporuke standarda za strukturalno kabliranje, ali se prilagođavaju specifičnostima prostora. U nastavku je iznesen detaljan opis sustava označavanja.

### 3.2.1 Fizičke pozicije

Fizičkim pozicijama prethodi znak „+“. Položaji građevina, komunikacijskih razdjelnika i opreme prikazani su dispozicijskim nacrtima.

Radni prostori u kojima se izvode radovi instalacija strukturalnog kabliranja lokalne računalne mreže smješteni su po etažama građevine. Svaka od etaža, kao i pripadajuće fizičke pozicije opreme na pojedinoj etaži, označavaju se odgovarajućom oznakom.

### 3.2.2 Oznaka etaže

U nastavku je tablica 1 u kojoj su prikazane oznake etaža.

| ETAŽA     | OZNAKA |
|-----------|--------|
| 1. kat    | +01    |
| prizemlje | +00    |
| podrum    | +99    |

Tablica 1: Oznaka etaža

Primjer:

- +01 – označava fizičku poziciju na prvoj etaži (+01).

### 3.2.3 Oznaka razdjelnika

Čvorište instalacije strukturalnog kabliranja čine razdjelnici koji se koriste za smještaj aktivnih uređaja računalne mreže te opreme za prespajanje segmenata strukturalnog kabliranja. U nastavku je dan opis funkcija razdjelnika i način označavanja pojedinih dijelova razdjelnika:

- +BD – glavni razdjelnik zgrade – čvor koji povezuje vertikalne razvode (prvi u drugu razinu kabliranja) s horizontalnim razvodom kabela. U razdjelniku je ujedno postavljen i CPE uređaj koji služi za terminiranje WAN mreže (WAN – engl. *Wide Area Network*),
- +FD – razdjelnik etaže – čvor koji povezuje horizontalne razvode kabela (treća razina kabliranja) s priključnim mjestima u učionicama i ostalim uredima. U pojedinoj školi može biti više razdjelnika etaže, ali ako svi razvodi kabela završavaju u glavnom razdjelniku, onda ne mora biti nijedan.

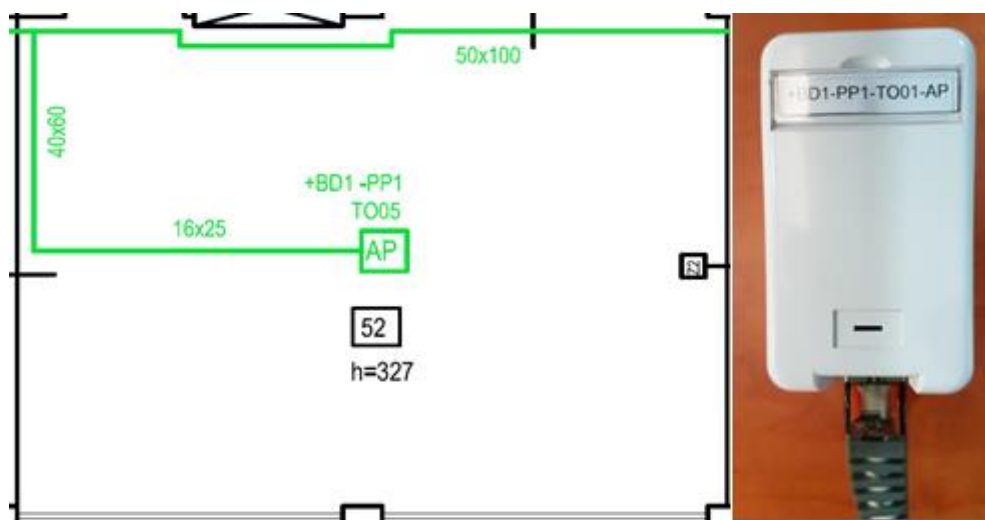
- +EFD – postojeći etažni razdjelnik.
- +EANE – postojeća aktivna mrežna oprema.

Pojedine pozicije unutar razdjelnika definiraju se na sljedeći način:

- **+BDy-PPx-z** – **y** označava broj **BD** razdjelnika, **PP** označava prespojni panel, **x** označava njegov redni broj, dok **z** označava poziciju na panelu, tj. broj porta.
- Primjer:
  - **+BD1-PP1-TO05-AP** – predstavlja fizičku poziciju koja, čitano zdesna nalijevo, označava priključak **5** za bežičnu pristupnu točku (**AP**) na prespojnom panelu **1** (PP1) u razdjelniku **BD** (+BD1).
  - **+BD1-PP2-TO01** – predstavlja fizičku poziciju koja, čitano zdesna nalijevo, označava priključak **1** na prespojnom panelu **2** (PP2) u razdjelniku **BD** (+BD1).



Slika 9: Primjer označavanja razdjelnika i panela



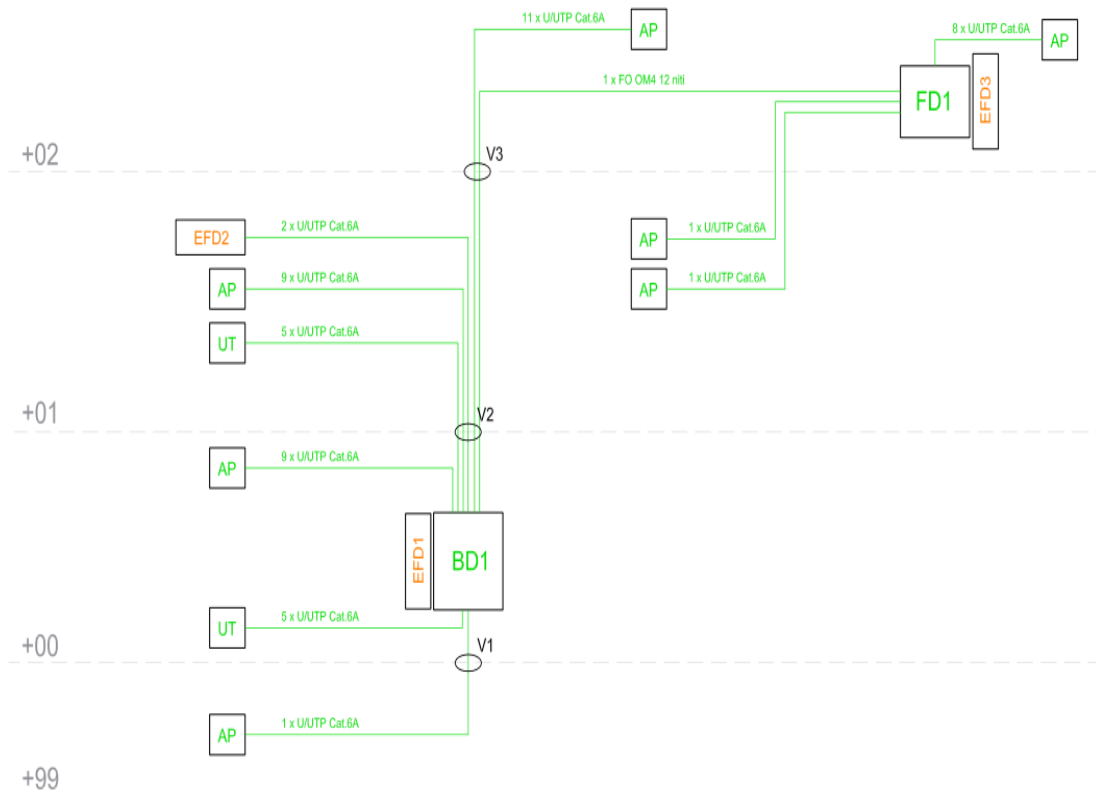
Slika 10: Primjer označavanja priključnica

### 3.3 Primjeri i načini veza komunikacijskih ormara

Prijenosni mediji kojima se povezuju komunikacijski ormari su:

- višemodni svjetlovodni kabeli, OM4 kategorija, s 12 niti
- bakreni kabel s četiri parice (U/UTP), kategorije 6A (Cat. 6A).

Takvi prijenosni mediji omogućavaju korištenje strukturnog kabliranja tijekom više budućih generacija računalnih mreža koje će raditi na većim brzinama.



Slika 11: Primjer povezivanja BD/FD/EFD komunikacijskih ormara

## 4. Aktivna mrežna oprema u školama

Implementirani mrežni sustav u cijelosti je zasnovan na rješenjima proizvođača Cisco.

Osnovne komponente implementiranog aktivnog mrežnog sustava u školama, isporučeni modeli, njihova uloga i konfiguracijske značajke opisani su niže u ovome poglavlju.

### 4.1 Arhitektura sustava

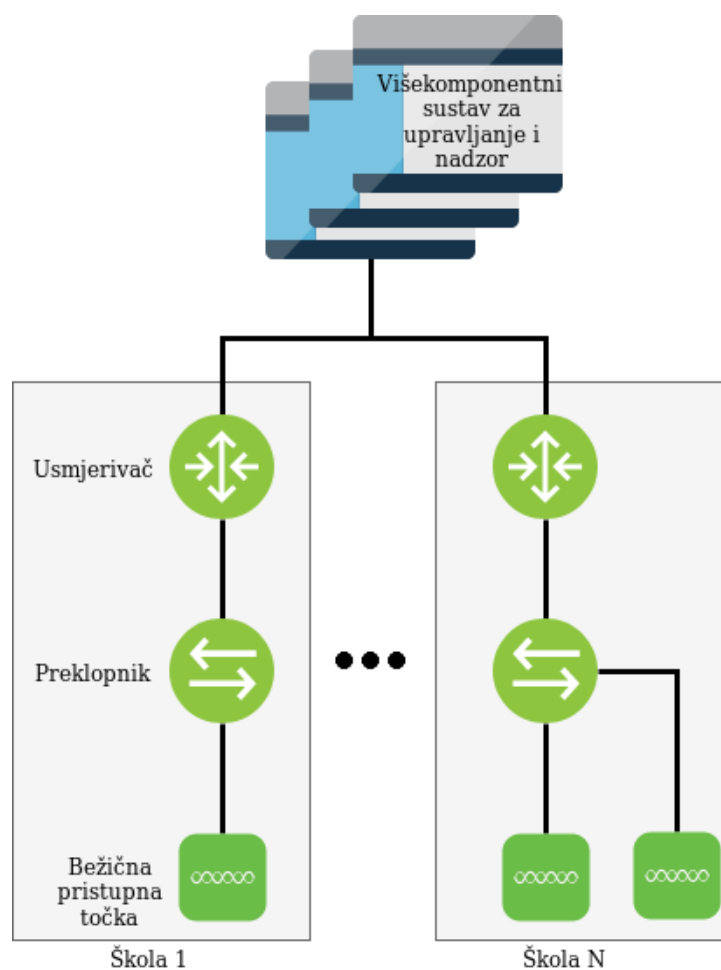
Implementirani mrežni sustav predstavlja dvokomponentno rješenje u kojem se instaliranom mrežnom opremom upravlja putem središnjeg sustava za upravljanje i nadzor mreže. U ovakvom modelu, različitim slojevima lokalne mreže upravlja se i nadzire korištenjem različitih komponenti nadzorno upravljačkog sloja.

Implementirani mrežni sustav sastoji se od upravljačkog dijela mreže, fizički smještenog na centralnoj lokaciji CARNET-ovih podatkovnih centara, i lokalne mreže škole. U ovom poglavlju stavljen je naglasak na implementiranu aktivnu mrežnu opremu lokalne mreže škole, dok je upravljački dio implementiranog mrežnog sustava opisan u poglavlju 5 „Sustav za upravljanje i nadzor mreže“.

Sve aktivne mrežne komponente škole čine logičku cjelinu pristupnog sloja, a sastoje se od:

- mrežnog usmjerivača (žični pristup),
- mrežnih preklopnika (žični pristup),
- bežičnih pristupnih točaka (bežični pristup).

Svaka škola povezana je na CARNET mrežu kroz koju klijenti ostvaruju pristup do potrebnih servisa i Interneta. Povezanost na CARNET mrežu ostvarena je korištenjem CARNET-ovog CPE uređaja. Na CARNET-ov CPE uređaj povezana je aktivna mrežna oprema škole, te se sastoji od mrežnog usmjerivača, mrežnih preklopnika i bežičnih pristupnih točaka. Na mrežni usmjerivač povezani su mrežni preklopnici, a na njih su povezane bežične pristupne točke.



Slika 12: Shema implementiranog sustava sa sastavnim blokovima

## 4.2 WAN mreža

U ovom poglavlju su opisani mrežni usmjerivač i virtualni LAN-ovi.

### 4.2.1 Mrežni usmjerivač

Mrežni usmjerivač omogućuje prijenos podataka između mreža, prilagođavajući pritom podatke za prijenos iz jednog sustava u drugi.

Osnovni zadatak koji usmjerivači obavljaju je provjera odredišne IP adrese za svaki paket koji pristigne na neko od mrežnih sučelja na usmjerivaču, pronalazak gdje treba preusmjeriti taj paket u tablici usmjeravanja te prosljeđivanje paketa na odgovarajuće sučelje.



U sklopu implementiranog mrežnog rješenja u školama, ulogu mrežnog usmjerivača ima uređaj **Cisco ISR C1161-8P** (u daljnjem tekstu usmjerivač). Ovaj usmjerivač omogućuje povezivanje LAN mreže škole na okosnicu CARNET mreže te na taj način čini granicu između LAN mreže škole i CARNET mreže. Usmjerivač se na mrežu povezuje preko Gi0/0/0 sučelja koje je izravno povezano na CARNET-ov CPE usmjerivač. Sučelje usmjerivača Cisco C1161-8P dobiva IP adresu dinamički putem DHCP (engl. *Dynamic Host Configuration Protocol*) protokola iz CARNET mreže.

Usmjerivač Cisco C1161-8P prikazan je na slici u nastavku.



Slika 13: Usmjerivač Cisco ISR C1161-8P

Količine i tipovi ugrađenih sučelja usmjerivača Cisco C1161-8P:

- 1 x WAN GE (Gi0/0/1)
- 1 x WAN GE/SFP combo (Gi0/0/0)
- 8 x LAN GE (Gi0/1/0 – Gi0/1/7)

Uz funkciju usmjeravanja podatkovnih paketa, usmjerivač Cisco C1161-8P ima i druge ključne mrežne funkcionalnosti koje su opisane u nastavku.

Funkcionalnosti usmjerivača Cisco C1161-8P u sklopu implementiranog mrežnog rješenja:

- centralizirano upravljanje uređajem putem sustava za nadzor i upravljanje mrežom,
- tzv. *Zero-touch* instalacija uređaja bez postavljanja inicijalne konfiguracije, putem sustava za nadzor i upravljanje mrežom,
- povezivanje na CPE opremu, odnosno na CARNET mrežu,
- usmjeravanje prometa (IPv4/IPv6),
- segmentiranje lokalne mreže (IPv4/IPv6) – definiranje VLAN-ova i L3 mrežnih segmenata, translaciju privatnih IPv4 adresa u jednu ili više javnih IPv4 adresa,
- definiranje L3/L4 sigurnosnih pravila (IPv4/IPv6),
- osiguravanje kvalitete usluge (QoS – engl. *Quality of Service*), klasificiranje prometa i ograničavanje prometa (engl. *traffic shaping*),
- DHCP servis za LAN klijente.

## 4.2.2 Konfiguracijske značajke

Virtualni LAN-ovi (VLAN) i IP adresiranje je prikazano u tablici 2.

| VLAN ID | Ime VLAN-a      | Mrežni raspon    |
|---------|-----------------|------------------|
| 3       | management      | 192.168.128.0/24 |
| 10      | ucionice        | 192.168.30.0/23  |
| 11      | dodatni_servis1 | 192.168.32.0/23  |
| 12      | dodatni_servis2 | 192.168.34.0/23  |
| 13      | gosti           | 192.168.36.0/23  |
| 14      | eduroam         | 192.168.44.0/22  |
| 15      | dodatni_servis3 | 192.168.40.0/23  |
| 16      | postojeca_mreza | 192.168.42.0/23  |

Tablica 2: VLAN i IP adresiranje

Opis namjene pojedinog VLAN-a:

- VLAN 3 je *management* VLAN i služi za upravljanje bežičnim pristupnim točkama,
- VLAN 10 služi za povezivanje dijeljenih učeničkih uređaja u odabranim učionicama na bežičnu mrežu *eSkole*. U isti VLAN smješta se oprema instalirana u učionicama (poput pametnih ploča). IP adrese iz tog segmenta dobivaju stručnjaci za tehničku podršku i nastavno osoblje spojeni na *eduroam* mrežu,
- VLAN 11, 12 i 15 služe za povezivanje i logičko odvajanje dodatnih servisa ako na lokaciji postoji potreba za odvajanje resursa od ostatka postojeće mreže (npr. video nadzor, poslužitelji),
- VLAN 13 služi za povezivanje gostiju na bežičnu mrežu *guest*. Brzina te mreže ograničena je na 50% ukupne brzine internetskog linka,
- VLAN 14 služi za povezivanje učenika i posjetitelja škole koji imaju dostupnu *eduroam* mrežu na svom uređaju. Brzina te mreže ograničena je na 50% ukupne brzine internetskog linka,
- VLAN 16 služi za povezivanje postojeće mrežne infrastrukture na novu implementiranu mrežnu infrastrukturu.

Pristup svim potrebnim resursima omogućen je povezivanjem usmjerivača Cisco C1161-8P i Mikrotik usmjerivača (CPE). Gi0/0/0 sučelje na usmjerivaču Cisco C1161-8P povezano je na ETH 4 sučelje na Mikrotiku. Usmjerivač Cisco C1161-8P preko DHCP-a dobiva 3. adresu iz javnog /29 javnog raspona, koja se uz 4. adresu koristi za potrebe NAT-iranja privatnih mreža.

## 4.3 LAN mreža

U ovom poglavlju su opisani mrežni preklopnik i konfiguracijske značajke mrežnih preklopnika.

### 4.3.1 Mrežni preklopnik

Uloga mrežnih preklopnika je povezivanje uređaja na mrežnu infrastrukturu u pristupnom sloju mreže te međusobno povezivanje udaljenih mrežnih ormara optičkim i bakrenim vezama.

Osim toga, uloga preklopnika je logičko razdvajanje mrežnih segmenata u zasebne domene, odnosno VLAN-ove, u svrhu optimizacije i primjene sigurnosnih politika za pojedine segmente. Ovakav model implementacije ustaljena je praksa u mrežama i integracijama ovakve složenosti.

Ovisno o veličini škole i načinu izvedbe pasivne infrastrukture, u pojedinu školu instalirana je optimalna kombinacija modela i broja preklopnika, čiji ukupan broj sučelja optimalno prati i broj priključaka na segmentu pasivne mrežne opreme.

U sklopu implementiranog mrežnog rješenja u školama, ulogu mrežnih preklopnika imaju Cisco Meraki uređaji. Implementirani su sljedeći modeli Cisco Meraki preklopnika:

- **MS210-24P-HW**
- **MS210-48LP-HW**

Ovisno o količini i vrsti potrebnih sučelja te odgovarajućeg kapaciteta snage za napajanje bežičnih pristupnih točaka putem mrežnih preklopnika, u svaki mrežni ormar u kojem je terminirana nova pasivna mrežna infrastruktura, implementiran je određeni model mrežnog preklopnika.

Preklopnik MS210-24P-HW prikazan je na slici u nastavku.



Slika 14: Preklopnik Cisco Meraki MS210-24P-HW

Preklopnik MS210-24P-HW raspolaže s 24 GE (*engl. Gigabit Ethernet*) RJ45 sučelja, sva sučelja imaju PoE (*engl. Power Over Ethernet*) funkcionalnost, i s 4 GE (*engl. Gigabit*

*Ethernet*) SFP sučelja. Maksimalna izlazna snaga (engl. *PoE Output Limit*) na nivou preklopnika je 370W (engl. *Watt*).

Preklopnik MS210-48LP-HW prikazan je na slici u nastavku.



Slika 15: Preklopnik Cisco Meraki MS210-48LP-HW

Preklopnik MS210-48LP-HW raspolaže s 48 GE (engl. *Gigabit Ethernet*) RJ45 sučelja, sva sučelja imaju PoE (engl. *Power Over Ethernet*) funkcionalnost, i s 4 GE (engl. *Gigabit Ethernet*) SFP sučelja. Maksimalna izlazna snaga (engl. *PoE Output Limit*) na nivou preklopnika je 370W (engl. *Watt*).

Preklopnici unutar BD ormara povezani su direktno na usmjerivač. Svi preklopnici unutar jednog FD ormara povezani su na jedan preklopnik unutar ormara. Veze između BD i FD ormara realizirane su putem optičkih veza, i pomoću višemodnih optičkih modula (MA-SFP-1GB-SX) ili jednomodnih optičkih modula (MA-SFP-1GB-LX10).

Višemodni optički modul **MA-SFP-1GB-SX** prikazan je na slici u nastavku.



Slika 16: Višemodni optički modul MA-SFP-1GB-SX

Jednomodni optički modul **MA-SFP-1GB-LX10** prikazan je na slici u nastavku.



Slika 17: Jednomodni optički modul MA-SFP-1GB-LX10

Funkcionalnosti preklopnika Cisco Meraki u sklopu implementiranog mrežnog rješenja:

- centralizirano upravljanje putem sustava za nadzor i upravljanje mrežom,
- tzv. *Zero-touch* instalacija uređaja bez postavljanja inicijalne konfiguracije, putem sustava za nadzor i upravljanje mrežom,
- segmentacija mreže na više virtualnih mreža – VLAN-ova,
- STP (engl. *Spanning Tree Protocol*) funkcionalnost,
- prihvat klijentskih računala te bežičnih pristupnih točaka,
- sigurnosne mogućnosti,
- napajanje za spajanje bežičnih pristupnih točaka na sučeljima preklopnika.

### 4.3.2 Konfiguracijske značajke

Osnovne konfiguracijske značajke mrežnih preklopnika navedene su u nastavku.

Virtualni LAN-ovi (VLAN) koji se primjenjuju na preklopticima prikazani su u tablici 3.

| VLAN ID | Ime VLAN-a      |
|---------|-----------------|
| 3       | management      |
| 10      | ucionice        |
| 11      | dodatni_servis1 |
| 12      | dodatni_servis2 |
| 13      | gosti           |
| 14      | eduroam         |
| 15      | dodatni_servis3 |
| 16      | postojeca_mreza |

Tablica 3: Popis i oznake VLAN-ova koji se primjenjuju na preklopticima

Ovisno o potrebama na lokaciji sučeljima na preklopticima pridružuju se VLAN-ovi navedeni u tablici 3.

Integracija postojeće mreže škole s novom mrežnom opremom obavlja se preko sučelja na preklopniku. Ta sučelja su konfigurirana u pristupnom načinu rada (engl. *Access Mode*) i dodijeljen im je VLAN 16. Putem ove mrežne integracije uređaji na postojećoj mreži dobivaju IP adrese od DHCP poslužitelja s usmjerivača.

Ako je na sučelje spojena bežična pristupna točka, tada je sučelje postavljeno u način rada koji dozvoljava propuštanje više VLAN-ova (engl. *Trunk Mode*), čime je omogućena komunikacija uređajima spojenima na bežične mreže (VLAN-ovi 10, 13 i 14). Na sučeljima je omogućena i opcija PoE (engl. *Power Over Ethernet*) koja osigurava napajanje bežičnih pristupnih točaka preko pasivne mrežne infrastrukture.

Na preklopnicima je konfiguriran i STP protokol (engl. *Spanning Tree Protocol*) koji prilikom pojave preklopne petlje onemogućuje sučelja, kako bi se izbjegle petlje unutar ostatka mrežne topologije.

## 4.4 Bežična mreža

U ovom poglavlju su opisane bežične pristupne točke i konfiguracijske značajke bežičnih mreža.

### 4.4.1 Bežične pristupne točke

Uloga pristupne točke je odašiljanje bežičnog signala za pristup mrežnoj infrastrukturi te služi za pokrivanje prostora unutar škola bežičnim signalom. U svakoj školi instaliran je veći broj bežičnih pristupnih točaka, a implementirani sustav podržava mobilnost klijenata bez prekida u komunikaciji prilikom prijelaza klijenata s jedne na drugu bežičnu pristupnu točku. Raspored i montaža bežičnih pristupnih točki obavljena je sukladno DIS-u pasivne mrežne infrastrukture škole.

U navedenom sustavu implementiran je model različitih bežičnih mreža (SSID – engl. *Service Set Identifier*) s različitim konfiguracijskim postavkama, načinima autentikacije te pravima pristupa kroz spajanje na pojedinačnu mrežu.

U sklopu implementiranog mrežnog rješenja u školama, ulogu bežične pristupne točke ima uređaj **Cisco Meraki MR36**.

Bežična pristupna točka **MR36** prikazana je na slici u nastavku.



Slika 18: Bežična pristupna točka MR36

Funkcionalnosti bežične pristupne točke MR36 u sklopu implementiranog mrežnog rješenja:

- centralizirano upravljanje putem sustava za nadzor i upravljanje mrežom,
- tzv. *Zero-touch* instalacija uređaja bez postavljanja inicijalne konfiguracije, putem sustava za nadzor i upravljanje mrežom,
- podrška za IEEE 802.11a/b/g/n/ac standarde,
- istovremeni rad na 2,4 i 5 GHz frekvencijskom području,
- zasebni radio za dedikirano skeniranje, koji se ne koristi za prijenos korisničkih podataka već isključivo za kontinuiranu WIDS/WIPS analizu te analizu i optimizaciju korištenja RF (engl. *Radio Frequency*) spektra,
- automatska RF optimizacija mreže,
- podrška za standard 2 x 2 MU-MIMO (engl. *Multi-user MIMO*) standard,
- MU-MIMO i OFDMA funkcionalnosti u odlaznom (engl. *uplink*) i dolaznom (engl. *downlink*) smjeru,
- podrška za 802.1x autentikacijske mehanizme i AES enkripciju,
- autentikacija korisnika na mrežu preko zaštitnog portala (*Captive portal*) korištenjem imeničkih sustava,
- podrška za implementaciju QoS mehanizama,
- ograničavanje propusnosti po pojedinom SSID-u te klijentu.

#### 4.4.2 Konfiguracijske značajke

U svakoj školi definirane su tri bežične mreže, odnosno tri SSID-a:

- **eSkole** – služi za povezivanje uređaja u odabranim učionicama na bežičnu mrežu, odnosno za povezivanje uređaja koje koristi više različitih osoba,
- **eduroam** – služi za povezivanje učenika, nastavnika i ostalog osoblja na bežičnu mrežu, odnosno za povezivanje uređaja koji u pravilu koristi samo jedna osoba,
- **guest** – služi za povezivanje vanjskih posjetitelja i partnera na bežičnu mrežu.

U nastavku su opisani konfiguracijski parametri svake od navedenih mreža.

Za pristup mreži **eSkole** koriste se sljedeći parametri:

- PSK (engl. *pre-shared key*) za autentikaciju korisnika i pristup na ograničenu bežičnu mrežu (*walled garden*, privremeni PSK koji stručnjak za tehničku podršku mreže može po želji zamijeniti je: `eskole123#`),
- WPA2 (engl. *Wi-Fi Protected Access*) enkripcija podataka na pristupnom sloju bežične mreže,
- *Captive portal* za autentikaciju korisnika prilikom pristupa Internetu. Za autentikaciju se koristi `AAI@EduHr` sustav,
- nakon pristupa mreži **eSkole**, korisnici pripadaju u VLAN 10 i imaju IP adresu iz mreže `192.168.30.0/23`.

Za pristup mreži **eduroam** koriste se sljedeći parametri:

- 802.1X enterprise RADIUS autentikacija uz WPA2 enkripciju podataka ,
- za pristup mreži *eduroam* koristi se protokol TTLS-PAP. Detaljnije upute se mogu naći na mrežnoj adresi [installer.eduroam.hr](http://installer.eduroam.hr),
- za autentikaciju se koristi *AAI@EduHr* sustav,
- korisnici nakon pristupa mreži *eduroam* pripadaju u VLAN 14 i imaju IP adresu iz mreže 192.168.44.0/22, osim ako se radi o nastavnicima koji tada pripadaju u VLAN 10 i imaju IP adresu iz mreže 192.168.30.0/23,
- ako se ne radi o nastavnicima, za navedenu se mrežu propusnost limitira na 50 % ukupne propusnosti linka.

Za pristup mreži **guest** koriste se sljedeći parametri:

- otvoren pristup mreži uz mogućnost *Captive* portal autentikacije za pristup na okosnicu CARNET mreže,
- za autentikaciju se koristi baza korisnika iz ponuđenog sustava za upravljanje i nadzor. Kako bi stručnjak za tehničku podršku gostu omogućio pristup Internetu, mora njegovu e-mail adresu unijeti u sustav,
- nakon pristupa mreži *guest*, korisnici pripadaju u VLAN 13 i imaju IP adresu iz mreže 192.168.36.0/23,
- za navedenu mrežu se limitira propusnost na 50 % ukupne propusnosti linka prema Internetu.

U nastavku su navedene upute za spajanje na svaku od navedenih mreža.

Upute za spajanje na **eSkole** bežičnu mrežu:

- **Settings / Connections / Wifi**,
- Odabrati bežičnu mrežu **eSkole**,
- U **Password** polje unijeti PSK – privremeni PSK koji stručnjak za tehničku podršku mreže može po želji zamijeniti je: **eskole123#**
- Prilikom pristupa na okosnicu CARNET mreže u pretraživaču se otvara **Captive portal** za autentikaciju i ovdje je potrebno unijeti svoje **AAI vjerodajnice (korisničko ime u obliku „ime.prezime@skole.hr“ i lozinku)**.

Upute za spajanje na **eduroam** bežičnu mrežu:

- **Settings / Connections / Wifi**,
- Odabrati bežičnu mrežu **eduroam**,
- **EAP method** postaviti na **TTLS**,
- **PHASE 2 authentication** postaviti na **PAP**,
- U **CA certificate** polju **nije potrebno mijenjati postavke**,
- U **Identity** polje unijeti svoje **AAI korisničko ime (u obliku „ime.prezime@skole.hr“)**,
- Polje **Anonymus identity** **ostaviti prazno**,
- U **Wireless password** polje unijeti svoju **lozinku za AAI**.



Upute za spajanje na **guest** bežičnu mrežu:

- **Settings / Connections / Wifi,**
- Odabrati bežičnu mrežu **guest,**
- Prilikom pristupa na okosnicu CARNET mreže u pretraživaču se otvara **Captive portal** za autentikaciju i ovdje je potrebno unijeti svoje **vjerodajnice (korisničko ime i lozinku)** koje je prethodno kreirao stručnjak za tehničku podršku.

## 5. Sustav za upravljanje i nadzor mreže

U ovom poglavlju su opisane osnovne sastavnice sustava i pregled glavnih upravljačkih funkcionalnosti u sustavu za upravljanje i nadzor mreže.

### 5.1 Osnovne sastavnice sustava

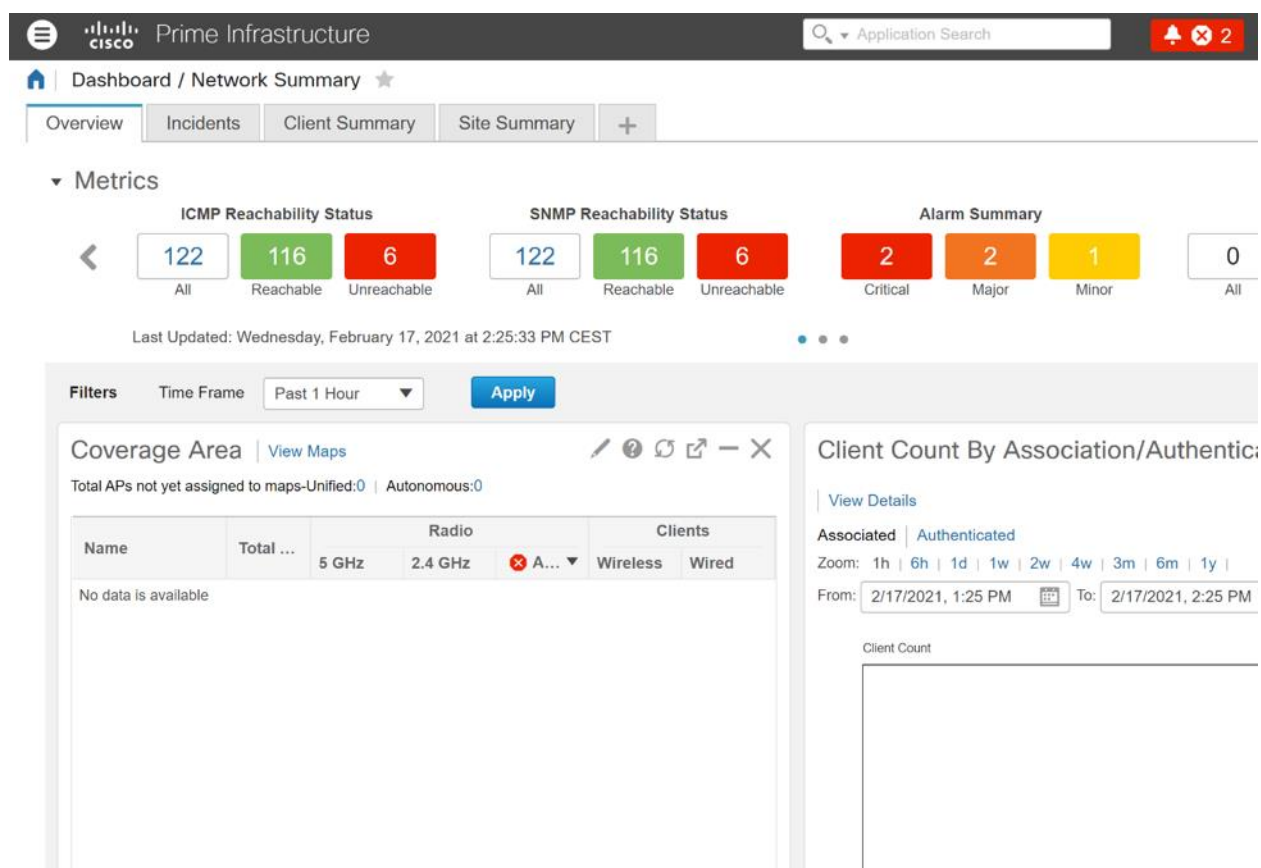
Upravljanje i nadzor mrežne infrastrukture ostvareno je implementacijom redundantnog, centraliziranog sustava koji omogućuje sljedeće:

- upravljanje, konfiguraciju i nadzor kompletne mrežne infrastrukture instalirane u lokalnoj mreži škole (mrežni usmjerivači, mrežni preklopnici i bežične pristupne točke),
- instalaciju svih mrežnih uređaja i spajanje na sustav za upravljanje i nadzor bez prethodnog spajanja na uređaj i promjene tvorničkih postavki uređaja (engl. *Zero-touch Deployment*),
- konfiguraciju svih podržanih funkcionalnosti mrežnih uređaja implementiranih u lokalnoj mreži škole,
- odvojenost kontrolne razine od podatkovne razine sustava što omogućuje da samo kontrolni promet komunicira direktno sa serverima u podatkovnom centru, dok se klijentski promet usmjerava direktno na CARNET mrežu, te ne prolazi kroz sustav za upravljanje i nadzor mreže,
- integraciju mrežnog rješenja s autentikacijskom imeničkom infrastrukturom, u svrhu autentikacije na sam sustav za upravljanje i nadzor, kao i u svrhu autentikacije prilikom klijentskog pristupa mreži,
- podjelu sustava za upravljanje i nadzor na više neovisnih lokacija, tako da svaka škola može biti neovisan logički segment unutar sustava za upravljanje i nadzor,
- pristup jednoj ili više lokacija imenovanim administratorima sustava za upravljanje i nadzor,
- dijagnostiku mreže u stvarnom vremenu, udaljeni nadzor mreže, te generiranje redovitih izvještaja o statusu mreže i ponašanju korisnika spojenih na mrežu,
- visoku dostupnost sustava za upravljanje i nadzor.

Osnovne programske sastavnice sustava za upravljanje i nadzor mreže su **Cisco Prime Infrastructure** i **Cisco Meraki Cloud**, čije su glavne funkcionalnosti objašnjene u nastavku.

**Prime Infrastructure** je rješenje proizvođača Cisco za upravljanje mrežnom infrastrukturom iz jednog grafičkog sučelja. Omogućuje centralizirano rješenje za konfiguraciju i nadzor mrežnih usmjerivača.

Rješenje je implementirano u visoko dostupnoj konfiguraciji (HA – engl. *High Availability*), pomoću virtualnih uređaja na primarnom i pričuvnom podatkovnom centru.



Slika 19: Nadzorna ploča Cisco Prime Infrastructure

**Cisco Meraki oblak** (engl. *cloud*) je rješenje zasnovano na upravljanju sustavom putem oblaka i ono je centralno mjesto za upravljanje i konfiguraciju LAN komponenti sustava, odnosno preklopnica i bežičnim pristupnim točkama. Sustav je visoko dostupan, i implementiran na razini više podatkovnih centara fizički smještenih u Europi.

Mrežnim preklopnica i bežičnim pristupnim točkama u školama upravlja se putem *Središnjeg sustava za upravljanje i nadzor e-Škole mreže* koji predstavlja centralno administratorsko sučelje. Sustavu se pristupa preko poveznice <https://mreza.e.skole.hr/>.

## Središnji sustav za upravljanje i nadzor e-Škole mreže



Pristup Središnjem sustavu za upravljanje i nadzor mreže imaju isključivo za to ovlaštene osobe.  
Molimo da se prijavite svojim elektroničkim identitetom u sustavu AAI@EduHr ukoliko ste za to ovlašteni od strane škole.  
Neovlašteni pristup je zabranjen.

Prijava

Za pomoć i podršku u radu molimo da se obratite na adresu helpdesk@king-ict.hr ili telefonski na broj 01 6690 899.  
U slučaju problema s prijavom molimo da se javite elektroničkom poštom na adresu helpdesk@skole.hr ili telefonski na broj 01 6661 500.



Europska unija  
Zajedno do budućnosti



EUROPSKI STRUKTURNI  
I INVESTICIJSKI FONDovi



Operativni program  
KONKURENTNOST  
I KOHEZIJA

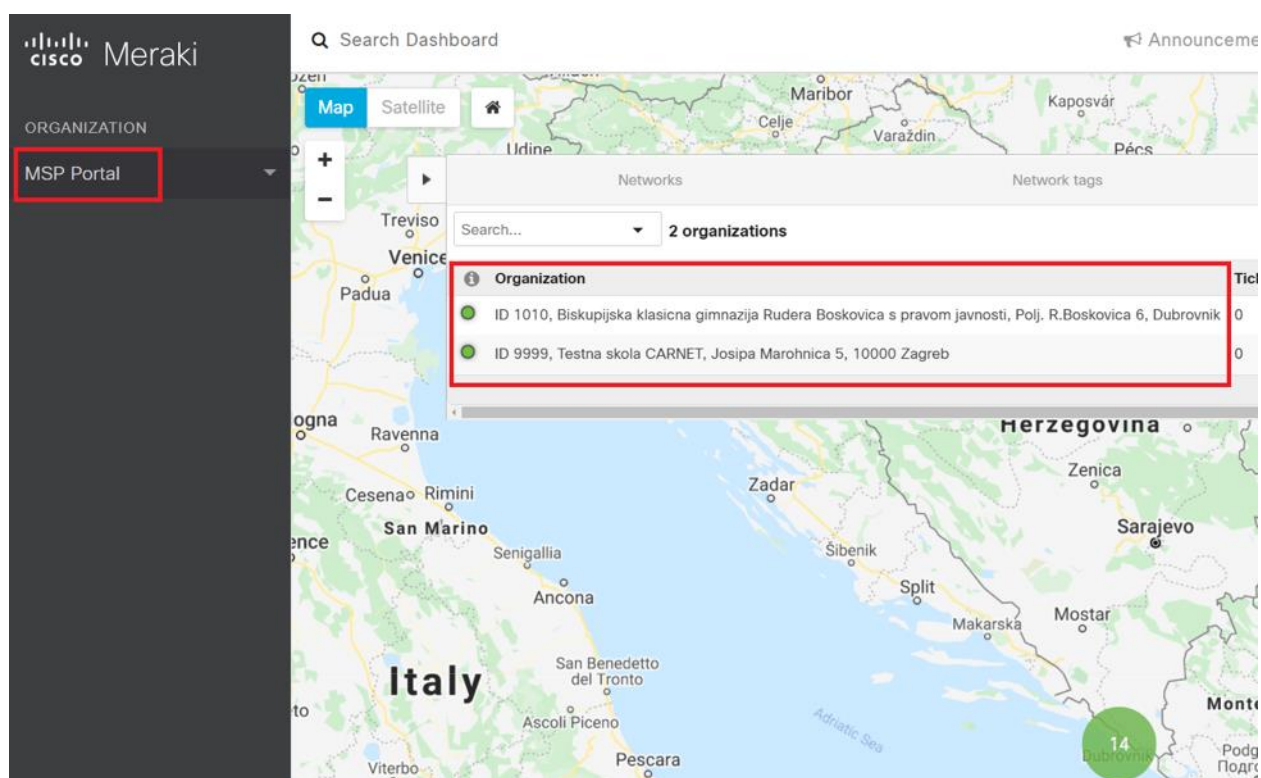


UČINKOVITI  
LJUDSKI  
POTENCIJALI

Projekt je sufinancirala Europska unija iz europskih strukturnih i investicijskih fondova.

Slika 20: Središnji sustav za upravljanje i nadzor e-Škole mreže – prijava

Nakon prijave u sustav dolazi do preusmjerenja na MSP portal gdje je prikazan popis lokacija koje su na raspolaganju za administraciju.

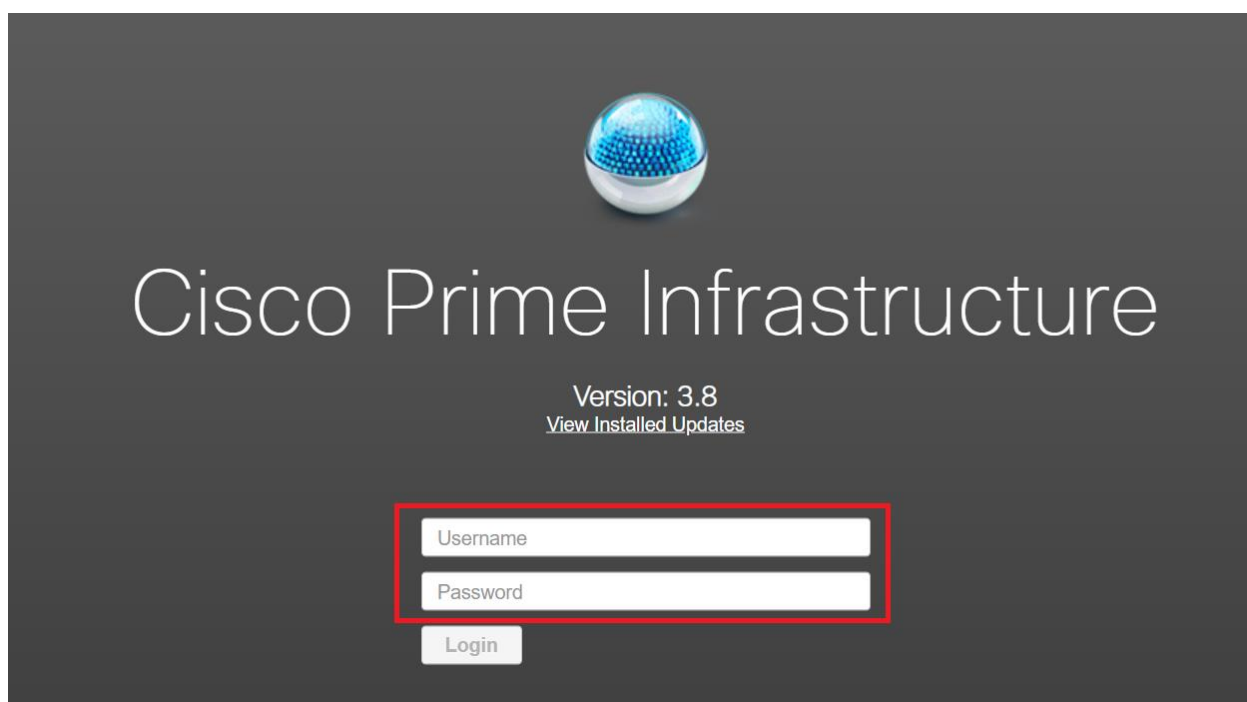


Slika 21: MSP portal za administraciju

## 5.2 Pregled glavnih upravljačkih funkcionalnosti

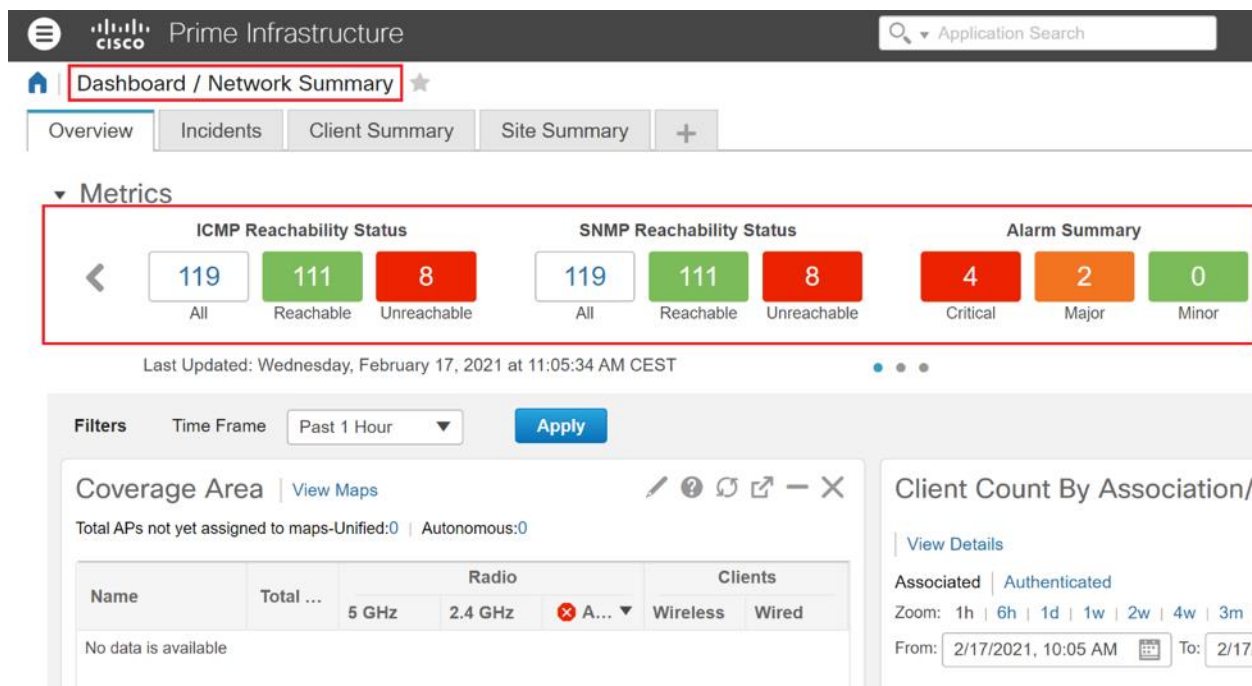
Cisco Prime sustavu za upravljanje i nadzor mrežne opreme pristupa se putem internetskog preglednika (poput Google Chrome, Mozilla Firefox, Microsoft Edge i dr.) preko IP adrese 193.198.236.5 (<https://mreza-cp.e-skole.hr>), koristeći HTTPS protokol (engl. *Hypertext Transfer Protocol Secure*).

Prijava na sustav vrši se unosom vjerodajnica u formi korisničkog imena i lozinke prethodno definiranih od strane administratora sustava.



Slika 22: Cisco Prime – prijava u sustav

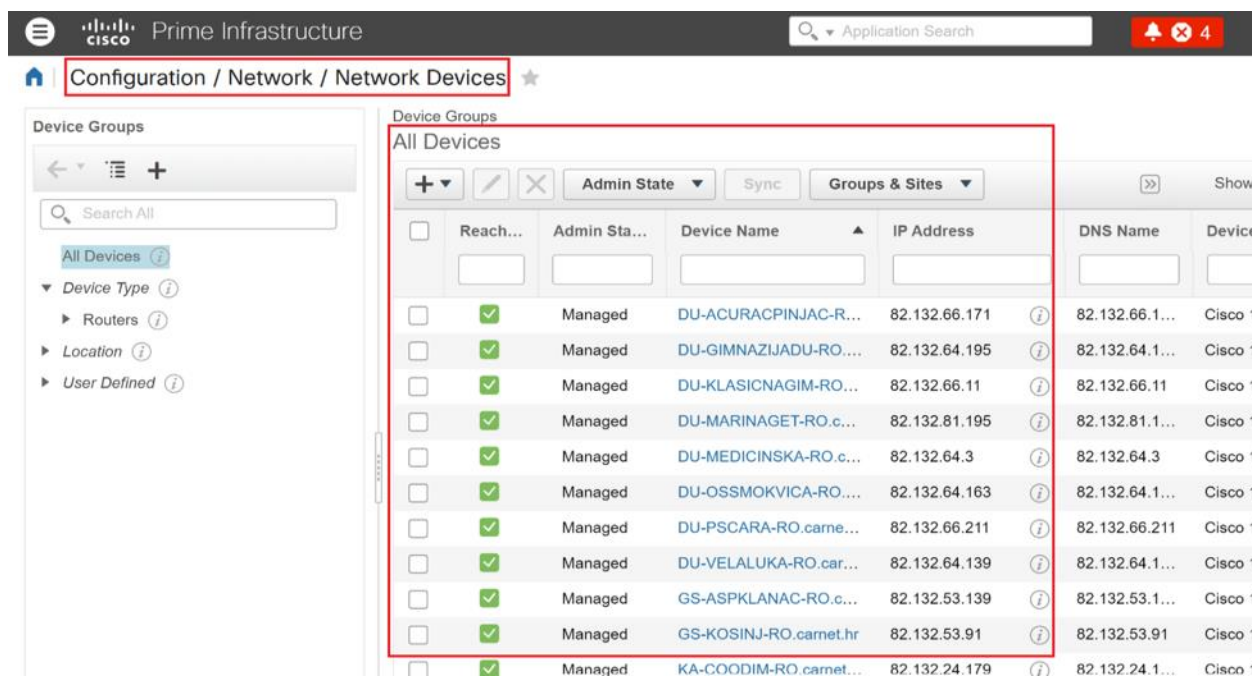
Nakon uspješne prijave prikazuje se *Network Summary* nadzorna ploča (engl. *Dashboard*) na kojoj je pod opcijom *Metrics* vizualno prikazan status mrežnih uređaja.



Slika 23: Cisco Prime – Network Summary nadzorna ploča

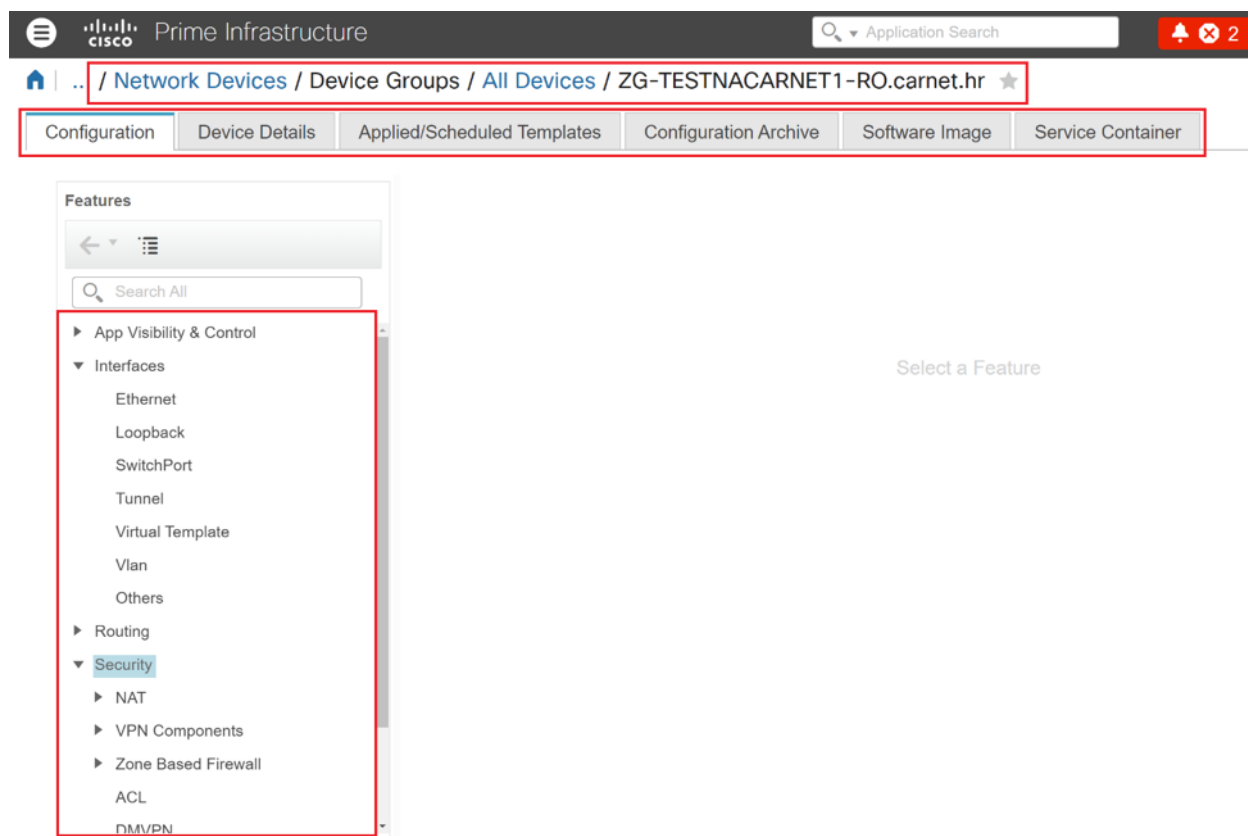
Konfiguracija i dodatne izmjene na pojedinim usmjerivačima vrše se kroz *Network Devices* nadzornu ploču, odabirom uređaja s popisa.

## ☰ / Configuration / Network / Network Devices



Slika 24: Cisco Prime – Network Devices nadzorna ploča

Odabirom usmjerivača otvara se nadzorna ploča na kojoj su prikazane sve konfiguracijske postavke koje se mogu mijenjati po potrebi (*Configuration*). Ovdje su također vidljivi i svi ostali podaci vezani za usmjerivač (*Device Details*) te arhiva prethodnih konfiguracija (*Configuration Archive*).



Slika 25: Cisco Prime – nadzorna ploča odabranog usmjerivača

Na Cisco Meraki centralni sustav za upravljanje i nadzor mrežne opreme pristupa se upotrebom internetskog preglednika (poput Google Chrome, Mozilla Firefox, Microsoft Edge i dr.) preko adrese <https://mreza.e.skole.hr>, koristeći HTTPS protokol (engl. *Hypertext Transfer Protocol Secure*).

Prijava na sustav vrši se unosom vjerodajnica u formi korisničkog imena i lozinke prethodno definiranih od strane administratora sustava.

## Središnji sustav za upravljanje i nadzor e-Škole mreže



Pristup Središnjem sustavu za upravljanje i nadzor mreže imaju isključivo za to ovlaštene osobe.  
Molimo da se prijavite svojim elektroničkim identitetom u sustavu AAI@EduHr ukoliko ste za to ovlašteni od strane škole.  
Neovlašteni pristup je zabranjen.

Prijava

Za pomoć i podršku u radu molimo da se obratite na adresu helpdesk@king-ict.hr ili telefonski na broj 01 6690 899.  
U slučaju problema s prijavom molimo da se javite elektroničkom poštom na adresu helpdesk@skole.hr ili telefonski na broj 01 6661 500.



Projekt je sufinancirala Europska unija iz europskih strukturalnih i investicijskih fondova.

Slika 26: Središnji sustav za upravljanje i nadzor e-Škole mreže – prijava

Nakon uspješne prijave prikazuje se popis lokacija spojenih na sustav. Odabirom lokacije prikazuje se nadzorna ploča sa osnovnim informacijama o lokaciji i opcije koje odabiremo prilikom konfiguracije mrežnih uređaja (*Switch*, *Wireless*).

The screenshot displays the Cisco Meraki dashboard interface. On the left, a dark sidebar contains a navigation menu with the following items: ORGANIZATION, NETWORK, Network-wide, Switch, Wireless, and Organization. The 'Network-wide' and 'Switch' items are highlighted with a red box. The main content area is titled 'Clients' and shows a line graph of network activity over time, with a search bar and a table of 3 client devices. The table has columns for Status, Description, Last seen, Usage, OS, and IPv4 address.

| Status                   | Description               | Last seen    | Usage   | OS    | IPv4 address  |
|--------------------------|---------------------------|--------------|---------|-------|---------------|
| <input type="checkbox"/> | 5c:a6:2d:4a:c5:f4         | Feb 17 16:37 | 27.7 MB | Other | 192.168.128.1 |
| <input type="checkbox"/> | HUAWEL_P30-bfec1d62d8a021 | Feb 17 13:10 | None    | Other | 192.168.36.34 |
| <input type="checkbox"/> | 5c:a6:2d:4a:c5:88         | Feb 17 16:32 | None    | Other |               |

Slika 27: Cisco Meraki – nadzorna ploča lokacije



## 6. Administracija i održavanje implementirane mrežne infrastrukture

U ovom poglavlju su opisane najvažnije značajke i koraci koji se primjenjuju prilikom administracije i održavanja mrežnih uređaja.

### 6.1 Spajanje mrežnog uređaja

Cjelokupni sustav je zasnovan na konceptu upravljanja iz jednog sučelja za usmjerivače, te drugog sučelja za preklopnike i bežičnu pristupnu točku. Za dodavanje novih uređaja u mrežu, sam uređaj na lokaciji spajanja nije potrebno konfigurirati, nego je dovoljno administratoru sustava javiti serijski broj uređaja, sučelje uređaja na koji se spaja te sučelje novog uređaja kojim će se spojiti, kako bi administrator na centralnom upravljačkom sustavu mogao definirati odgovarajuće konfiguracijske postavke (VLAN, STP i sl.).

Primjer definiranja preklopnika u BD ormaru opisan je u nastavku.

Preklopnik se povezuje na mrežu UTP kabelom preko sučelja na Cisco usmjerivaču. IP adresu za komunikaciju prema ostatku mreže preklopnik dobiva dinamički putem DHCP protokola s usmjerivača. Prvi korak je prijava u Cisco Meraki centralni sustav upravljanja, unosom korisničkog imena i lozinke, ranije definiranih od strane administratora sustava. Nakon prijave u sustav prikazane su sve lokacije nad kojima korisnik ima administratorske ovlasti.

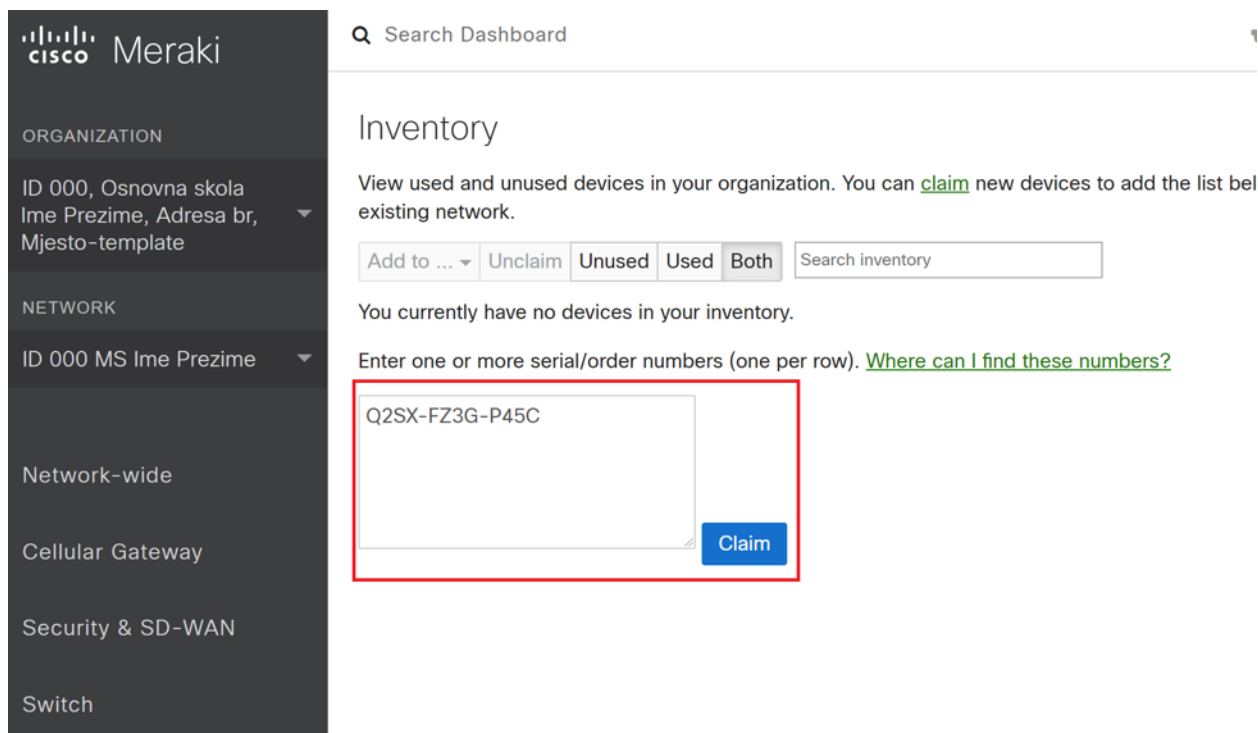
Sljedeći korak je odabir lokacije u kojoj se želi definirati preklopnik. Nakon odabira lokacije na listi, u glavnom izborniku odabire se opcija *Organization*, te zatim u stupcu *CONFIGURE* opcija *Inventory*.

***Organization / CONFIGURE / Inventory***

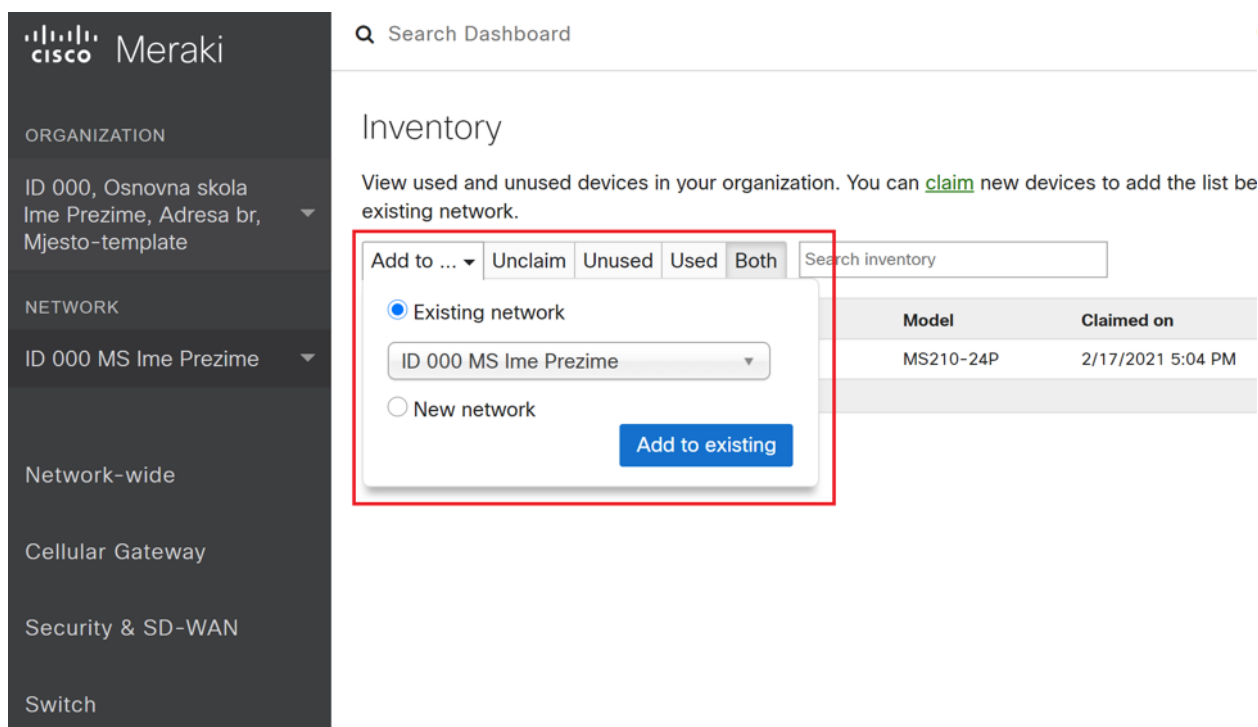
The screenshot displays the Cisco Meraki dashboard interface. On the left is a dark sidebar with navigation categories: ORGANIZATION, NETWORK, Network-wide, Cellular Gateway, Security & SD-WAN, Switch, Wireless, Environmental, and Organization (highlighted with a red box). The main content area shows a 'Clients' section with a line graph of bandwidth usage over time. Below the graph is a table of client devices with columns for Status, Description, Last seen, and Usage. A secondary menu is overlaid on the right side of the main content, with 'Inventory' highlighted in red. The 'Inventory' option is located under the 'CONFIGURE' section of this menu. Other options in the menu include Overview, Change log, Login attempts, Location analytics, Configuration templates, VPN status, Firmware upgrades, Summary report, Settings, Configuration sync, Administrators, Camera roles, License info, Create network, and Network objects. The bottom right corner of the dashboard shows session information: 'Last login: 2 days ago from 82.214.96.13', 'Current session started: 28 min', and 'Data for this organization is hosted'.

Slika 28: Cisco Meraki – Inventory

Ovdje se unosi serijski broj preklopnika i zatim odabire mrežu (*Network*) u koji se želi dodati navedeni preklopnik.



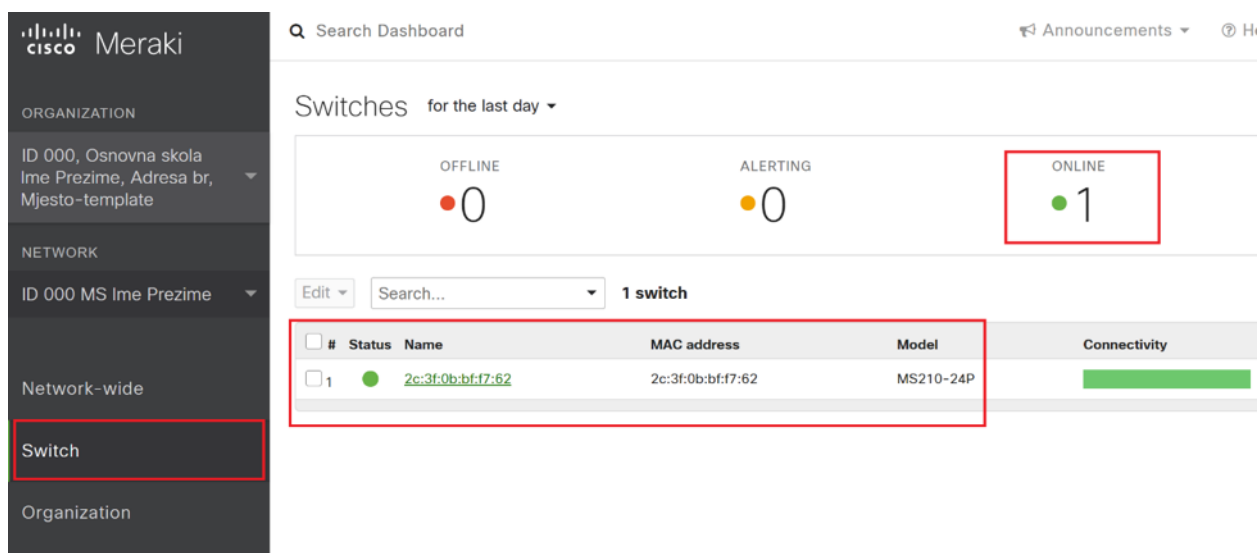
Slika 29: Cisco Meraki preklopnik – unos serijskog broja



Slika 30: Cisco Meraki preklopnik – odabir mreže (Network)

Nakon ovog koraka u glavnom izborniku odabire se opcija *Switch* i zatim opcija *Switches*, kako bi se obavila provjera je li dodavanje preklopnika uspješno završeno. Treba pričekati nekoliko minuta kako bi se preklopniku promijenio status u *Online*, čime postaje dostupan za daljnju konfiguraciju.

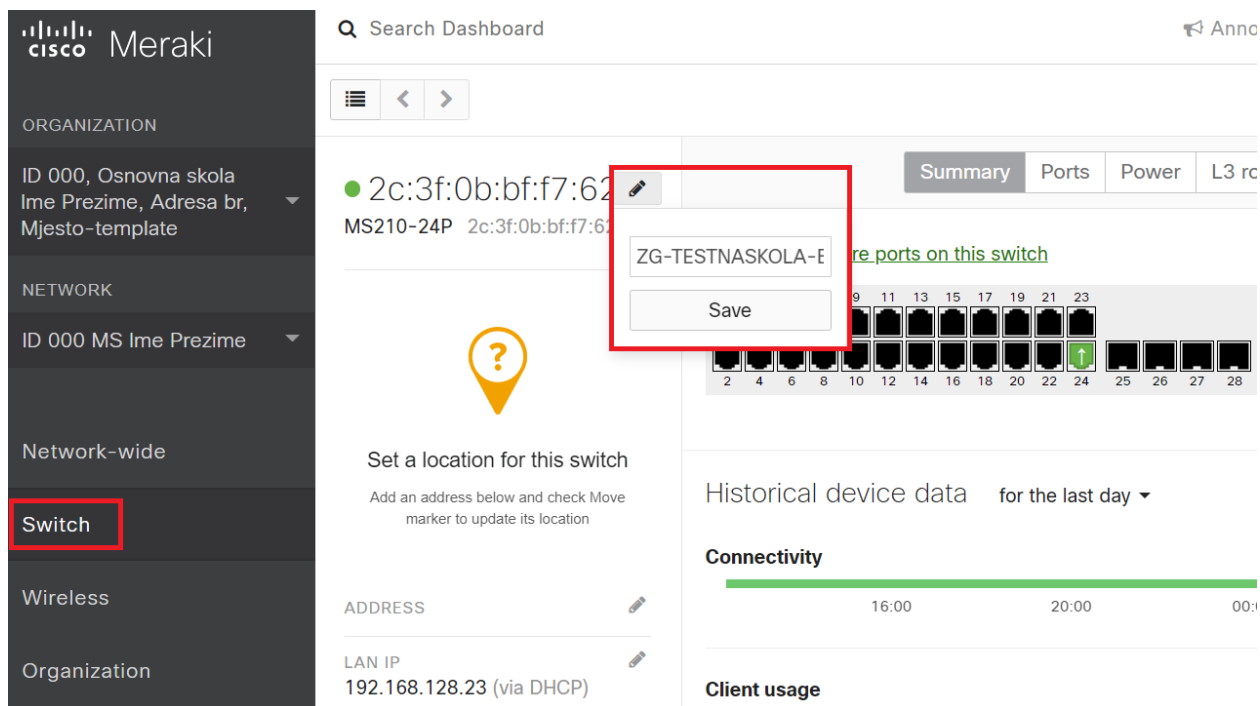
## Switch / Switches



Slika 31: Cisco Meraki preklopnik – Switches nadzorna ploča

Kad se status preklopnika promijenio u *Online*, nastavlja se s daljnjom konfiguracijom. Naziv preklopnika je sistemski zadan u obliku *MAC adrese* koja je jedinstvena za svaki uređaj. Odbire se preklopnik i postavlja se naziv prema unaprijed definiranoj nomenklaturi.

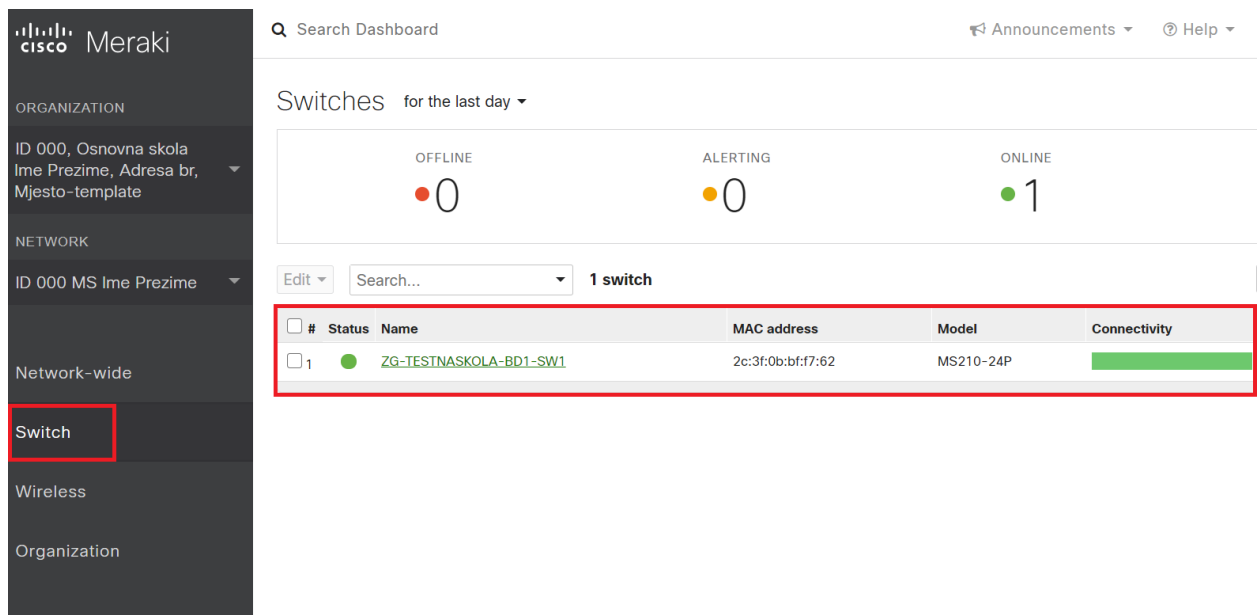
### Switch / Switches / 2c:3f:0b:bf:f7:62



Slika 32: Cisco Meraki preklopnik – imenovanje

Ponovnim odabirom opcije *Switches* vrši se povratak na nadzornu ploču gdje postaje vidljivo da je preklopnik uspješno dodan u Cisco Meraki centralni sustav za upravljanje i nadzor mrežne opreme.

### Switch / Switches



Slika 33: Cisco Meraki – popis preklopnika

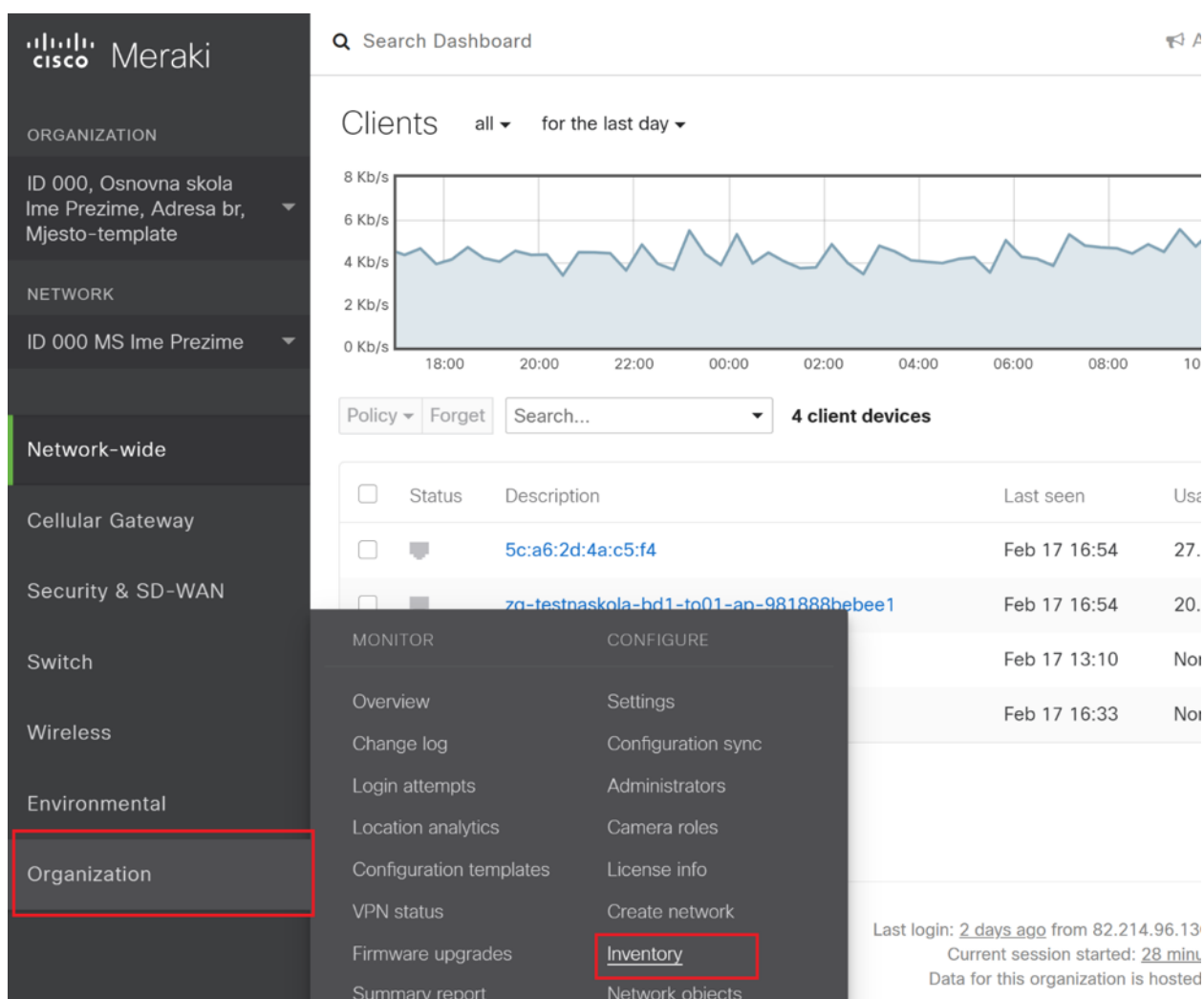
Primjer dodavanja bežične pristupne točke opisan je u nastavku.

Bežična pristupna točka (AP) spaja se na mrežu UTP kabelom preko sučelja na preklopniku koje je konfigurirano u *trunk* način rada. Isto sučelje služi i za napajanje bežične pristupne točke. IP adresu za komunikaciju prema ostatku mreže bežična pristupna točka dobiva dinamički putem DHCP protokola s usmjerivača.

Prvi korak kod konfiguracije bežične pristupne točke je prijava u Cisco Meraki centralni sustav upravljanja, unosom korisničkog imena i lozinke, ranije definiranih od strane administratora sustava.

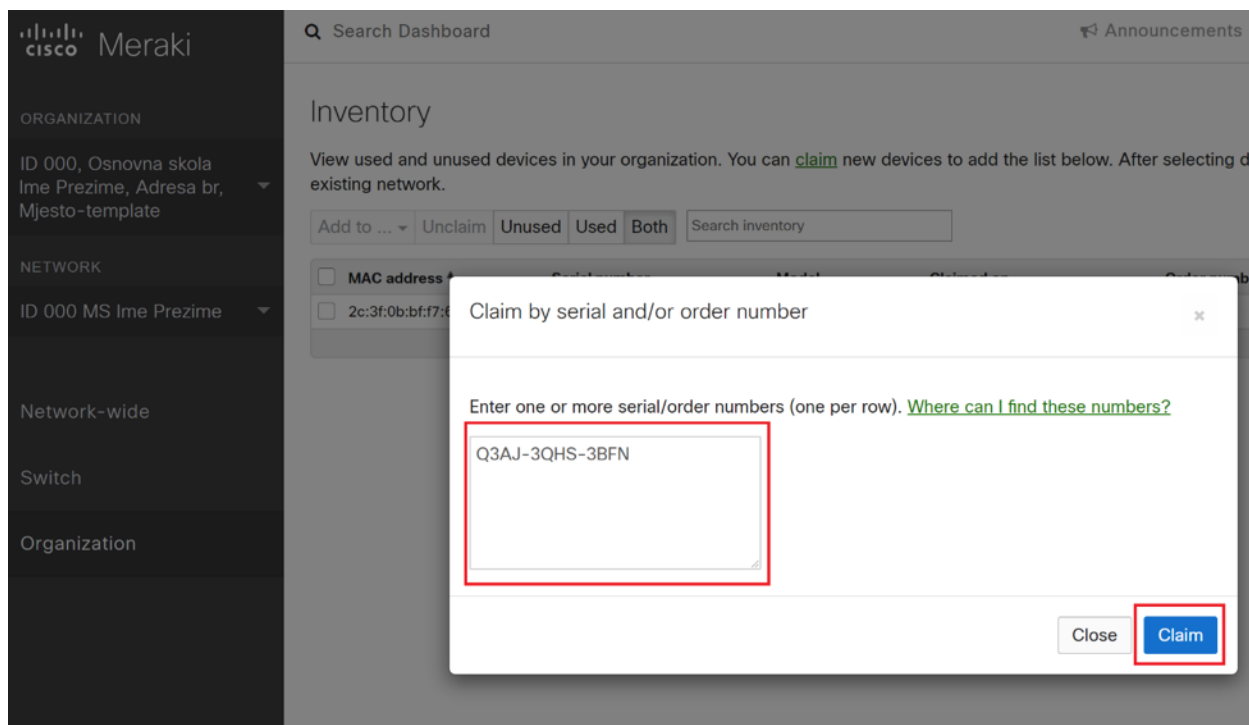
Sljedeći korak je odabir lokacije u koju se želi dodati bežična pristupna točka. Odabirom lokacije na listi, u glavnom izborniku odabire se opcija *Organization*, te zatim u stupcu *CONFIGURE* opcija *Inventory*:

### Organization / Inventory



Slika 34: Cisco Meraki AP – Inventory

Ovdje se unosi serijski broj bežične pristupne točke i odabire mreža (*Network*) u koju se želi dodati bežična pristupna točka.



Slika 35: Cisco Meraki AP – unos serijskog broja

The screenshot shows the Cisco Meraki Inventory page. On the left is a dark sidebar with the Meraki logo and navigation options: ORGANIZATION (ID 000, Osnovna skola Ime Prezime, Adresa br, Mjesto-template), NETWORK (ID 000 MS Ime Prezime), Network-wide, Switch, and Organization. The main content area has a search bar and a title 'Inventory'. Below the title is a description: 'View used and unused devices in your organization. You can [claim](#) new devices to add the existing network.' A modal window is open, titled 'Add to ...', with tabs for 'Unclaim', 'Unused', 'Used', and 'Both'. The 'Existing network' radio button is selected, and a dropdown menu shows 'ID 000 MS Ime Prezime'. There is also a 'New network' radio button and an 'Add to existing' button. In the background, a table shows inventory items:

| Model     | Claimed on   |
|-----------|--------------|
| MS210-24P | 2/17/2021 5: |
| MR36      | 2/17/2021 5: |

Slika 36: Cisco Meraki AP – odabir mreže (Network)

U glavnom izborniku se odabire opcija *Wireless* i zatim opcija *Access Points*, kako bi se izvršila provjera je li dodavanje bežične pristupne točke uspješno završeno. Treba pričekati nekoliko minuta kako bi se uređaju promijenio status u *Online*, čime postaje dostupan za daljnju konfiguraciju.

### **Wireless / Access points**



The screenshot displays the Cisco Meraki dashboard interface. On the left, a dark sidebar contains navigation options: 'Wireless' (highlighted with a red box), 'Switch', and 'Organization'. The main content area is titled 'Access points' and includes tabs for 'List', 'Health', 'Map', and 'Connection log'. A summary section shows 'APs for the last day' with three categories: 'OFFLINE' (0), 'ALERTING' (0), and 'ONLINE' (1, highlighted with a red box). Below this is a search bar and a table of access points. The table has columns for '#', 'Status', 'Name', 'MAC address', 'Model', and 'Connectivity'. One access point is listed with a green status dot, a name starting with '98:18:88:be:be:e1', MAC address '98:18:88:be:be:e1', model 'MR36', and a green connectivity bar. The entire table row is highlighted with a red box.

| # | Status | Name              | MAC address       | Model | Connectivity |
|---|--------|-------------------|-------------------|-------|--------------|
| 1 | ●      | 98:18:88:be:be:e1 | 98:18:88:be:be:e1 | MR36  | ●            |

Slika 37: Cisco Meraki AP – Access points nadzorna ploča

Nakon što se status bežične pristupne točke promijenio u *Online* nastavlja se s daljnjom konfiguracijom. Naziv bežične pristupne točke je sistemski zadan u obliku *MAC adrese* koja je jedinstvena za svaki uređaj. Odabire se bežična pristupna točka i postavlja se naziv prema unaprijed definiranoj nomenklaturi.

## Wireless / Access points / 98:18:88:be:be:e1

The screenshot displays the Cisco Meraki dashboard interface. On the left sidebar, the 'Wireless' menu item is highlighted with a red box. The main content area shows the configuration page for an access point with MAC address 98:18:88:be:be:e1. A red box highlights the edit button and the name input field, which contains 'ZG-TESTNASKOLA-E'. Below the name field is a 'Save' button. The main content area also shows a map of the location and a traffic usage graph.

Slika 38: Meraki AP – Imenovanje

Ponovnim odabirom opcije *Access Points* vrši se povratak na nadzornu ploču gdje postaje vidljivo da je bežična pristupna točka uspješno dodana u Cisco Meraki centralni sustav za upravljanje i nadzor mrežne opreme.

## Wireless / Access points

The screenshot shows the Meraki dashboard interface. On the left is a dark sidebar with navigation options: Organization, Network-wide, Switch, and Wireless (highlighted with a red box). The main content area is titled 'Access points' and includes tabs for List, Health, Map, and Connection log. A summary section shows 'APs for the last day' with counts for OFFLINE (0), ALERTING (0), and ONLINE (1). Below this is a search bar and a table of access points. The table has columns for #, Status, Name, MAC address, Model, and Connectivity. One access point is listed with status 'ONLINE' (green dot), name 'ZG-TESTNASKOLA-BD1-T001-AP', MAC address '98:18:88:be:be:e1', and model 'MR36'. The connectivity bar is green. The entire table row is highlighted with a red border.

| # | Status | Name                       | MAC address       | Model | Connectivity |
|---|--------|----------------------------|-------------------|-------|--------------|
| 1 | ONLINE | ZG-TESTNASKOLA-BD1-T001-AP | 98:18:88:be:be:e1 | MR36  | ONLINE       |

Slika 39: Meraki AP – lista bežičnih pristupnih točaka

## 6.2 Vraćanje konfiguracija na tvorničke postavke

U ovom poglavlju su opisani postupci vraćanja konfiguracije na tvorničke postavke za bežične pristupne točke, preklopnike i usmjerivače.

### 6.2.1 Vraćanje bežične pristupne točke na tvorničke postavke

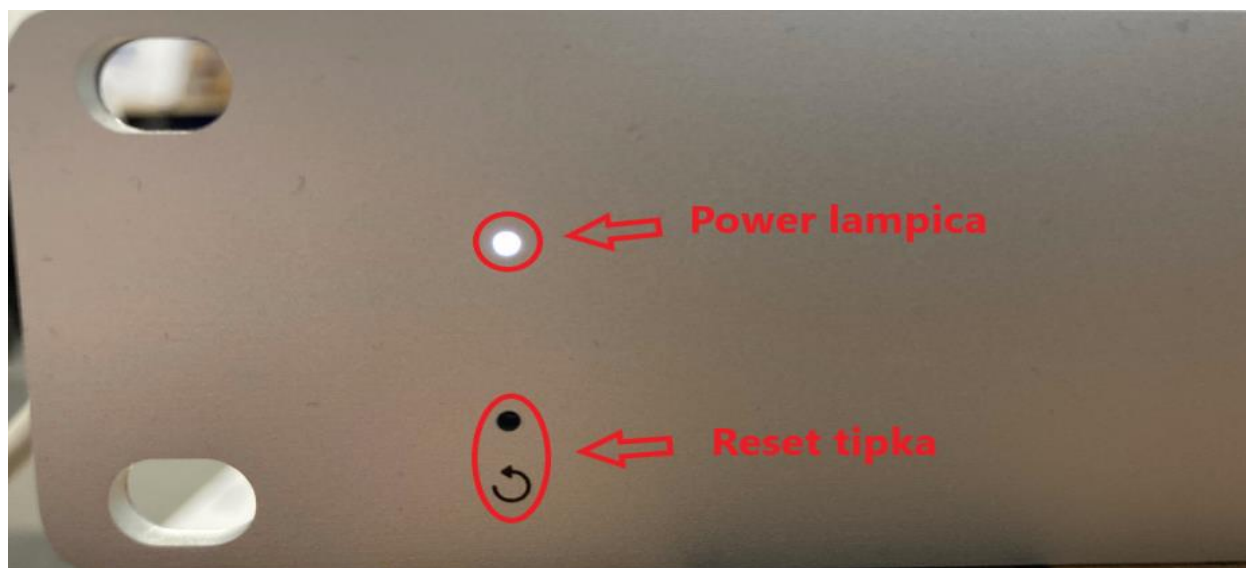
Bežična pristupna točka ima tipku za vraćanje na tvorničke postavke (*reset*). Na uključenom AP-u, pritisne se tipka tankim predmetom i drži 10 do 15 sekundi. Nakon navedenog postupka, slijedi ponovno pokretanje AP-a i treba pričekati 5 do 10 minuta kako bi bio spreman za novo konfiguriranje.



Slika 40: Cisco Meraki AP – tipka za reset

### 6.2.2 Vraćanje preklopnika na tvorničke postavke

Vraćanje preklopnika na tvorničke postavke obavlja se pomoću *reset* tipke. Na uključenom preklopniku, pritisne se tipka tankim predmetom i drži 10 do 15 sekundi dok se ne ugasi *power* lampica koja indicira uključenost uređaja. Nakon navedenog postupka, slijedi ponovno pokretanje preklopnika i treba pričekati 5 do 10 minuta kako bi bio spreman za novo konfiguriranje.



Slika 41: Preklopnik Cisco Meraki – reset tipka i power lampica

### 6.2.3 Vraćanje usmjerivača na tvorničke postavke

Vraćanje usmjerivača na tvorničke postavke može se obaviti na dva načina: pritiskom na tipku *reset* na prednjem dijelu uređaja ili kroz konfiguracijsko sučelje (CLI).

Ako se vraćanje na tvorničke postavke radi pritiskom na tipku *reset*, na priključenom usmjerivaču se pritisne tipka *reset* tankim predmetom i drži 10 sekundi. Nakon navedenog postupka, slijedi ponovno pokretanje usmjerivača i treba pričekati 5 do 10 minuta kako bi se ponovno uključio i bio spreman za novo konfiguriranje.



Slika 42: Usmjerivač Cisco – tipka reset

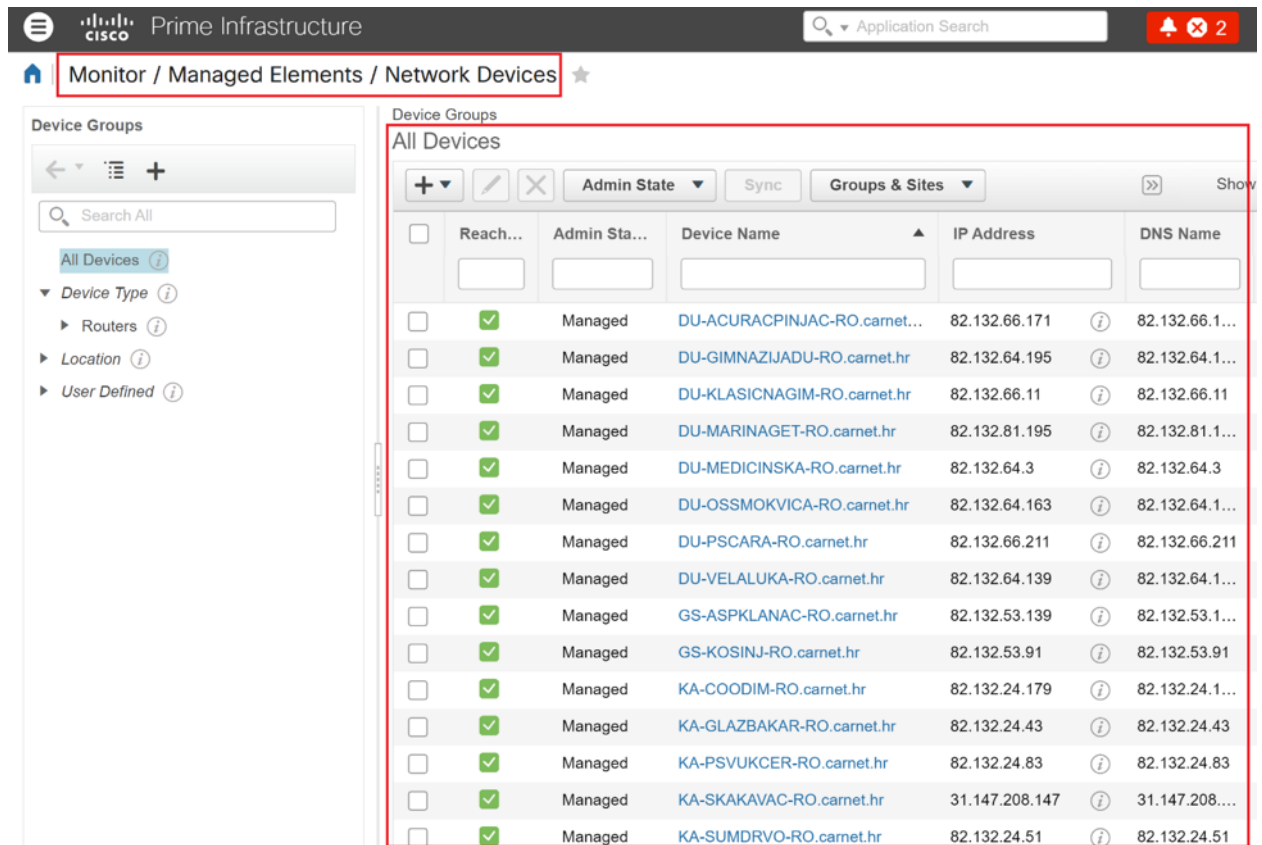
Ako se vraćanje na tvorničke postavke radi kroz konfiguracijsko sučelje (CLI), potrebno je spojiti se na navedeno sučelje koristeći SSH protokol ili konzolni port uz pomoć sljedeće naredbe:

```
router> enable
router# write erase
Erasing the nvram filesystem will remove all configuration files!
Continue? [confirm] <Press Enter key>
router# reload
Proceed with reload? [confirm] <Press Enter key>
-OR-
Would you like to enter the initial configuration dialog? [yes|no]
no <Press Enter key>
-OR-
Do you want to save the configuration of the AP? [yes|no] no <Press
Enter key>
```

### 6.3 Nadzor nad mrežnom opremom

Nadzor usmjerivača obavlja se putem nadzorne ploče *Monitor* koja je sastavni dio Cisco Prime sustava. Za provjeru stanja u kojem se nalazi pojedini usmjerivač, pristupa se nadzornoj ploči *Monitor*.

#### **Monitor / Managed Elements / Network Devices**



Slika 43: Cisco Prime – Monitor nadzorna ploča

Prilikom odabira pojedinog usmjerivača, putem linka navedenog u stupcu *Device Name* pristupa se svim bitnim informacijama vezanima uz odabrani usmjerivač (serijski broj, zauzeće procesora i memorije, itd.).

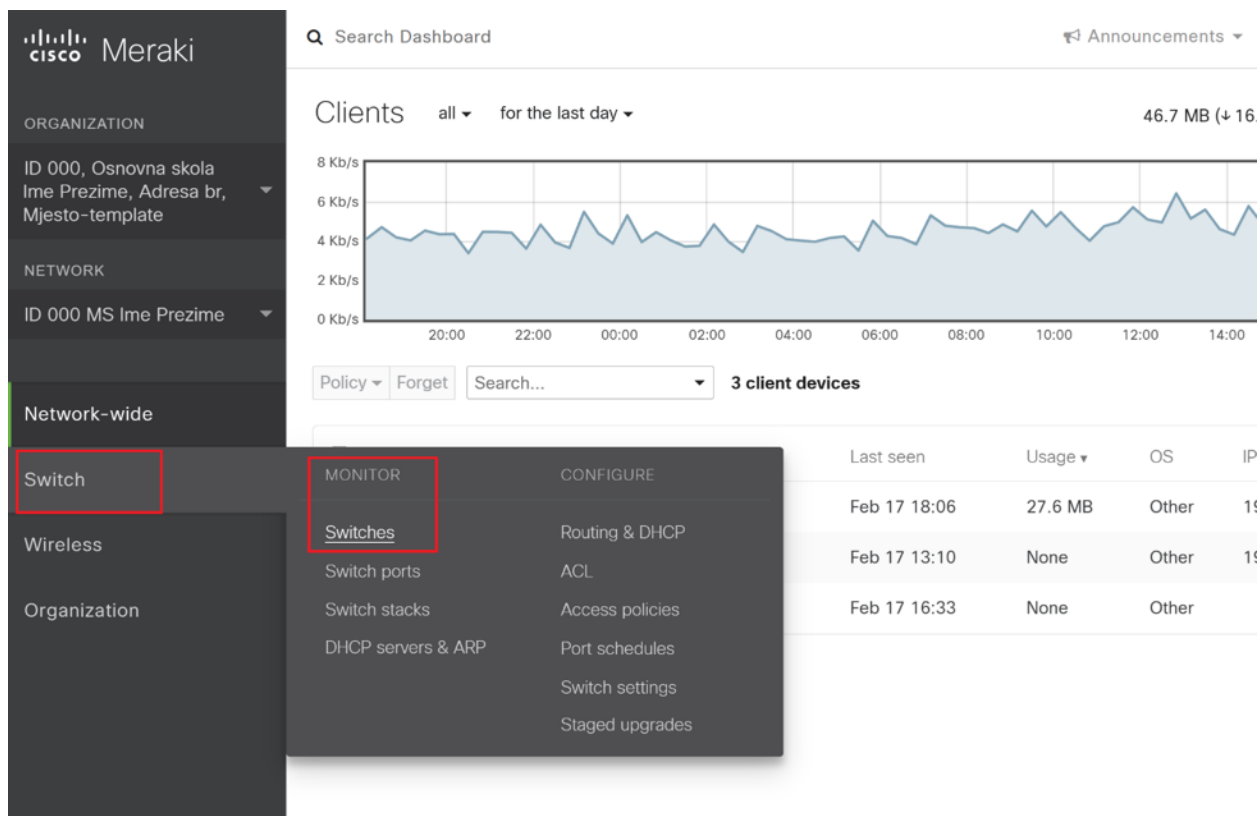
The screenshot displays the Cisco Prime Infrastructure web interface. At the top, there is a navigation bar with the Cisco logo and 'Prime Infrastructure' text. Below it, a breadcrumb trail shows the path: Home / Network Devices / Device Groups / All Devices / ZG-TESTNASKOLA1-RO.carnet.hr. A search bar and notification icons are also present. The main content area has several tabs: Device Details (selected), Configuration, Applied/Scheduled Templates, Configuration Archive, Software Image, and Service Container. On the left, a 'Features' sidebar lists various system and interface-related options. The central 'Summary' section is expanded, showing two columns of information: 'General' and 'Unique Device Identifier (UDI)'. The 'General' column lists fields like IP Address/DNS Name, Device Name, Device Type, Up Time, Reachability Status, Device Role, Device Availability(Avg), Location, Contact, Last ICMP Ping Latency, Cisco Identity Capable, and Location Capable. The 'UDI' column lists fields like Name, Description, Product ID, Version ID, Serial Number, and Vendor. A link 'To view More UDI Details. Click Here' is also visible. Below the summary, a 'CPU Utilization' section is partially visible.

Slika 44: Cisco Prime – detalji usmjerivača

Nadzor preklopnika obavlja se putem Cisco Meraki centralnog sustava. Za provjeru stanja u kojem se nalazi pojedini preklopnik, potrebno je pristupiti nadzornoj ploči *Monitor*.

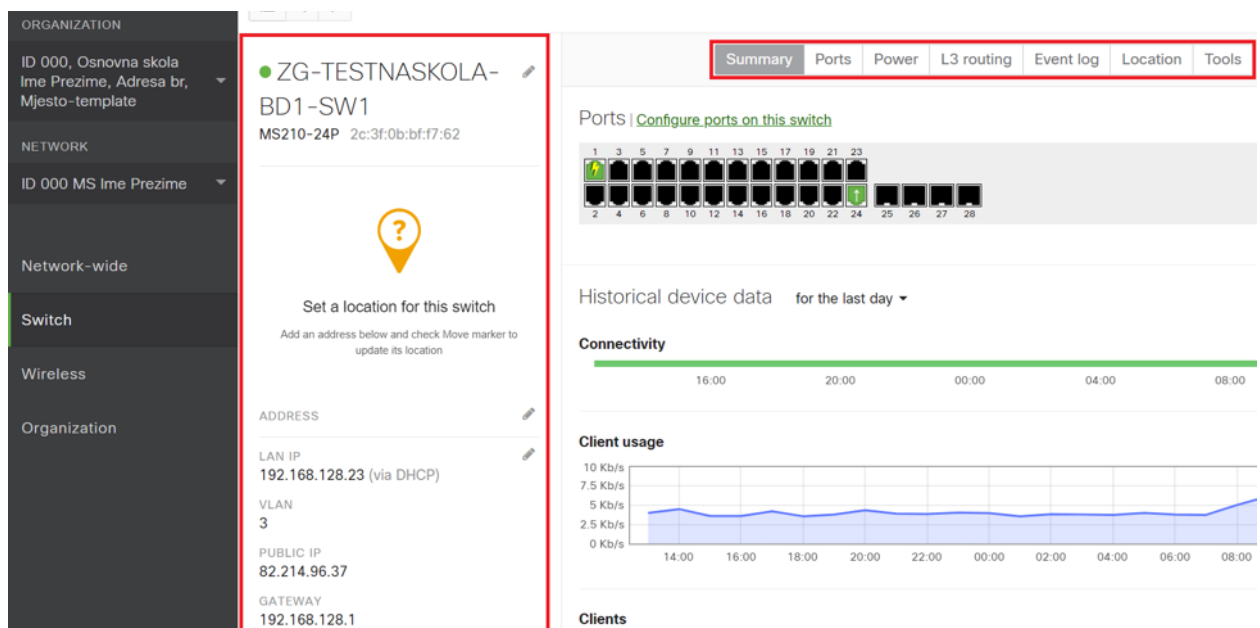
### **Switch / MONITOR / Switches**





Slika 45: Cisco Meraki – nadzorna ploča Switch Monitor

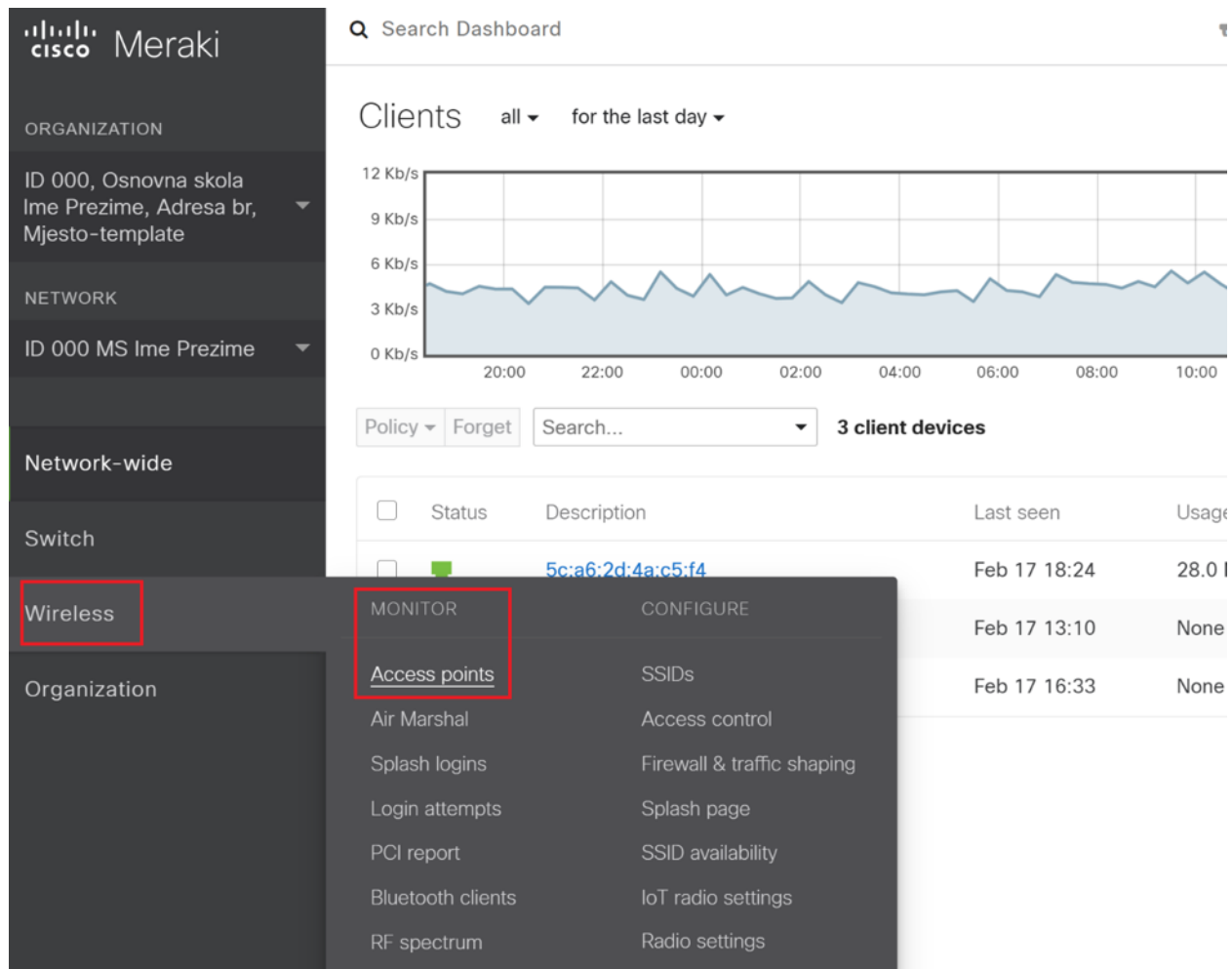
Odabirom pojedinog preklopnika dolazi se do informacija o aktivnim sučeljima, spojenim klijentima, logovima, itd.



Slika 46: Cisco Meraki – detalji preklopnika

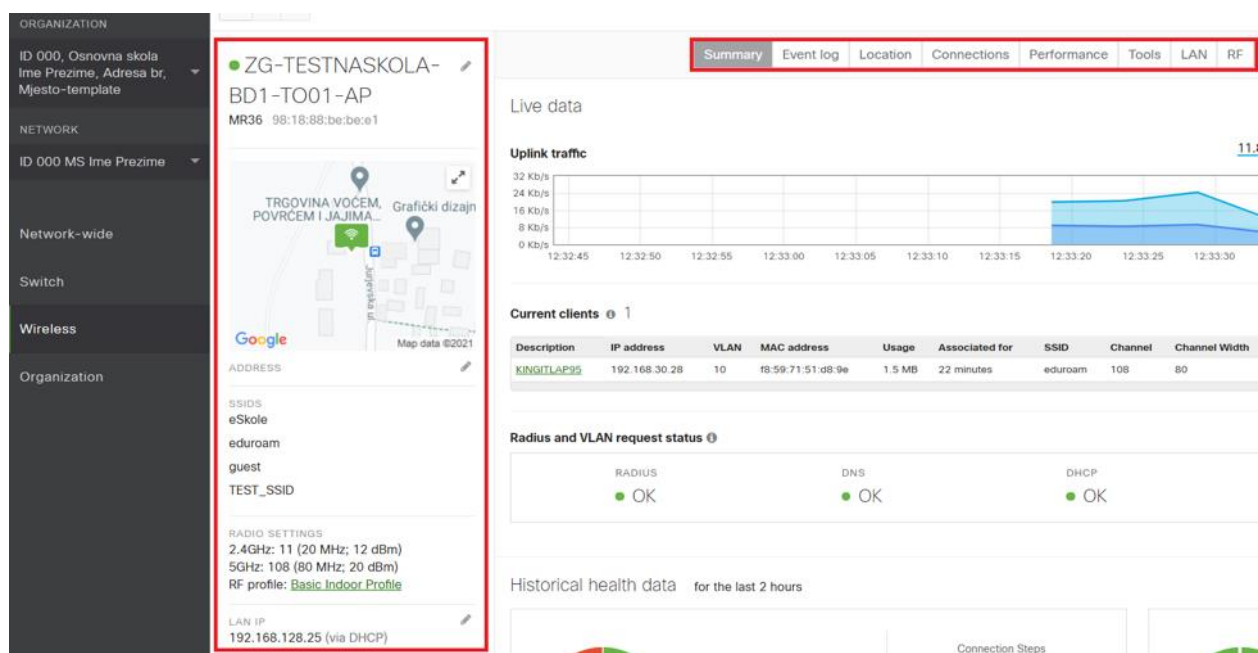
Nadzor bežične pristupne točke (AP) obavlja se putem nadzorne ploče kroz *Monitor* na Cisco Meraki centralnom sustavu.

### **Wireless / MONITOR / Access points**



Slika 47: Cisco Meraki – nadzorna ploča AP Monitor

Odabirom pojedine bežične pristupne točke, dolazi se do podataka o statusu, trenutačnom mrežnom prometu, logovima, itd.

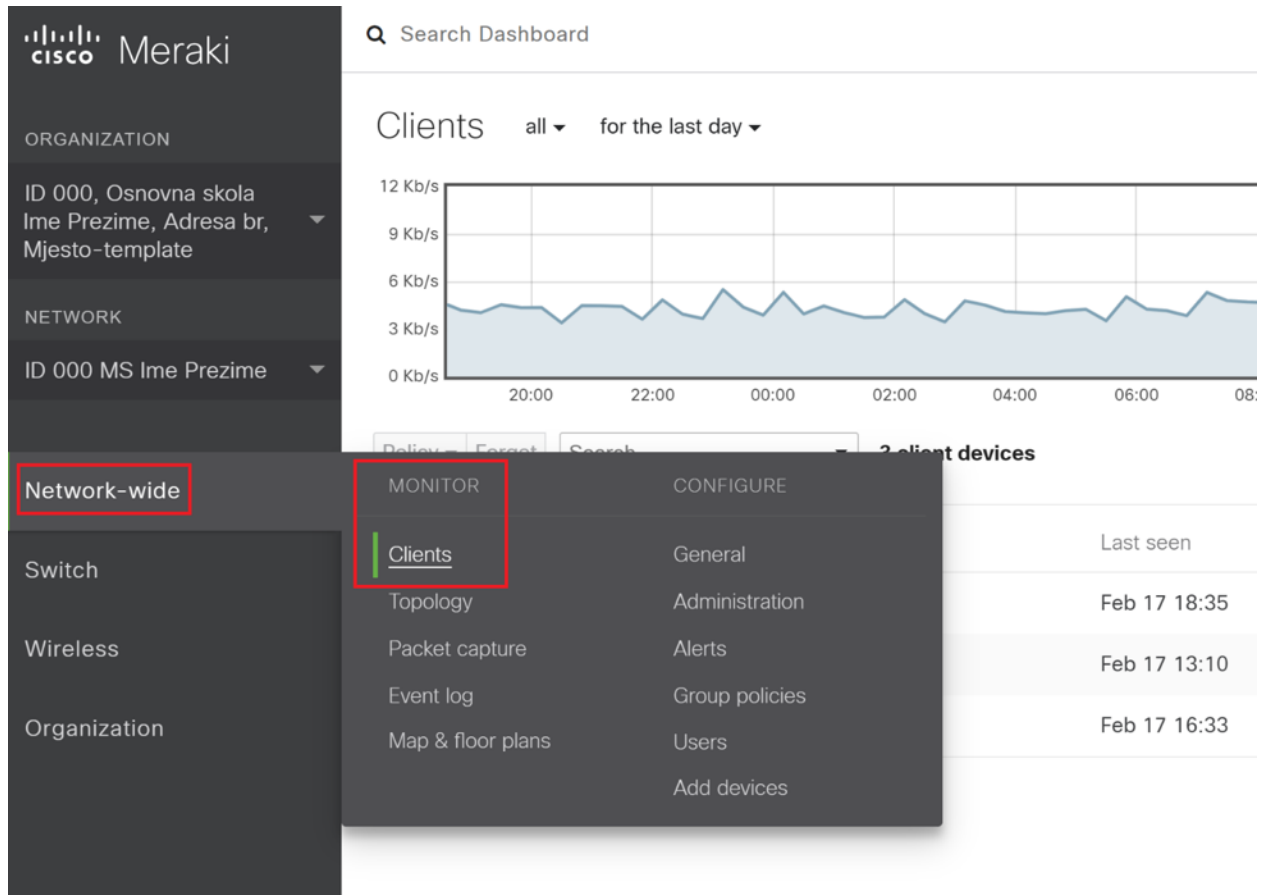


Slika 48: Cisco Meraki – AP detalji

## 6.4 Nadzor nad klijentima na mreži

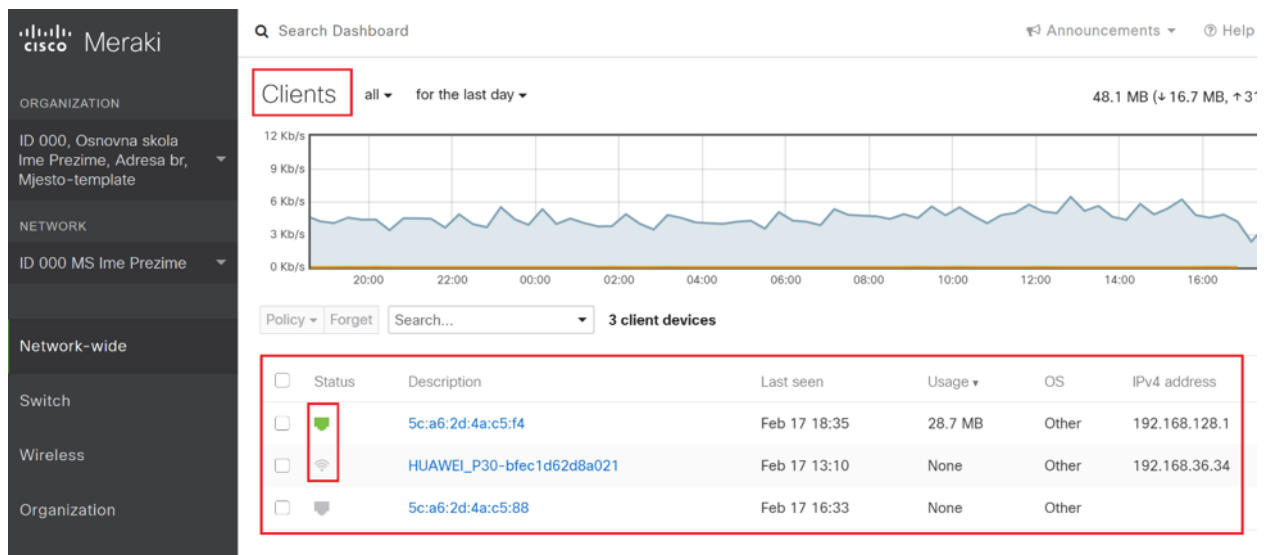
Nadzor klijenata obavlja se putem Cisco Meraki centralnog sustava. Odabirom nadzorne ploče *Clients* prikazuju se svi detalja o klijentima spojenima na mrežnu opremu.

**Network-wide / MONITOR / Clients**



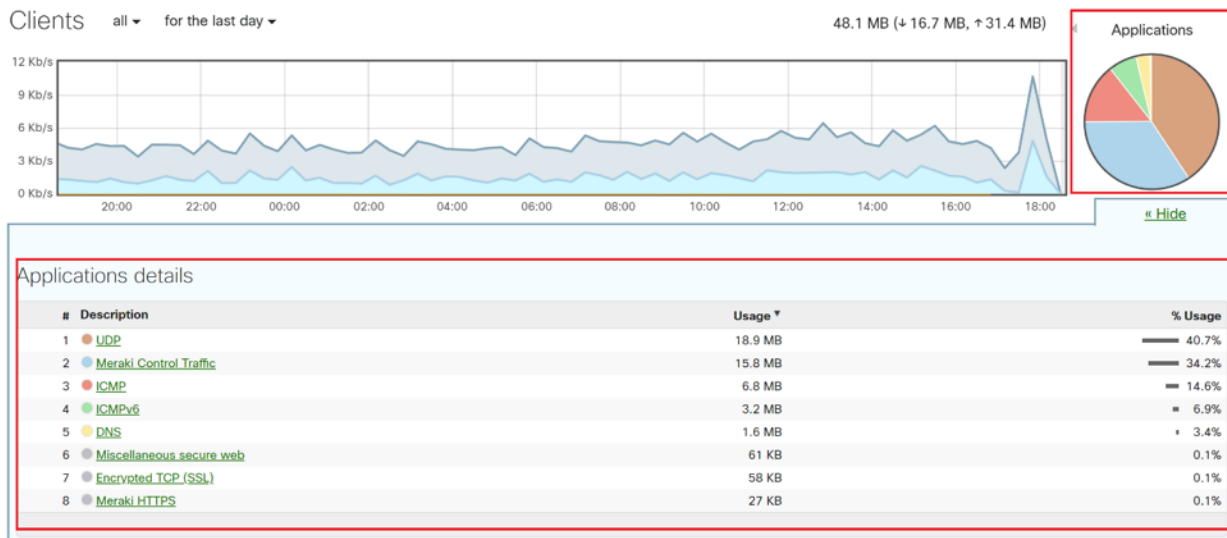
Slika 49: Cisco Meraki – Clients nadzorna ploča

Na nadzornoj ploči je moguće po ikonama prepoznati radi li se o klijentu koji je na mrežu povezan mrežnim kabelom ili je u pitanju klijent koji je spojen preko bežične mreže.



Slika 50: Cisco Meraki – popis klijenata

Osim podataka o klijentima, na istoj nadzornoj ploči odabirom opcije *Application* prikazuje se popis najčešće korištenih aplikacija prema količini generiranog mrežnog prometa.



Slika 51: Cisco Meraki – Applications

## 6.5 Konfiguracija osnovnih postavki na mrežnoj opremi

Sve promjene na sustavu i konfiguraciji rade se isključivo na Cisco Prime i Cisco Meraki sustavima, a ne lokalno na opremi, jer u suprotnom konfiguracija uređaja ne bi bila sinkronizirana s navedenim sustavima.

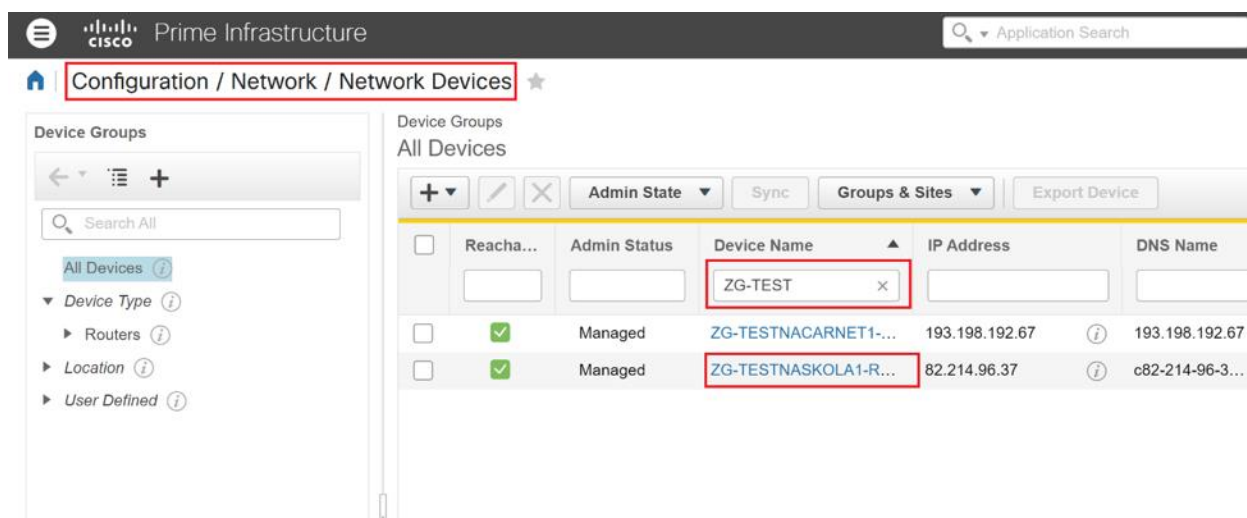
Na mrežne uređaje je postavljena inicijalna konfiguracija i odgovarajući broj SSID-a od strane CARNET-a kako bi se omogućilo optimalno korištenje mrežnih resursa. Ne preporuča se izmjena inicijalno postavljenih konfiguracija!

### 6.5.1 Primjer konfiguracije sučelja na usmjerivaču

Konfiguracija sučelja na usmjerivaču obavlja se kroz Cisco Prime centralni sustav za upravljanje i nadzor.

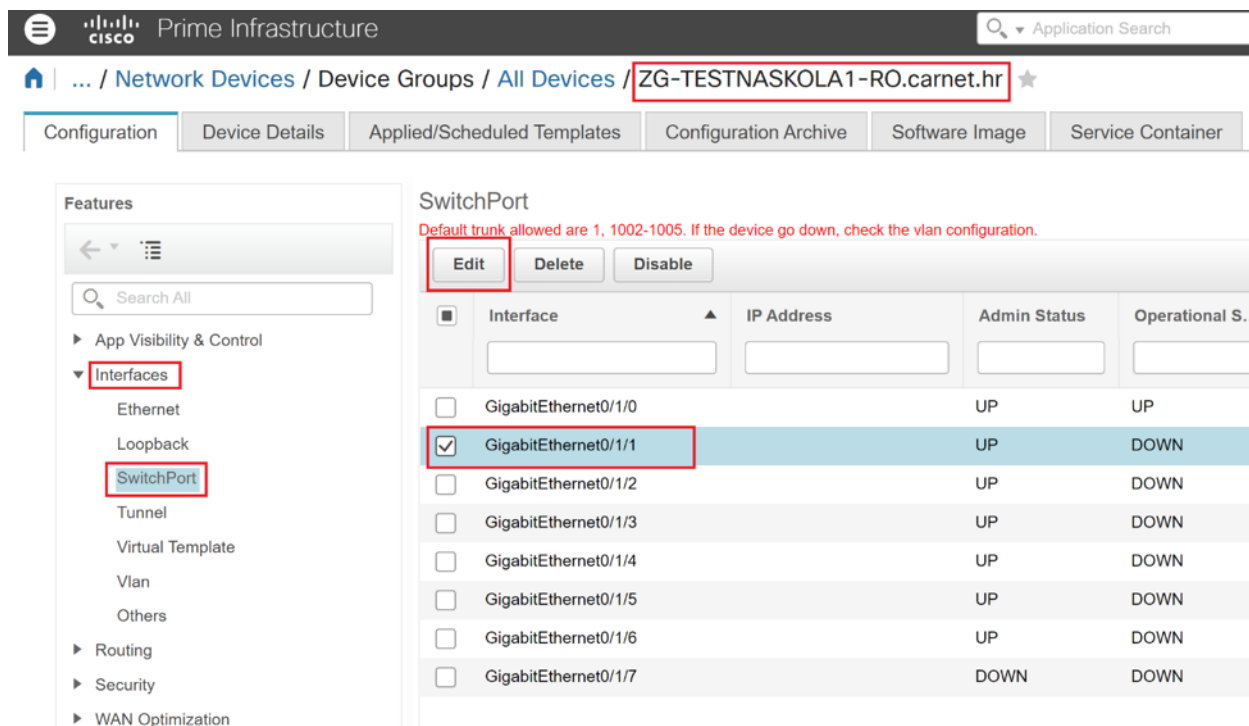
Prvi korak je prijava u Cisco Prime centralni sustav upravljanja, unosom korisničkog imena i lozinke, ranije definiranih od strane administratora sustava. U glavnom izborniku odabire se *Configuration* te pod *Network* opcija *Network Devices*. Na listi je potrebno odabrati usmjerivač na kojem se vrši konfiguracija. Kako bi se ubrzao pronalazak usmjerivača u polje za pretraživanje upisuju se ključne riječi iz naziva usmjerivača.

**☰ / Configuration / Network / Network Devices**



Slika 52: Cisco Prime – odabir usmjerivača

U glavnom izborniku odabire se opcija *Interfaces* i zatim *SwitchPort*, te se odabire sučelje za konfiguraciju.



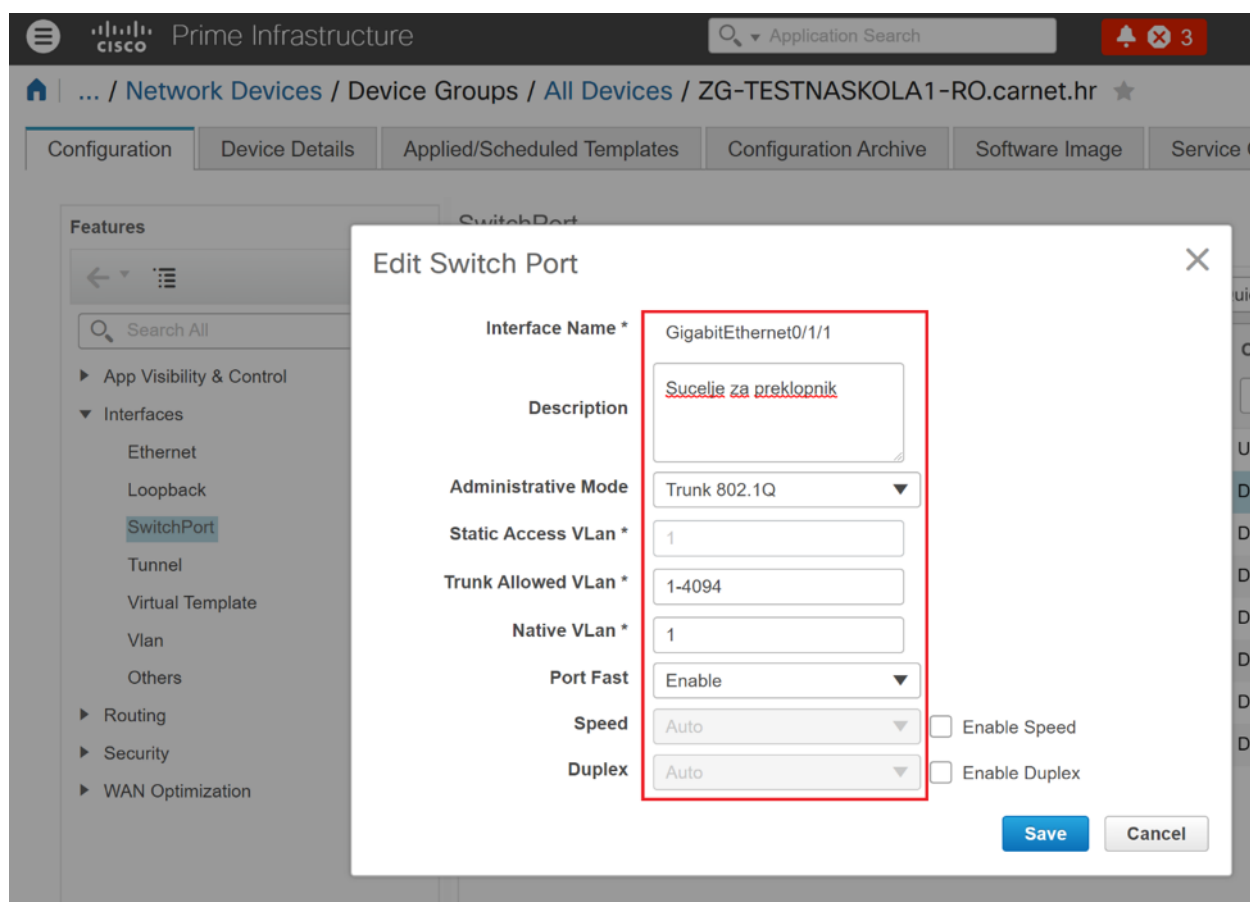
Slika 53: Cisco Prime – odabir sučelja

Pritiskom na *Edit* otvara se konfiguracijski prozor gdje se odabiru i unose parametri sučelja. Ako je namjena sučelja spajanje preklopnika ili bežične pristupne točke, pod *Administrative Mode* ostavlja se *Trunk 802.1 Q*, a za spajanje računala odabiri se *Static Access*. Preporučljivo je napisati i namjenu sučelja.

Ako je odabrana opcija *Trunk 802.1 Q*, po potrebi se mijenja *Native VLAN* i definira se koje VLAN-ove se želi propustiti.

Odabirom opcije *Static Access* preostaje samo definirati VLAN kojemu će sučelje pripadati.

U ovom primjeru odabran je *Trunk 802.1 Q* i preostale opcije ostavljaju se na zadanim vrijednostima. Pritiskom na *Save* spremaju se promjene na usmjerivač.

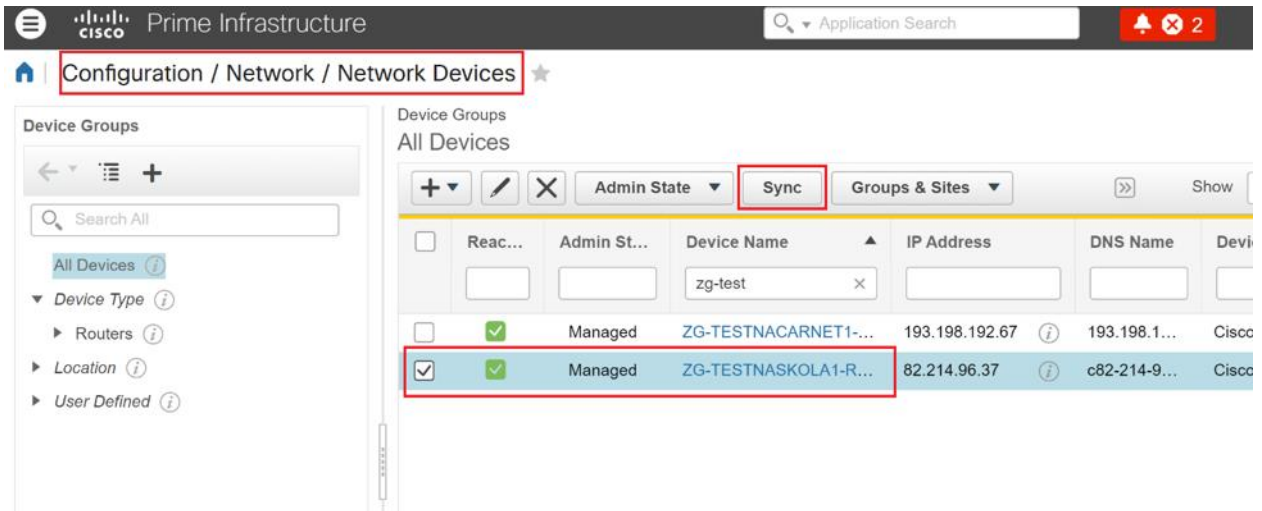


Slika 54: Cisco Prime – konfiguracija sučelja

Kako bi se provjerilo da je promjena na sučelju izvršena, potrebno je u glavnom izborniku odabrati *Configuration* i zatim opciju *Network Devices*. Pretražuje se i odabire usmjerivač, te pritiskom na *Sync* pokreće se postupak sinkronizacije kako bi u sustavu bila vidljiva trenutna konfiguracija usmjerivača.

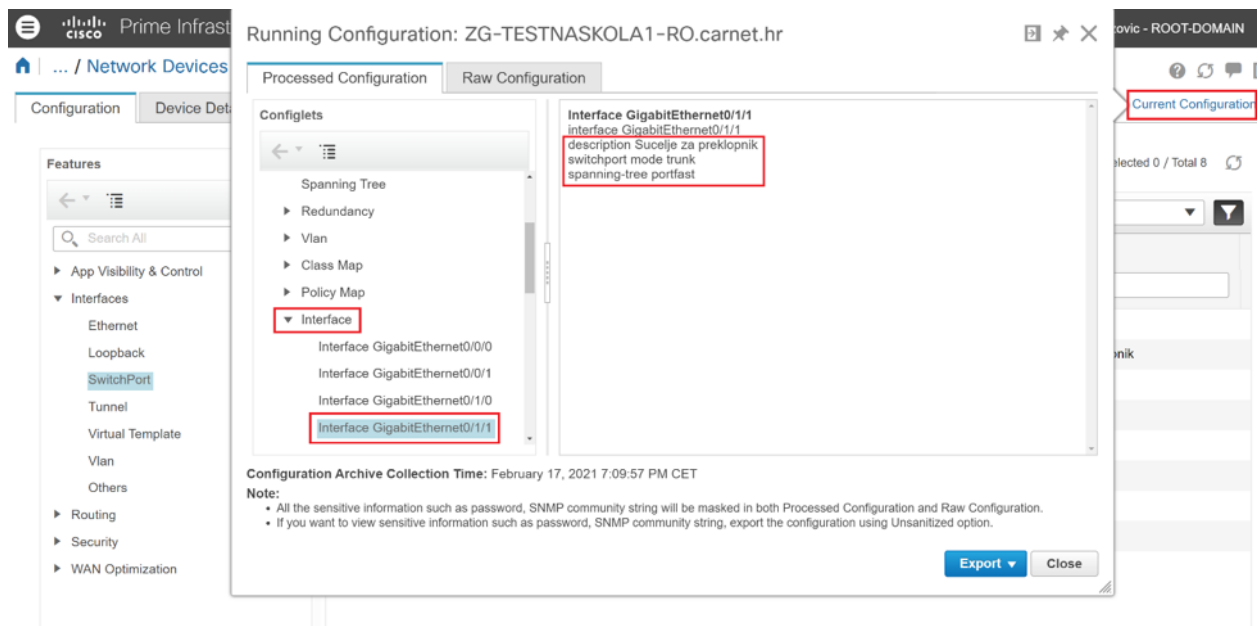
**☰ / Configuration / Network / Network Devices**





Slika 55: Cisco Prime – sinkronizacija uređaja

Odabire se usmjerivač i u gornjem desnom kutu odabire se opcija *Current Configuration*. Odabire se opcija *Interface* i sučelje kojem je promijenjena konfiguracija. Ovdje je vidljivo da je konfiguracija sučelja uspješno završena.



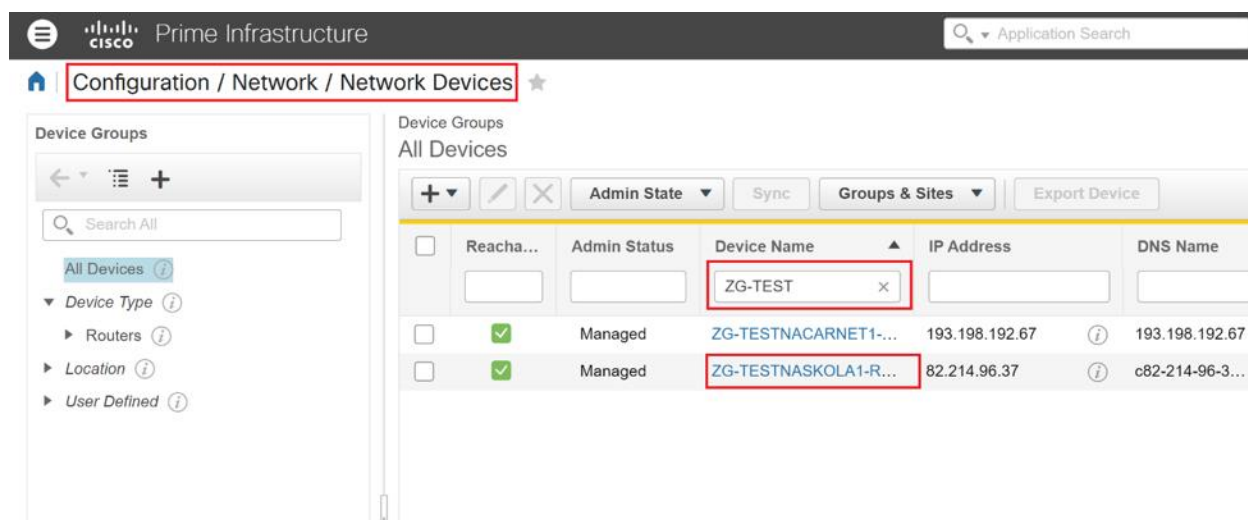
Slika 56: Cisco Prime – provjera konfiguracije

## 6.5.2 Primjer konfiguracije rute na usmjerivaču

Konfiguracija rute na usmjerivaču realizira se kroz Cisco Prime centralni sustav za upravljanje i nadzor. Prvi korak je prijava u Cisco Prime centralni sustav upravljanja, unosom korisničkog imena i lozinke, ranije definiranih od strane administratora sustava.

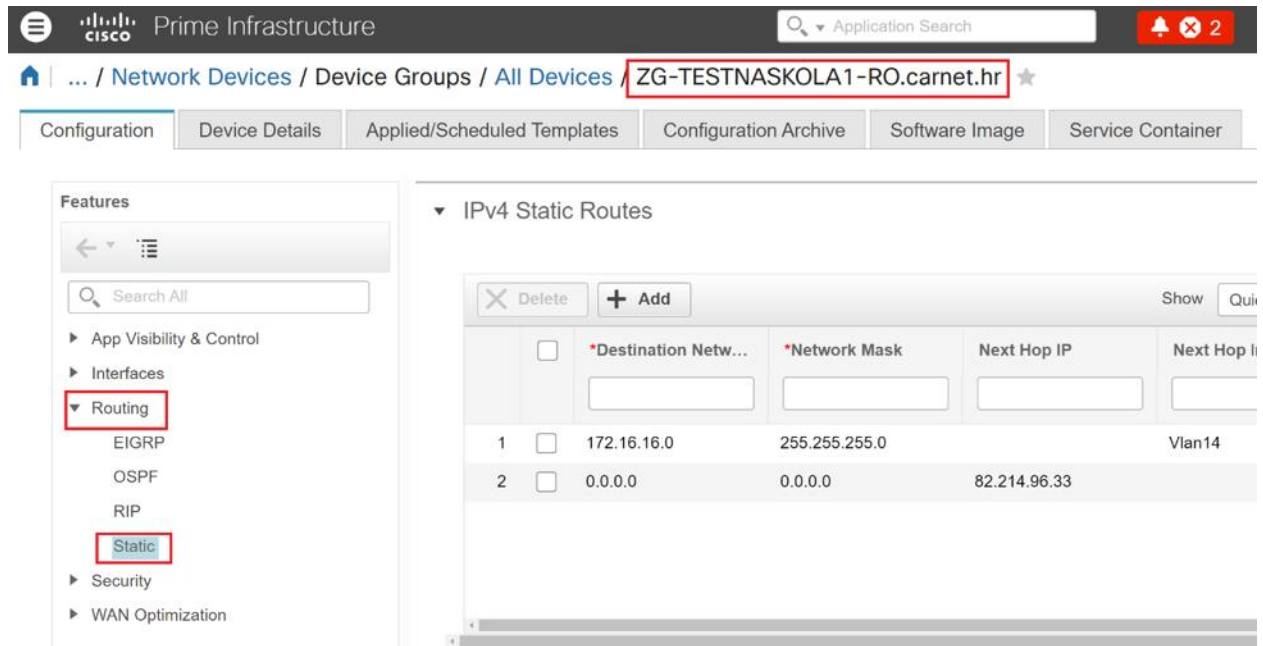
U glavnom izborniku odabire se *Configuration* te pod *Network* opcija *Network Devices*. Na listi se odabire usmjerivač na kojem će se definirati statička ruta. Kako bi se ubrzao pronalazak usmjerivača, u traku za pretraživanje upisuje se ključna riječ iz naziva usmjerivača.

### / *Configuration* / *Network* / *Network Devices*



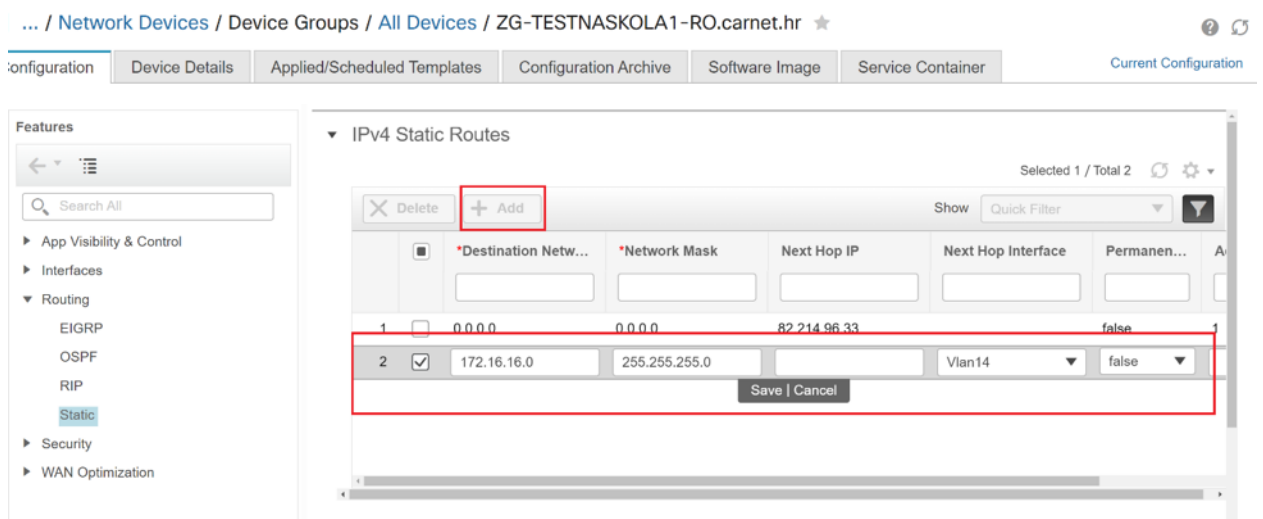
Slika 57: Cisco Prime – odabir uređaja

U glavnom izborniku odabire se opcija *Routing* i zatim *Static*.



Slika 58: Cisco Prime – popis ruta

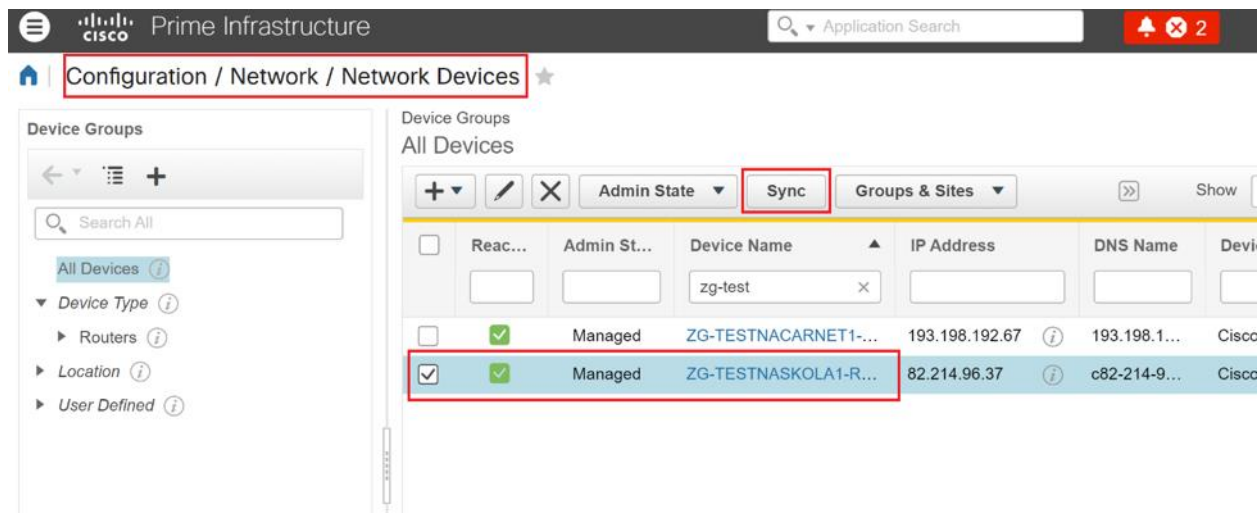
Pritiskom na *Add*, na popisu definiranih statičkih ruta, prikazuje se opcija za konfiguraciju sljedeće rute. Unosi se mreža prema kojoj se želi usmjeriti promet. Definira se mrežna maska i pod *Next Hop* odabire se VLAN (npr. VLAN 14), te se nakon toga spremaju promjene.



Slika 59: Cisco Prime – konfiguracija rute

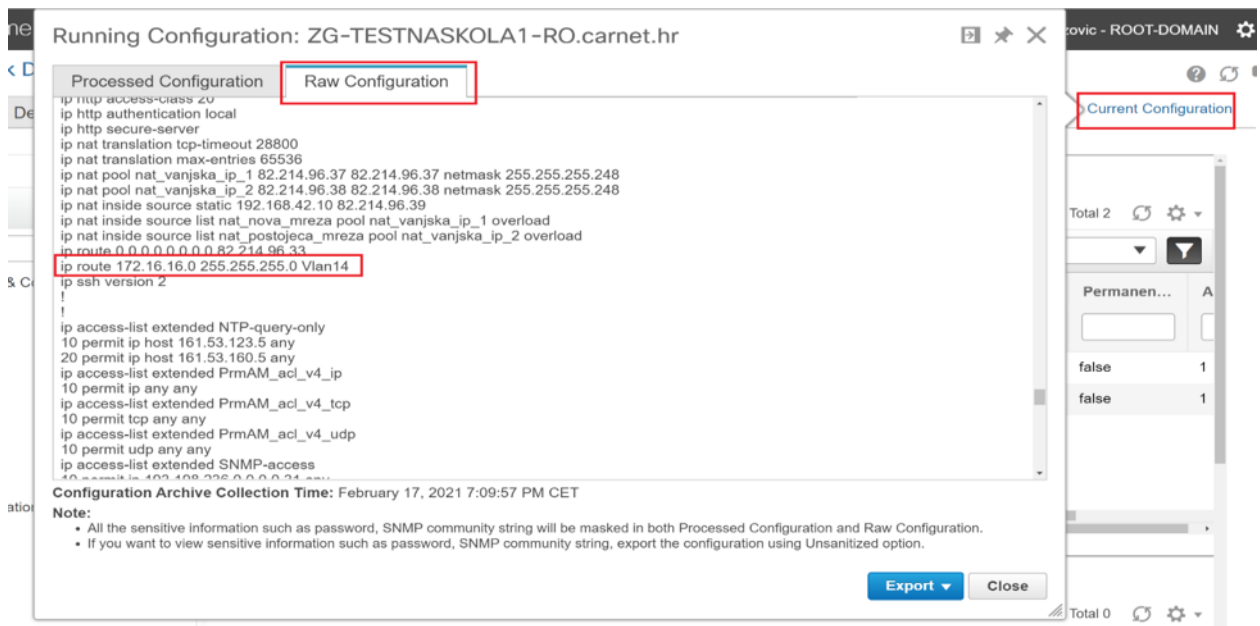
Za provjeru da je promjena na usmjerivaču izvršena, na glavnom izborniku odabire se *Configuration*, zatim pod *Network* opcija *Network Devices*. Pretražuje se i odabire usmjerivač, te pritiskom na *Sync* pokreće postupak sinkronizacije kako bi u sustavu bila vidljiva trenutna konfiguracija usmjerivača.

**☰ / Configuration / Network / Network Devices**



Slika 60: Cisco Prime – sinkronizacija usmjerivača

Odabire se usmjerivač i u gornjem desnom kutu opcija *Current Configuration*. Pod *Raw Configuration* prolazi se po konfiguraciji dok se ne dođe do dijela konfiguracije gdje se nalaze statičke rute. Ovdje se može vidjeti da je dodavanje statičke rute uspješno završeno.



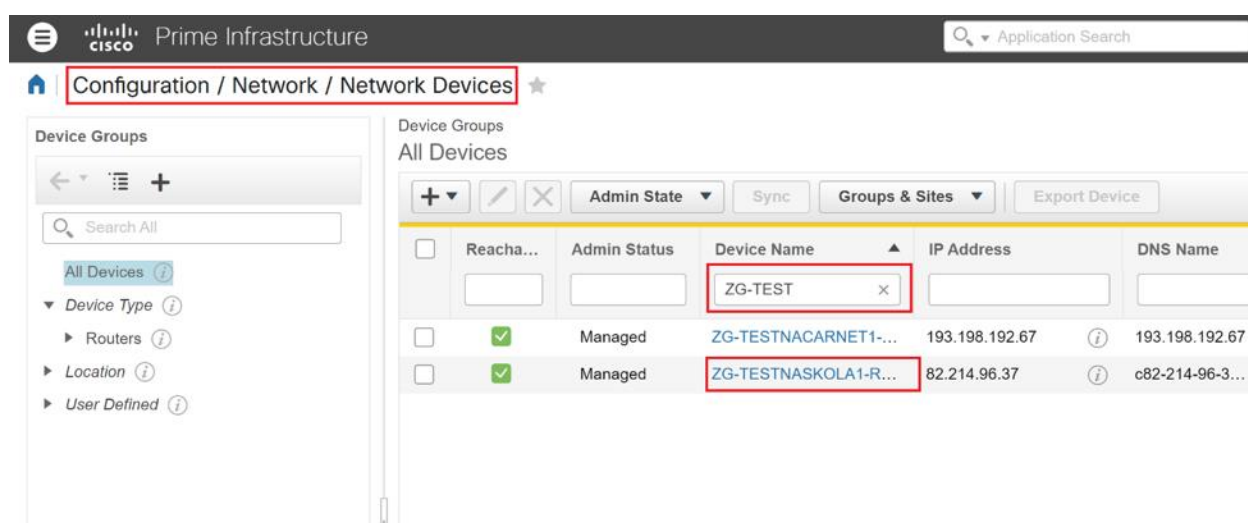
Slika 61: Cisco Prime – statička ruta

### 6.5.3 Primjer dodavanja sigurnosnog pravila

Sigurnosno pravilo na usmjerivaču kreira se kroz Cisco Prime centralni sustav za upravljanje i nadzor. Prvi korak je prijava u Cisco Prime centralni sustav upravljanja, unosom korisničkog imena i lozinke, ranije definiranih od strane administratora sustava.

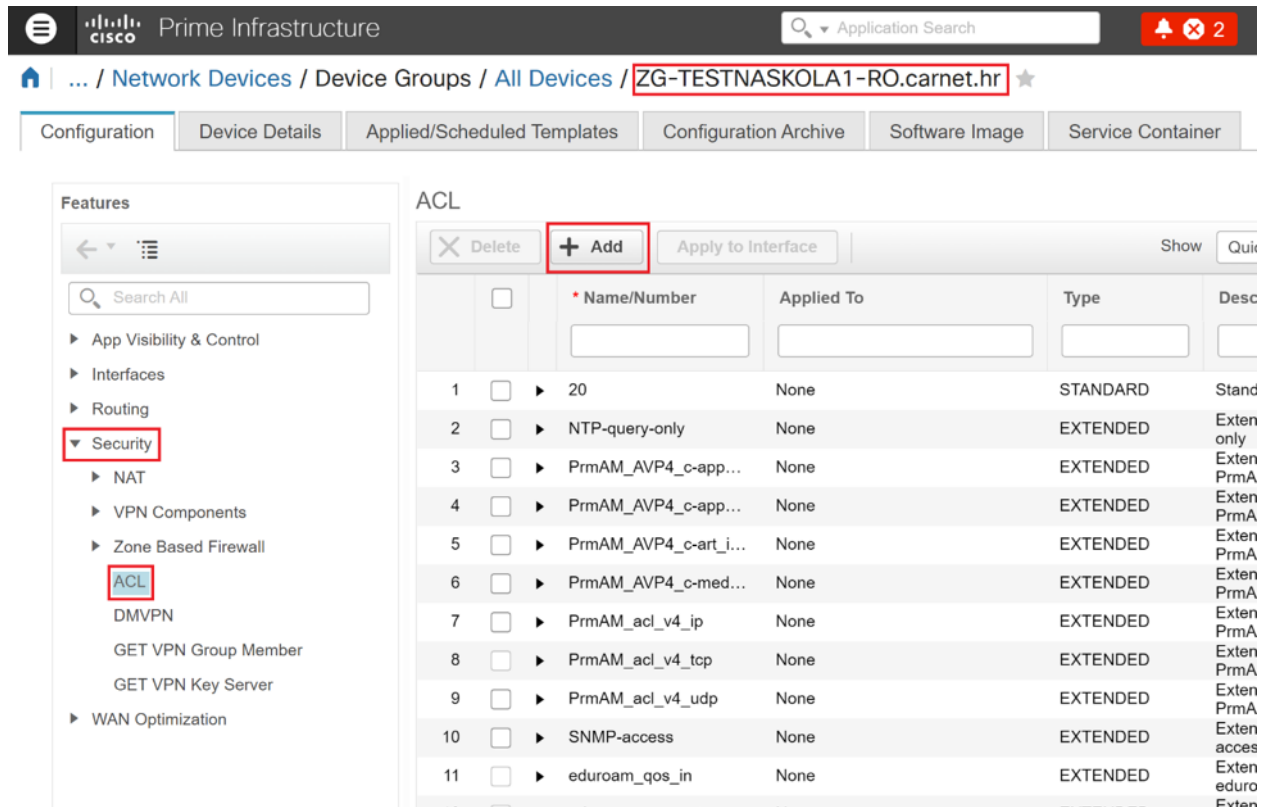
U glavnom izborniku odabire se *Configuration* i pod *Network* odabire opcija *Network Devices*. Na listi se odabire usmjerivač na kojem će se kreirati pravilo za pristup Internetu. Da se ubrza pronalazak usmjerivača u traku za pretraživanje upisuju se ključne riječi iz naziva usmjerivača.

#### / *Configuration* / *Network* / *Network Devices*

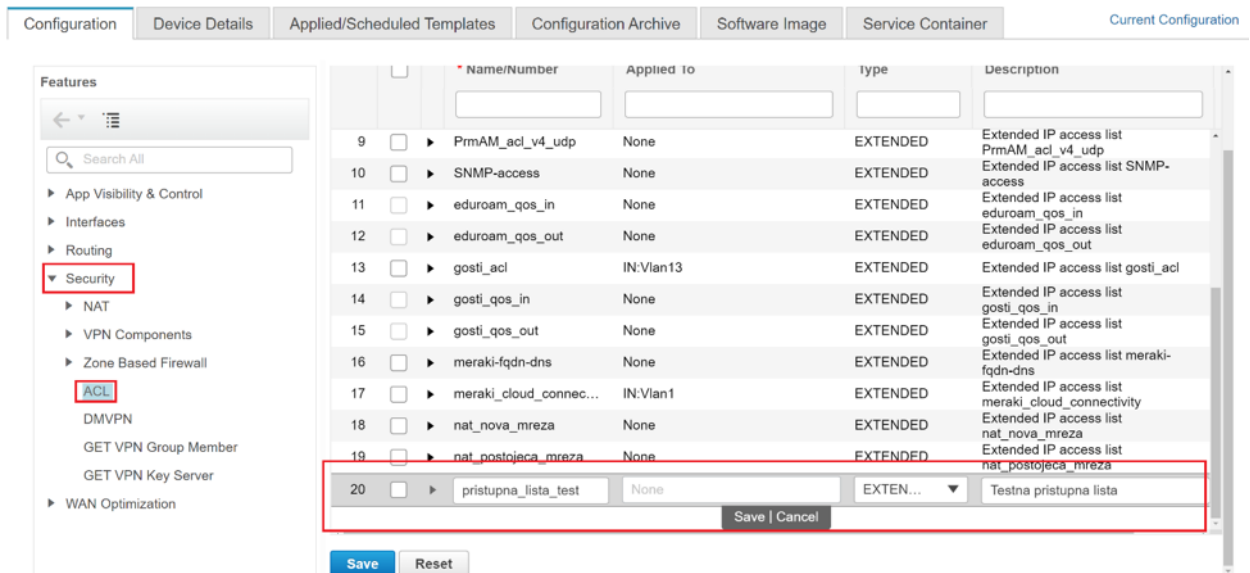


Slika 62: Cisco Prime – odabir usmjerivača

U glavnom izborniku odabire se opcija *Security*, zatim *ACL* i pritiskom na *Add* kreira se nova pristupna lista.

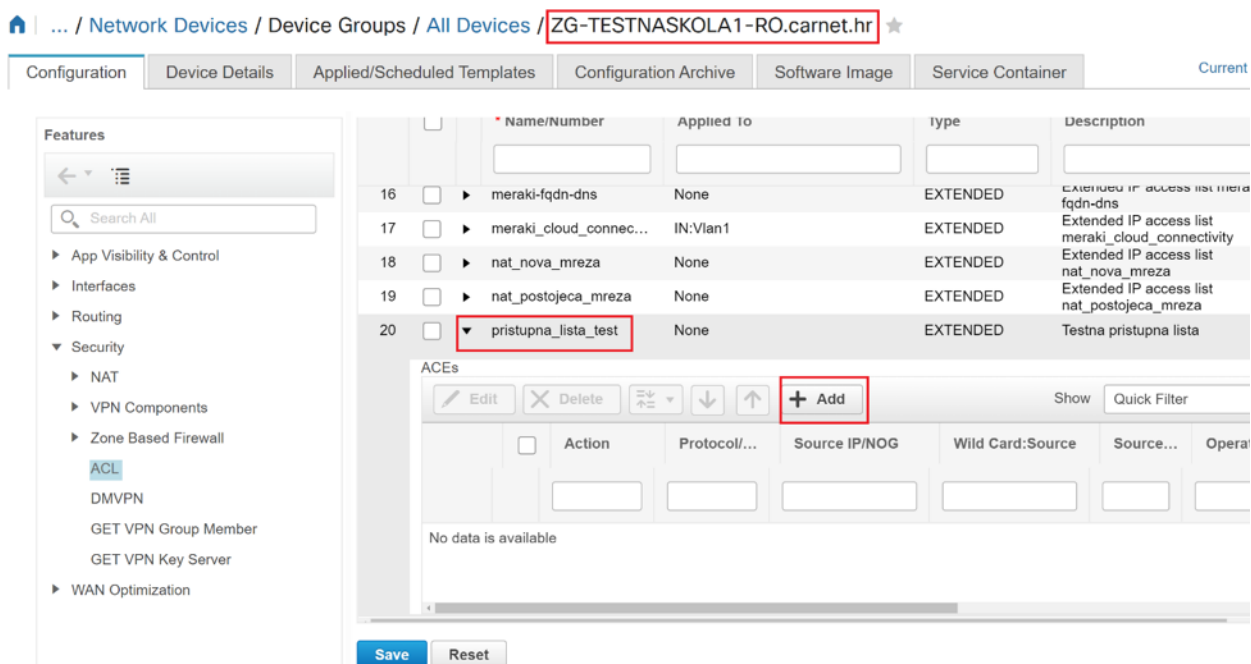


Slika 63: Cisco Prime – popis pristupnih lista



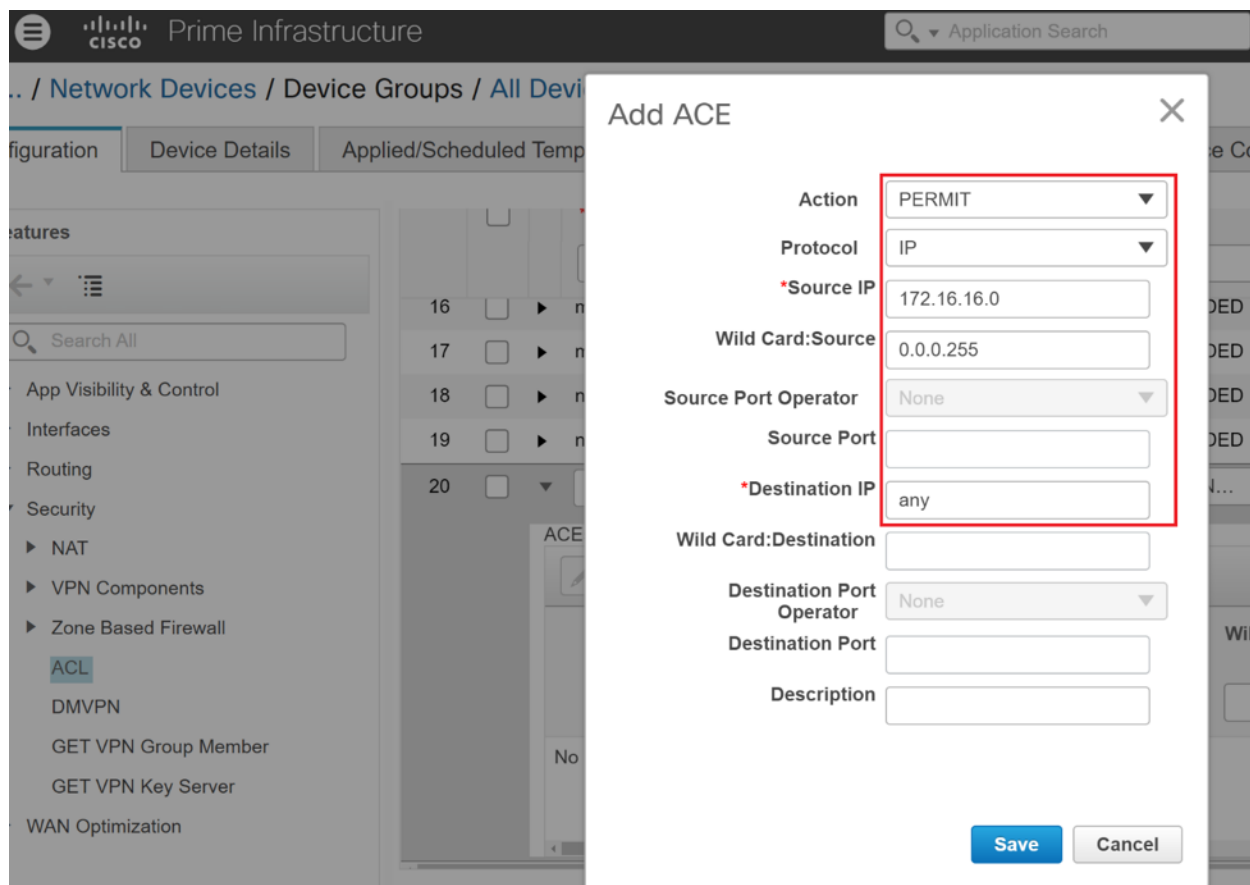
Slika 64: Cisco Prime – kreiranje pristupne liste

Odabire se novokreirana pristupna lista i klikom na *Add* započinje unos parametara pristupne liste.



Slika 65: Cisco Prime – unos parametara pristupne liste

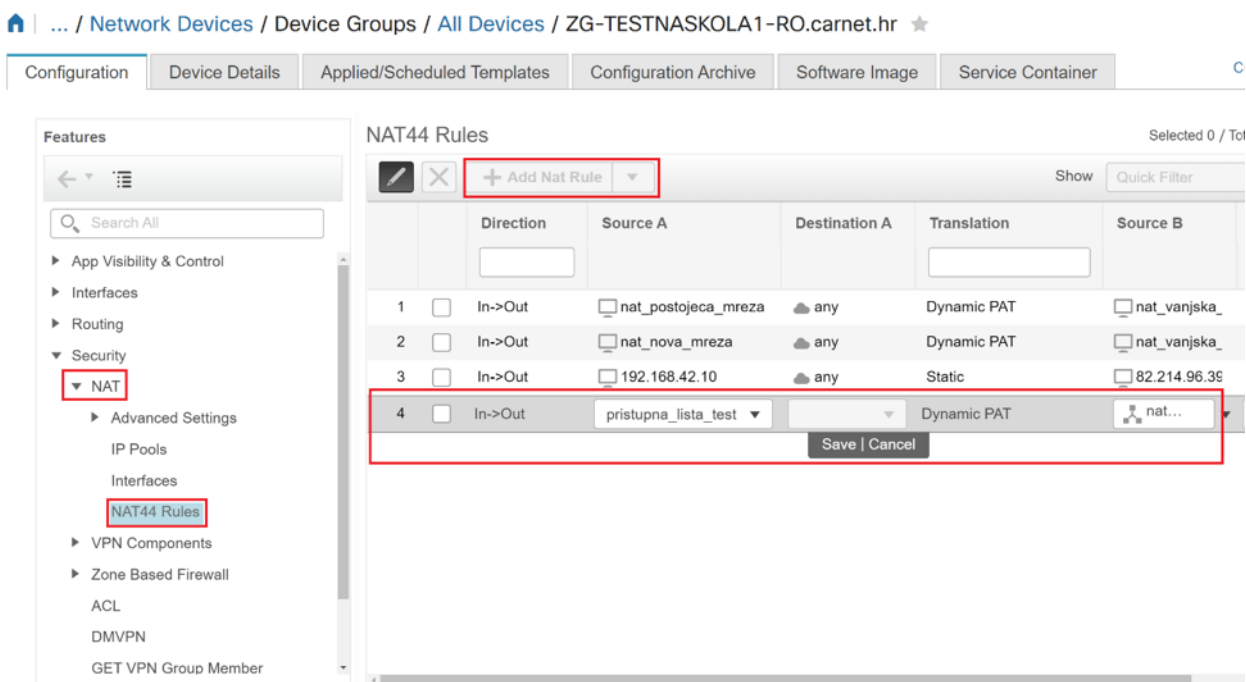
Pod izvorišnu IP adresu unosi se mreža, nakon toga slijedi unos *Wild Card* maske i pod destinacijski IP unosi se *any*. Pritiskom na *Save* spremaju se promjene na usmjerivaču.



Slika 66: Cisco Prime – unos parametara pristupne liste

Sljedeći korak je odabir opcije *NAT44 Rules* koja se nalazi pod opcijom *NAT*. Odabire se definirano pravilo i vanjska IP adresa. U ovom koraku definirano je pravilo kojim se korisnicima iz testne mreže omogućuje pristup Internetu.

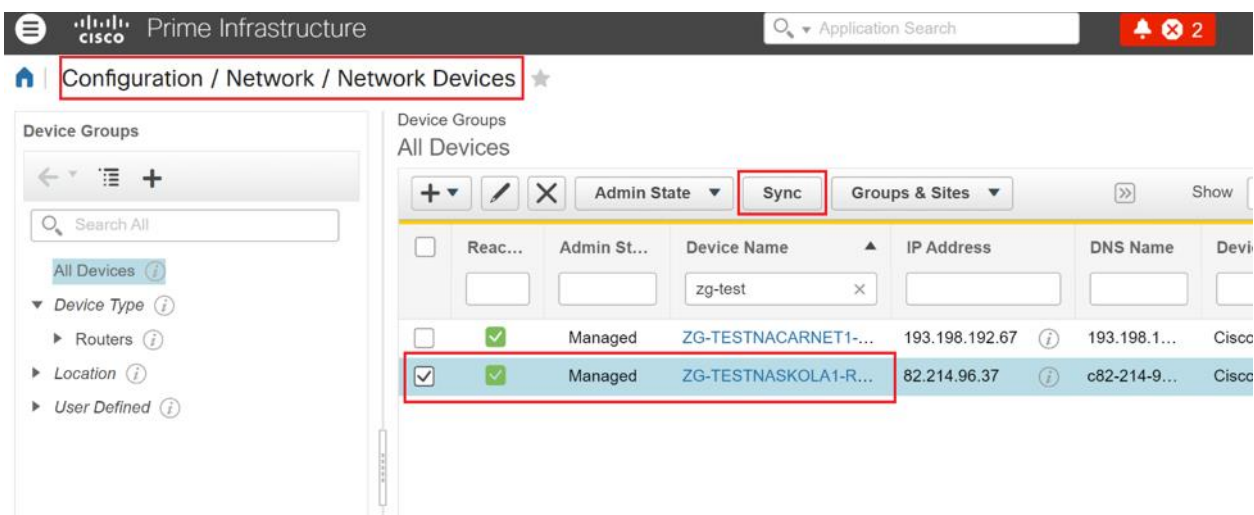




Slika 67: Cisco Prime – konfiguracija pravila

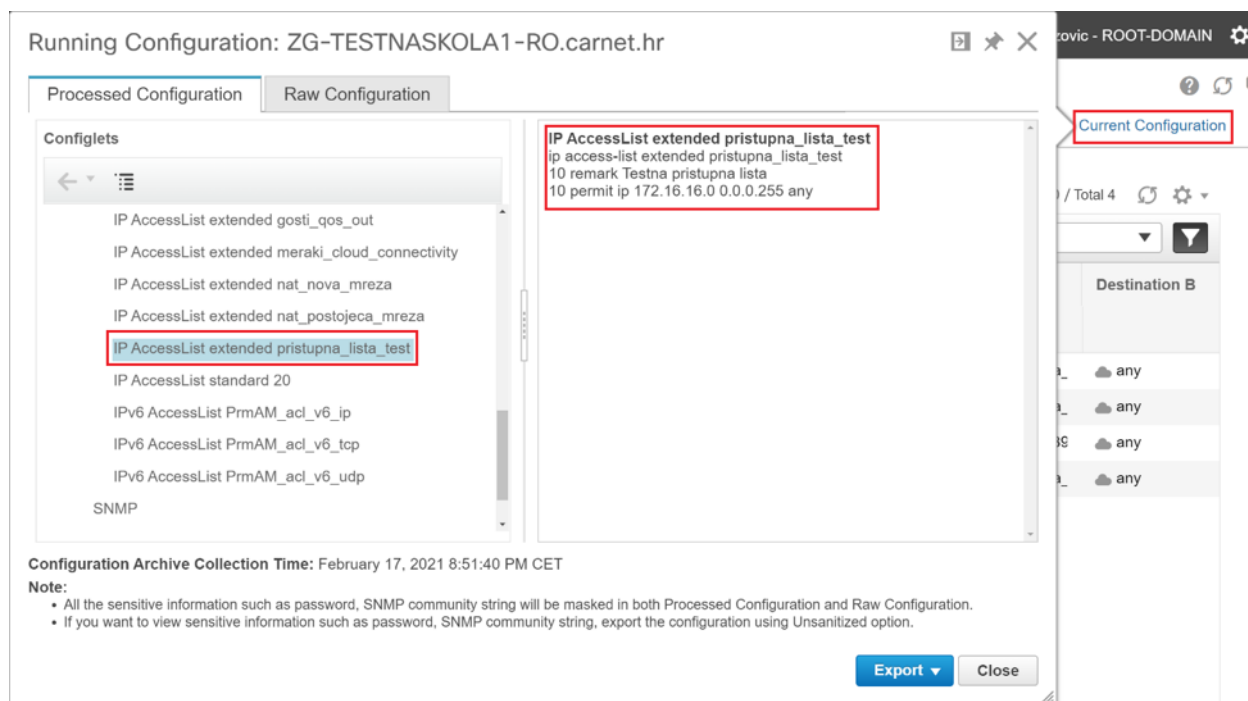
Za provjeru konfiguracije odlazi se do glavnog izbornika i odabire *Configuration*, zatim pod *Network* odabire opcija *Network Devices*. Pretražuje se i izabire usmjerivač, te pritiskom na *Sync* pokreće postupak sinkronizacije kako bi u sustavu bile vidljive trenutne konfiguracijske postavke usmjerivača.

**☰ / Configuration / Network / Network Devices**



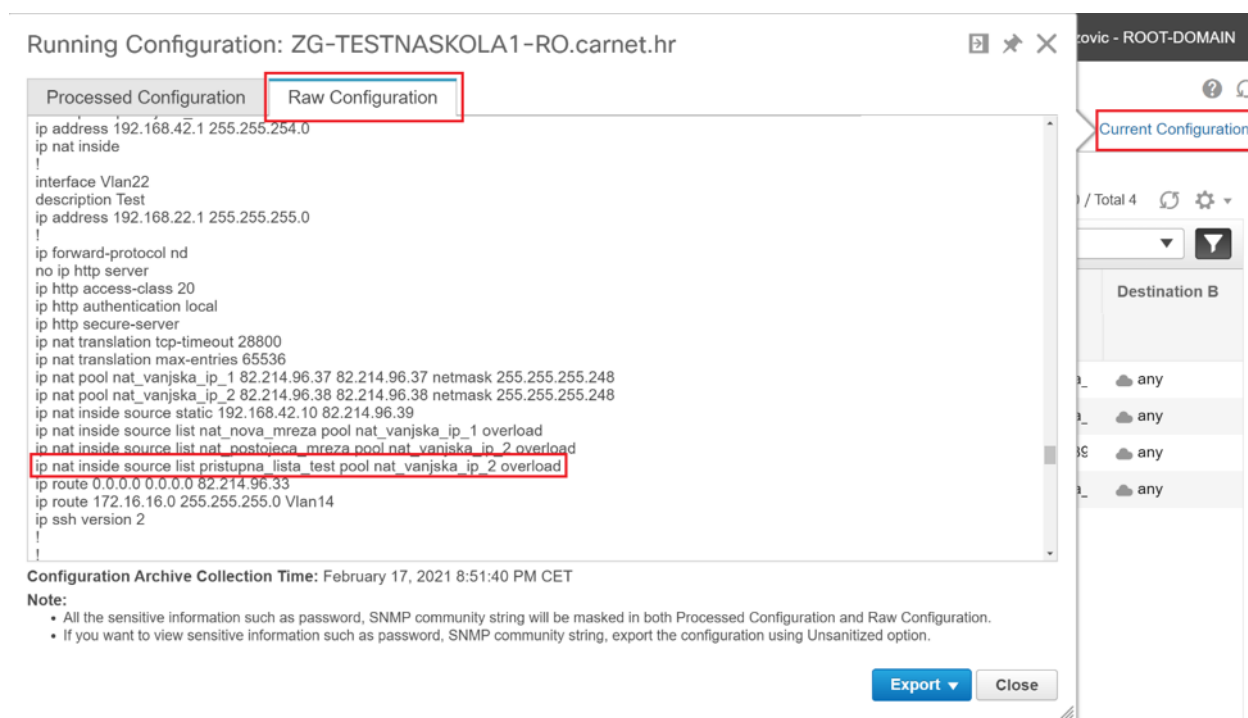
Slika 68: Cisco Prime – sinkronizacija uređaja

Odabire se usmjerivač i u gornjem desnom kutu odabire opcija *Current Configuration*. Zatim se odabire *Access Lists* i provjerava je li novo definirana lista na popisu. Ovim putem se može provjeriti da je konfiguracija pristupne liste uspješno završena.



Slika 69: Cisco Prime – pristupna lista

Nakon toga se prelazi na opciju *Raw Configuration* kako bi se provjerilo je li NAT pravilo uspješno primijenjeno. Ovim putem se može provjeriti da je konfiguracija NAT pravila uspješno završena.



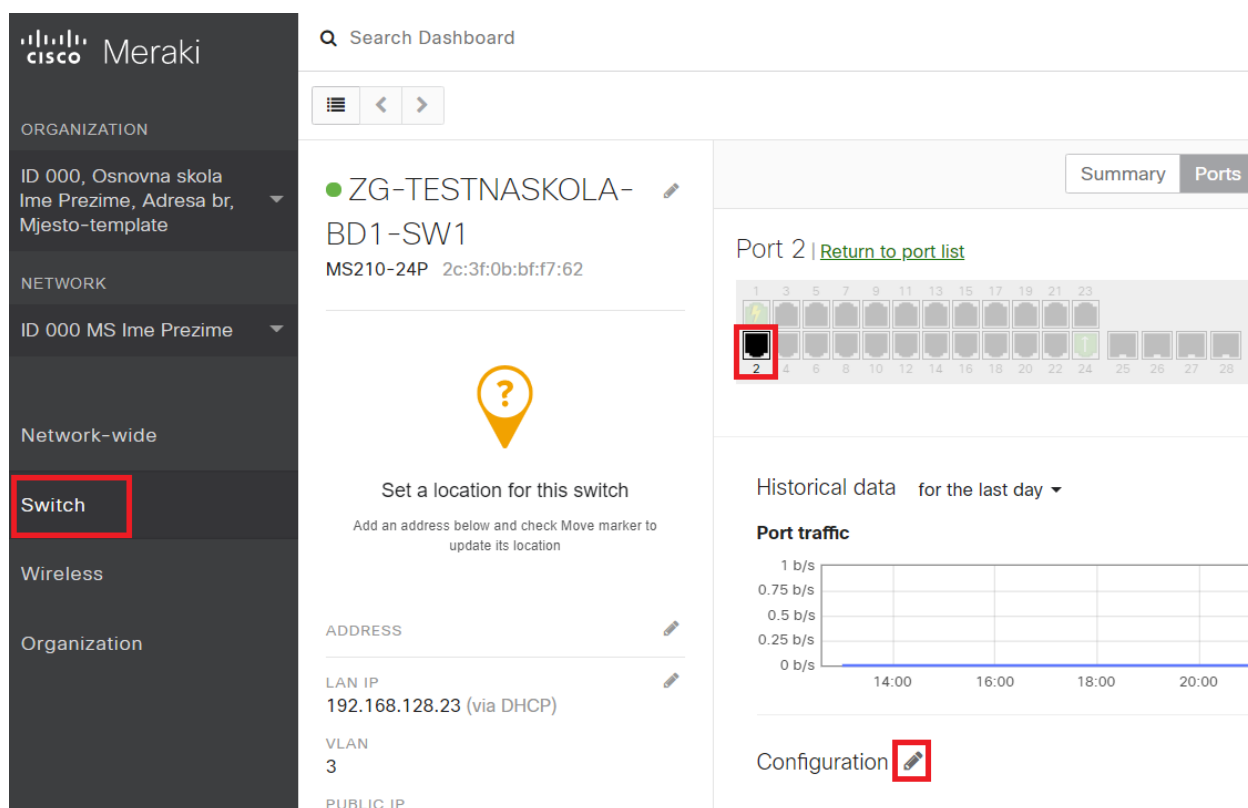
Slika 70: Cisco Prime – NAT pravilo

#### 6.5.4 Primjer konfiguracije sučelja preklopnika

Prvi korak kod konfiguracije sučelja preklopnika je prijava u Cisco Meraki centralni sustav upravljanja, unosom korisničkog imena i lozinke, ranije definiranih od strane administratora sustava.

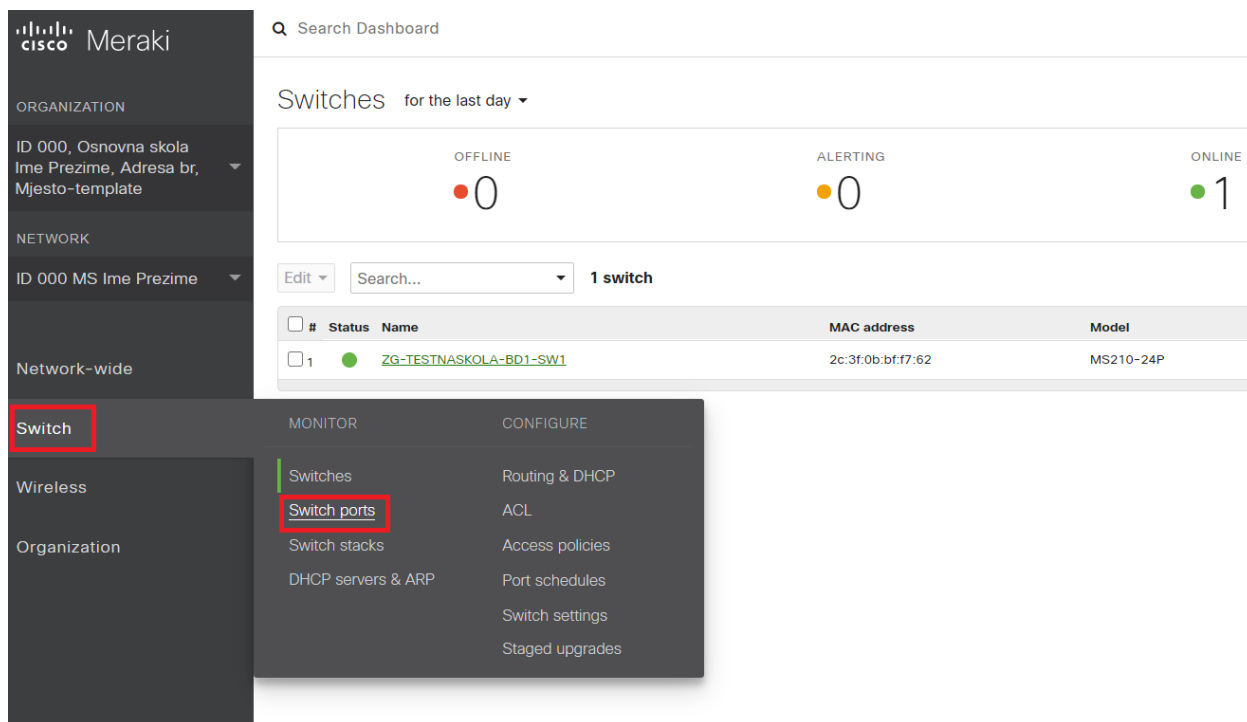
Za konfiguraciju sučelja na preklopniku su na raspolaganju dvije opcije, i obje vode do identičnog konfiguracijskog prozora.

Prva opcija sastoji se od odabira preklopnika na kojem je potrebno vršiti konfiguraciju. Kroz opciju *Switch* u glavnom izborniku dolazi se do popisa preklopnika, te zatim na grafičkom prikazu preklopnika odabire sučelje za konfiguraciju. Na nadzornoj ploči sučelja, u dijelu *Configuration*, pritiskom na ikonu olovke, dolazi se do prozora za konfiguraciju sučelja u kojem se definiraju parametri.



Slika 71: Cisco Meraki – konfiguracija sučelja preklopnika

Druga opcija je konfiguracija preko nadzorne ploče sučelja do koje se dolazi preko opcije *Switch ports*. Kroz ovu opciju se može konfigurirati više sučelja u isto vrijeme, što ubrzava proces konfiguracije sučelja na kojima je potrebno definirati identične parametre.



Slika 72: Cisco Meraki – opcija Switch ports

Prilikom konfiguracije sučelja popunjavaju se, odnosno odabiru, sljedeći istaknuti parametri:

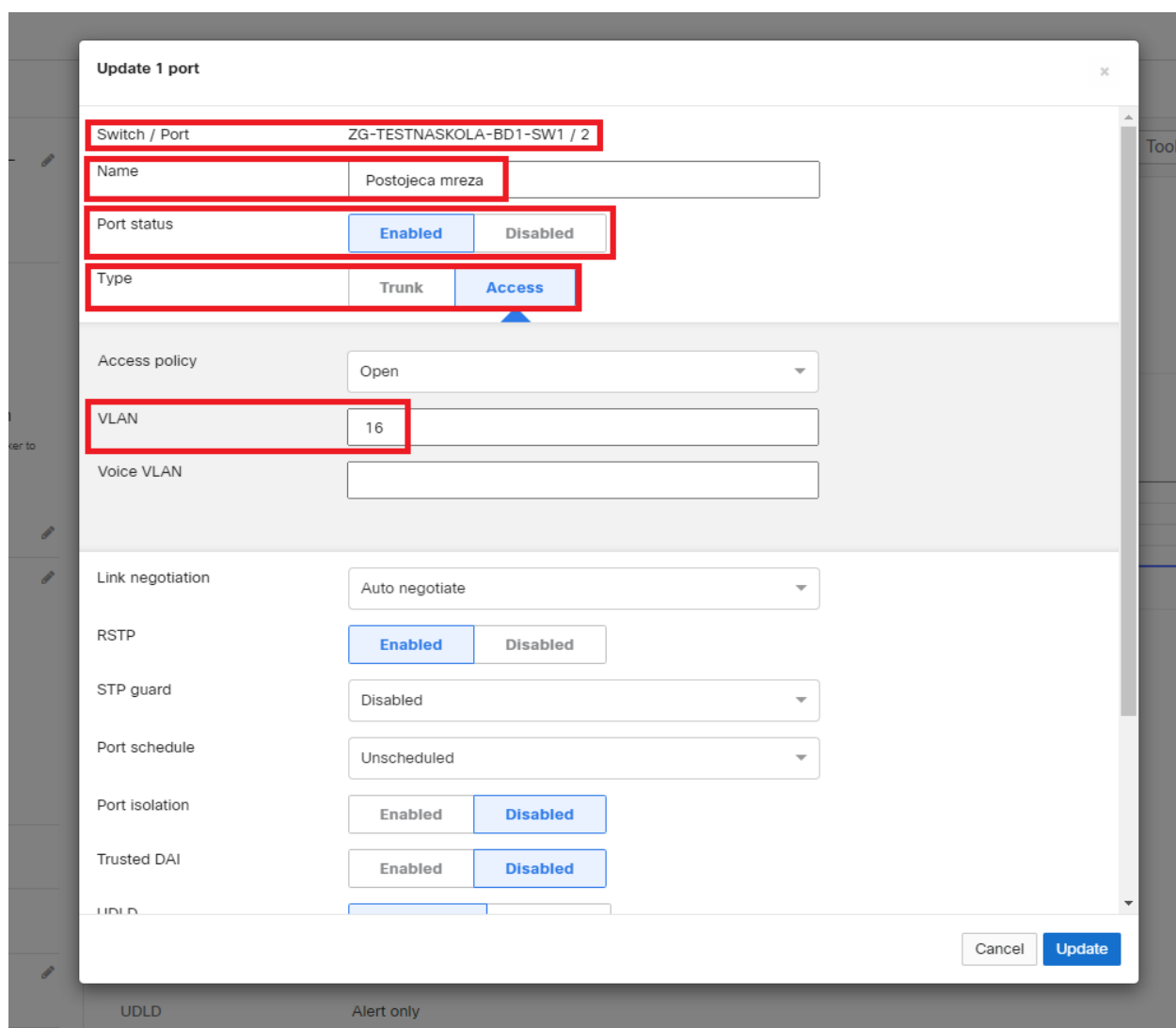
- parametar *Name* je neobavezan i ovdje se opisuje funkcija sučelja,
- kod *Port enabled* definira se hoće li sučelje biti u funkciji ili ne,
- parametar *PoE* je potrebno omogućiti, ako se preko sučelja električnom energijom napaja spojeni uređaj, npr. bežična pristupna točka ili IP telefon,
- ako se na sučelje spaja klijent, kod parametra *Type* odabire se *Access*, a ako se spaja neki drugi mrežni uređaj, odabire se opcija *Trunk*.

Prilikom odabira opcije *Trunk* definira se:

- *Native VLAN* gdje je zadana vrijednost 1, a koja se po potrebi može promijeniti,
- *Allowed VLANs* gdje je zadana vrijednost *all*, čime su svi VLAN-ovi dozvoljeni, a po potrebi mogu se dozvoliti samo određeni VLAN-ovi.

Ako se odabere opcija *Access*, definira se parametar *VLAN*, gdje se unosi VLAN ID, unutar kojeg se omogućava komunikacija uređaja koji se spajaju na sučelje s preostalim uređajima unutar istog VLAN-a.

Preostali parametri ostavljaju se na zadanim vrijednostima.



Slika 73: Cisco Meraki – parametri sučelja preklopnika

### 6.5.5 Primjer kreiranja novog VLAN-a

Prvi korak je prijava u Cisco Meraki centralni sustav upravljanja, unosom korisničkog imena i lozinke, ranije definiranih od strane administratora sustava. Nakon prijave u sustav, na popisu školskih ustanova odabire se lokacija u kojoj se želi kreirati VLAN.

U glavnom izborniku odabire se *Switch* i u stupcu *CONFIGURE, Routing & DHCP*. Klikom na *CREATE INTERFACE* započinje se konfiguracija VLAN sučelja.

#### ***Switch / CONFIGURE / Routing & DHCP***

The screenshot shows the Cisco Meraki dashboard interface. On the left is a dark sidebar with the Meraki logo and navigation options: ORGANIZATION, NETWORK, and Network-wide. The main area displays 'Switches for the last day' with two status indicators: 'OFFLINE' (0) and 'ALERTING' (0). Below this is a table with one switch entry: 'ZG-TESTNASKOLA-BD1-SW1' with a green status dot and MAC address '2c:3f:0b:d1'. A context menu is open over the switch entry, showing 'Switch' (highlighted in red), 'MONITOR' (with sub-items: Switches, Switch ports, Switch stacks, DHCP servers & ARP), and 'CONFIGURE' (highlighted in red, with sub-items: Routing & DHCP, ACL, Access policies, Port schedules, Switch settings, Staged upgrades).

Slika 74: Cisco Meraki – konfiguracija VLAN sučelja

Definira se naziv, podmreža, IP adresa sučelja, zadani pristupnik i VLAN. Nakon završetka unosa parametara pritiskom na *Save* sprema se konfiguracija na preklopnik i vraća na nadzornu ploču gdje su prikazani konfiguracijski parametri.

The screenshot displays the Cisco Meraki dashboard interface. On the left, a dark sidebar contains navigation options: ORGANIZATION, NETWORK, Network-wide, Switch (highlighted with a red box), Wireless, and Organization. The main area is titled 'Interface editor' and contains several configuration fields:

- Switch or switch stack: ZG-TESTNASKOLA-BD1-SW1
- Name: Dodatni\_servis3
- Subnet: 192.168.40.0/23
- Interface IP: 192.168.40.2
- Default gateway: 192.168.40.1
- Multicast routing: Disabled
- VLAN: 15

Slika 75: Cisco Meraki – parametri VLAN sučelja

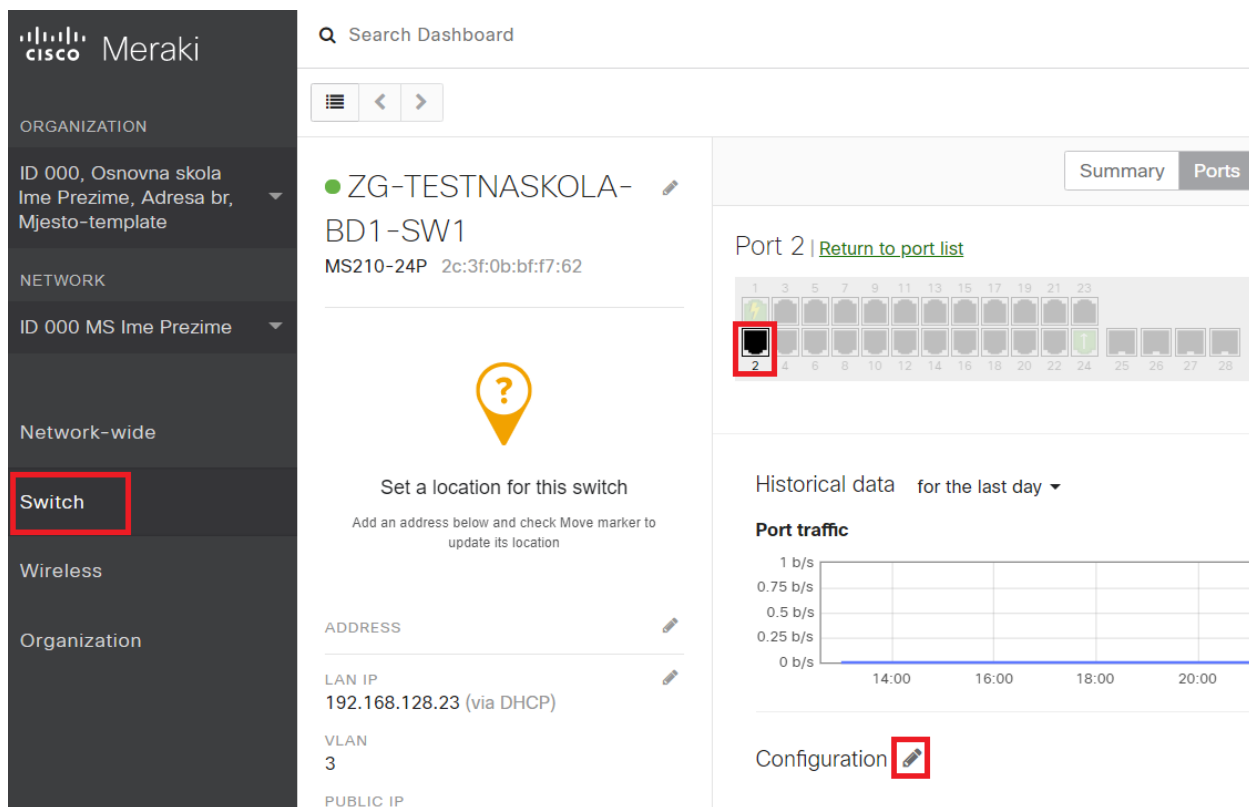
**NAPOMENA:**

Gore je opisano kreiranje VLAN sučelja (engl. *VLAN Interface*) i navedeno spada u L3 funkcionalnosti preklopnika. Na lokacijama preklopnici imaju isključivo L2 funkcionalnosti, dok je za L3 funkcionalnosti zadužen Cisco usmjerivač.

Definiranje VLAN-ova na Meraki preklopnicima nije potrebno (ne postoji ta mogućnost), već je potrebno u konfiguracijskim postavkama fizičkog sučelja definirati VLAN kojem želimo pridružiti sučelje.

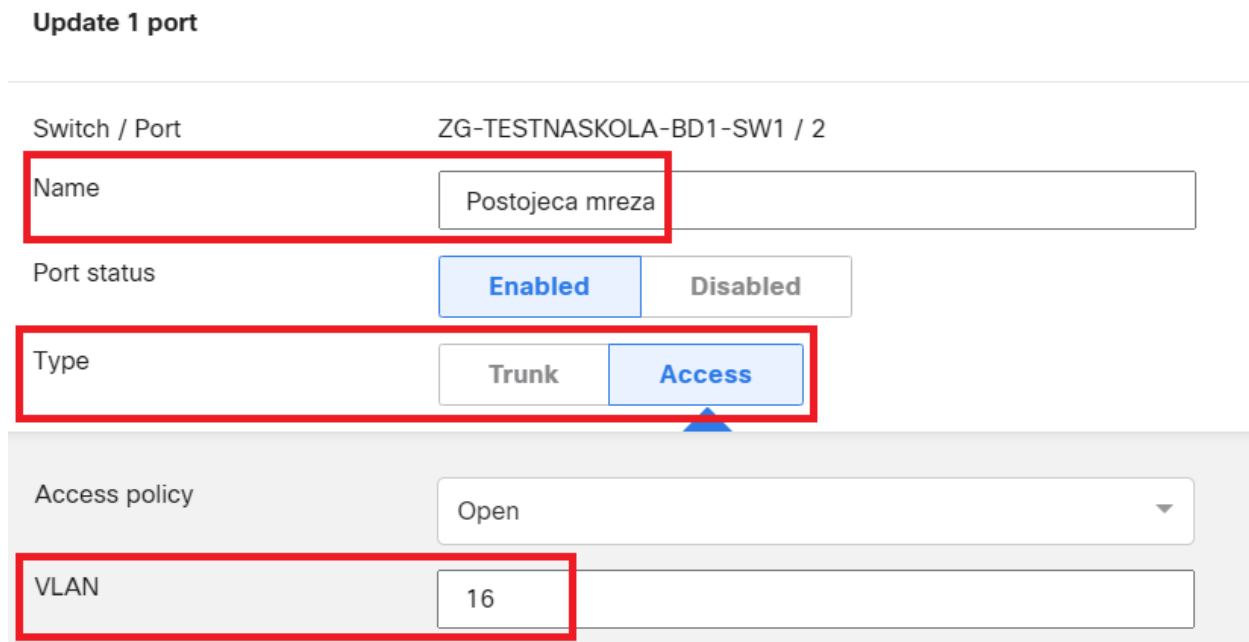
U glavnom izborniku se kroz opciju *Switch* dolazi do popisa preklopnika, a zatim se na grafičkom prikazu preklopnika odabire sučelje za konfiguraciju. Na nadzornoj ploči sučelja, u dijelu *Configuration*, pritiskom na ikonu olovke dolazi se do prozora za konfiguraciju sučelja u kojem se definiraju parametri.





Slika 76: Cisco Meraki – konfiguracija sučelja

Definira se ime sučelja (*Name*), pod tipom sučelja (*Type*) se odabire *Access* i definira se VLAN.



Slika 77: Cisco Meraki – postavljanje VLAN-a na sučelju

## 6.5.6 Primjer kreiranja novog SSID-a

Konfiguracija SSID-a vrši se preko Cisco Meraki centralnog sustava upravljanja. Nakon prijave u sustav, na popisu školskih ustanova, odabire se lokacija u kojoj se želi izvršiti promjena. Sljedeći korak je odabir opcije *Wireless* u glavnom izborniku, a zatim pod *CONFIGURE* se odabire *SSID*.

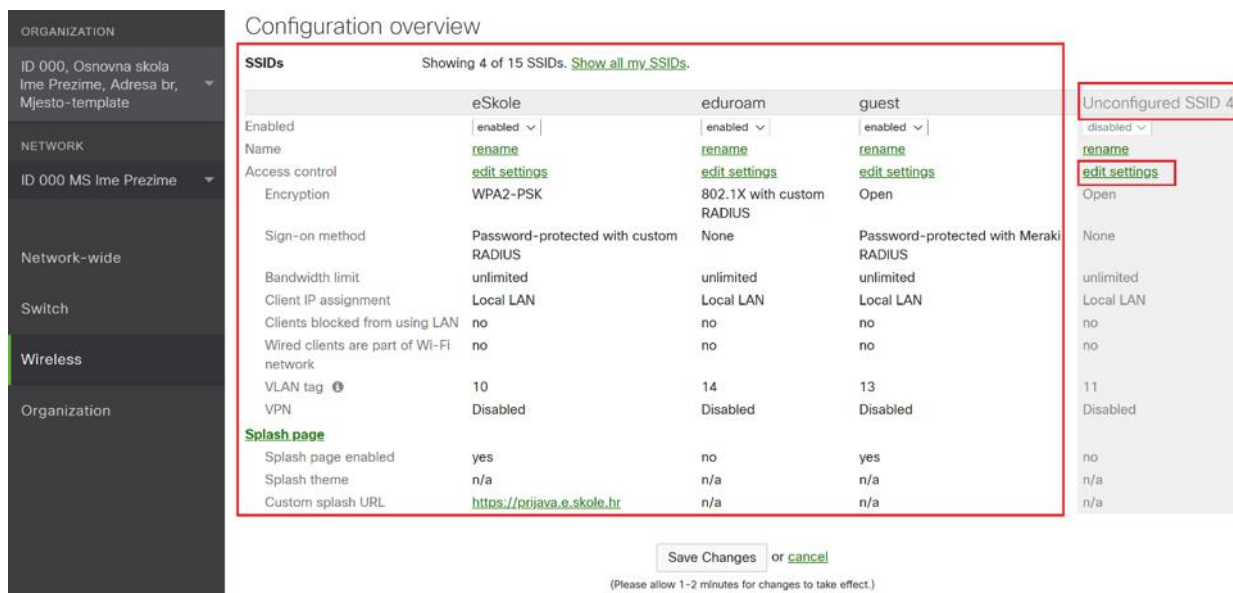
### *Wireless* / *CONFIGURE* / *SSIDs*

The screenshot displays the Cisco Meraki dashboard interface. On the left, a dark sidebar contains navigation options: ORGANIZATION, NETWORK, Network-wide, and Switch. The 'Wireless' option is highlighted with a red box. The main content area shows a 'Clients' section with a line graph of bandwidth usage over time. Below the graph, there are filters for Policy, Forget, and a search bar, followed by a '3 client devices' indicator. A table lists client devices with columns for Status, Description, and Last seen. The 'CONFIGURE' option is highlighted with a red box, and a sub-menu is open, showing 'SSIDs' as the selected option, also highlighted with a red box. Other options in the sub-menu include Access control, Firewall & traffic shaping, Splash page, SSID availability, IoT radio settings, and Radio settings.

Slika 78: Cisco Meraki – SSID nadzorna ploča

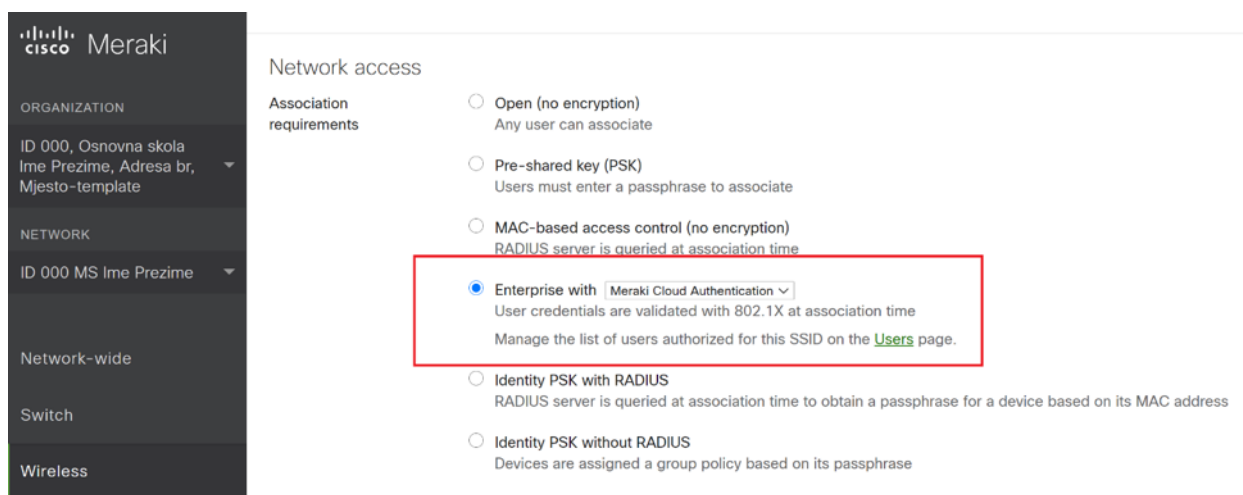
Ovdje se nalazi popis svih konfiguriranih bežičnih mreža. U ovom primjeru, kreira se bežična mreža koja za autentikaciju klijenata koristi lokalno kreiranog korisnika na Cisco Meraki sustavu, i preko koje klijenti dobivaju IP adresu za daljnju komunikaciju putem DHCP servera postavljenog na usmjerivaču.

Za konfiguraciju novog SSID-a odabire se *edit settings* pod SSID-em naziva *Unconfigured SSID 4*.



Slika 79: Cisco Meraki – popis SSID-eva

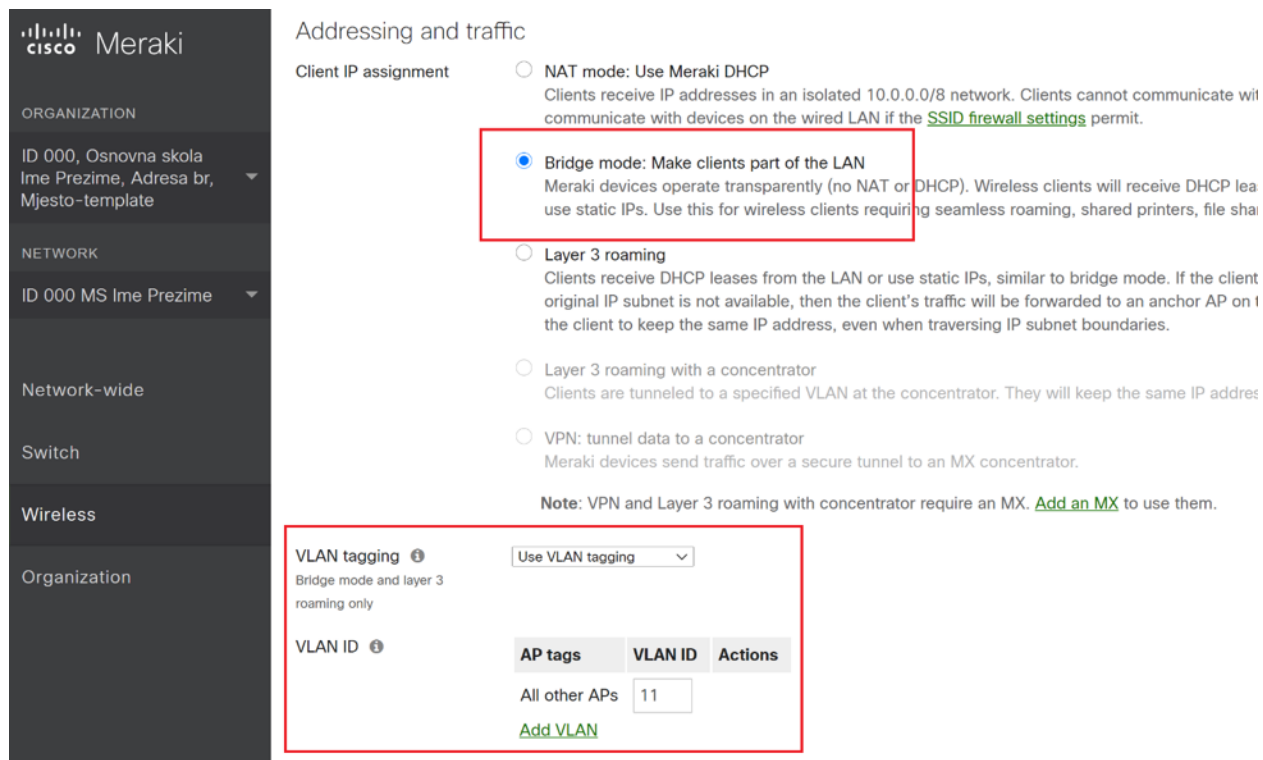
Odabire se *Enterprise with Meraki Cloud Authentication*.



Slika 80: Cisco Meraki – konfiguracija SSID-a

Odabire se *Bridge mode*. Pod opcijom *VLAN tagging* odabire se *Use VLAN tagging*, a pod *VLAN ID* unosi vrijednost 11. Navedeni VLAN je rezerviran za dodatne servise pa se može iskoristiti za testiranje.

U ovom slučaju, ostale postavke ostavljaju se na zadanim vrijednostima.



Slika 81: Cisco Meraki – VLAN ID

Nakon konfiguracije navedenih parametara, odabirom opcije *rename* zadaje se ime nove bežične mreže, te s *enable* omogućava bežična mreža za spajanje klijenata.

SSIDs Showing 4 of 15 SSIDs. [Show all my SSIDs.](#)

|   | eSkole  | eduroam                                | guest                                  | TEST_SSID                              |
|---|---|--|--|--|
| Enabled                                 | <input type="button" value="enabled"/>                              | <input type="button" value="enabled"/> | <input type="button" value="enabled"/> | <input type="button" value="enabled"/> |
| Name                                    | <a href="#">rename</a>  | <a href="#">rename</a>                 | <a href="#">rename</a>                 | <a href="#">rename</a>                 |
| Access control                          | <a href="#">edit settings</a>                                       | <a href="#">edit settings</a>          | <a href="#">edit settings</a>          | <a href="#">edit settings</a>          |
| Encryption                              | WPA2-PSK  | 802.1X with custom RADIUS              | Open                                   | Open                                   |
| Sign-on method                          | Password-protected with custom RADIUS                               | None                                   | Password-protected with Meraki RADIUS  | None                                   |
| Bandwidth limit                         | unlimited   | unlimited                              | unlimited                              | unlimited                              |
| Client IP assignment                    | Local LAN   | Local LAN                              | Local LAN                              | Local LAN                              |
| Clients blocked from using LAN          | no  | no                                     | no                                     | no                                     |
| Wired clients are part of Wi-Fi network | no  | no                                     | no                                     | no                                     |
| VLAN tag ⓘ                              | 10  | 14                                     | 13                                     | 11                                     |
| VPN                                     | Disabled  | Disabled                               | Disabled                               | Disabled                               |
| <b>Splash page</b>                      |   |  |  |  |
| Splash page enabled                     | yes   | no                                     | yes                                    | no                                     |
| Splash theme                            | n/a   | n/a                                    | n/a                                    | n/a                                    |
| Custom splash URL                       | <a href="https://prijava.e.skole.hr">https://prijava.e.skole.hr</a> | n/a                                    | n/a                                    | n/a                                    |

Slika 82: Cisco Meraki – TEST\_SSID

### 6.5.7 Primjer kreiranja novog korisnika za *guest* mrežu

Inicijalni korak kod konfiguracije korisnika je prijava u Cisco Meraki centralni sustav upravljanja, unosom korisničkog imena i lozinke, ranije definiranih od strane administratora sustava.

U glavnom izborniku je potrebno odabrati *Network-wide* i zatim opciju *Users*. Nakon navedenog prikazuje se *User management portal* sa popisom svih korisnika kreiranih u sustavu.

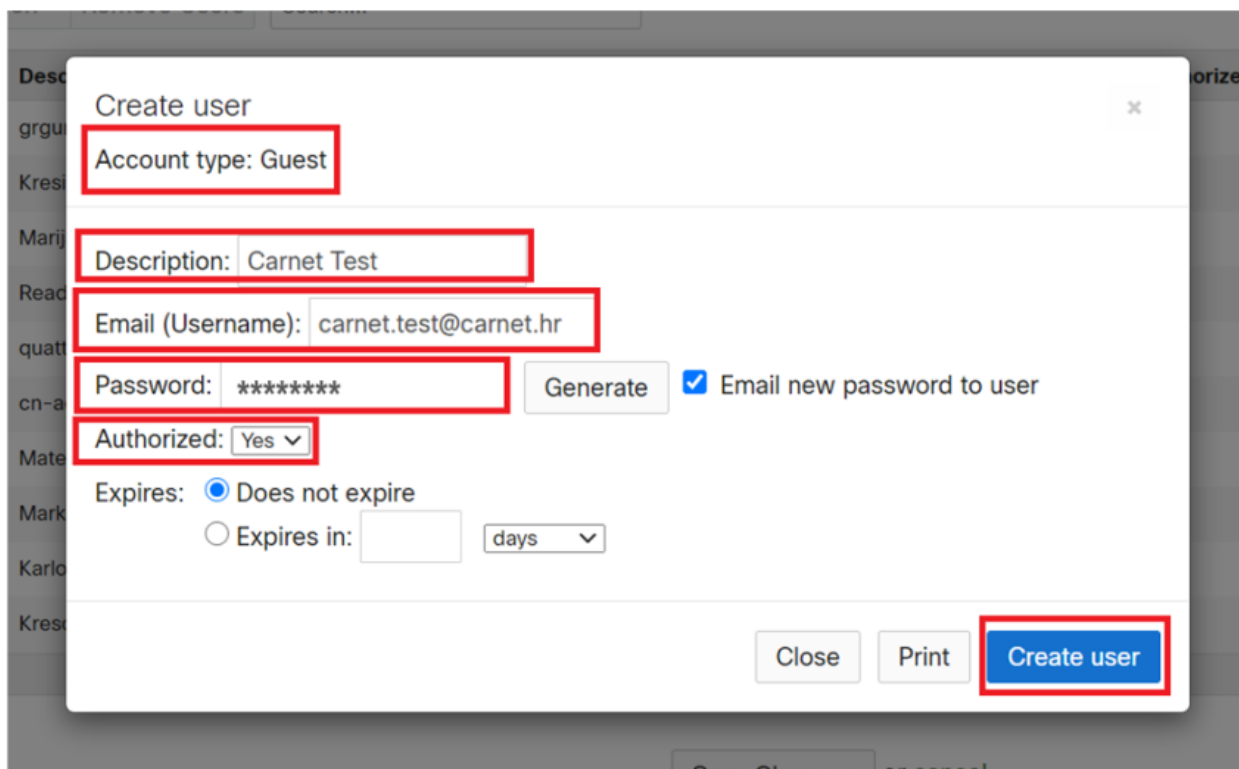
#### ***Network-wide / CONFIGURE / Users***

|                          | Description | Email (Username)             | Account type  | Authorized for SSID * | Authorized by | Expires | Created at        |   |
|--------------------------|-------------|------------------------------|---------------|-----------------------|---------------|---------|-------------------|---|
| <input type="checkbox"/> | 1           | grgur.dragicevic@king-ict.hr | Administrator | -                     | -             | -       | 10:23 Dec 09 2020 | X |
| <input type="checkbox"/> | 2           | Kresimir Trobic              | Administrator | -                     | -             | -       | 14:23 Nov 10 2020 | X |
| <input type="checkbox"/> | 3           | Marija Mijatovic Buzic       | Administrator | -                     | -             | -       | 14:32 Nov 10 2020 | X |
| <input type="checkbox"/> | 4           | Read only Grupa1             | Administrator | -                     | -             | -       | 12:20 Dec 15 2020 | X |
| <input type="checkbox"/> | 5           | quattuor.Lht@gmail.com       | Administrator | -                     | -             | -       | 09:47 Jan 13      | X |
| <input type="checkbox"/> | 6           | cn-admini@carnet.hr          | Administrator | -                     | -             | -       | 11:04 Nov 25 2020 | X |
| <input type="checkbox"/> | 7           | Mate Brzica                  | Administrator | -                     | -             | -       | 14:35 Jan 07      | X |
| <input type="checkbox"/> | 8           | Marko Farkas                 | Administrator | -                     | -             | -       | 14:32 Nov 10 2020 | X |
| <input type="checkbox"/> | 9           | Karlo Mrazovic               | Administrator | -                     | -             | -       | 14:32 Nov 10 2020 | X |
| <input type="checkbox"/> | 10          | Kreso                        | Guest         | -                     | -             | -       | 15:16 Jan 14      | X |

Slika 83: Cisco Meraki – User management portal

Odabirom opcije *Add new user* otvara se konfiguracijski prozor u kojem treba unijeti sljedeće parametre:

- *Description* – unosi se opis, npr. ime i prezime ili namjenu,
- *Email (Username)* – korisničko ime mora biti definirano u obliku email adrese,
- *Password* – služi za unos lozinke. Nakon unosa lozinke ponuđena je mogućnost slanja lozinke na email koji je definiran kao korisničko ime,
- *Authorized* – korisniku se omogućava (*Yes*), odnosno onemogućava pristup na bežičnu mrežu. Ako se omogući pristup otvara se i opcija za definiranje vremenskog intervala unutar kojeg je korisniku omogućen pristup bežičnoj mreži.



Slika 84: Cisco Meraki – kreiranje korisnika za guest bežičnu mrežu

Pritiskom na *Create user* završava se postupak kreiranja korisničkog imena i lozinke za spajanje korisnika na *guest* bežičnu mrežu na odabranoj lokaciji.

## 7. Prijava poteškoća i upita CARNET-ovom helpdesku

U slučaju poteškoća u radu sustava te za sva pitanja vezana za program “e-Škole” potrebno je obratiti se CARNET-ovom helpdesku:

- telefonski broj podrške: +385 1 6661 500
- adresa elektroničke pošte podrške: [helpdesk@skole.hr](mailto:helpdesk@skole.hr)



## Popis slika

|  |    |
|--|----|
| Slika 1: Primjer razdjelnika BD .....  | 7  |
| Slika 2: Primjer razdjelnika FD.....   | 7  |
| Slika 3: Primjer priključne kutije .....   | 8  |
| Slika 4: Primjer modula RJ45 .....   | 8  |
| Slika 5: Primjer optičkog LC prespojnog panela .....                             | 9  |
| Slika 6: Primjer UTP modularnog prespojnog panela .....                          | 9  |
| Slika 7: Svjetlovodni LC konektor .....  | 9  |
| Slika 8: UTP RJ45 konektor.....  | 9  |
| Slika 9: Primjer označavanja razdjelnika i panela.....                           | 11 |
| Slika 10: Primjer označavanja priključnica.....                                  | 12 |
| Slika 11: Primjer povezivanja BD/FD/EFD komunikacijskih ormara .....             | 13 |
| Slika 12: Shema implementiranog sustava sa sastavnim blokovima .....             | 15 |
| Slika 13: Usmjerivač Cisco ISR C1161-8P .....                                    | 16 |
| Slika 14: Preklopnik Cisco Meraki MS210-24P-HW .....                             | 18 |
| Slika 15: Preklopnik Cisco Meraki MS210-48LP-HW .....                            | 19 |
| Slika 16: Višemodni optički modul MA-SFP-1GB-SX .....                            | 19 |
| Slika 17: Jednomodni optički modul MA-SFP-1GB-LX10 .....                         | 19 |
| Slika 18: Bežična pristupna točka MR36 .....                                     | 21 |
| Slika 19: Nadzorna ploča Cisco Prime Infrastructure .....                        | 26 |
| Slika 20: Središnji sustav za upravljanje i nadzor e-Škole mreže – prijava ..... | 27 |
| Slika 21: MSP portal za administraciju .....                                     | 27 |
| Slika 22: Cisco Prime – prijava u sustav.....                                    | 28 |
| Slika 23: Cisco Prime – Network Summary nadzorna ploča.....                      | 29 |
| Slika 24: Cisco Prime – Network Devices nadzorna ploča .....                     | 29 |
| Slika 25: Cisco Prime – nadzorna ploča odabranog usmjerivača .....               | 30 |
| Slika 26: Središnji sustav za upravljanje i nadzor e-Škole mreže – prijava ..... | 31 |
| Slika 27: Cisco Meraki – nadzorna ploča lokacije.....                            | 31 |
| Slika 28: Cisco Meraki – Inventory .....   | 33 |
| Slika 29: Cisco Meraki preklopnik – unos serijskog broja .....                   | 34 |
| Slika 30: Cisco Meraki preklopnik – odabir mreže (Network).....                  | 34 |
| Slika 31: Cisco Meraki preklopnik – Switches nadzorna ploča .....                | 35 |
| Slika 32: Cisco Meraki preklopnik – imenovanje.....                              | 36 |
| Slika 33: Cisco Meraki – popis preklopnika .....                                 | 36 |
| Slika 34: Cisco Meraki AP – Inventory.....                                       | 37 |
| Slika 35: Cisco Meraki AP – unos serijskog broja.....                            | 38 |
| Slika 36: Cisco Meraki AP – odabir mreže (Network) .....                         | 39 |
| Slika 37: Cisco Meraki AP – Access points nadzorna ploča .....                   | 40 |
| Slika 38: Meraki AP – Imenovanje.....  | 41 |
| Slika 39: Meraki AP – lista bežičnih pristupnih točaka .....                     | 42 |
| Slika 40: Cisco Meraki AP – tipka za reset .....                                 | 43 |
| Slika 41: Preklopnik Cisco Meraki – reset tipka i power lampica .....            | 44 |
| Slika 42: Usmjerivač Cisco – tipka reset.....                                    | 44 |

|  |    |
|--|----|
| Slika 43: Cisco Prime – Monitor nadzorna ploča .....                     | 46 |
| Slika 44: Cisco Prime – detalji usmjerivača .....                        | 47 |
| Slika 45: Cisco Meraki – nadzorna ploča Switch Monitor .....             | 48 |
| Slika 46: Cisco Meraki – detalji preklopnika.....                        | 48 |
| Slika 47: Cisco Meraki – nadzorna ploča AP Monitor .....                 | 49 |
| Slika 48: Cisco Meraki – AP detalji .....                                | 50 |
| Slika 49: Cisco Meraki – Clients nadzorna ploča .....                    | 51 |
| Slika 50: Cisco Meraki – popis klijenata.....                            | 51 |
| Slika 52: Cisco Meraki – Applications .....                              | 52 |
| Slika 52: Cisco Prime – odabir usmjerivača.....                          | 53 |
| Slika 53: Cisco Prime – odabir sučelja.....                              | 54 |
| Slika 54: Cisco Prime – konfiguracija sučelja .....                      | 55 |
| Slika 55: Cisco Prime – sinkronizacija uređaja .....                     | 56 |
| Slika 56: Cisco Prime – provjera konfiguracije.....                      | 56 |
| Slika 57: Cisco Prime – odabir uređaja.....                              | 57 |
| Slika 58: Cisco Prime – popis ruta .....                                 | 58 |
| Slika 59: Cisco Prime – konfiguracija rute .....                         | 58 |
| Slika 60: Cisco Prime – sinkronizacija usmjerivača .....                 | 59 |
| Slika 61: Cisco Prime – statička ruta .....                              | 59 |
| Slika 62: Cisco Prime – odabir usmjerivača.....                          | 60 |
| Slika 63: Cisco Prime – popis pristupnih lista .....                     | 61 |
| Slika 64: Cisco Prime – kreiranje pristupne liste.....                   | 61 |
| Slika 65: Cisco Prime – unos parametara pristupne liste.....             | 62 |
| Slika 66: Cisco Prime – unos parametara pristupne liste.....             | 63 |
| Slika 67: Cisco Prime – konfiguracija pravila .....                      | 64 |
| Slika 68: Cisco Prime – sinkronizacija uređaja .....                     | 64 |
| Slika 69: Cisco Prime – pristupna lista.....                             | 65 |
| Slika 70: Cisco Prime – NAT pravilo .....                                | 66 |
| Slika 71: Cisco Meraki – konfiguracija sučelja preklopnika.....          | 67 |
| Slika 72: Cisco Meraki – opcija Switch ports .....                       | 68 |
| Slika 73: Cisco Meraki – parametri sučelja preklopnika.....              | 69 |
| Slika 74: Cisco Meraki – konfiguracija VLAN sučelja.....                 | 70 |
| Slika 75: Cisco Meraki – parametri VLAN sučelja.....                     | 71 |
| Slika 76: Cisco Meraki – konfiguracija sučelja .....                     | 72 |
| Slika 77: Cisco Meraki – postavljanje VLAN-a na sučelju.....             | 72 |
| Slika 78: Cisco Meraki – SSID nadzorna ploča .....                       | 73 |
| Slika 79: Cisco Meraki – popis SSID-eva .....                            | 74 |
| Slika 80: Cisco Meraki – konfiguracija SSID-a.....                       | 74 |
| Slika 81: Cisco Meraki – VLAN ID .....                                   | 75 |
| Slika 82: Cisco Meraki – TEST_SSID.....                                  | 76 |
| Slika 83: Cisco Meraki – User management portal.....                     | 77 |
| Slika 84: Cisco Meraki – kreiranje korisnika za guest bežičnu mrežu..... | 78 |

## Popis tablica

|  |    |
|--|----|
| Tablica 1: Oznaka etaža .....  | 10 |
| Tablica 2: VLAN i IP adresiranje .....   | 17 |
| Tablica 3: Popis i oznake VLAN-ova koji se primjenjuju na preklopniciima ..... | 20 |

## Popis korištene literature

- *Cisco Prime Infrastructure 3.8 Administrator Guide (2021)*, Cisco, [https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/net\\_mgmt/prime/infrastructure/3-8/admin/bk\\_CiscoPrimeInfrastructure\\_3\\_8\\_AdminGuide.html](https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/net_mgmt/prime/infrastructure/3-8/admin/bk_CiscoPrimeInfrastructure_3_8_AdminGuide.html)
- *Cisco Application Policy Infrastructure Controller Enterprise Module Administrator Guide, Release 1.6.x (2018)*, Cisco, [https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/cloud-systems-management/application-policy-infrastructure-controller-enterprise-module/1-6-x/admin/b\\_apic\\_em\\_admin\\_guide\\_v\\_1-6-x.html](https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/cloud-systems-management/application-policy-infrastructure-controller-enterprise-module/1-6-x/admin/b_apic_em_admin_guide_v_1-6-x.html)
- *MS Switches (2020)*, Meraki Documentation, <https://documentation.meraki.com/MS>
- *MR – Wireless LAN (2020)*, Meraki Documentation, <https://documentation.meraki.com/MR>
- *Cisco 1000 Series Software Configuration Guide, Cisco IOS XE Gibraltar 16.12.x (2020)*, Cisco, [https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/routers/access/1100/software/configuration/xe-16-12/cisco\\_1100\\_series\\_swcfg\\_xe\\_16\\_12\\_x.html](https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/routers/access/1100/software/configuration/xe-16-12/cisco_1100_series_swcfg_xe_16_12_x.html)
- Pavelin, K. (2017). *Upoznavanje s mrežnom opremom i sustavom za upravljanje i nadzor mreže – MODEL A*. Hrvatska akademska i istraživačka mreža - CARNet. [https://pilot.e-skole.hr/wp-content/uploads/2016/12/Prirucnik\\_Upoznavanje-s-mreznom-opremom-i-sustavom-za-upravljanje-i-nadzor-mreze-%E2%80%93-MODEL-A.pdf](https://pilot.e-skole.hr/wp-content/uploads/2016/12/Prirucnik_Upoznavanje-s-mreznom-opremom-i-sustavom-za-upravljanje-i-nadzor-mreze-%E2%80%93-MODEL-A.pdf)

## Impresum

Nakladnik: Hrvatska akademska i istraživačka mreža – CARNET

Projekt: e-Škole: Razvoj sustava digitalno zrelih škola (II. faza)

Autor: Karlo Mrazović

Lektori: Mateja Medesi

Zagreb, ožujak, 2021.

Sadržaj publikacije isključiva je odgovornost Hrvatske akademske i istraživačke mreže – CARNET.

## Kontakt podatci

Hrvatska akademska i istraživačka mreža – CARNET

Josipa Marohnića 5, 10000 Zagreb

Telefon: +385 1 6661 500

Adresa elektroničke pošte: [helpdesk@skole.hr](mailto:helpdesk@skole.hr)

[www.carnet.hr](http://www.carnet.hr)

Više informacija o EU fondovima možete pronaći na mrežnim stranicama Ministarstva regionalnoga razvoja i fondova Europske unije: [www.struktturnifondovi.hr](http://www.struktturnifondovi.hr)

Ovaj priručnik izrađen je s ciljem podizanja digitalne kompetencije korisnika u sklopu projekta „e-Škole: Razvoj sustava digitalno zrelih škola (II. faza)“, koji sufinancira Europska unija iz europskih struktturnih i investicijskih fondova. Nositelj projekta je Hrvatska akademska i istraživačka mreža – CARNET.