Správa rozsiahlych infraštruktúr

Obsahom tohto cvičenia je ukážka správy rozsiahlej infraštruktúry, ktorá bude pozostávať z nasledujúcich častí:

1. Sieťové, multi vendor prostredie obsahujúce smerovače:
    a. Cisco CSR1kv
    b. Juniper
    c. Mikrotik
2. Firewall OPNsense
3. Server

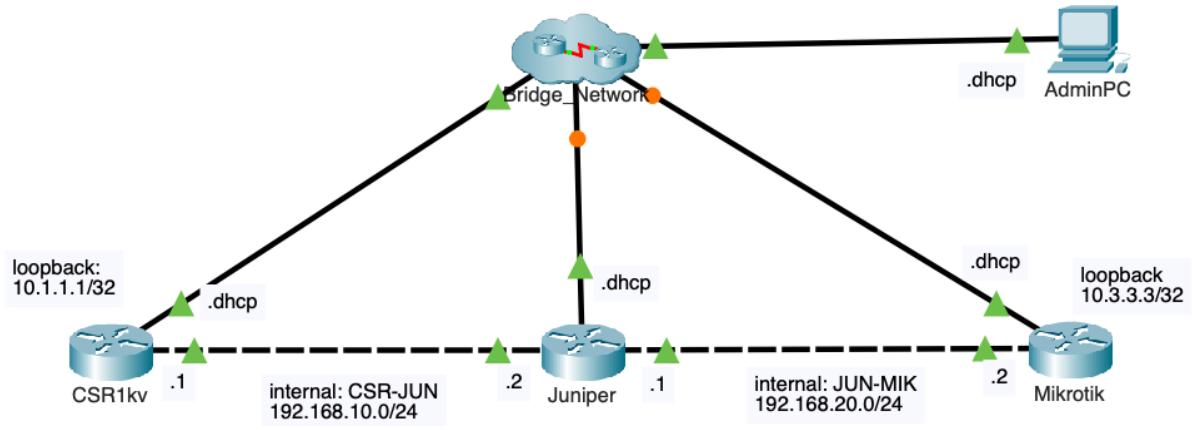
Konfigurácia multi vendor prostredia smerovačov

V počítačových sieťach sa je možné často stretnúť s prostredím, ktoré obsahuje smerovače od rôznych výrobcov. V rámci tejto kapitoly bude ukázané, ako je možné vykonať základnú konfiguráciu smerovača Cisco, Juniper a Mikrotik. Konfigurácia bude zahŕňať pomenovanie zariadení, nastavenie IP adries na rozhrania a konfigurácia protokolu OSPF na zabezpečenie smerovania. Ukážka konfigurácie bude obsahovať prácu s CLI, webovým rozhraním, a modernými prístupmi RESTCONF/NETCONF/YANG.

Topológia

Topológia sieťových zariadení bude vytvorená vo virtualizačnej platforme VirtualBox, v ktorom budú nasadené virtuálne obrazy sieťových zariadení:

- Cisco CSR1kv
- JunOS Olive
- MikroTik_RouterOS_CHR [https://mikrotik.com/download - CHR - OVA - 7.19.2]

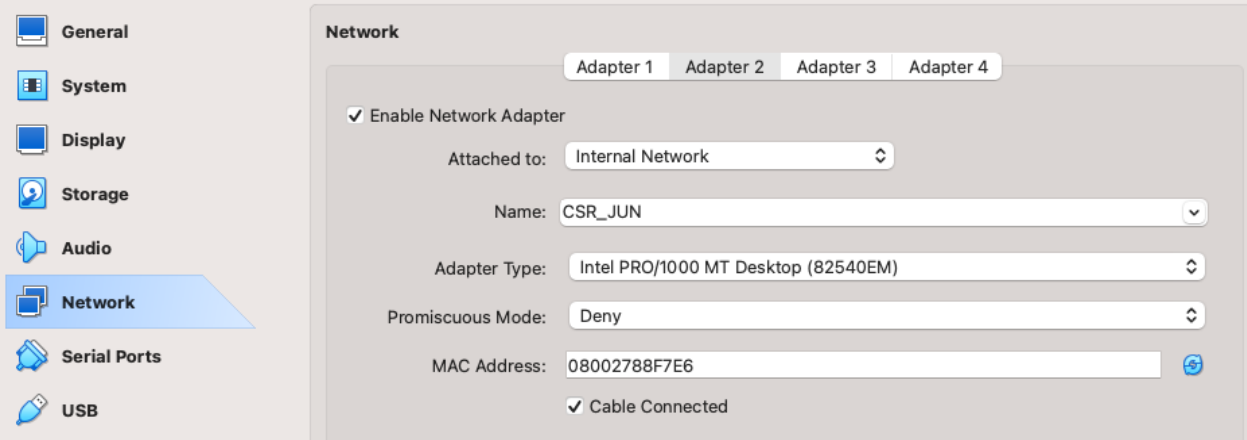


Networking v rozhraní VBox

Počítačovú sieť v rozhraní VBox je možné vytvoriť pridaním viacerých rozhraní daným VM, pričom ako typy rozhraní budú použité:

1. Bridged Adapter (cez toto rozhranie bude možné priamo pristupovať z AdminPC na smerovače)
2. Internal Network (bude slúžiť na internú komunikáciu medzi smerovačmi)
    a. CSR_JUN (prepája Cisco zariadenie s Juniper zariadením)
    b. JUN_MIK (prepája Juniper zariadenie s Mikrotik zariadením)

Ukážka vytvorenia jedného z Juniper rozhraní vyzerá nasledovne:



Konfigurácia sieťových zariadení cez CLI

Nasledujúce časti znázorňujú konfiguráciu sieťových zariadení využitím ich CLI. CLI zariadenia je možné otvoriť priamo v rozhraní VBox. Neskôr, po konfigurácii smerovania a služby SSH sa bude možné na zariadenia pripojiť aj vzdialene.

Konfigurácia Cisco zariadenia

1. Konfigurácia názvu zariadenia

```
hostname csr1kv
```

2. Konfigurácia rozhraní

```
interface gi1
  ip address dhcp
  no shutdown
interface gi2
  ip add 192.168.10.1 255.255.255.0
  no shutdown
interface loopback 1
  ip add 10.1.1.1 255.255.255.255
```

3. Konfigurácia protokolu SSH

```
ip domain-name cnl.sk
crypto key generate rsa
  1024
username cisco secret cisco123!
enable secret cisco
line vty 0 4
  login local
```

4. Konfigurácia protokolu OSPF

```
router ospf 1
  network 192.168.10.0 0.0.0.255 area 0
  network 10.1.1.1 0.0.0.0 area 0
```

5. Overenie konfigurácie

```
show ip interface brief
show ip route
```

```
from_python(config)#do sh ip int br
Interface              IP-Address      OK? Method Status                Protocol
GigabitEthernet1       192.168.2.10    YES DHCP   up                    up
GigabitEthernet2       192.168.10.1    YES manual up                    up
Loopback1              10.1.1.1        YES manual up                    up
```

```
Gateway of last resort is 192.168.2.1 to network 0.0.0.0

      10.0.0.0/8 is variably subnetted, 3 subnets, 2 masks
O        10.3.3.3/32 [110/3] via 192.168.10.2, 00:02:36, GigabitEthernet2
O     192.168.20.0/24 [110/2] via 192.168.10.2, 00:02:36, GigabitEthernet2
```

6. Celú bežiacu konfiguráciu je možné zobraziť príkazom **show running-config**.

Konfigurácia Juniper zariadenia

Defaultné prihlasovacie údaje k Juniper zariadeniu sú [root: <bez hesla>]. Konfigurácia Juniper zariadenia funguje tak, že každú konfiguráciu je potrebné potvrdiť príkazom Commit. Zapísaná konfigurácia bez Commit-u je len v “stage” stave = vykoná sa až po jej uložení do bežiacej konfigurácie.

1. Nastavenie root autentifikácie (root heslo) - bez toho nie je možné ukladať konfiguráciu

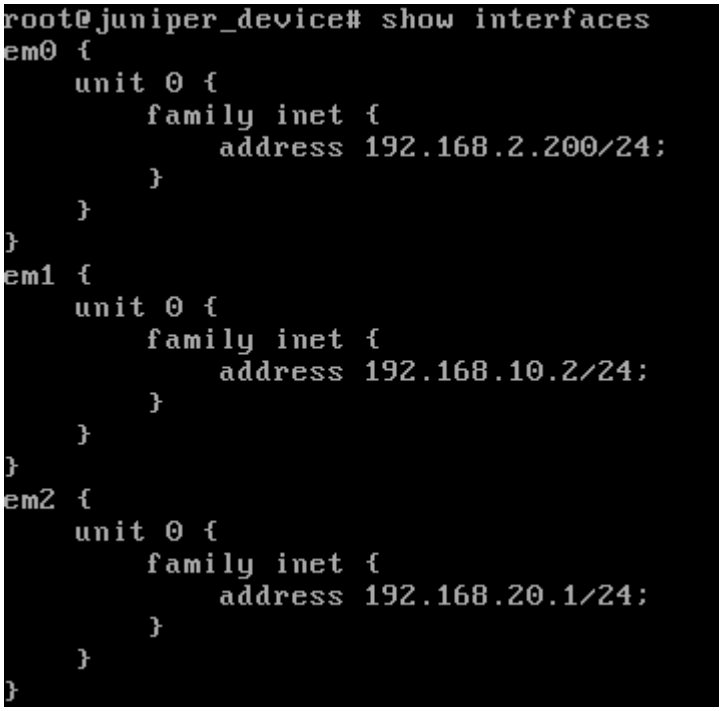
```
cli
configure
set system root-authentication plain-text-password
<heslo>
<heslo>
```

2. Konfigurácia názvu zariadenia

```
set system host-name juniper_device
commit
```

3. Nastavenie sieťových nastavení na rozhrania
    - Príkaz run show zobrazuje aktuálny stav, príkaz show vykonanú konfiguráciu

```
run show interfaces brief
set interfaces em0 unit 0 family inet address 192.168.2.200/24
set interfaces em1 unit 0 family inet address 192.168.10.2/24
set interfaces em2 unit 0 family inet address 192.168.20.1/24
commit
show interfaces
```



4. Konfigurácia protokolu SSH
    - SSH kľúč sa generuje automaticky po spustení služby SSH
    - Povolené je štandardne SSH aj Telnet

```
set system services ssh protocol-version v2

set system login user juniper uid 2000 class super-user
set system login user juniper authentication plain-text-password
<password>
<password>

delete system services telnet
commit
```

```
rastislavpetija@Rastislavs-iMac ~ % ssh juniper@192.168.2.200
The authenticity of host '192.168.2.200 (192.168.2.200)' can't be established.
ECDSA key fingerprint is SHA256:kCVfql44deqeqslENge7mIJ37V1HDccsaV1yhY0ohxw.
This key is not known by any other names
Are you sure you want to continue connecting (yes/no/[fingerprint])? yes
Warning: Permanently added '192.168.2.200' (ECDSA) to the list of known hosts.
juniper@192.168.2.200's password:
--- JUNOS 12.1R1.9 built 2012-03-24 12:52:33 UTC
juniper@juniper_device> configure
Entering configuration mode
Users currently editing the configuration:
  root terminal v0 (pid 1592) on since 2025-06-26 12:19:14 UTC, idle 00:01:30
      [edit]

[edit]
juniper@juniper_device#
```

5. Konfigurácia protokolu OSPF

```
set protocols ospf area 0.0.0.0 interface em1
set protocols ospf area 0.0.0.0 interface em2
commit
```

6. Overenie úspešnosti nadviazania OSPF susedstva a naučených sietí

```
run show route protocol ospf
```

```
juniper@juniper_device# run show route protocol ospf

inet.0: 9 destinations, 9 routes (9 active, 0 holddown, 0 hidden)
+ = Active Route, - = Last Active, * = Both

10.1.1.1/32        *[OSPF/10] 00:03:45, metric 2
                    > to 192.168.10.1 via em1.0
10.3.3.3/32        *[OSPF/10] 00:35:34, metric 2
                    > to 192.168.20.2 via em2.0
224.0.0.5/32       *[OSPF/10] 00:35:45, metric 1
                      MultiRecv
```

7. Celú bežiacu konfiguráciu je možné zobraziť príkazom **show**.

Konfigurácia MikroTik zariadenia

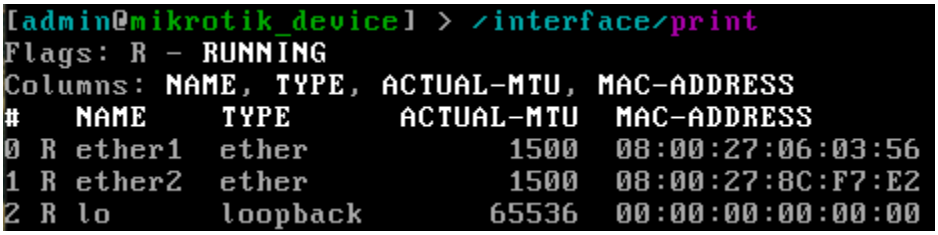
Defaultné prihlasovacie údaje k Mikrotik zariadeniu sú [admin: <bez hesla>, alebo pri prvom prihlásení je vyžadované nastavenie hesla]

1. Nastavenie názvu zariadenia

```
/system/identity/set name=mikrotik_device
```

2. Zobrazenie existujúcich rozhraní

```
/interface/print
```



3. Konfigurácia sieťových nastavení a ich následné zobrazenie

```
/ip/dhcp-client/add interface=ether1 disabled=no comment="Bridged
Interface - DHCP"

/ip/address/add address=192.168.20.2/24 interface=ether2
comment="JUN_MIK"
/interface/ethernet/set ether2 disabled=no

/interface/bridge/add name=Loopback
/ip/address/add address=10.3.3.3/32 interface=Loopback
comment="Router Loopback"

/ip/address/print
```

```
[admin@mikrotik_device] > /ip/address/print
Flags: D - DYNAMIC
Columns: ADDRESS, NETWORK, INTERFACE
#    ADDRESS           NETWORK       INTERFACE
0 D  192.168.2.9/24    192.168.2.0   ether1
;;; JUN_MIK
1    192.168.20.2/24   192.168.20.0  ether2
;;; Router Loopback
2    10.3.3.3/32       10.3.3.3      Loopback
```

3. Nastavenie protokolu SSH
   - SSH kľúč sa generuje automaticky po spustení služby SSH
   - Používateľ v skupine full má plné práva
   - Štandardne je na zariadenie povolený prístup cez SSH, Telnet a WinBox. Telnet je možné zakázať
   - Nastavenie domény nie je potrebné

```
/ip/service/set ssh disabled=no

/user/add name=mikrotik password="mikrotik123!" group=full
/ip/service/set telnet disabled=yes
```

```
rastislavpetija@Rastislavs-iMac ~ % ssh mikrotik@192.168.2.9
The authenticity of host '192.168.2.9 (192.168.2.9)' can't be established.
RSA key fingerprint is SHA256:0s+s5Z6lg8abhLo/7pFIabt2VRgEp+BVsTkzUDQs35o.
This key is not known by any other names
Are you sure you want to continue connecting (yes/no/[fingerprint])? yes
Warning: Permanently added '192.168.2.9' (RSA) to the list of known hosts.
mikrotik@192.168.2.9's password:


  MMM      MMM       KKK                          TTTTTTTTTTT      KKK
  MMMM    MMMM       KKK                          TTTTTTTTTTT      KKK
  MMM MMMM MMM  III  KKK  KKK  RRRRRR     OOOOOO      TTT     III  KKK  KKK
  MMM  MM  MMM  III  KKKKK     RRR  RRR  OOO  OOO     TTT     III  KKKKK
  MMM      MMM  III  KKK KKK   RRRRRR    OOO  OOO     TTT     III  KKK KKK
  MMM      MMM  III  KKK  KKK  RRR  RRR   OOOOOO      TTT     III  KKK  KKK

  MikroTik RouterOS 7.19.2 (c) 1999-2025       https://www.mikrotik.com/


Press F1 for help


2025-06-26 08:16:34 system,error,critical router was rebooted without proper shutdown
[mikrotik@mikrotik_device] >
```

4. Konfigurácia protokolu OSPF

```
/routing/ospf/instance/add name=OSPF version=2 router-id=10.3.3.3
/routing/ospf/area/add name=area0 area-id=0.0.0.0 instance=OSPF
/routing/ospf/interface-template/add networks=192.168.20.0/24
area=area0
/routing/ospf/interface-template/add networks=10.3.3.3/32 area=area0

/ip/route/print
/routing/ospf/neighbor/print
/routing/ospf/interface/print
```

```
[admin@mikrotik_device] > /ip/route/print
Flags: D - DYNAMIC; A - ACTIVE; c - CONNECT, o - OSPF, d - DHCP
Columns: DST-ADDRESS, GATEWAY, ROUTING-TABLE, DISTANCE
    DST-ADDRESS      GATEWAY              ROUTING-TABLE  DISTANCE
DAd 0.0.0.0/0        192.168.2.1          main                  1
DAo 10.1.1.1/32      192.168.20.1%ether2  main                110
DAc 10.3.3.3/32      Loopback             main                  0
DAc 192.168.2.0/24   ether1               main                  0
DAo 192.168.10.0/24  192.168.20.1%ether2  main                110
DAc 192.168.20.0/24  ether2               main                  0
```

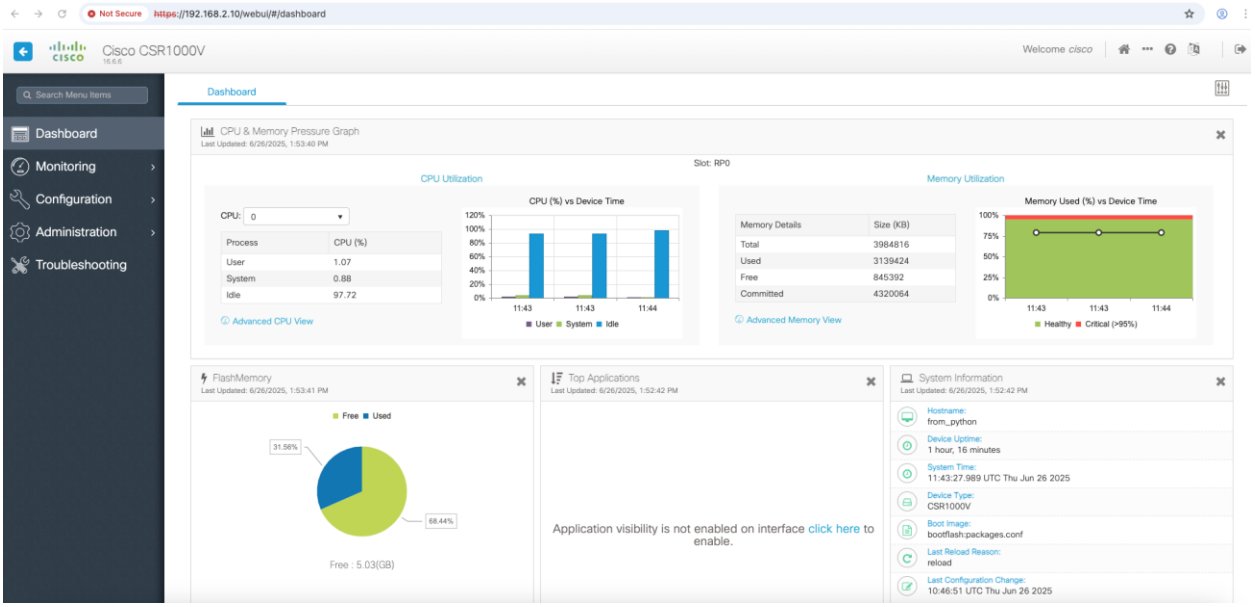
```
[admin@mikrotik_device] > routing/ospf/neighbor/print
Flags: V - virtual; D - dynamic
 0   D instance=OSPF area=area0 address=192.168.20.1 priority=128
       router-id=192.168.2.200 dr=192.168.20.2 bdr=192.168.20.1 state="Full"
       state-changes=6 adjacency=32m41s timeout=38s
```

```
[admin@mikrotik_device] > routing/ospf/interface/print
Flags: D - dynamic
 0 D address=192.168.20.2%ether2 area=area0 state=dr network-type=broadcast
     bdr=192.168.20.1 cost=1 priority=128 use-bfd=no retransmit-interval=5s
     transmit-delay=1s hello-interval=10s dead-interval=40s

 1 D address=10.3.3.3%Loopback area=area0 state=dr network-type=broadcast
     cost=1 priority=128 use-bfd=no retransmit-interval=5s transmit-delay=1s
     hello-interval=10s dead-interval=40s
```

Konfigurácia sieťových zariadení grafickým rozhraním

Cisco Web Interface

Smerovač CSR1kv poskytuje webové rozhranie pre pripojenie sa k nemu, ktoré je dostupne na: https://<ip_adresa_smerovaca>/webui. Prihlásiť sa je možné využitím používateľa vytvoreného na smerovači <username … secret …>.

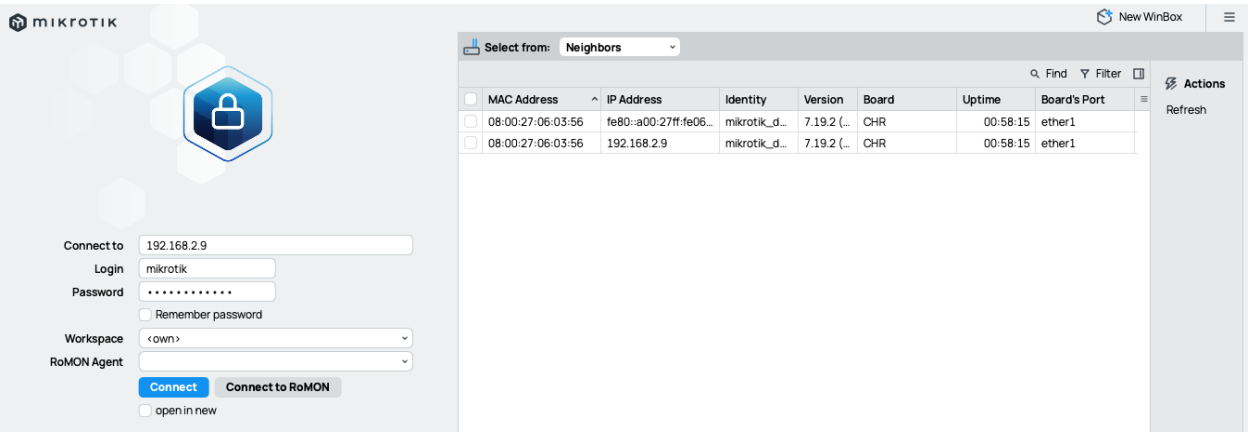


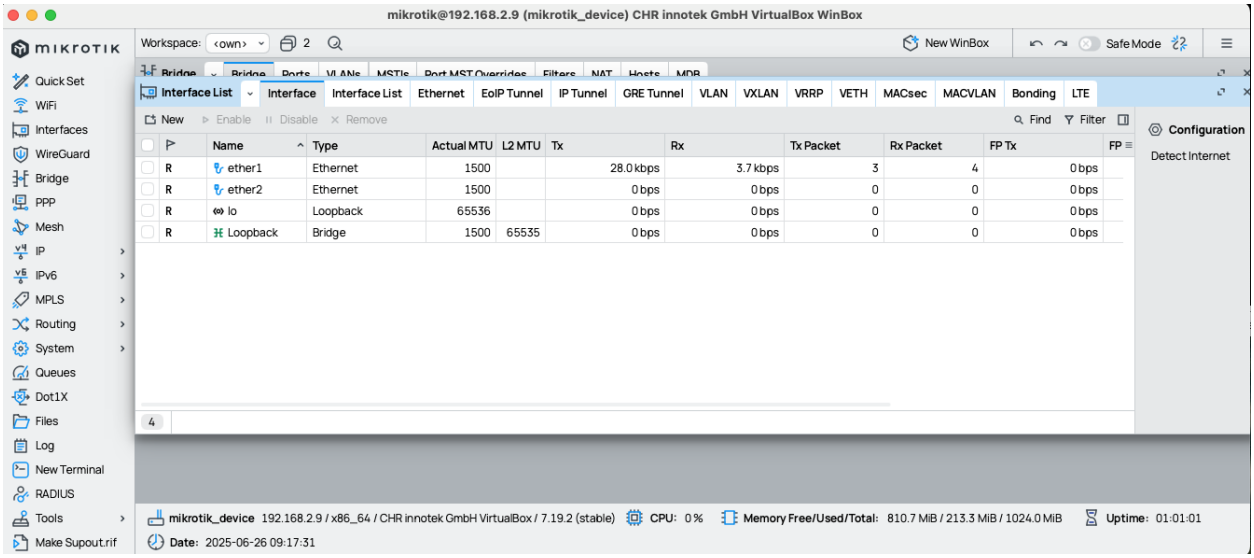
Juniper j-web

Juniper zariadenie poskytuje webové rozhranie nazývané j-web. Avšak vzhľadom k tomu, že zariadenie, ktoré máme k dispozícii nemá túto funkcionalitu, tak praktická ukážka práce s grafickým rozhraním j-web ukázaná nebude.

Mikrotik - WinBox

Mikrotik zariadenia sa odporúča konfigurovať cez nástroj WinBox [https://mikrotik.com/download], ktorý poskytuje prehľadné používateľské rozhranie:





Konfigurácia sieťových zariadení programovým prístupom

Cisco - NETCONF, RESTCONF

K zariadeniu Cisco sa je možné pripojiť protokolom NETCONF vykonaním nasledujúcich krokov:

1. Konfigurácia služby na cisco zariadení

```
netconf-yang
```

2. Pripojenie sa z terminálu príkazom: [**ssh cisco@192.168.2.10 -p 830**]
3. Odoslanie terminálom XML požiadavku reprezentujúcu požadovanú akciu. Nasledujúci výpis postupne vykoná otvorenie spojenia, načítanie informácií o rozhraniach, názve zariadenia a na zmenu názvu zariadenia.

```
<hello xmlns="urn:ietf:params:xml:ns:netconf:base:1.0">
   <capabilities>
      <capability>urn:ietf:params:netconf:base:1.0</capability>
   </capabilities>
</hello>
]]>]]>


<rpc message-id="103"
xmlns="urn:ietf:params:xml:ns:netconf:base:1.0">
   <get>
      <filter>
         <interfaces xmlns="urn:ietf:params:xml:ns:yang:ietf-
interfaces"/>
      </filter>
   </get>
</rpc>
]]>]]>


<rpc message-id="103"
xmlns="urn:ietf:params:xml:ns:netconf:base:1.0">
   <get>
      <filter>
         <native xmlns="http://cisco.com/ns/yang/Cisco-IOS-XE-
native">
            <hostname>
            </hostname>
         </native>
      </filter>
   </get>
</rpc>
]]>]]>


<rpc message-id="103"
xmlns="urn:ietf:params:xml:ns:netconf:base:1.0">
   <edit-config>
      <target>
         <running/>
      </target>
      <config>
```

```
         <native xmlns="http://cisco.com/ns/yang/Cisco-IOS-XE-
native">
            <hostname>TEST_Hostname_NETCONF</hostname>
         </native>
      </config>
   </edit-config>
</rpc>
]]>]]>
```

4. Protokolom Netconf sa je možné na zariadenie pripojiť tiež využitím programovacieho jazyka.
    a. Zdrojový kód v jazyku Python pre načítanie názvu zariadenia vyzerá nasledovne:

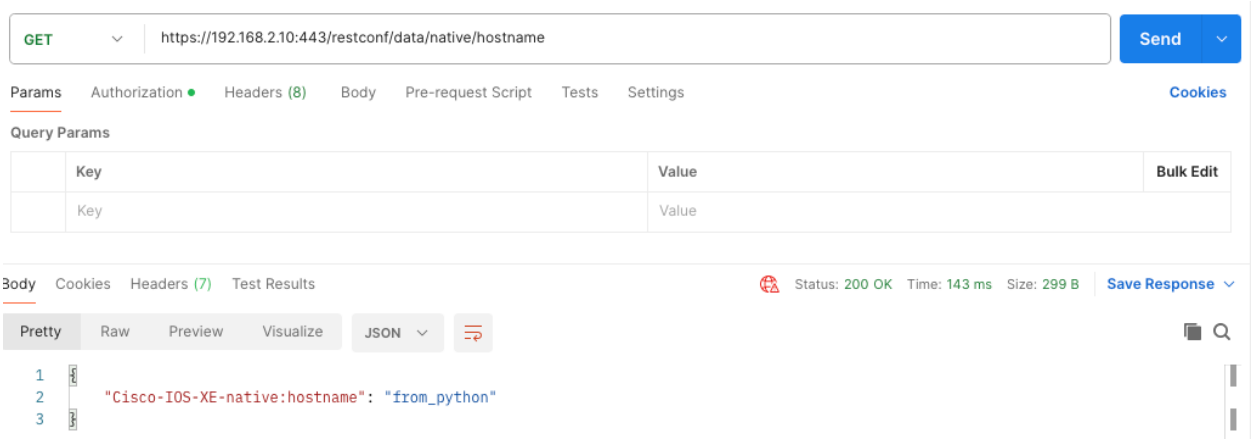
```
from ncclient import manager
import xmltodict

#definovanie udajov na pripojenie na NETCONF
HOST = "192.168.2.10"
USER = "cisco"
PASS = "cisco123!"
PORT = 830

#filter pre prácu s názvom zariadenia
netconf_filter = """
<filter>
    <native xmlns="http://cisco.com/ns/yang/Cisco-IOS-XE-native">
        <hostname>
        </hostname>
    </native>
</filter>
"""

#vytvorenie NETCONF spojenia a odoslanie GET_Config poziadavky
m = manager.connect(host=HOST, port=PORT, username=USER,
password=PASS, hostkey_verify=False, device_params={"name": "csr"})
reply = m.get_config(source="running", filter = netconf_filter)

print(reply)
print("------------")

#parsovanie XML
result = xmltodict.parse(reply.xml)
print(result)
print("-------------")
print(result["rpc-reply"]["data"]["native"]["hostname"])

#Uzatvorenie spojenia
m.close_session()
```

    b. Zdrojový kód v jazyku Python pre zmenu názvu zariadenia vyzerá nasledovne:

```
from ncclient import manager
import xmltodict

#definovanie udajov na pripojenie na NETCONF
HOST = "192.168.2.10"
USER = "cisco"
PASS = "cisco123!"
PORT = 830

#konfiguracny objekt
config_data = """
<config>
  <native xmlns="http://cisco.com/ns/yang/Cisco-IOS-XE-native">
    <hostname>Router_python_Netconf</hostname>
  </native>
</config>
"""

#vytvorenie NETCONF spojenia a odoslanie EDIT_Config požiadavky
m = manager.connect(host=HOST, port=PORT, username=USER,
password=PASS, hostkey_verify=False, device_params={"name": "csr"})
reply = m.edit_config(target="running", config = config_data)

#Uzatvorenie spojenia
m.close_session()
```

K zariadeniu Cisco sa je možné pripojiť protokolom RESTCONF vykonaním nasledujúcich krokov:

1. Stačí odoslať HTTP GET/PUT požiadavku s špecifikovaním požadovaných parametrov. Pre začiatok sa odporúča pracovať s nástrojom Postman, ktorého použitie znázorňuje nasledujúci obrázok:



2. Ukážka zdrojového kódu v jazyku Python:
    a. Načítanie názvu zariadenia

```
#import knižníc pre prácu s JSON a HTTP protokolom a akceptovanie
self-signed certifikátov
```

```
import json
import requests
requests.packages.urllib3.disable_warnings()

if __name__ == '__main__':
   #sekcia, ktorá vytvorí http správu na komunikáciu s RESTCONF API
   url = "https://192.168.2.10:443/restconf/data/native"
   payload = {}
   headers = {
      'Accept': 'application/yang-data+json',
      'Content-Type': 'application/yang-data+json',
      'Authorization': 'Basic Y2lzY286Y2lzY28xMjMh'
   }

   #sekcia, ktorá pošle GET žiadosť a prevedie prijaté dáta do
dict(JSON object) štruktúry
   get_result = requests.request("GET", url, headers=headers,
data=payload, verify=False)
   json_data = get_result.json()

   #výpis prijatých dát + výpis konkrétnej hodnoty z JSON štruktúry
   print(json.dumps(json_data, indent = 2))
   print("\nNazov zariadenia: " + json_data["Cisco-IOS-XE-
native:native"]["hostname"])
```

b. Zmena názvu zariadenia

```
#import knižníc pre prácu s JSON a HTTP protokolom a akceptovanie
self-signed certifikátov
import json
import requests
requests.packages.urllib3.disable_warnings()

if __name__ == '__main__':
   #sekcia, ktorá vytvorí http správu na komunikáciu s RESTCONF API
   url = "https://192.168.2.10:443/restconf/data/native/hostname"
   payload = {"Cisco-IOS-XE-native:hostname": "new_hostname123"}
   headers = {
      'Accept': 'application/yang-data+json',
      'Content-Type': 'application/yang-data+json',
      'Authorization': 'Basic Y2lzY286Y2lzY28xMjMh'
   }

   #sekcia, ktorá pošle PUT žiadosť na zmenu konfigurácie
   put_result = requests.request("PUT", url, headers=headers,
data=json.dumps(payload), verify=False)

   #výpis správy o úspešnosti/neúspešnosti vykonania PUT operácie
   if(put_result.status_code == 204):
      print("Zmena konfigurácie úspešná :)")
```

```
   else: print("Zmena konfigurácie neúspešná :'(")
```

Juniper - NETCONF

K zariadeniu Juniper sa je možné pripojiť protokolom NETCONF vykonaním nasledujúcich krokov:

1. Konfigurácia služby na juniper zariadení

```
set system services netconf ssh port 830
commit
```

2. Pripojenie sa z terminálu príkazom: [**ssh juniper@192.168.2.200 -t netconf**]
3. Odoslanie terminálom XML požiadavku reprezentujúcu požadovanú akciu. Nasledujúci príkaz slúži na načítanie informácii o rozhraniach.

```
<rpc>
  <get-config>
    <source>
      <running/>
    </source>

    <filter type="subtree">
      <configuration>
        <interfaces>
        </interfaces>
      </configuration>
    </filter>
  </get-config>
</rpc>
]]>]]>
```

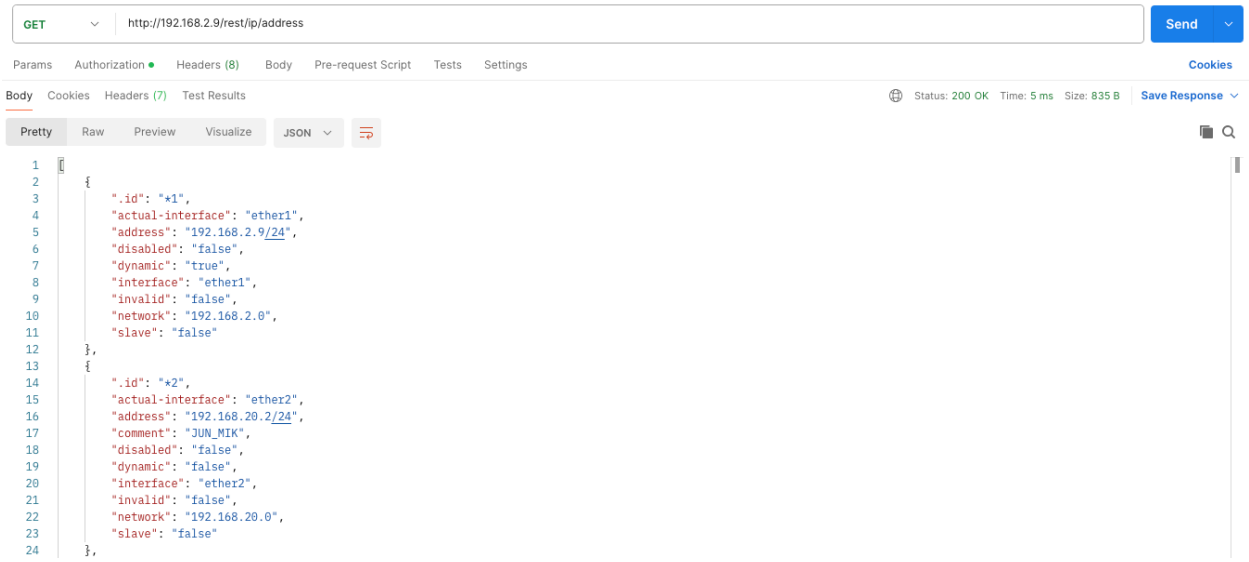
```
]]>]]><rpc-reply xmlns="urn:ietf:params:xml:ns:netconf:base:1.0" xmlns:junos="http://xml.juniper.net/junos/12.1R1/junos">
<data>
<configuration xmlns="http://xml.juniper.net/xnm/1.1/xnm" junos:commit-seconds="1750945602" junos:commit-localtime="2025-06-26 13:46:42 UTC" junos:
commit-user="root">
    <interfaces>
        <interface>
            <name>em0</name>
            <unit>
                <name>0</name>
                <family>
                    <inet>
                        <address>
                            <name>192.168.2.200/24</name>
                        </address>
                    </inet>
                </family>
            </unit>
        </interface>
```

Dokumentácia k ďalším akciám je dostupná na:
https://www.juniper.net/documentation/us/en/software/junos/netconf/topics/topic-map/netconf-overview.html

Mikrotik - RESTCONF

Dokumentáciu k RESTCONF prístupu na Mikrotik zariadenia je možné nájsť na:
https://help.mikrotik.com/docs/spaces/ROS/pages/47579162/REST+API

Ukážka HTTP požiadavky pre načítanie ip adries z Mikrotik zariadenia je znázornená na nasledujúcom obrázku a CURL výpise:



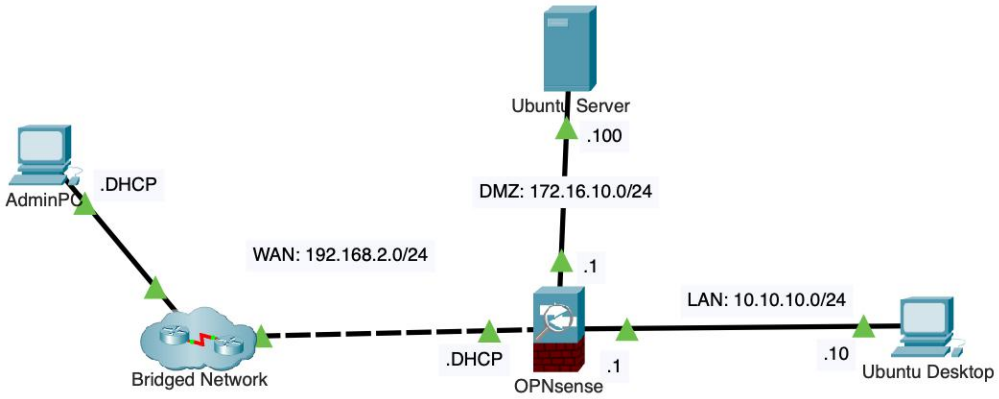

```
curl --location 'http://192.168.2.9/rest/ip/address' \
--header 'Authorization: Basic bWlrcm90aWs6bWlrcm90aWsxMjMh'
```

OPNsense firewall

V rámci tejto časti dokumentu je ukázaná práca z Firewall technológiou, konkrétne OPNsense.

Topológia

Ukážka práce s firewall-om bude demonštrovaná na nasledujúcej topológii.



Topológia pozostáva z nasledujúcich hlavných častí:

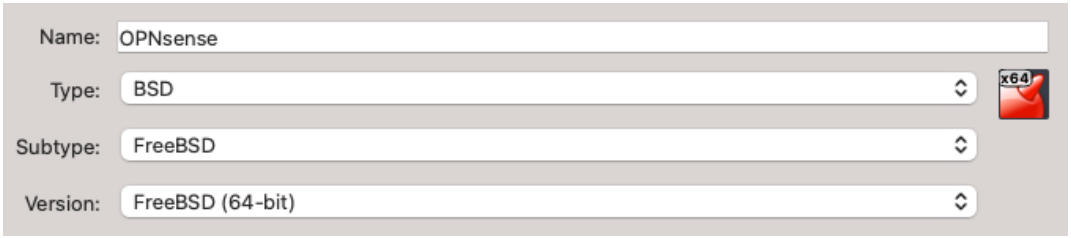
1. OPNsense Firewall:
    a. Internal Network = LAN [Prvé rozhranie FW - em0]
    b. Bridged Adapter = WAN [Druhé rozhranie FW - em1]
    c. Internal Network = DMZ [Tretie rozhranie FW - bude neskôr vytvorené]
2. Ubuntu Server: Internal Network = DMZ
3. Ubuntu Desktop: Internal Network = LAN
4. AdminPC: Host zariadenie = bude mať IP adresu z rozsahu WAN rozhrania Firewall-u

V reálnom prostredí by na WAN prepojení boli používané verejné IP adresy. V našom virtuálnom prostredí je WAN sieťou, ktorá je pripojená k Bridge adaptéru.

Inštalácia OPNsense

Obraz je dostupný na: https://opnsense.org/download/

1. Základné nastavenie VM (po importe ISO súboru) je treba nastaviť nasledovné:



2. Prvé prihlásenie je možné využitím prihlasovacích údajov: [root:opnsense]
3. Po spustení firewall-u je mu potrebné priradiť sieťové nastavenia na jednotlivé rozhrania:

```
 0) Logout                              7) Ping host
 1) Assign interfaces                   8) Shell
 2) Set interface IP address            9) pfTop
 3) Reset the root password            10) Firewall log
 4) Reset to factory defaults          11) Reload all services
 5) Power off system                   12) Update from console
 6) Reboot system                      13) Restore a backup
```

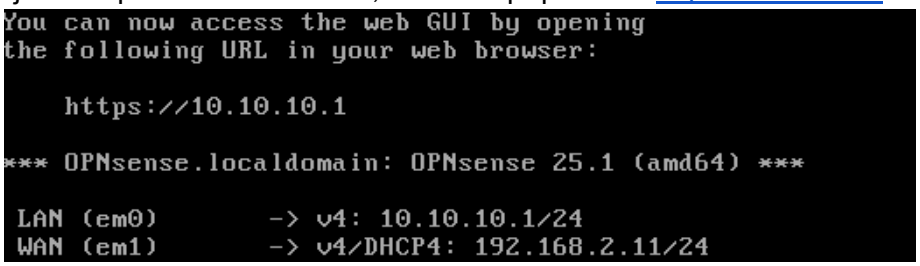
a. WAN rozhranie tým, že je pripojené v Bridged network, získa sieťové nastavenia cez DHCP.

b. LAN rozhraniu je potrebné sieťové nastavenia priradiť staticky
2 -> 1 -> N -> 10.10.10.1 -> 24 + nastavenie DNS a DHCP.

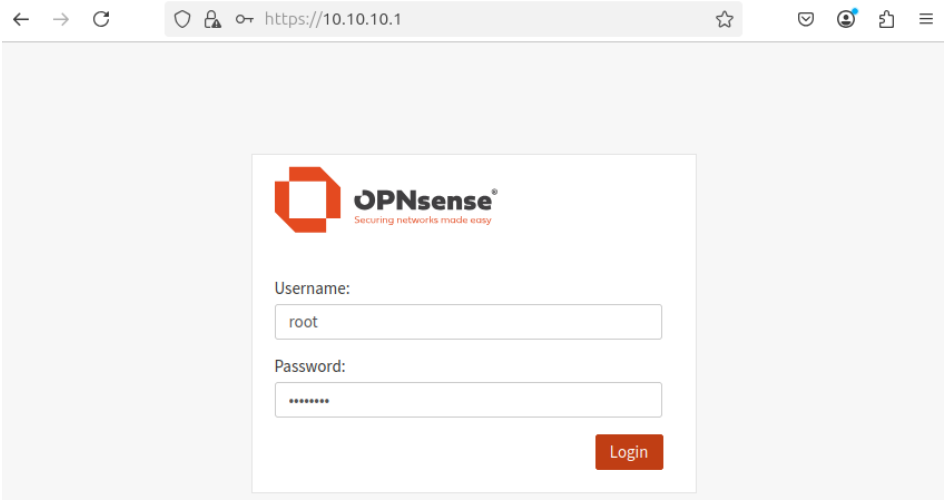
```
Enter an option: 2

Available interfaces:

1 - LAN (em0 - static, track6)
2 - WAN (em1 - dhcp, dhcp6)

Enter the number of the interface to configure: 1

Configure IPv4 address LAN interface via DHCP? [y/N] N

Enter the new LAN IPv4 address. Press <ENTER> for none:
> 10.10.10.1


Subnet masks are entered as bit counts (like CIDR notation).
e.g. 255.255.255.0 = 24
     255.255.0.0   = 16
     255.0.0.0     = 8

Enter the new LAN IPv4 subnet bit count (1 to 32):
> 24
```

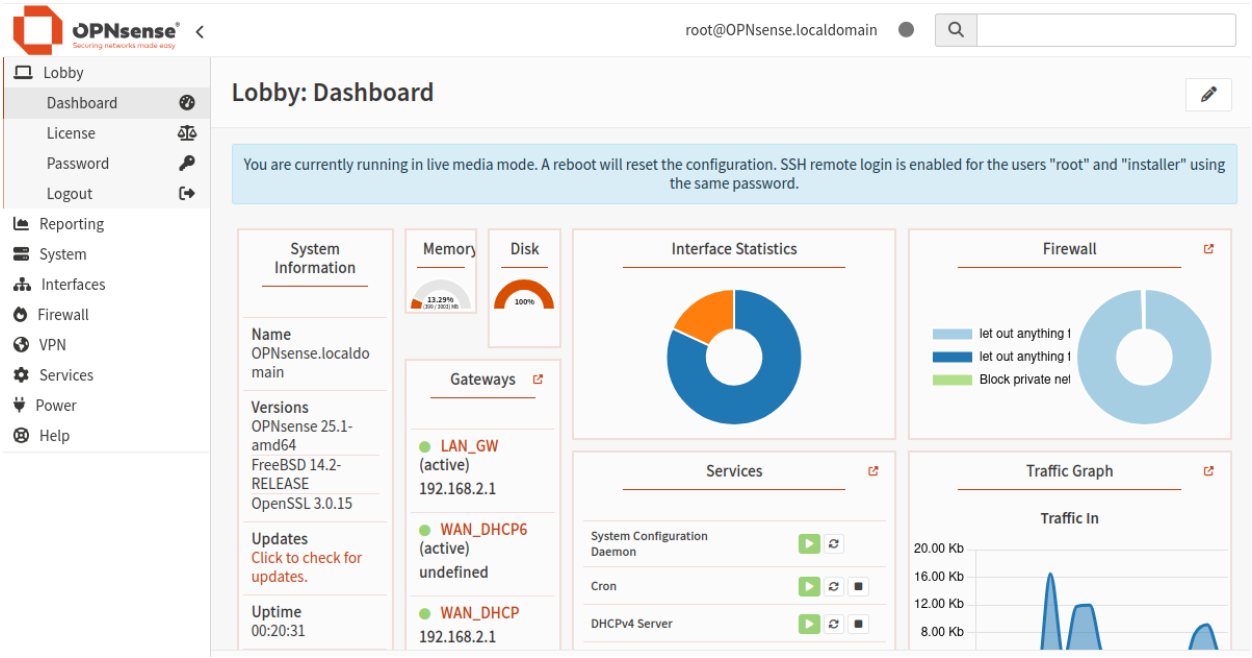
```
For a WAN, enter the new LAN IPv4 upstream gateway address.
For a LAN, press <ENTER> for none:
> 192.168.2.1

Do you want to use the gateway as the IPv4 name server, too? [Y/n] n
Enter the IPv4 name server or press <ENTER> for none:
> 8.8.8.8

Configure IPv6 address LAN interface via WAN tracking? [Y/n] n
Configure IPv6 address LAN interface via DHCP6? [y/N] N

Enter the new LAN IPv6 address. Press <ENTER> for none:
>

Do you want to enable the DHCP server on LAN? [y/N] y

Enter the start address of the IPv4 client address range: 10.10.10.10
Enter the end address of the IPv4 client address range: 10.10.10.100

Do you want to change the web GUI protocol from HTTPS to HTTP? [y/N] N
Do you want to generate a new self-signed web GUI certificate? [y/N] N
Restore web GUI access defaults? [y/N] y
```

4. V tejto chvíli sa je možné pripojiť na webové rozhranie firewall-u. Pozor, webové rozhranie je dostupné len z LAN siete, v našom prípade na https://10.10.10.1



5. Teraz je potrebné spustiť VM Ubuntu Desktop a z nej sa pripojiť na webové rozhranie.

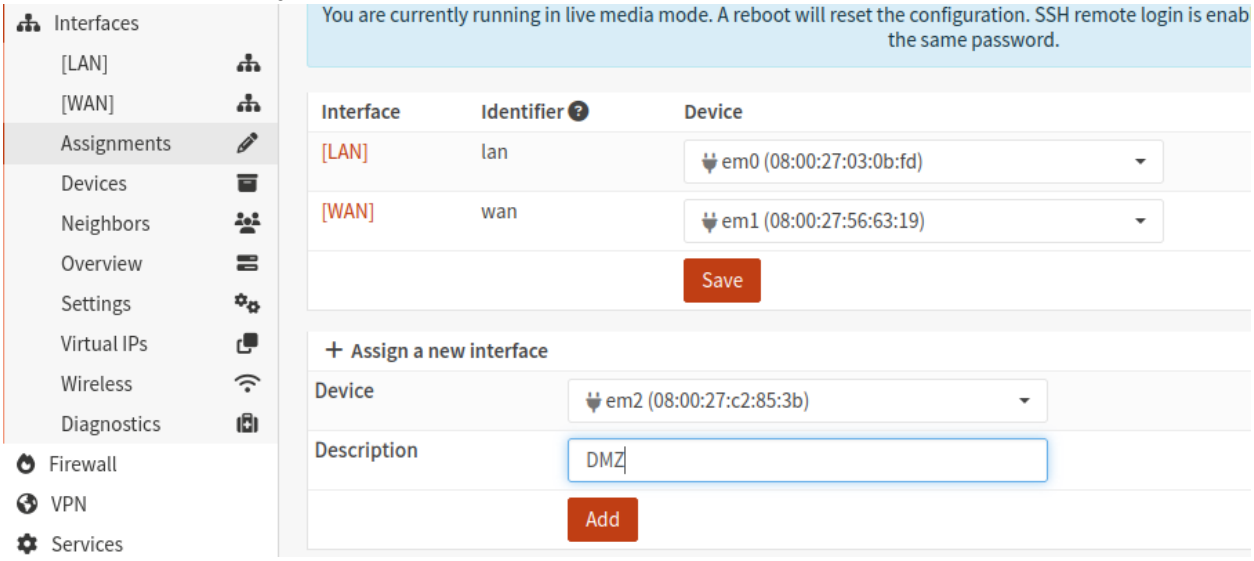




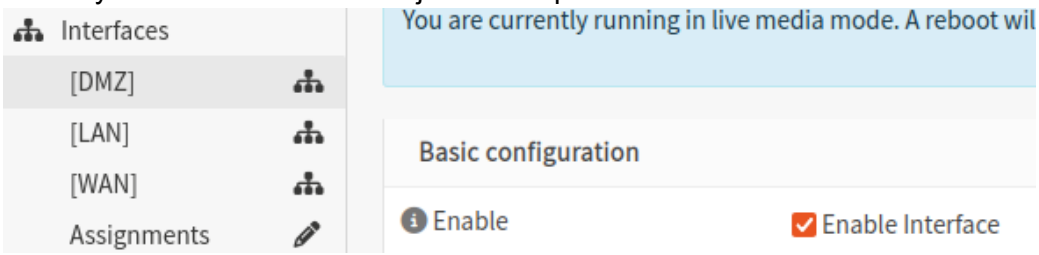
Networking

Pridanie DMZ rozhrania

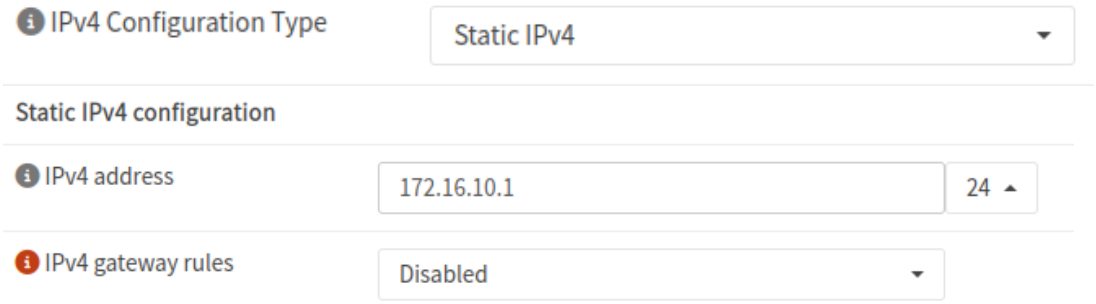
1. Do Firewall-u je potrebné pridať ešte DMZ rozhranie:



2. Novo vytvorené DMZ rozhranie je treba zapnúť:

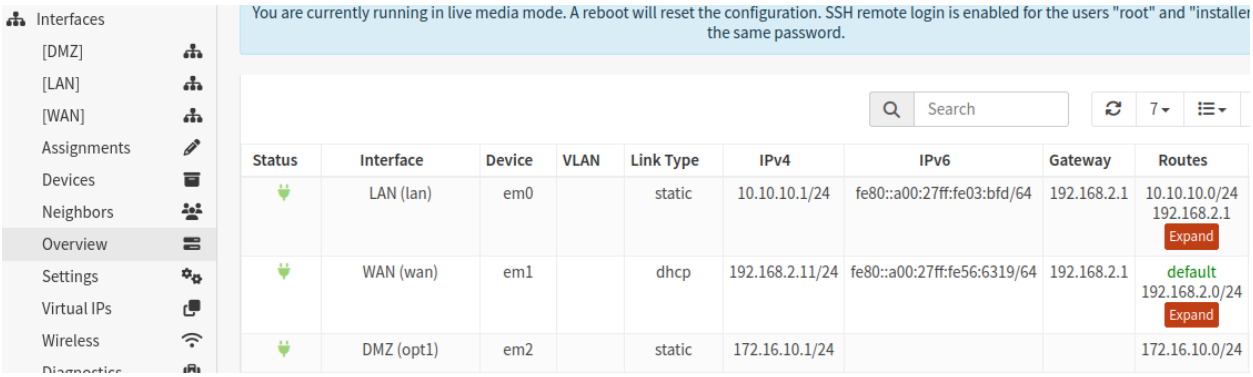


3. Ďalej je potrebné nakonfigurovať IPv4 adresu



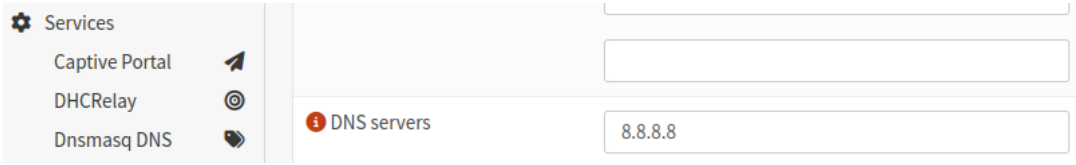
4. Po vykonaní akejkoľvek zmeny je potrebné vykonať **Save** a **Apply changes**.

Výsledný stav konfigurácie rozhraní vyzerá nasledovne:



Zariadenia z LAN siete dokážu komunikovať do internetu. Firewall vykonáva PAT. Zároveň zariadenie z LAN siete dokáže pristupovať k zdrojom v DMZ, avšak v opačnom smere to neplatí.

5. Nastavenie DNS servera je možné vykonať v konfigurácii Services



6. Teraz je možné overiť funkčnosť komunikácie z vnútra siete smerom von:

```
rastislav@rastislavdesktop:~/Desktop$ ifconfig | grep 10.10.10
        inet 10.10.10.10  netmask 255.255.255.0  broadcast 10.10.10.255
rastislav@rastislavdesktop:~/Desktop$ ping google.com
PING google.com (142.251.36.142) 56(84) bytes of data.
64 bytes from prg03s12-in-f14.1e100.net (142.251.36.142): icmp_seq=1 ttl=247 time=23.2 ms
64 bytes from prg03s12-in-f14.1e100.net (142.251.36.142): icmp_seq=2 ttl=247 time=15.2 ms
64 bytes from prg03s12-in-f14.1e100.net (142.251.36.142): icmp_seq=3 ttl=247 time=21.1 ms
^C
--- google.com ping statistics ---
3 packets transmitted, 3 received, 0% packet loss, time 2004ms
rtt min/avg/max/mdev = 15.155/19.815/23.197/3.405 ms
```

PortForwarding a NAT 1:1

- **1:1 NAT**: umožňuje prístup k špecifickému serveru = k všetkým jeho službám
- **PortForwarding**: umožňuje prístup k špecifickej službe v rámci špecifického servera

V DMZ spusťme VM Ubuntu server, na ktorej bude spustená webová služba. Využitím PortForwarding mechanizmu zabezpečíme jej dostupnosť aj z WAN prostredia - pod IP adresou WAN rozhrania a portom 13080.

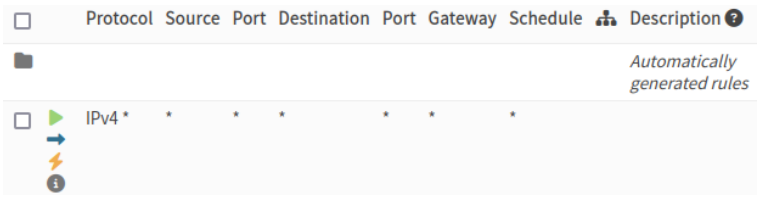
1. Najskôr je potrebné staticky priradiť sieťové nastavenia serveru v DMZ:
   sudo nano /etc/netplan/network.yml

```
network:
   version: 2
   ethernets:
      enp0s3:
         dhcp4: no
```

```
          addresses:
        -  172.16.10.100/24
          gateway4: 172.16.10.1
          nameservers:
             addresses:
                - 8.8.8.8
```

sudo netplan apply

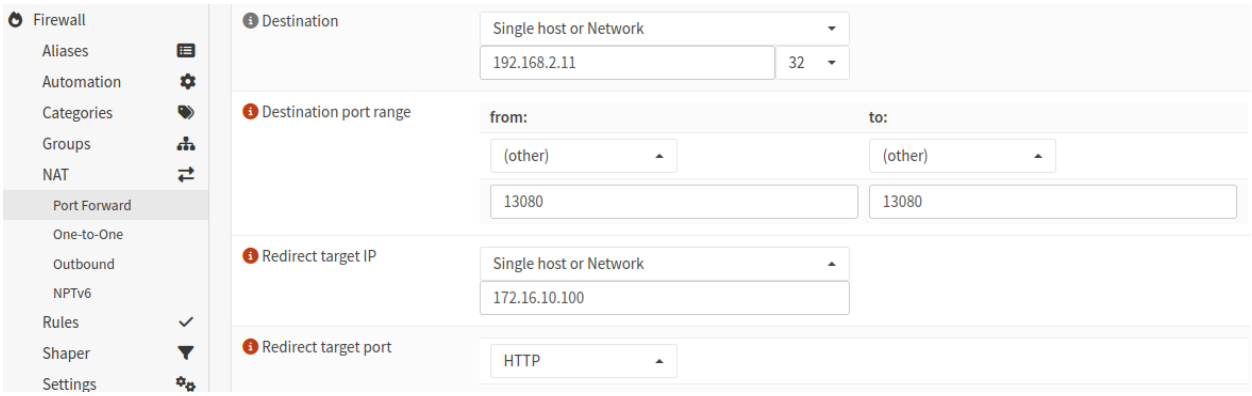
2. Po uvedenej konfigurácii dokáže server komunikovať len na úrovni Localhost. Komunikácia mimo DMZ je zatiaľ zakázaná.
3. Pre účel inštalácie webového servera (potrebná komunikácia smerom do internetu), je možné vložiť pravidlo povoľujúcu celú komunikáciu vstupujúcu do DMZ rozhrania:
   Firewall - Rules - DMZ

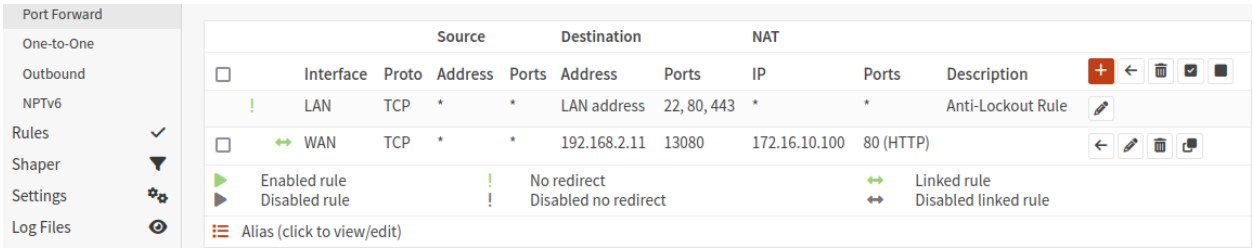


Inštalácia NGINX servera:

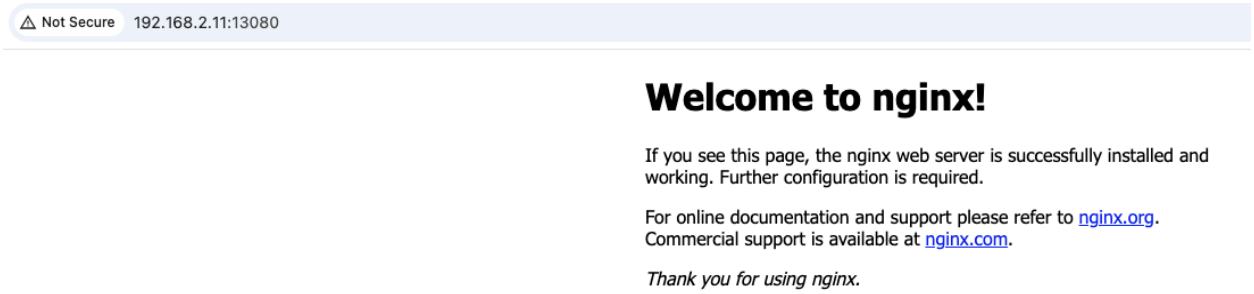
```
sudo apt update
sudo apt install nginx
```

4. V časti **Firewall - NAT- Port Forward - Add** vykonajme nasledujúcu konfiguráciu:
   a. Interface: WAN
   b. TCP/IP Version: IPv4
   c. Protocol: TCP
   d. Source: any any (IP a zdrojový port)
   e. Destination: 192.168.2.11 + 13080
   f. Redirect target IP: 10.10.10.100 (adresa servera v DMZ)
   g. Redirect target port: 80 (port služby, ktorú chceme sprístupniť)
   h. Filter rule association: Pass



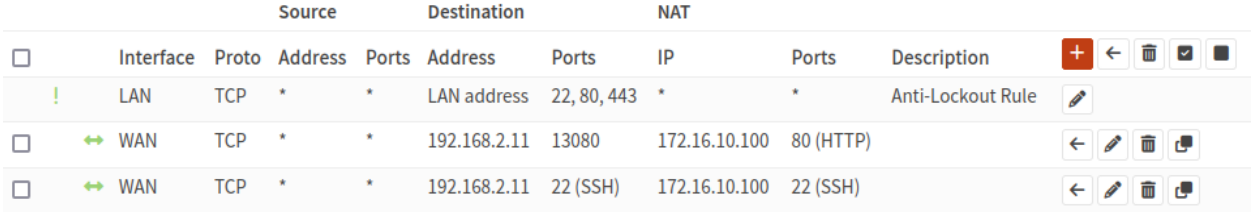


Z vonkajšej siete je v tejto chvíli dostupná webová služba:



Podobne je možné povoliť prístup na službu SSH

1. Firewall - NAT- 1:1 NAT - Add
    a. Interface: WAN
    b. Address Family: IPv4
    c. External subnet IP: WAN address alebo 192.168.2.11
    d. Internal IP: Address - 10.10.10.100
    e. Destination: 22

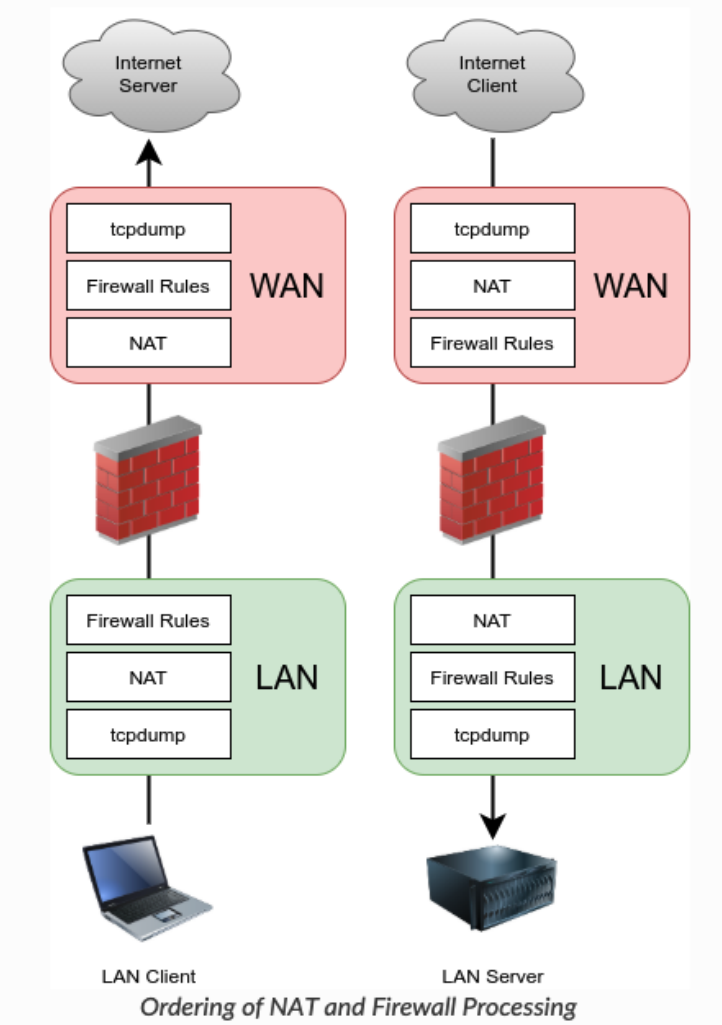


Overenie dostupnosti služby SSH znázorňuje nasledujúci obrázok:

```
rastislavpetija@Rastislavs-iMac ~ % ssh rastislav@192.168.2.11
The authenticity of host '192.168.2.11 (192.168.2.11)' can't be established.
ED25519 key fingerprint is SHA256:ZdWbv6/IGXb9ozcfrjDdy8AxH50TN88tGN7viD5T7O0.
This host key is known by the following other names/addresses:
    ~/.ssh/known_hosts:137: 192.168.2.17
Are you sure you want to continue connecting (yes/no/[fingerprint])? yes
Warning: Permanently added '192.168.2.11' (ED25519) to the list of known hosts.
rastislav@192.168.2.11's password:
Last login: Wed Jun 25 17:15:09 2025 from 192.168.2.6
```

Vyhodnocovanie NAT a Firewall pravidiel

Definíciu vyhodnocovania NAT a Firewall pravidiel je možné nájsť v oficiálnej dokumentácii. Nasledujúci obrázok platí pre firewall pfSense
[**https://docs.netgate.com/pfsense/en/latest/nat/process-order.html**]



Ordering of NAT and Firewall Processing

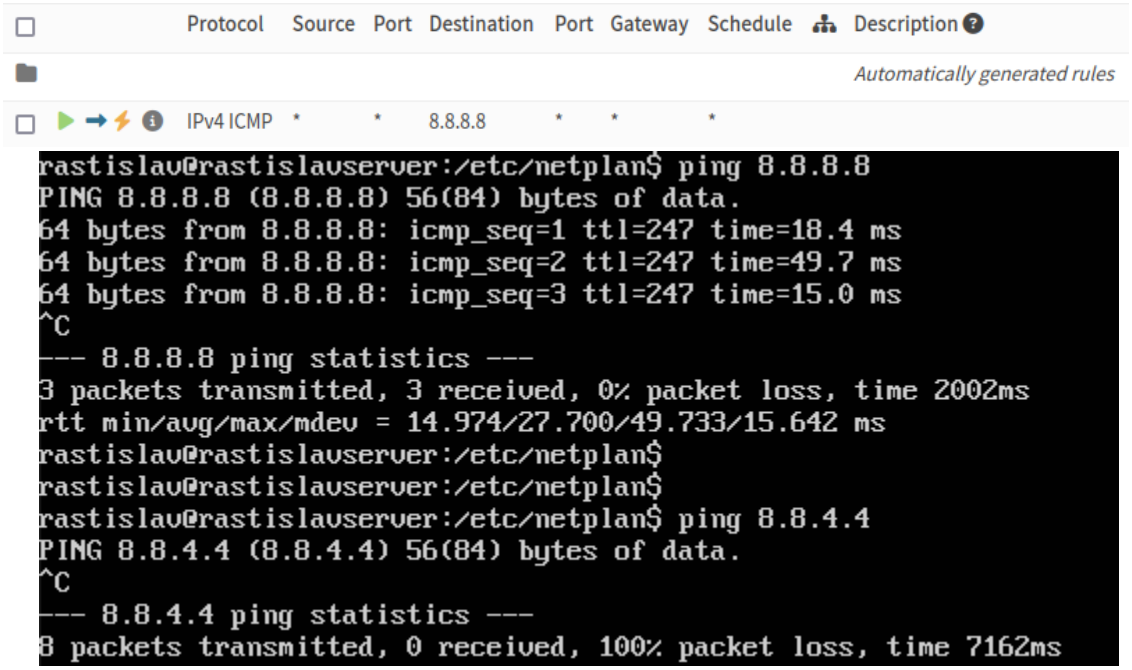
Filtrovanie sieťovej prevádzky

Základné správanie

- WAN - implicit deny
- LAN - implicit pass
- Vykonávané podľa poradia záznamov
- NAT je vykonávané ako prvé
- Pass, Block (tiché zahodenie), Reject

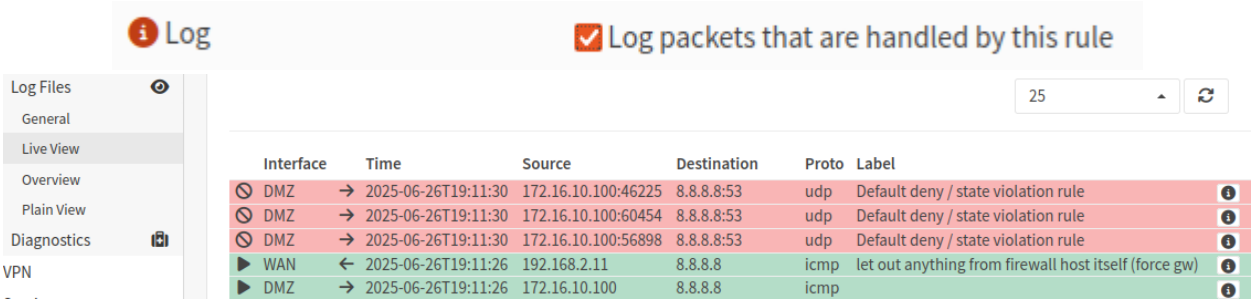
Úloha:

- Vytvorte pravidlo, ktoré umožní test dostupnosti na IP adresu 8.8.8.8. Zvyšok komunikácie z DMZ siete nech je zakázaný (toto pravidlo netreba konfigurovať - implicit deny).



Logging

Logovať je možné pakety spĺňajúce špecifické filtrovacie pravidlá (Firewall RULES). Vytvorené záznamy je následne možné vidieť v časti Firewall - Log Files - Live view.



VPN

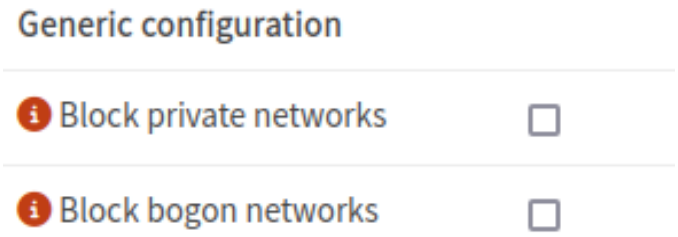
Dôležitou súčasťou zabezpečenia siete je služba VPN, ktorá umožňuje prenášať komunikáciu cez nedôveryhodné siete bezpečným spôsobom.

Remote-Access VPN

- Remote-Access VPN umožní pripojenie vzdialených používateľov do vnútornej siete nachádzajúcej sa za Firewall-om. V rámci tejto ukážky bude znázornený postup, ako umožniť vzdialenému používateľovi (AdminPC) sa pripojiť do LAN siete a komunikovať s Ubuntu-Desktop VM.
- VPN je tiež možné používať za účelom komunikácie s internetom, kde celá komunikácia je smerovaná cez VPN, ktorá daný prenos šifruje. Na základe firemných politík je tiež možné prenášanú komunikáciu kontrolovať.

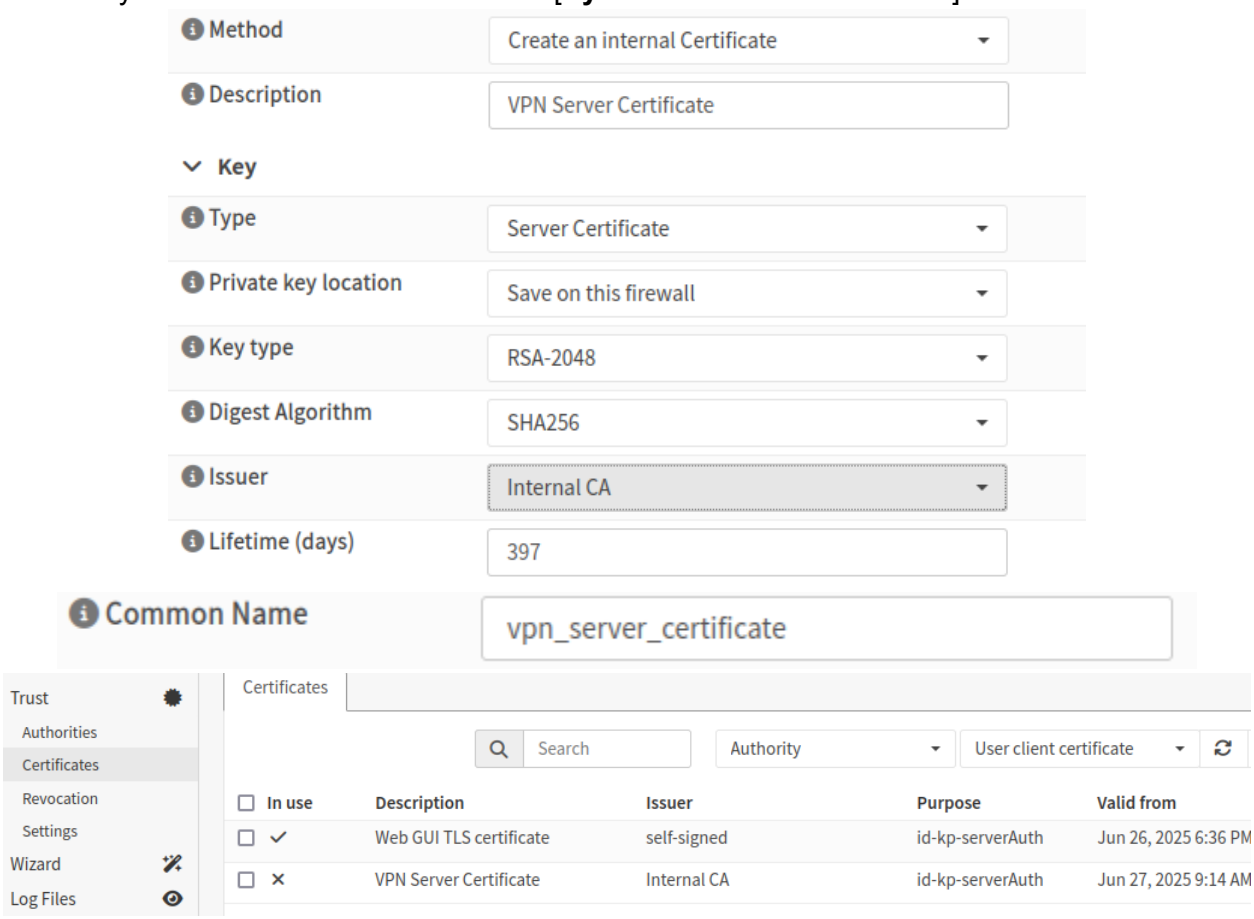
Prerekvizity:

- WAN IP = 192.168.2.8
- LAN IP GW = 10.10.10.1
- LAN VM = 10.10.10.10
- VPN Tunnel Net: 10.0.200.0/24
- VPN Tunnel GW = 10.0.200.1
- Povoliť na WAN prepoji komunikáciu z privátnych adries (v našej topológii je WAN z rozsahu 192.168.2.0/24). Táto konfigurácia je možná v časti [I**nterfaces - WAN**]

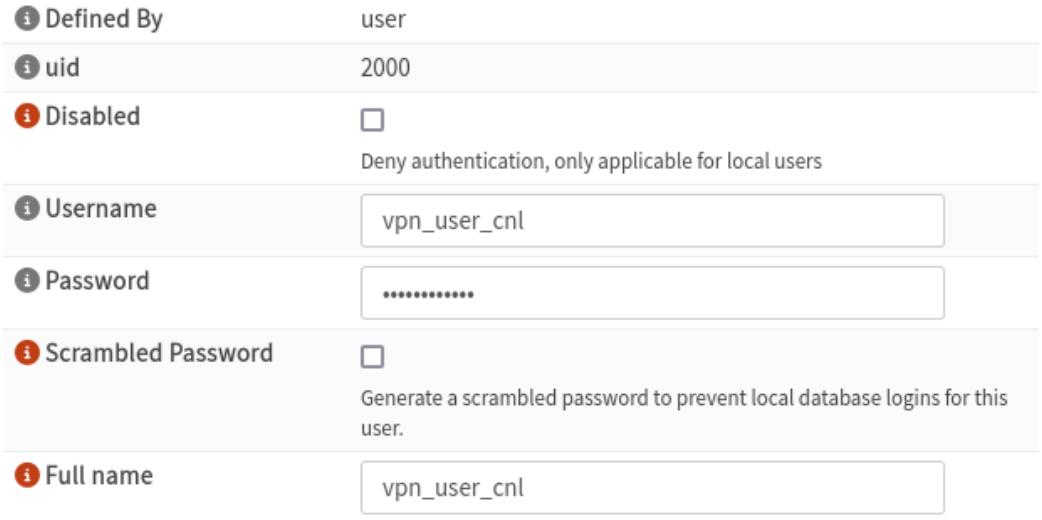


1. Vytvorenie Certifikačnej Autority [**System - Trust - Authorities**]
    - Create an internal Certificate Authority

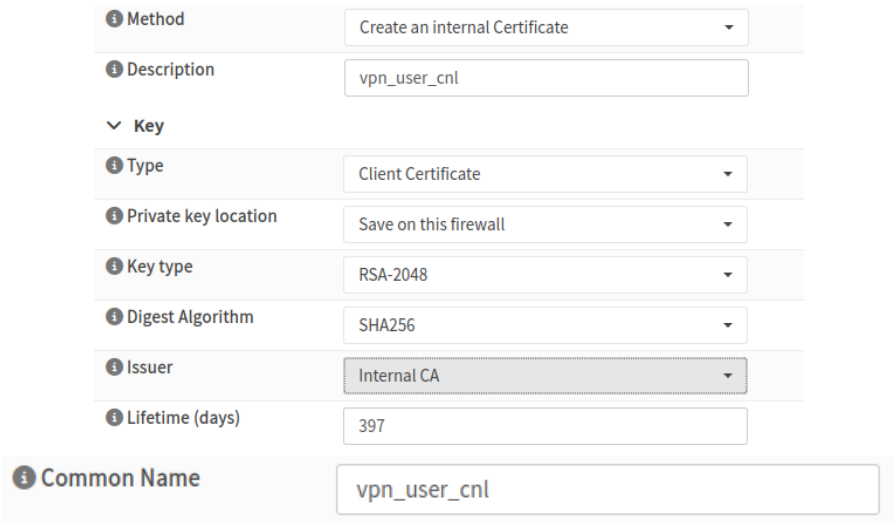
2. Vytvorenie certifikátu VPN servera [**System - Trust - Certificates**]



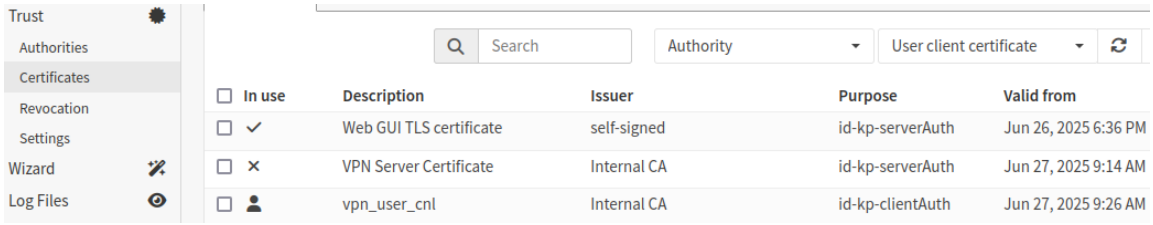
3. Vytvorenie používateľa a klientskeho certifikátu [**System - Access - Users**]



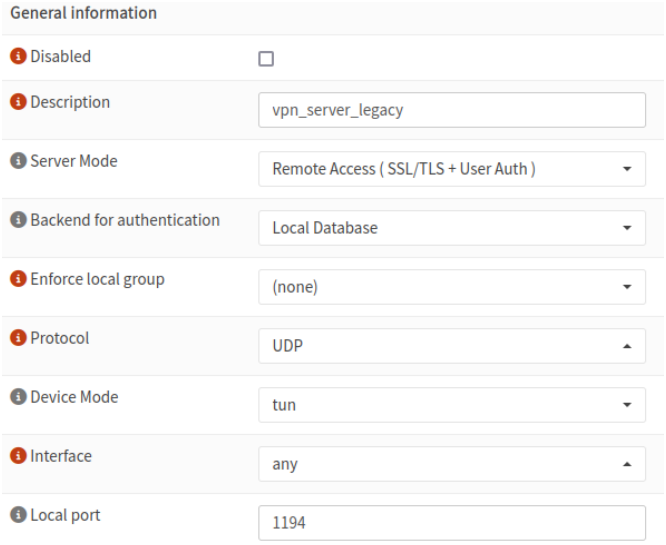
[**System - Trust - Certificates**]

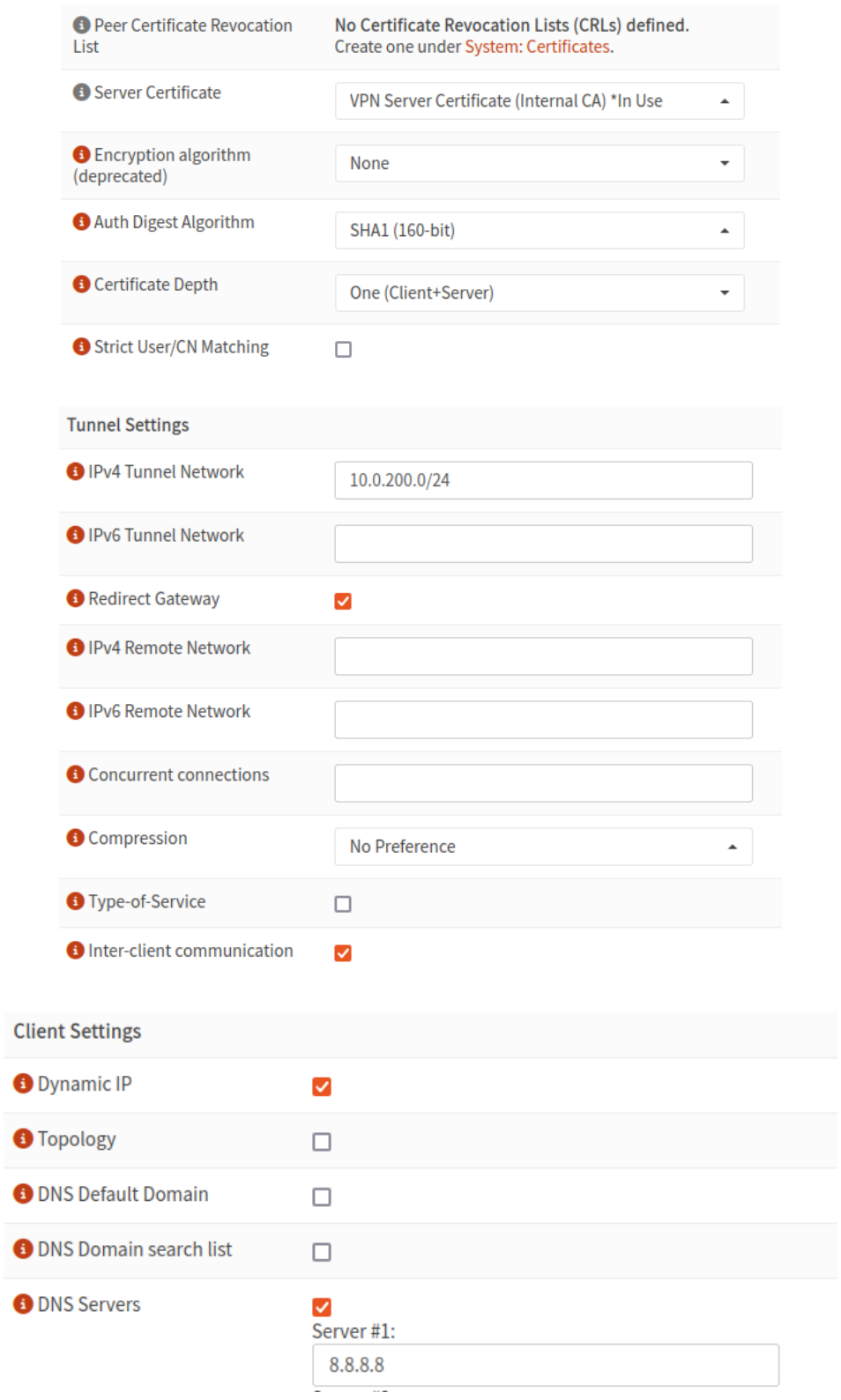


Na základe Common Name sa prepojí User a klientský certifikát (musia byť zhodné).

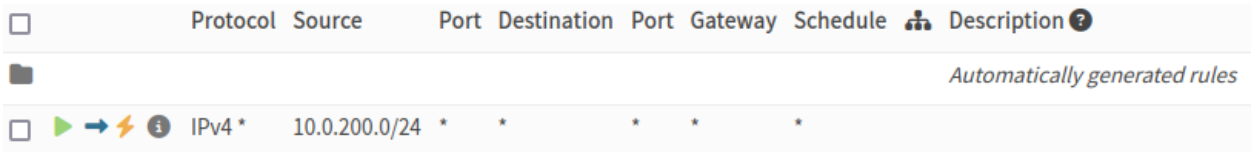


4. Vytvorenie konfigurácie VPN servera [**VPN - OpenVPN - Server [legacy]**]
   Tu je potrebné nastaviť:
   - Parametre servera (port a IP adresu, na ktorej bude prijímať VPN požiadavky)
   - Certifikát servera
   - VPN Tunnel informácie + redirect GW (všetka prevádzka pôjde cez tunel)
   - DNS server

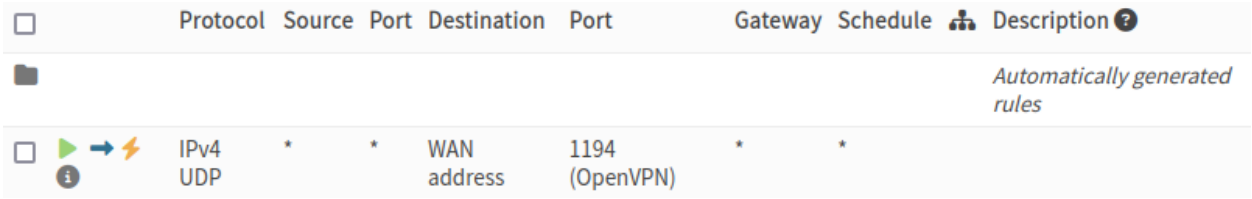




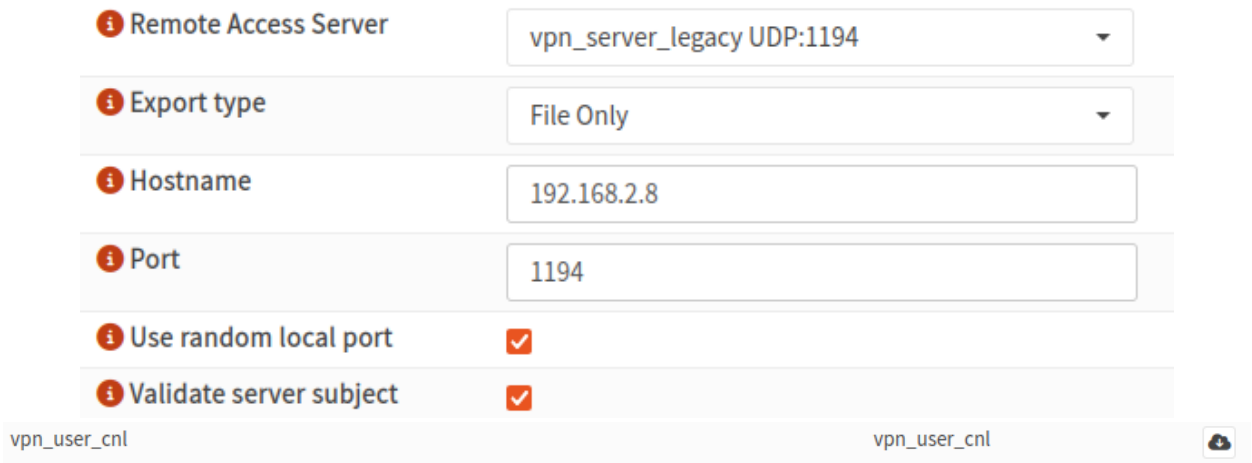
5. Konfigurácia Firewall pravidiel [Firewall - Rules - OpenVPN]
    a. OpenVPN



b. WAN



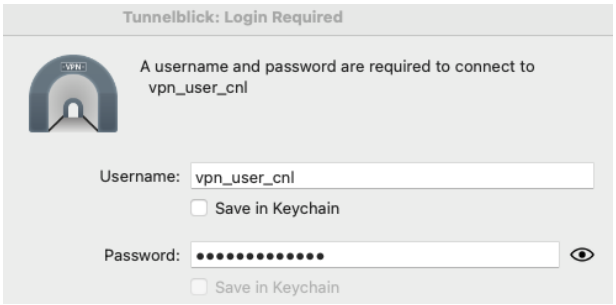
6. Export VPN klientského certifikátu [VPN - OpenVPN - Client Export]



Konfiguračný súbor má nasledujúci obsah

```
rastislavpetija@Rastislavs-iMac Desktop % cat vpn_user_cnl.ovpn
dev tun
persist-tun
persist-key
auth SHA1
client
resolv-retry infinite
remote 192.168.2.8 1194 udp
lport 0
verify-x509-name "C=NL, CN=vpn_server_certificate" subject
remote-cert-tls server
auth-user-pass
<ca>
-----BEGIN CERTIFICATE-----
MIIDMzCCAhugAwIBAgIBADANBgkqhkiG9w0BAQsFADANMQswCQYDVQQGEwJOTDAe
```

7. Overenie pripojenia z klientskeho zariadenia [AdminPC]



Výstup príkazu ifconfig obsahuje:

```
utun7: flags=8051<UP,POINTOPOINT,RUNNING,MULTICAST> mtu 1500
        inet 10.0.200.6 --> 10.0.200.5 netmask 0xffffffff
```

- Komunikácia na počítač v súkromnej LAN sieti je vďaka VPN možná:

```
rastislavpetija@Rastislavs-iMac Desktop % ping 10.10.10.10
PING 10.10.10.10 (10.10.10.10): 56 data bytes
64 bytes from 10.10.10.10: icmp_seq=0 ttl=63 time=2.290 ms
^C
--- 10.10.10.10 ping statistics ---
1 packets transmitted, 1 packets received, 0.0% packet loss
round-trip min/avg/max/stddev = 2.290/2.290/2.290/0.000 ms
rastislavpetija@Rastislavs-iMac Desktop %
rastislavpetija@Rastislavs-iMac Desktop %
rastislavpetija@Rastislavs-iMac Desktop % traceroute 10.10.10.10
traceroute to 10.10.10.10 (10.10.10.10), 64 hops max, 52 byte packets
 1  10.0.200.1 (10.0.200.1)  1.663 ms  1.401 ms  1.146 ms
 2  10.10.10.10 (10.10.10.10)  2.381 ms  1.959 ms  1.778 ms
```

- Zároveň komunikácia na externé zariadenia - napr. Google možná je a prechádza cez VPN.

```
rastislavpetija@Rastislavs-iMac Desktop % ping google.com
PING google.com (142.251.36.142): 56 data bytes
64 bytes from 142.251.36.142: icmp_seq=0 ttl=247 time=15.648 ms
^C
--- google.com ping statistics ---
1 packets transmitted, 1 packets received, 0.0% packet loss
round-trip min/avg/max/stddev = 15.648/15.648/15.648/0.000 ms
rastislavpetija@Rastislavs-iMac Desktop %
rastislavpetija@Rastislavs-iMac Desktop %
rastislavpetija@Rastislavs-iMac Desktop % traceroute google.com
traceroute to google.com (142.251.36.142), 64 hops max, 52 byte packets
 1  10.0.200.1 (10.0.200.1)  1.820 ms  1.244 ms  1.179 ms
```

8. Overenie nástrojom Wireshark

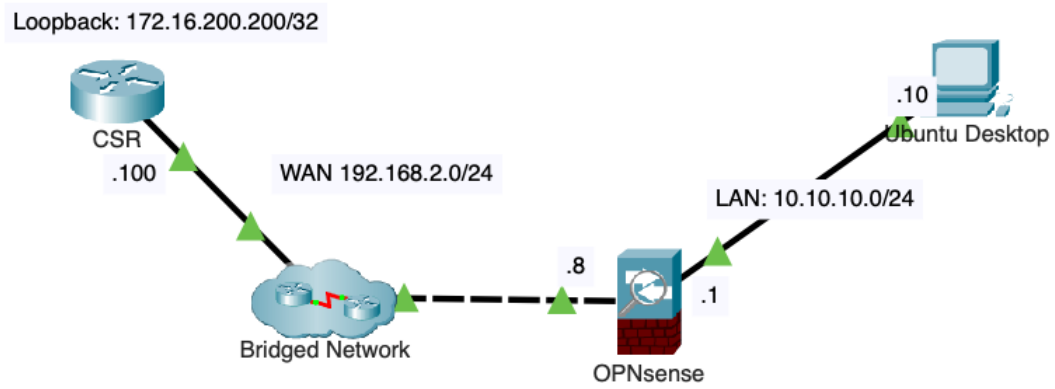
```
Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.2.8, Dst: 192.168.2.7
User Datagram Protocol, Src Port: 1194, Dst Port: 65459
OpenVPN Protocol
  Type: 0x48 [opcode/key_id]
  Peer ID: 0
  Data (1046 bytes)
    Data [truncated]: 0000050242e0e43d475ecbfa4565d27c8941e6e7353fee8dd9f87593b164b0c332b635b37119f60790322d75add08e6749cdd5
```

Site-to-Site VPN

- Site-to-Site VPN umožňuje navzájom prepájať produkčné prostredia (Centrála - Pobočka). Koncový používateľ o existencii VPN nevie. VPN tunel sa vytvára medze hraničným smerovačom a VPN koncentrátorom.

Topológia

Pre ukážku práce s VPN typu Site-to-Site je použitá nasledujúca topológia.



Úloha:

1. Vytvoriť tunel medzi smerovačom CSR a OPNsense zariadením.
2. Umožniť šifrovať komunikáciu medzi Loopback rozhraní (reprezentuje LAN sieť za smerovačom) a zariadením Ubuntu Desktop.

Konfigurácia smerovača

Na smerovači je potrebné vykonať nasledujúcu konfiguráciu:

```
interface Loopback1
 ip address 172.16.200.200 255.255.255.255

!Konfigurácia IKE fáza 1 - vytvorenie bezpečnostného tunela na výmenu kľúčov a
autentifikáciu

crypto isakmp policy 1
 encr aes
 hash sha256
 authentication pre-share
 group 14

!definovanie suseda a bezpečnostného kľúča
crypto isakmp key cisco address 192.168.2.8

!Konfigurácia IKE fáza 2
!Vytvorenie transformsetu - konfigurácia IPSec
crypto ipsec transform-set X esp-aes esp-sha-hmac

!Vytvorenie ACL, ktorý identifikuje komunikáciu, ktorú chceme šifrovať
```

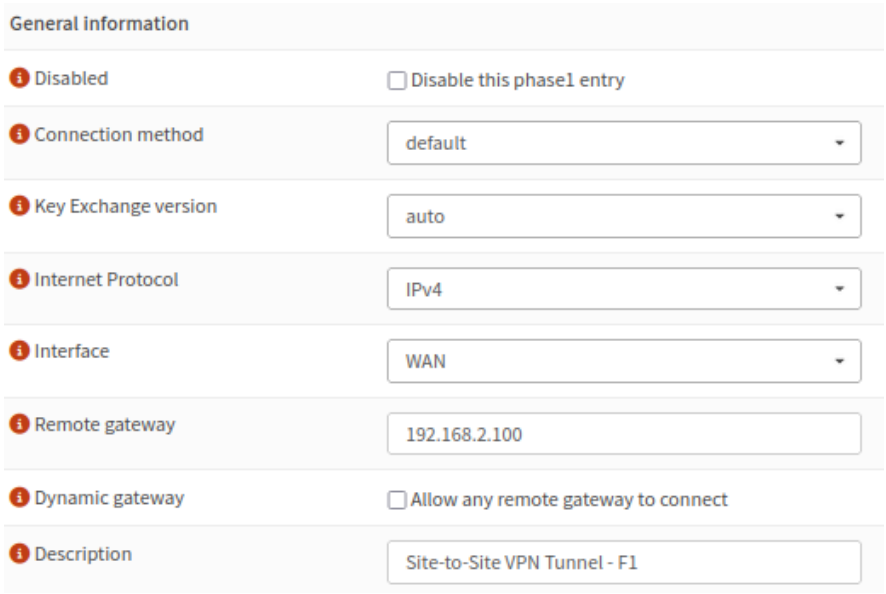
```
access-list 100 permit ip host 172.16.200.200 host 10.10.10.10

!Vytvorenie crypto_Mapy - definovanie suseda, aplikovanie transform-setu, DH a prevádzky, ktorá sa bude šifrovať
crypto map MAP 10 ipsec-isakmp
 set peer 192.168.2.8
 set transform-set X
 set pfs group14
 match address 100

!priradenie crypto_mapy na rozhranie
interface GigabitEthernet1
 description VBox
 ip address 192.168.2.100 255.255.255.0
 crypto map MAP

!priradenie statickej cesty na dosiahnutie cieľa
ip route 10.10.10.10 255.255.255.255 192.168.2.8
```

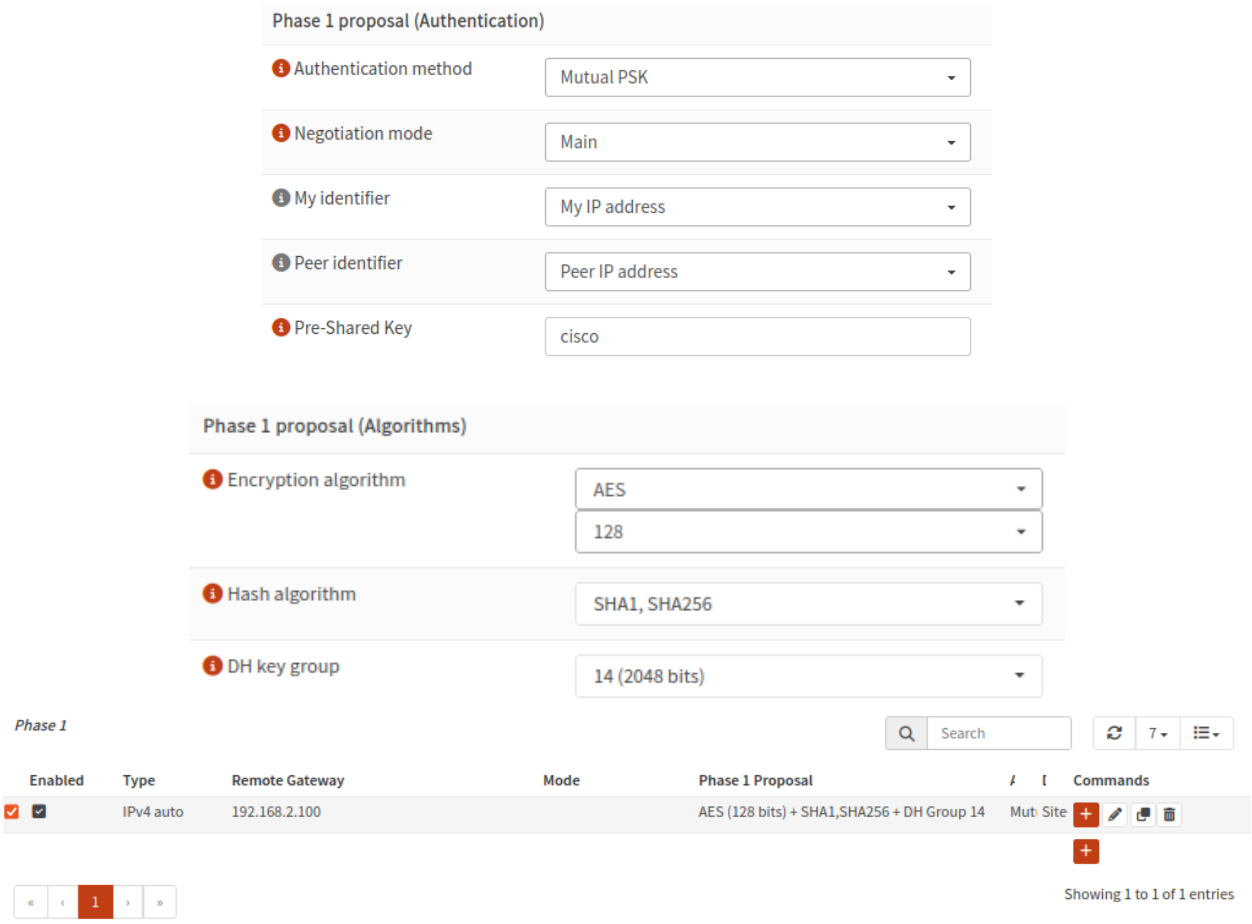
Kontrola konfigurácie

```
show crypto isakmp policy
show crypto isakmp sa
show crypto map
show crypto ipsec sa
```

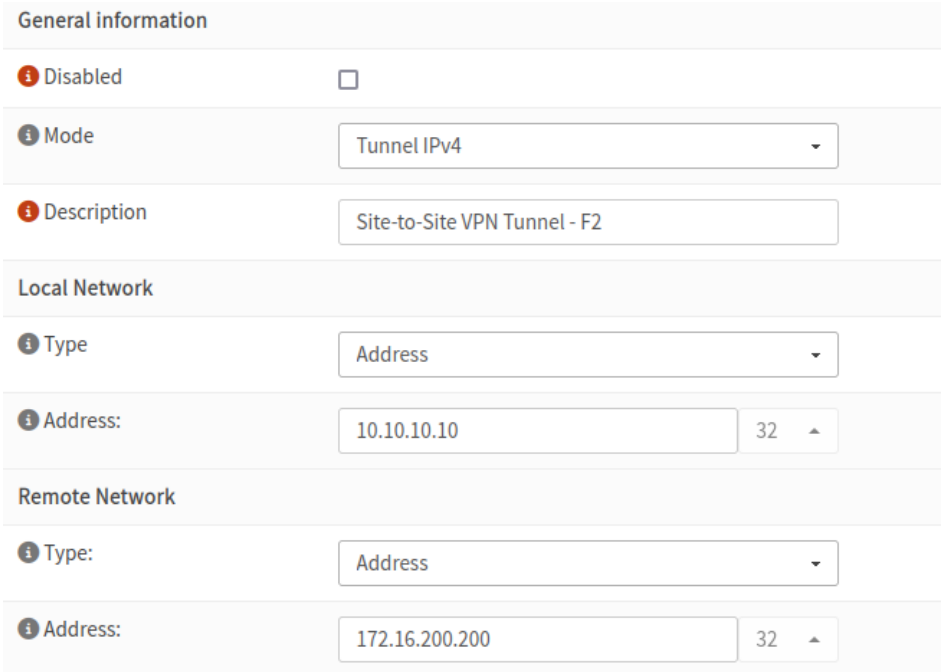
Konfigurácia IP-Sec Point-to-Point VPN na OPNsense firewall-e

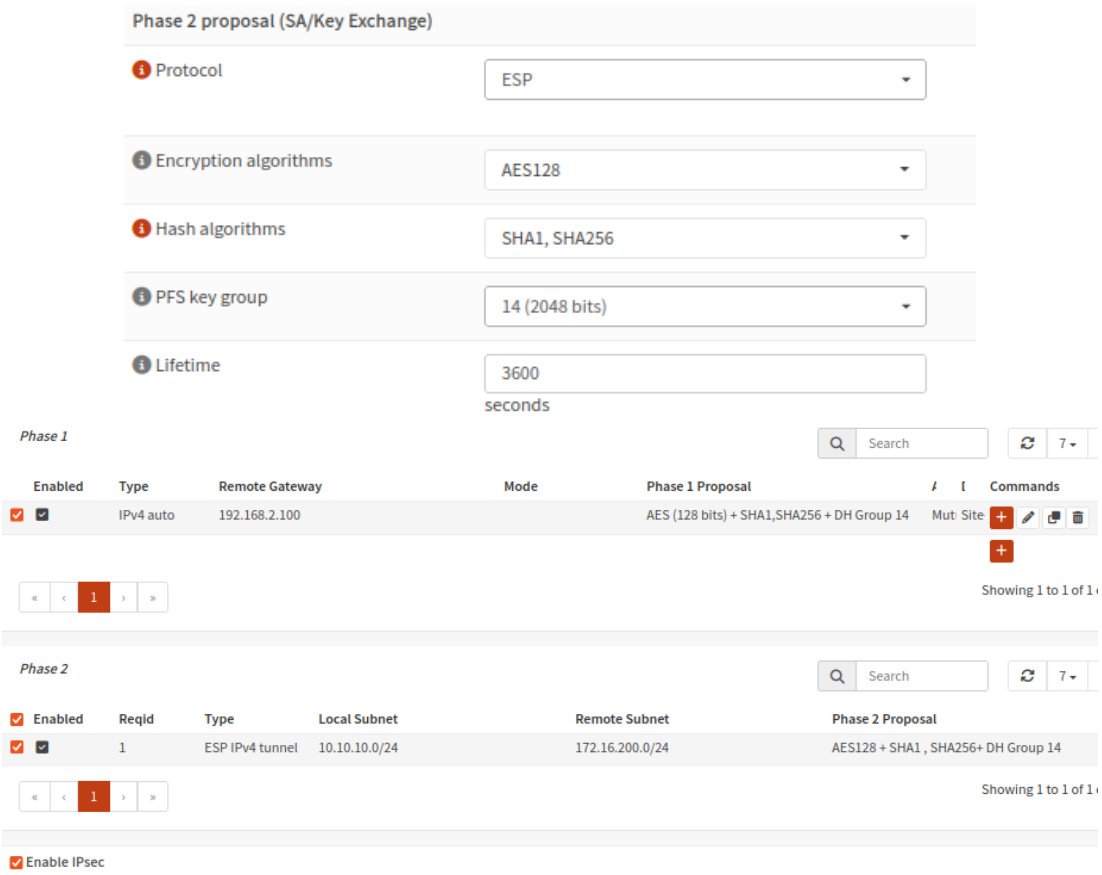
1. Konfigurácia IKE fáza 1 [**VPN - IPsec - Tunnel Settings [legacy]**]



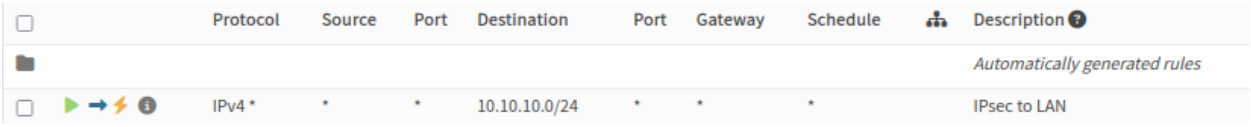


2. Konfigurácia IKE fáza 2

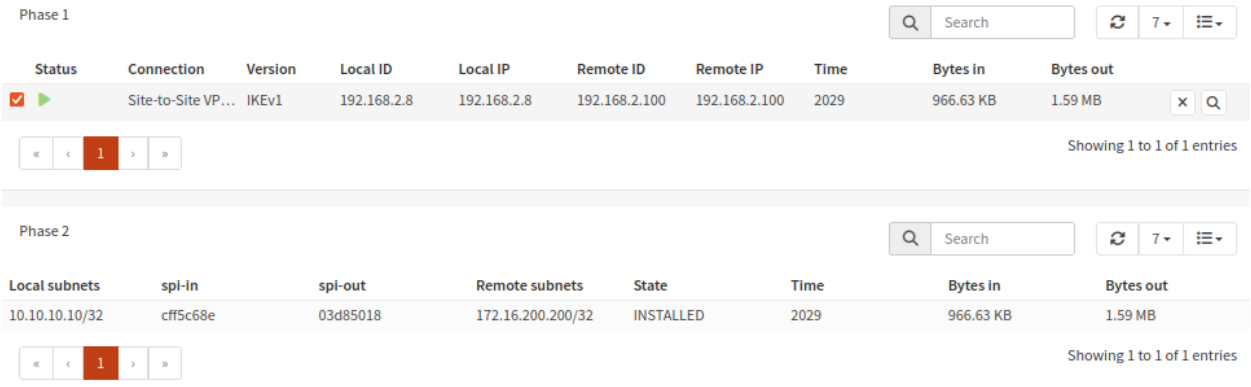




3. Pridanie Firewall pravidla na povolenie komunikácie smerujúcej do LAN [**Firewall - Rules - IPsec**]



4. Nastavenie Status-u na Connected [**VPN - IPsec - Status Overview**]



5. Test dostupnosti (CSR - VM a VM - CSR)

```
CSR1kv#ping
Protocol [ip]:
Target IP address: 10.10.10.10
Repeat count [5]:
Datagram size [100]:
Timeout in seconds [2]:
Extended commands [n]: y
Ingress ping [n]:
Source address or interface: 172.16.200.200
DSCP Value [0]:
Type of service [0]:
Set DF bit in IP header? [no]:
Validate reply data? [no]:
Data pattern [0x0000ABCD]:
Loose, Strict, Record, Timestamp, Verbose[none]:
Sweep range of sizes [n]:
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 10.10.10.10, timeout is 2 seconds:
Packet sent with a source address of 172.16.200.200
!!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 2/9/34 ms
```

```
rastislav@rastislavdesktop:~/Desktop$ traceroute 172.16.200.200
traceroute to 172.16.200.200 (172.16.200.200), 30 hops max, 60 byte packets
 1  _gateway (10.10.10.1)  53.016 ms  3.451 ms  5.259 ms
 2  192.168.2.100 (192.168.2.100)  12.907 ms * *
```

V nástroji Wireshark je tiež možné vidieť, že medzi koncovými bodmi VPN tunelu sú prenášané ESP pakety.

```
> Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.2.8, Dst: 192.168.2.100
> Encapsulating Security Payload
```

6. Overenie funkčnosti konfigurácie na smerovači

```
show crypto isakmp policy
show crypto isakmp sa
show crypto map
show crypto ipsec sa
```

```
CSR1kv#show crypto isakmp sa
IPv4 Crypto ISAKMP SA
dst             src             state          conn-id status
192.168.2.100   192.168.2.8     QM_IDLE           1014 ACTIVE
```

```
CSR1kv#show crypto ipsec sa

interface: GigabitEthernet1
    Crypto map tag: MAP, local addr 192.168.2.100

   protected vrf: (none)
   local  ident (addr/mask/prot/port): (172.16.200.200/255.255.255.255/0/0)
   remote ident (addr/mask/prot/port): (10.10.10.10/255.255.255.255/0/0)
   current_peer 192.168.2.8 port 500
     PERMIT, flags={origin_is_acl,}
    #pkts encaps: 9907, #pkts encrypt: 9907, #pkts digest: 9907
    #pkts decaps: 9946, #pkts decrypt: 9946, #pkts verify: 9946
    #pkts compressed: 0, #pkts decompressed: 0
    #pkts not compressed: 0, #pkts compr. failed: 0
    #pkts not decompressed: 0, #pkts decompress failed: 0
    #send errors 0, #recv errors 0

     local crypto endpt.: 192.168.2.100, remote crypto endpt.: 192.168.2.8
     plaintext mtu 1438, path mtu 1500, ip mtu 1500, ip mtu idb GigabitEthernet1
     current outbound spi: 0xCFF5C68E(3488990862)
     PFS (Y/N): Y, DH group: group14
```