



# ARNES

## Praktični vidiki upravljanja

Avgust Jauk,  
Arnes, p.p. 7, SI - 1001 Ljubljana

Ljubljana, 5.1.2024

# VSEBINA

- Izobraževalno/raziskovalna omrežja
- Arnes, storitve
- Upravljanje omrežja ARNES
  - Kaj upravljati
  - Orodja
  - Varnost
- Diagnosticiranje
- Kvantna doba

# Izobraževalno/raziskovalna omrežja

- Namen
  - Kakovostne, inovativne storitve za R&I
  - Podpora mobilnosti
    - “Neodvisnost” od lokacije in časa
    - Študentje, profesorji, raziskovalci
  - Razvoj novih storitev
- Zaprta skupino uporabnikov



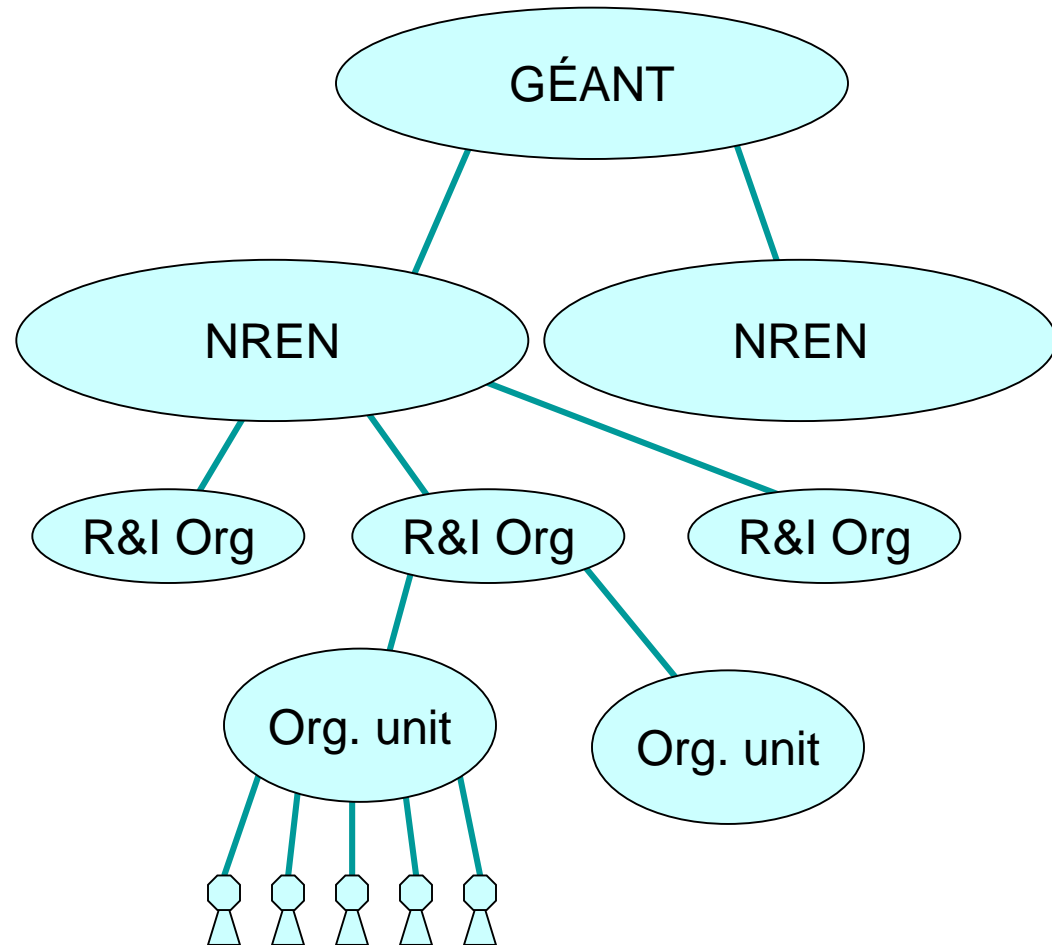
# Hierarhična struktura

GÉANT

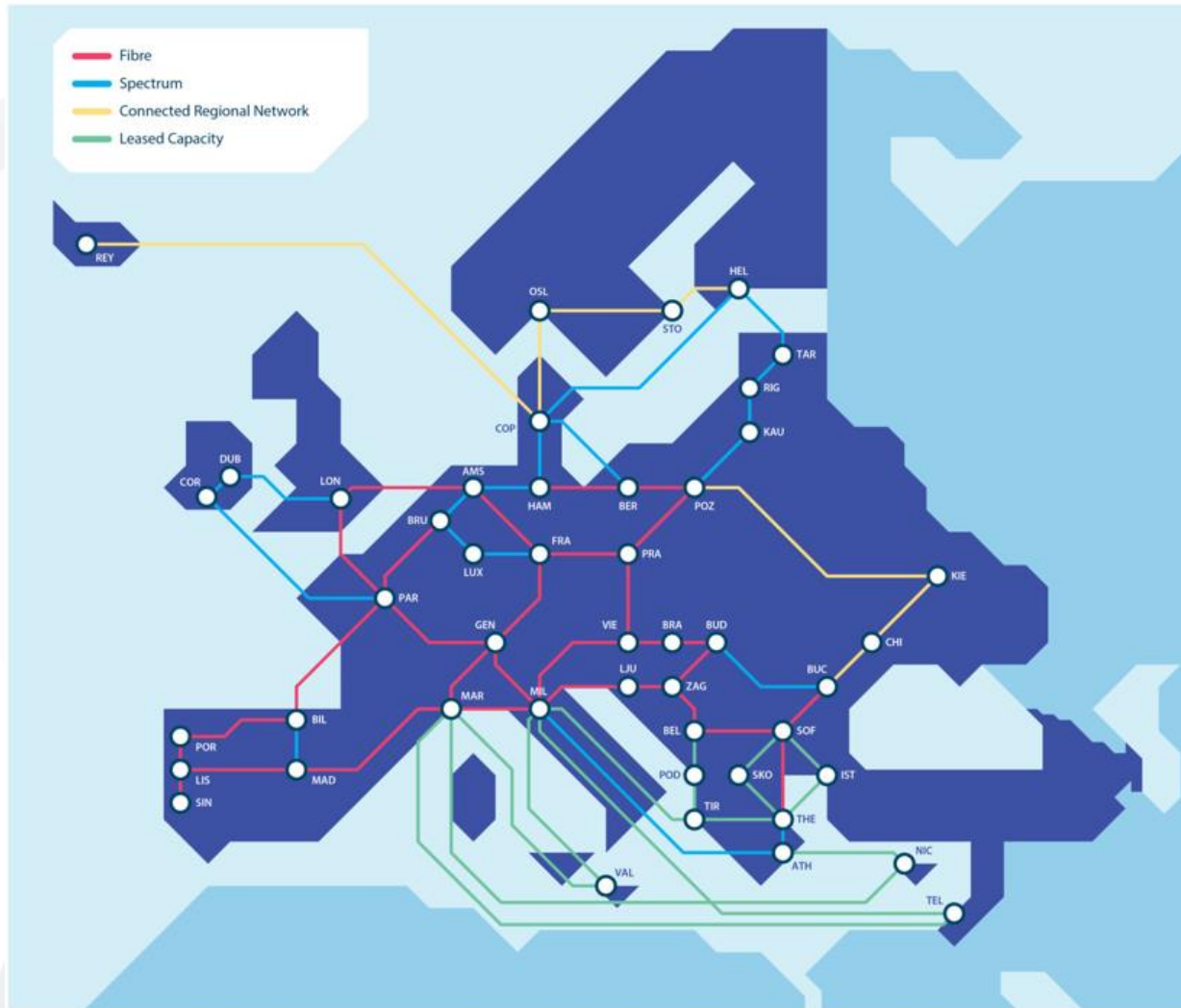
36+ NREN-ov

3.000+ raziskovalnih in  
izobraževalnih organizacij

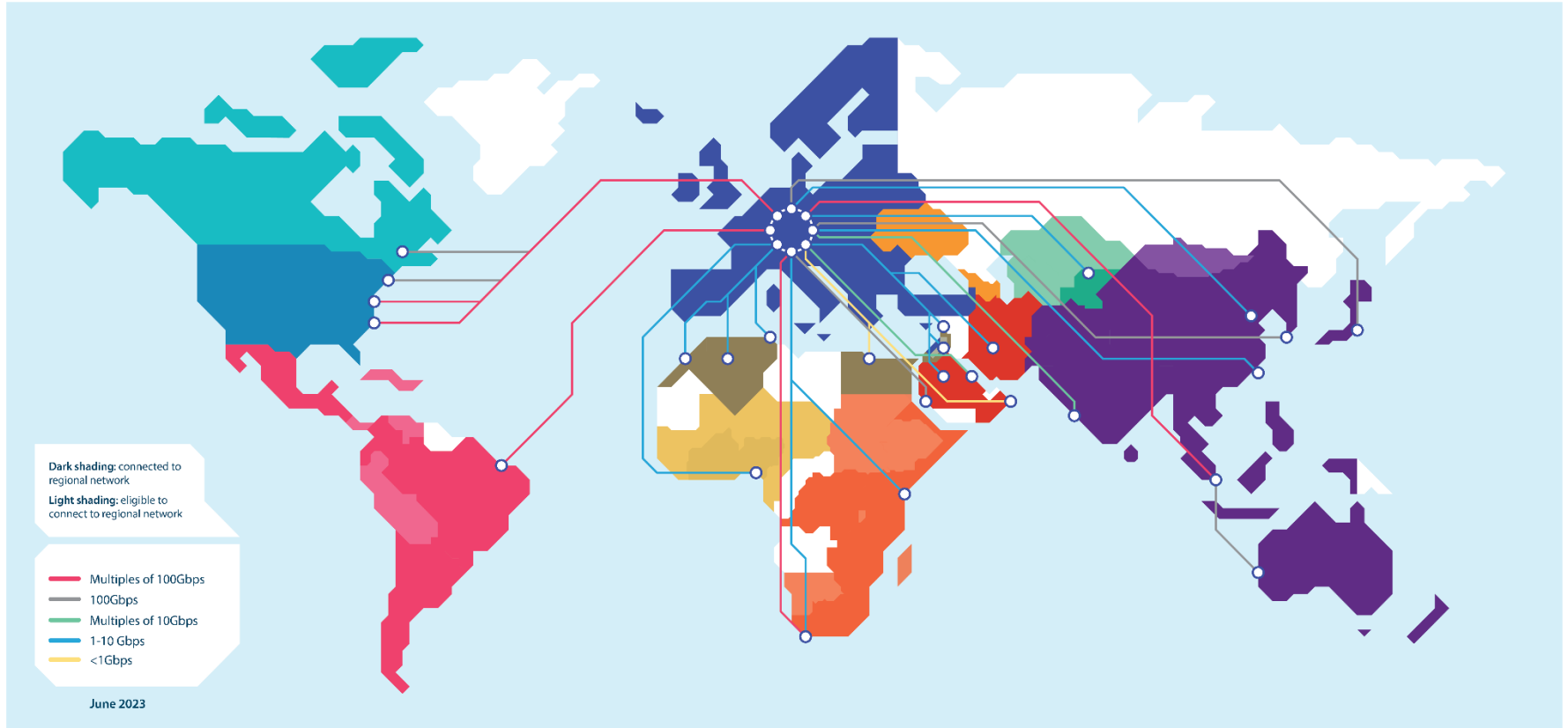
40+ M uporabnikov



# Evropsko omrežje - GÉANT



# AT THE HEART OF GLOBAL RESEARCH AND EDUCATION NETWORKING



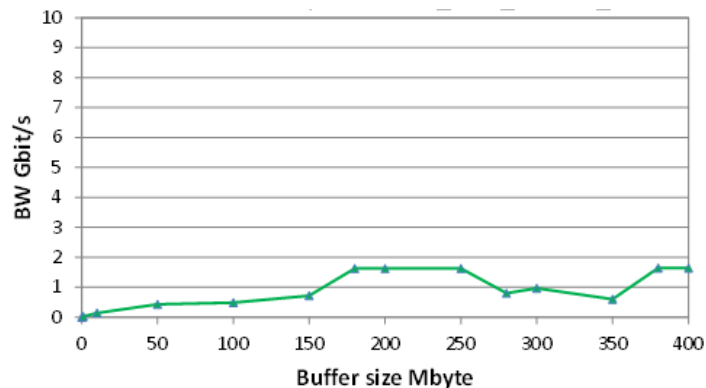
Canada & USA    Latin America    Europe    North Africa & Eastern Mediterranean    West & Central Africa    Eastern & Southern Africa    Central Asia    Asia-Pacific    Other R&E Networks



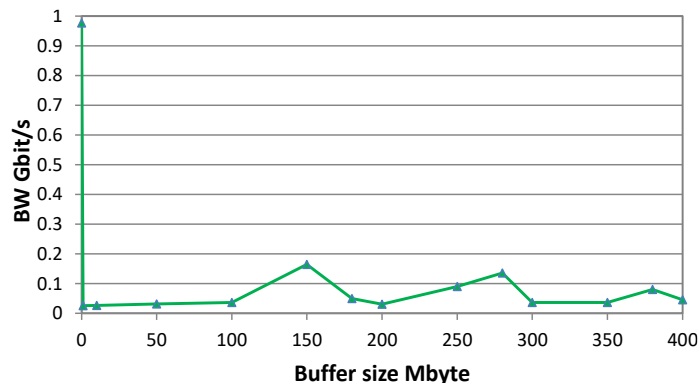
# Optimizirano za velike prenose

## Javni internet

### Ženeva - Canberra

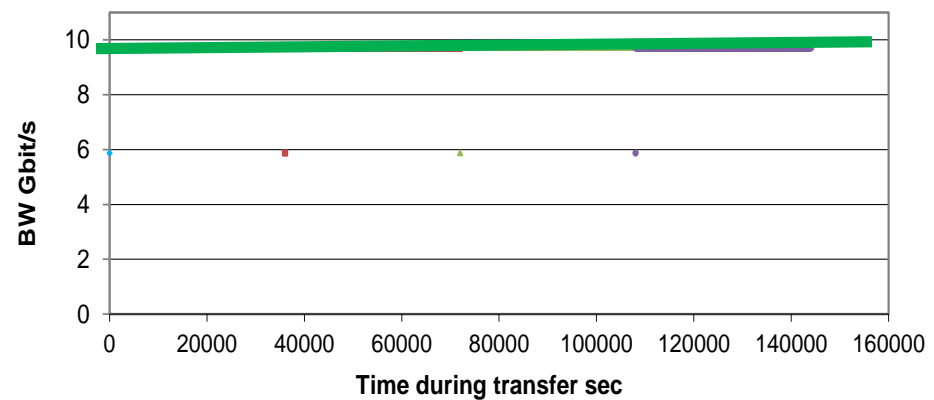


### Ženeva - Canberra



## GÉANT + R&I omrežja

### Geneva – Canberra: GÉANT + R&I omrežja

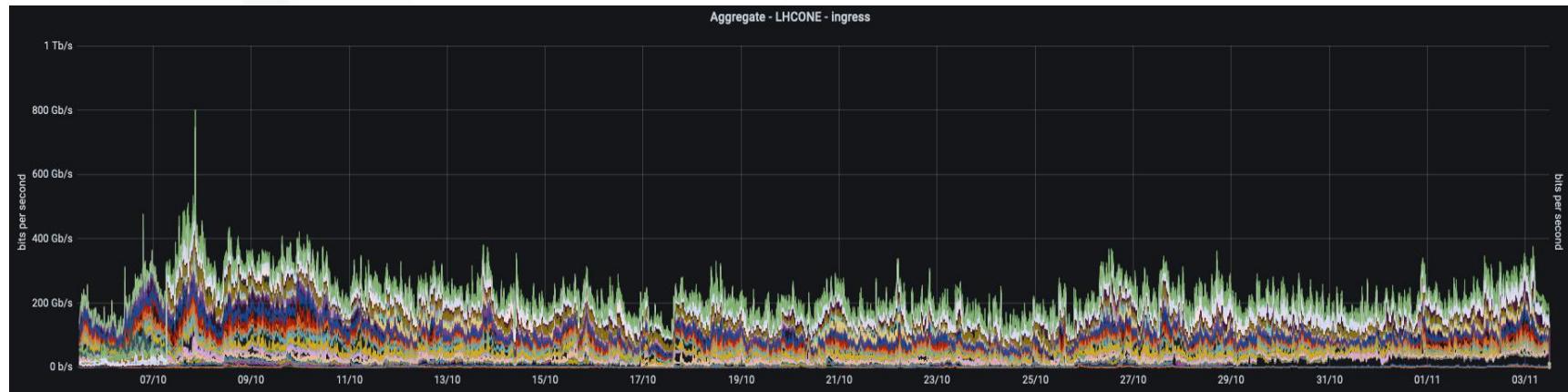
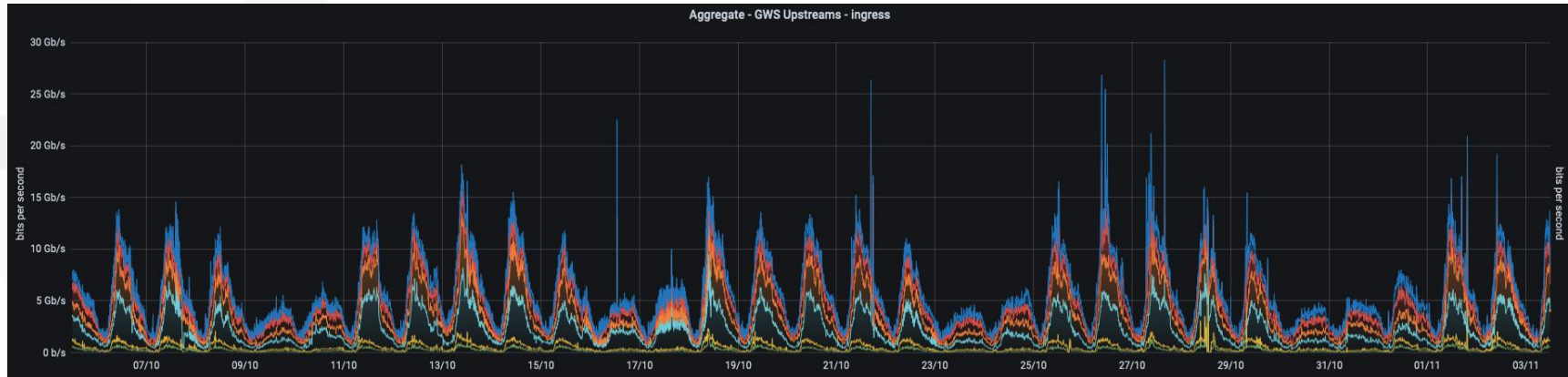


R&I omrežja so načrtovana za različne namene kot internet

Comparative Times for a 100TByte data transfer.

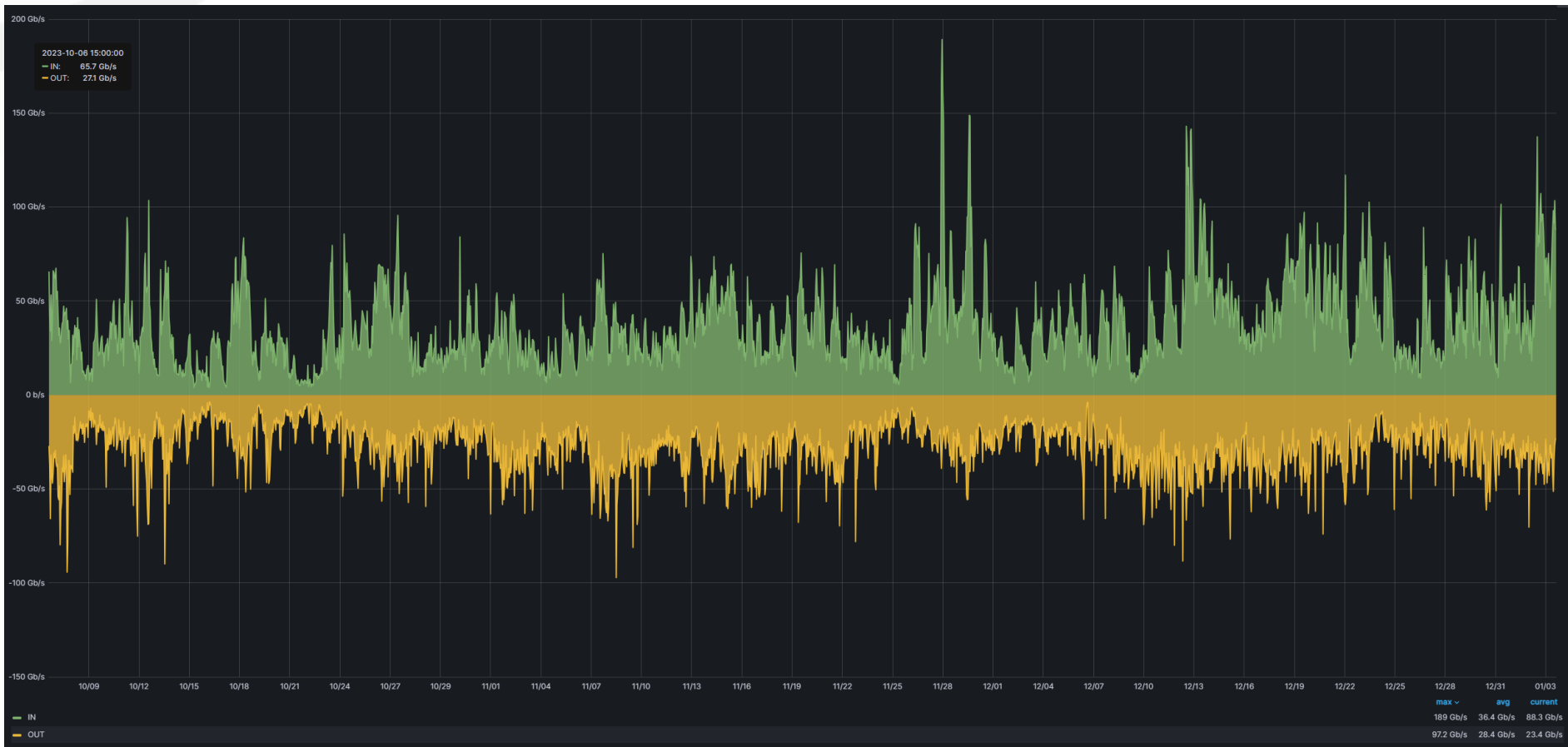
File Size (TB)	Data rate (Gbit/s)	Time taken (Hours)	Time Taken (Days)	
NREN	100	9.27	34.0	1.4
ISP A	100	1.72	183.2	7.6
ISP B	100	0.11	2864.3	119.3

# Niso vse „živali“ enake

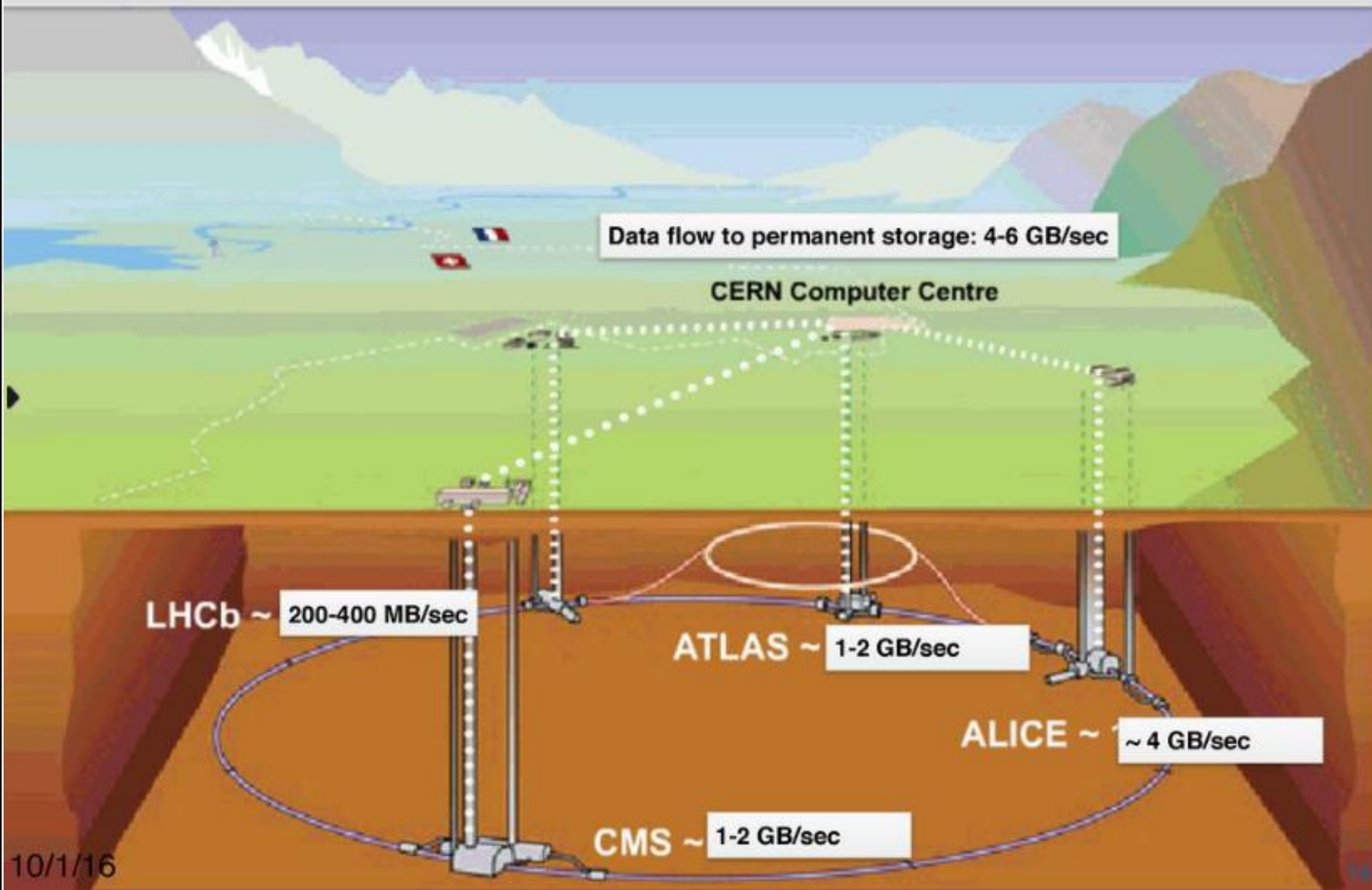




# Omrežje Arnes : promet v/iz



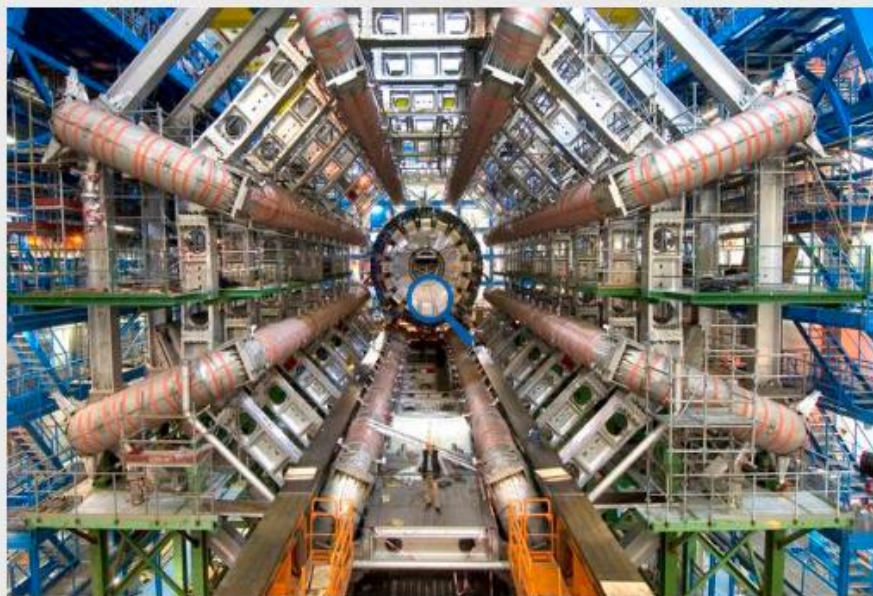
# Data Collection and Archiving at CERN



# V Cernu pravijo, da so ulovili delec, ki je skoraj zanesljivo Higgsov bozon

Odkrit je še zadnji manjkajoči delec fizikalne standardne teorije. Samo milijoninka je verjetnosti, da so izmerili nek šum.

G. P. znanost, S. M., Delo.si  
sre, 04.07.2012, 08:00; spremenjen: 13:15



Pospeševalnik delcev Foto: arhiv Cern

Ženeva –Raziskovalci v velikem hadronskem trkalniku (LHC) v Cernu so danes predstavili najnovejše rezultate raziskav o zdaj najbolj iskanem delcu v fiziki, o Higgsovem bozonu oziroma tako imenovanem božjem delcu, ki poskrbi za to, da imajo osnovni gradniki snovi maso.

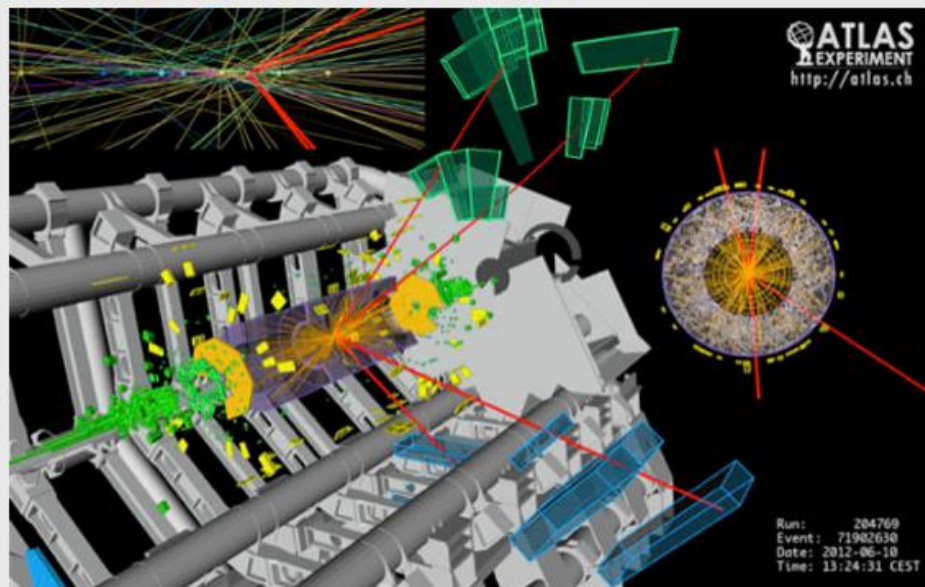
Odgovarjali so na »izziv«, ki so ga v ponedeljek dobili od ameriških kolegov, ki delajo na pospeševalniku delcev Fermilab. Američani so namreč sporočili, da so našli »močne znake« o obstoju Higgsovega bozona, vendar čakajo še na podatke iz Evrope, ki bi potrdili njegovo morebitno odkritje.

*Daily Telegraph je že sinoči povzel urednico Science News Kate Travis in objavil povezavo do videa, ki naj bi ga Cern po nesreči predčasno objavil. V njem je predstavnik ustanove Joe Incandela potrdil, da so našli delec, ki naj bi bil nekaj takega, kot je Higgsov bozon. Na Guardianovi spletni strani pa si lahko ogledate še video o lovu na Higgsov bozon. Na spletni strani Mother Board si lahko ogledate tudi, kaj bi pomenila najdba*

# Odkrivanje Higgsovega bozona tudi z razpršenim superračunalnikom

Računalniki, povezani v svetovno omrežje grid, obdelujejo podatke, ki jih dobijo na velikem hadronskem trkalniku v Cernu.

Andrej Filipčič, Znanost  
sre, 18.07.2012, 18:00



Grafični prikaz izmerjenega trka protonov v detektorju ATLAS. Rdeče črte označujejo rekonstruirane poti mionov skozi detektor. Dva para mionov sta nastala pri razpadu dveh šibkih bozonov Z, razpadnih produktov Higgsovega bozona, ki je nastal ob trku protonov v središču detektorja. Analiza prikazanega ter ostalih dogodkov je bila izvedena v omrežju grid Foto: ATLAS

Ob velikih znanstvenoraziskovalnih projektih v Evropi, kakršen je veliki hadronski trkalnik v Cernu, je zraslo svetovno omrežje grid, ki združuje računske kapacitete raziskovalnih institucij in univerz. Slovenija je v razvoj omrežja vključena že od leta 2004, od leta 2010 pa je demonstracijska gruča na Arnesu na voljo tudi vsem slovenskim raziskovalcem.

»Mislim, da ga imamo«, je vzkliknil Rolf Heuer, generalni direktor evropskega

*Iz detektorja ATLAS v dobri uri zajamemo količino podatkov, ki napolni trdi disk, njihova sprotna obdelava pa teče na 3000 jednih računskega centra v Cernu. To je le prva stopnja računanja. Nadaljnja obdelava podatkov in simulacije Monte-Carlo pa zahtevajo še mnogo več. V ilustracijo naj povemo, da računalniška simulacija enega trka protonov pri eksperimentu ATLAS zahteva dobrih petnajst minut računanja enega jedra, nekaj milijard simuliranih dogodkov*

# Superračunalniki

- Zakaj?



# Kje so superračunalniki?



- **Evropa ([eurohpc-ju.europa.eu](http://eurohpc-ju.europa.eu)):**

- LUMI (375 petaflopsov)
- LEONARDO (249 petaflopsov)
- MARENOSTRUM 5 (205 petaflopsov)
- VEGA (6,9 petaflopsov)
- MELUXINA (12,8 petaflopsov)
- KAROLINA (9,6 petaflopsov)
- DISCOVERER (4,5 petaflopsov)
- DEUCALION (7,2 petaflopsov)
- JUPITER (1 eksaflop)




- **Slovenija ([doc.sling.si](http://doc.sling.si)):**

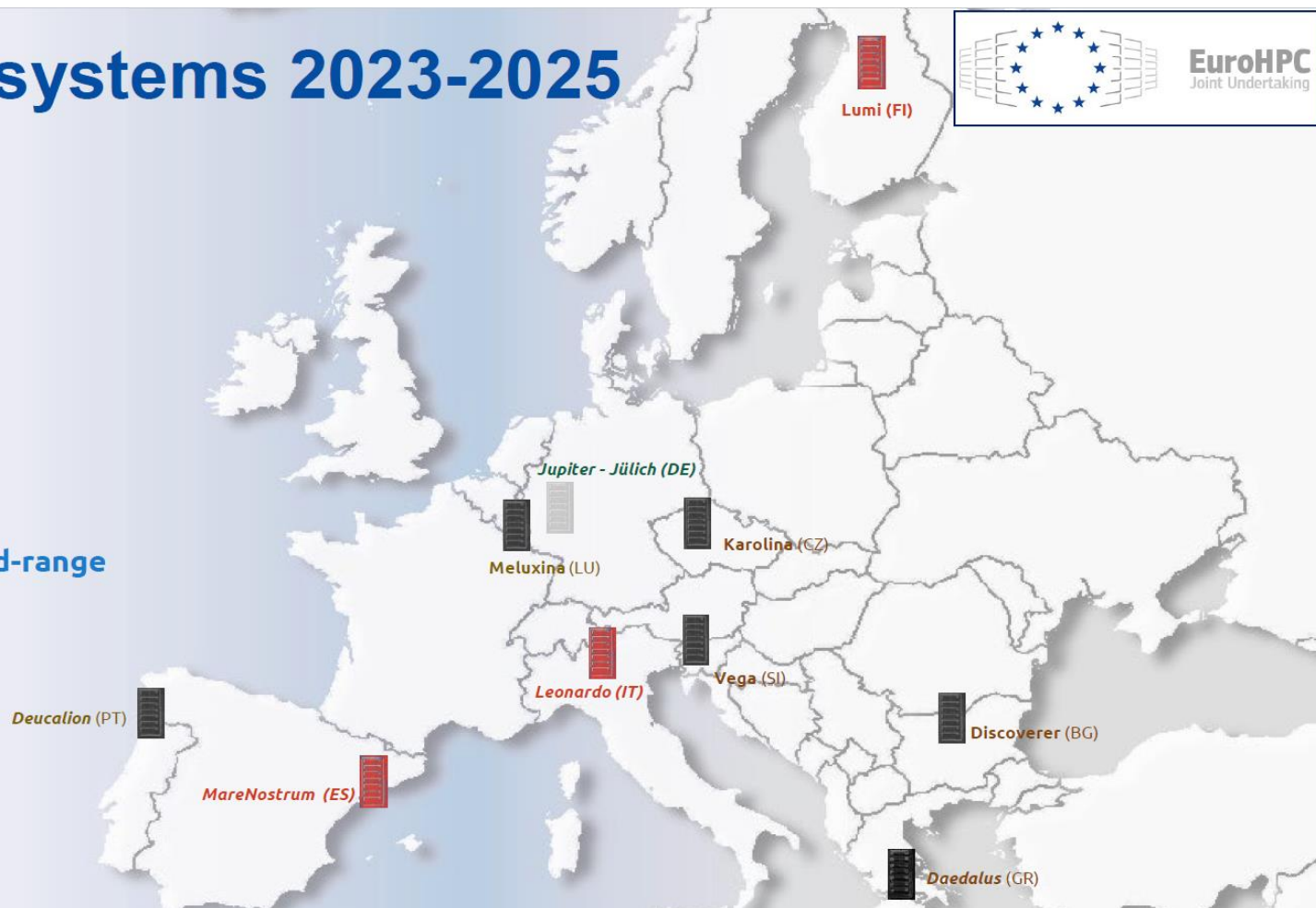
- Univerza v Mariboru (Maister)
- Institut "Jožef Stefan,, (NSC)
- Arnes
- Fakulteta za informacijske študije Novo mesto (Trdina)
- Institut informacijskih znanosti (EuroHPC Vega)

# Superračunalniki

## EuroHPC systems 2023-2025



-  Exascale
-  Pre-exascale
-  Petascale / Mid-range



# EuroHPC Vega

- **Institut informacijskih znanosti (IZUM) v Mariboru**
- **6,92 petaflopsov (3,82 CPU + 3,1 GPU)**
- **Prvi operativni EuroHPC JU sistem**
- **ATOS Sequana XH2000**
- **1.020 računskih vozlišč, Infiniband 100 Gb/s**
- **18 PB Large Capacity Storage Ceph**
- **1 PB High Performance Storage Lustre**
- **Poraba energije < 1 MW,**
- **Hiperpovezanost 600 Gb/s**
- **april 2021 : #60 v EU, #198 globalno (top 500)**







# Oblaki na Arnesu

- Strežniki + storitve, hramba podatkov



# Izgradnja novih podatkovnih centrov



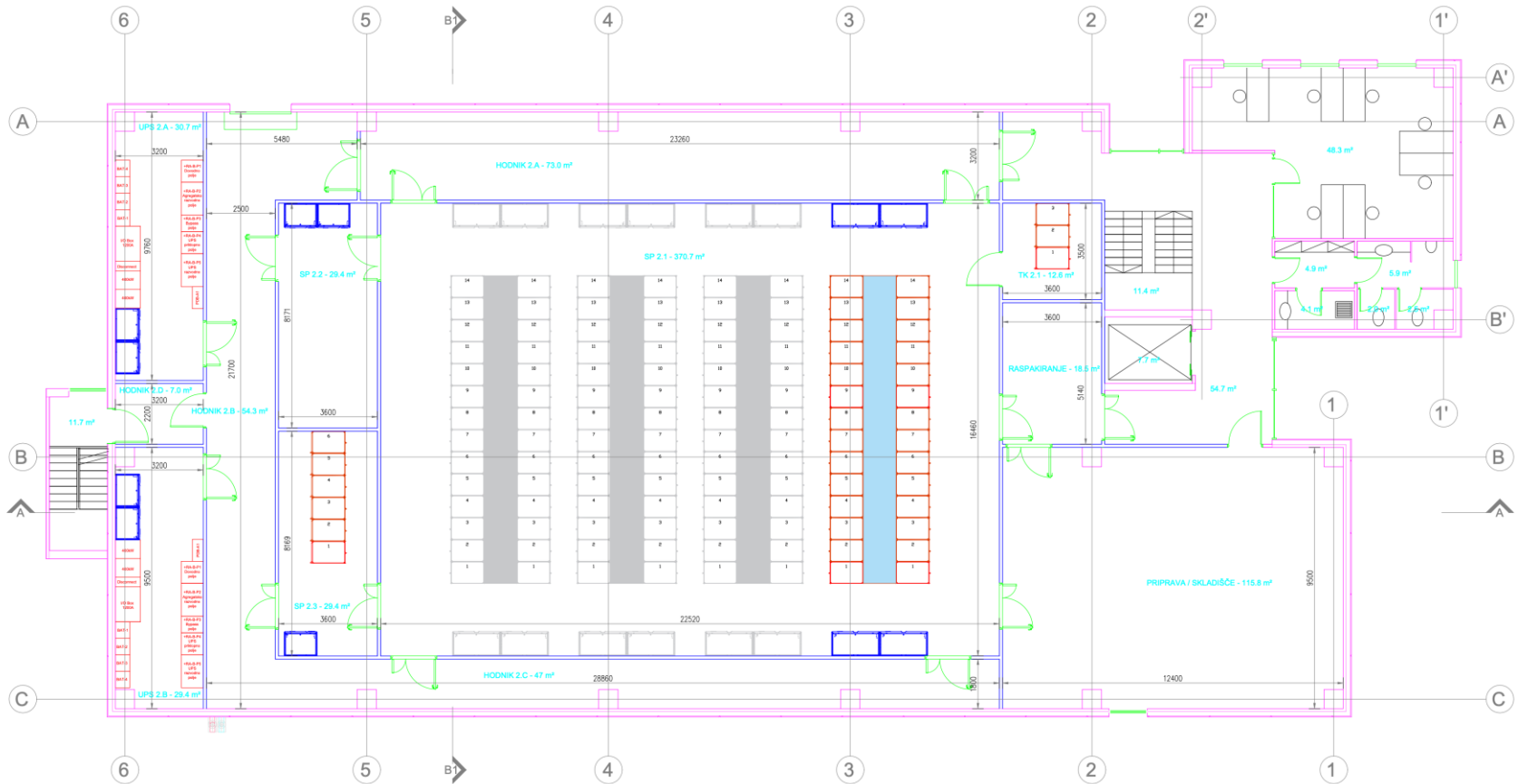
*Okolica Ljubljane*

# Izgradnja novih podatkovnih centrov



*Okolica Maribora*

# Podatkovni center - shema



# Storitve (Arnes)

- Povezljivost: IPv4, IPv6, multicast, namenske povezave
- Mobilnost: ArnesAAI, Eduroam
- SaaS:
  - e-pošta/WebMail, Spam filter, CMS-WordPress, analitika, Učilnice, Filesender, Planer, FTP...
  - Multimedija: videokonference, prenosi v živo, VoD
- PaaS: MDM (e-identitete), Grid/HPC
- IaaS: strežnik po meri, shramba (diski)
- NGI: Nacionalna Grid Iniciativa
- Varnost: Si-Cert, digitalna strežniška potrdila
- SIX, registracija domen .SI + DNS
- Podpora uporabnikom, izobraževanje, konference
- Razvoj (mednarodno sodelovanje!)



# Računske zmogljivosti

- Strežnik po meri
  - 4vCPU/8GB RAM/160GB
    - Možnost povečanja kvote
  - Namestitev (poljubnega) OS [licence]
  - Samostojno upravljanje
- HPC: 9.600 jeder
  - 6.500 na „običajnih“ CPU
  - 1.100 na NVIDIA GPU
    - 48 \* V1005
    - 16 \* H100



# Diskovne zmogljivosti

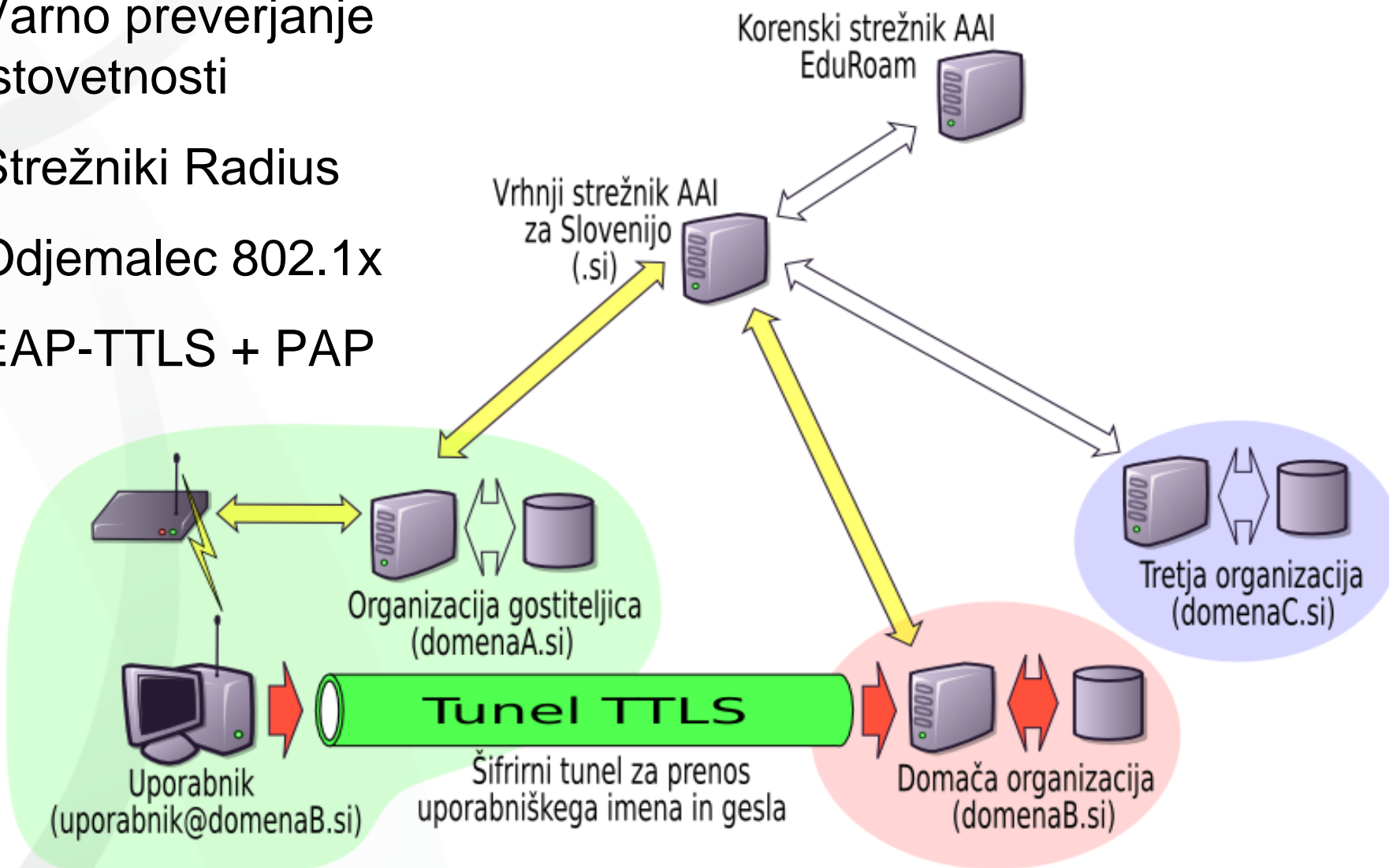
- Strežnik po meri : 80 TB
- Arnes shramba (CEPH/S3) : 1,2 PB
- Arnesova gruča GRID/HPC/HTC/GPU
  - 2 PB (dCache, cache)



# Mobilnost: WLAN

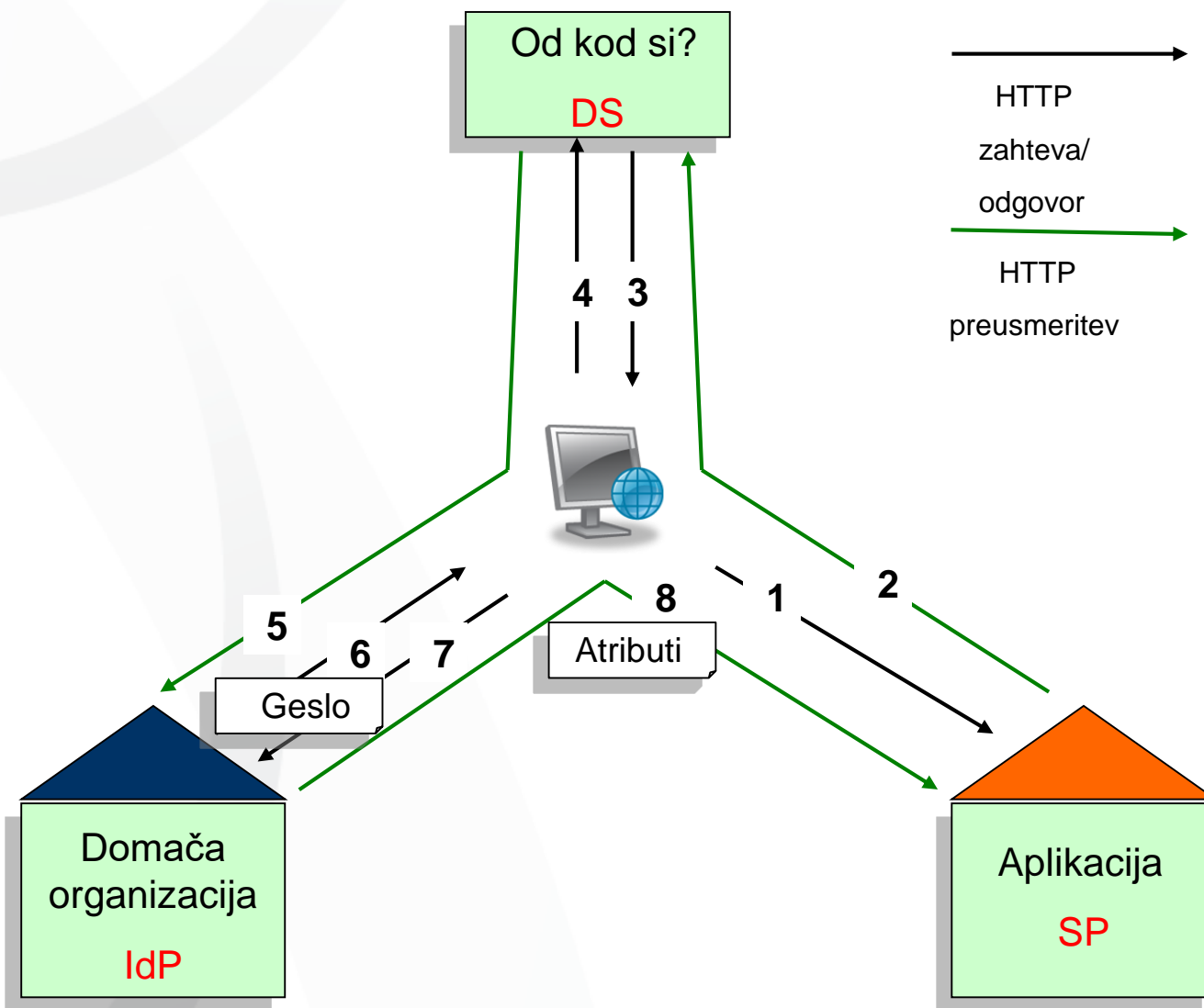


- Varno preverjanje istovetnosti
- Strežniki Radius
- Odjemalec 802.1x
- EAP-TTLS + PAP





# Shema uporabe AAI




# Predavanje na daljavo v predavalnico

Kako varno mimo čeri interneta?

varna\_raba\_12-13.pdf Full Screen

## Jutranja kava ☺



Events Index

Search

Filter Events ▾

- Chat Messages
- Camera

▼ **Predavanje [0:00:00]**

- ;-)
- tista stran od PayPal ni bila ...
- stric Google ;-)
- User [Andrej Flogie] has left t...

Kamera in zvok

Benjamin L...

Andrej Flogie

Seznam udeležencev (6)

▼ Hosts (1)

- Benjamin Lesjak

▼ Presenters (2)

- Andrej Flogie
- vika FM

▼ Participants (3)

- Ivana
- Laura
- varno

Klepet (Everyone)

Benjamin Lesjak: pozdrav in dobrodošli

vika FM: hojla

Andrej Flogie: lep pozdrav iz celja:9

Andrej Flogie: Upam, da

0:00:43/1:13:08

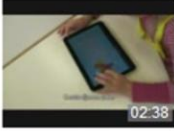
# VoD – Video portal


Video portal    MCU videokonference    VOX spletne konference    Prijava    SLO


**arnes** VIDEO


Arnes > Video portal


Najnovjši    Najbolj gledani    Priporočeni    Najbolje ocenjeni


 **Uporaba tabličnega računalnika SLOVENŠČINA**  
Bojan Tuta 10.02.2012  
Slovenščina  
36088 ogledov  
1 glasov »Všeč mi je«

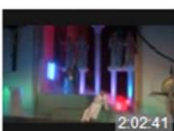
 **Uporaba tabličnega računalnika SLOVENŠČINA**  
Bojan Tuta 06.02.2012  
Slovenščina  
14692 ogledov  
0 glasov »Všeč mi je«


 **Najava konference SIRikt 2012**  
SIRikt SIRikt 28.02.2012  
Izobraževanje učiteljev  
8824 ogledov  
0 glasov »Všeč mi je«


 **vaja za opero Orfej, I. del**  
Miran Slobodjanac 26.04.2012  
Glasba  
4823 ogledov  
0 glasov »Všeč mi je«

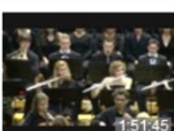
 **SIRikt 2012 Na poti k e-kompetentni šoli - četrtak**  
SIRikt SIRikt 22.03.2012  
Računalništvo in informatika  
3591 ogledov  
0 glasov »Všeč mi je«

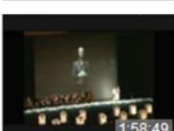
 **SIRikt 2012 Anketa**  
SIRikt SIRikt 04.06.2012  
Računalništvo in informatika  
2582 ogledov  
0 glasov »Všeč mi je«


 **Orfej\_Ptuj**  
Miran Slobodjanac 02.07.2012  
Glasba  
2398 ogledov  
1 glasov »Všeč mi je«

 **Sirikt 2012 Na poti k e-kompetentni šoli - petek**  
SIRikt SIRikt 24.03.2012  
Računalništvo in informatika  
1910 ogledov  
0 glasov »Všeč mi je«

 **Ivan Pepelnjak: Skip the transitions, jump straight into IPv6 waters**  
Arnes Video Admin 18.10.2012  
Računalniška omrežja  
1267 ogledov  
0 glasov »Všeč mi je«

 **Gostovanje, Francija, LeTouquet, Paris Plage, 20.04.2012**  
Miran Slobodjanac 25.04.2012  
Glasba  
1186 ogledov  
0 glasov »Všeč mi je«

 **Podelitev diplom junij 2012**  
Matjaž Rebolj 19.06.2012  
Družba  
1039 ogledov  
0 glasov »Všeč mi je«

 **STAVKA na FF**  
Matjaž Rebolj 19.04.2012  
Družba  
1021 ogledov  
0 glasov »Všeč mi je«

**Arnes novice**

03.12.2012  
**Na Arnesu kar 20 GB prostora za vašo elektronsko pošto**  
Ob 20-letnici delovanja Arnesa smo prostor, namenjen vaši elektronski pošti in p...

27.11.2012  
**Prenos konference Mreža znanja v živo (29. 11. 2012)**  
V četrtek, 29. novembra 2012, lahko med 9.00 in 17.30 uro preko spleta v živo sp...

27.11.2012  
**Posnetek okrogle mize o upravljanju interneta z vidika WCIT-12**  
V ponedeljek, 26. novembra 2012, je na Ministrstvu za izobraževanje, znanost, ku...

23.11.2012  
**Prenos okrogle mize o upravljanju interneta z vidika WCIT-12**  
V ponedeljek, 26. novembra 2012, si boste lahko ob 15.30 uri ogledali prenos okr...

# Elektronska pošta

# 20 GB

- PoP/IMAP/WebMail
- 2022:
  - 2,2 milijarde SMTP povezav
  - 140 milijonov sporočil
  - 62,4 milijonov spam-a: 99,999% zanesljivost
  - 719 dopisnih seznamov
  - 241.000 uporabnikov



# DNS

- Primarni za .SI
- SaaS za organizacije
- Rekurzivni DNS-i
  - 4.700 poizvedb/s
  - konice do 38.000/s
  - 148 milijard na leto!



drag & drop your files here

# 100 GB

Clear all

Select files

From : @arnes.si

File Encryption

Expiry date:

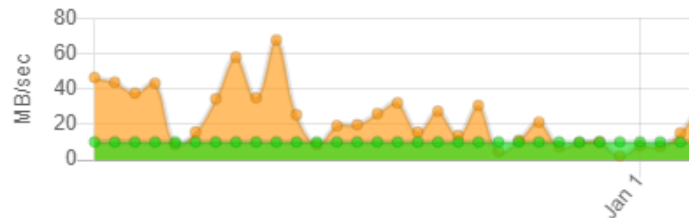
- Notify me when expired
- Notify me when upload is done
- Notify me upon downloads
- Send me a report when expired
- Get a link instead of sending to recipients

[Advanced settings](#)



Send

Global Average Upload Speed of Files over 1 GB



■ Encryption in transit & rest ■ Encryption in transit

# Pomen zanesljivosti delovanja

- Nujnost delovanja storitev
- Kako zagotoviti razpoložljivost?
  - Profesionalnost kadrov
  - Kakovostna oprema
  - Redundanca
  - Nadzor sistemov
  - Dežurna služba



# Redundanca v sistemskem prostoru

- **Infrastruktura**

- Zanesljiva električna (dve veji; UPS, agregat), hlajenje
- Podvojena stikala Ethernet
- Podvojen požarni zid
- Podvojen porazdelilnik bremen
- Podatkovne rešitve
  - Diskovna polja (dvojni krmilniki, RAID, sinhronizacija, Snapshot)
  - Podvojena stikala FC
  - Sistemi za varnostne kopije (disk to disk, disk to tape/LTO)
- DNS

- **Strežniška tehnologija, aplikacije**

- Dvojno povezani strežniki (napajanje, Ethernet, FC) ; ILO
- Virtualizacija: mobilnost VM (VMWare, Ovirt) ; VMWare SRM za register
- Redundantnost vgrajena v aplikacije
  - LDAP, baza, e-pošta...
- Redundanca na osnovi DNS (round robin po zapisih MX, A/AAAA)
- Redundanca z uporabo porazdelilnika bremen





# Omrežje ARNES - storitve

- Hibridni model omrežja
  - Prenos prometa IP
    - IPv4, IPv6
    - QoS (prioritete, prepustnost...), multicast...
  - Povezave točka-točka
    - zahtevni projekti: fizika (IJS, Cern), kemija, genetika, klimatologija, astronomija, medicina...
    - HPC v MB!
    - Povezave do redundantnih rač. centrov (IZUM, NUK...)
    - Porazdeljeno izvajanje koncertov - z več lokacij
- Slovenija, EU, svet (omrežja GÉANT, I2...)



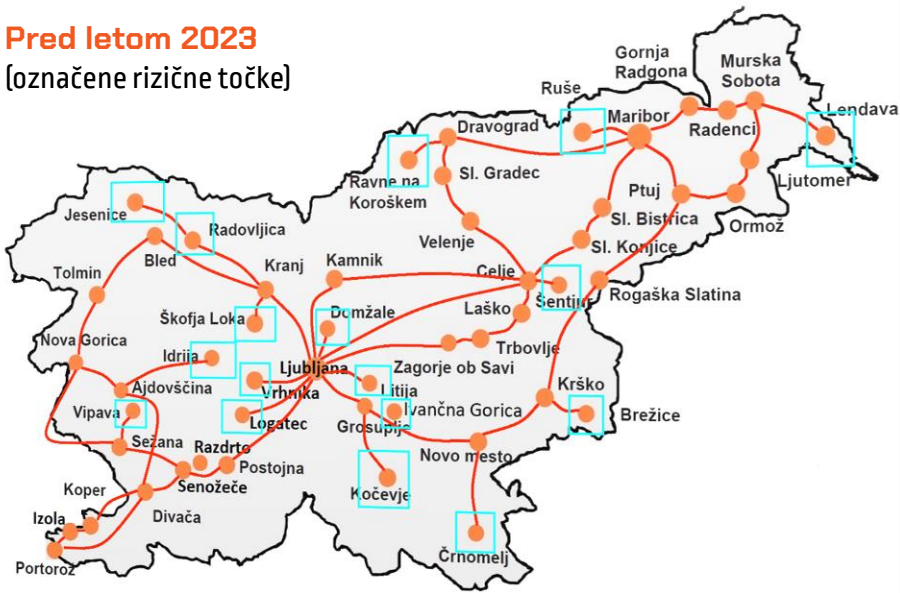
# Redundanca v omrežju

- Vozlišče povezano na dve sosednji
  - En usmerjevalnik na dve vozlišči
  - Dva usmerjevalnika, vsak na eno
- Povezave točka-točka
  - Podvojene povezave (2 ločena sistema)
    - Podvojenost lokalnih zank!
  - Ena povezava, ščiten v DWDM omrežju



# Posodobitev optične hrbtenice

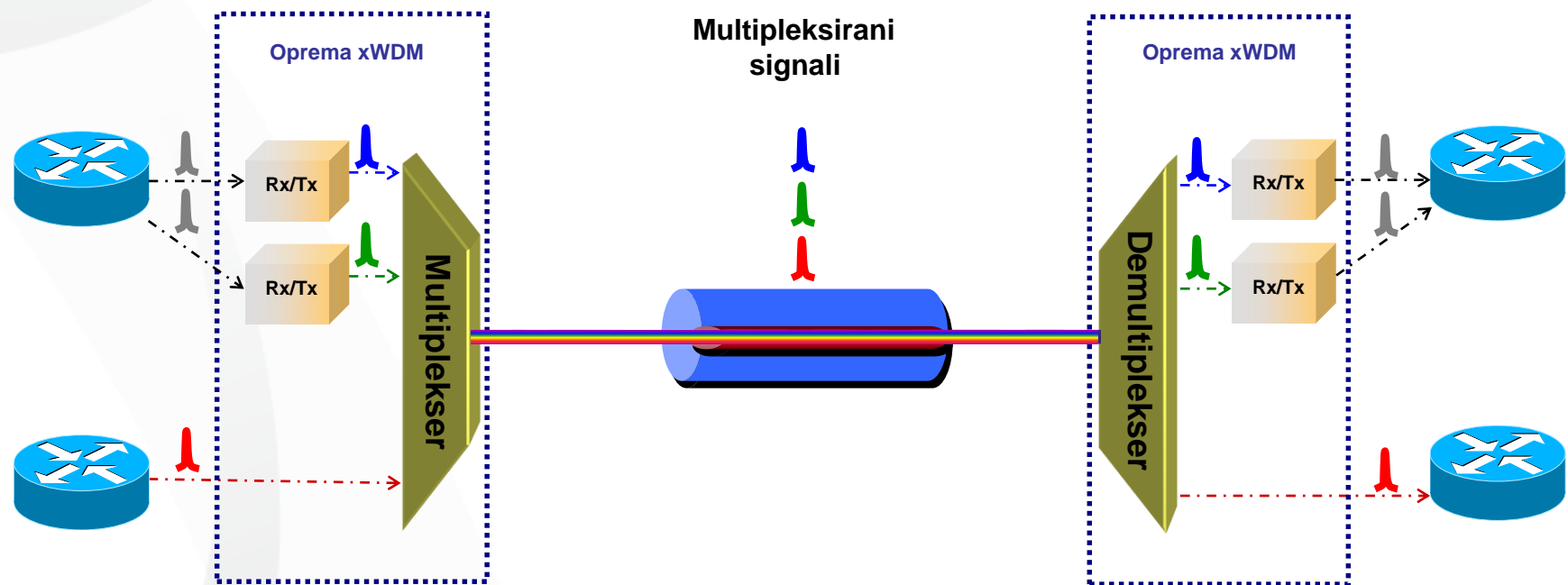
**Pred letom 2023**  
(označene rizične točke)



**V letu 2023**  
(brez rizičnih točk)



# xWDM: več signalov preko enega vlakna

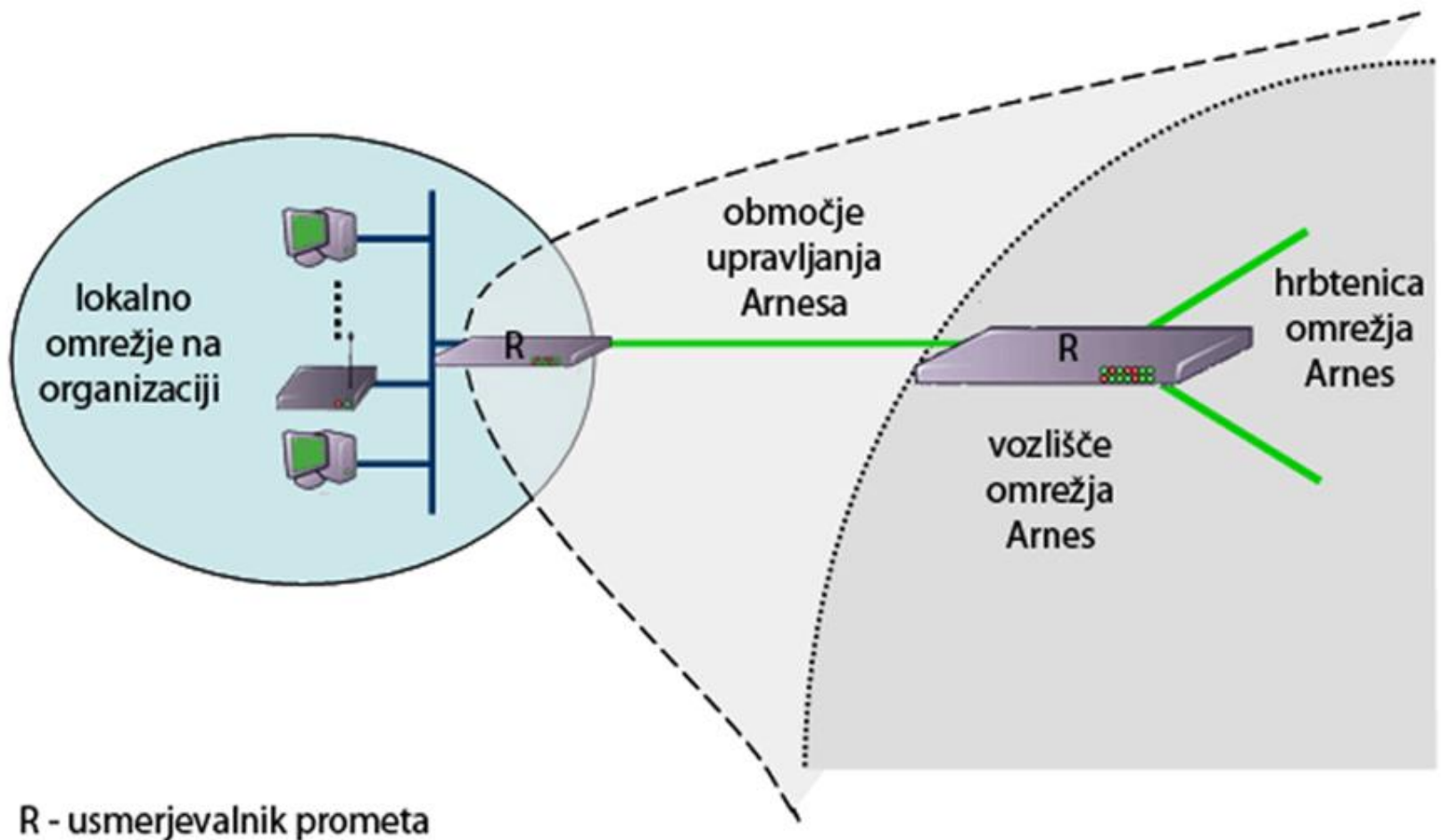


# Kaj upravljati?

- Omrežje je kompleksen sistem
  - Nekaj deset tisoč naprav, množica stanj
  - Velika raznolikost
    - Usmerjevalniki
    - Ethernet stikala
    - xWDM oprema
    - Sistemi za napajanje (UPS, agregat...)
    - Pretvorniki/modemi
    - Dostopovne točke
  - Povezave med napravami



# Do kod upravljati?



# Upravljanje omrežja

- Konfiguracije omrežnih naprav
  - Priprava, vzdrževanje, shranjevanje
- Stabilnost delovanja
  - Nadzor stanja, odprava napak...
- Varnost
  - Kontrola dostopa, odkrivanje anomalij...
- Zmogljivost
  - Omrežnih naprav
  - Povezav
  - Mehanizmov QoS
- Beleženje
  - Zbiranje podatkov
  - Izdelava statistik...



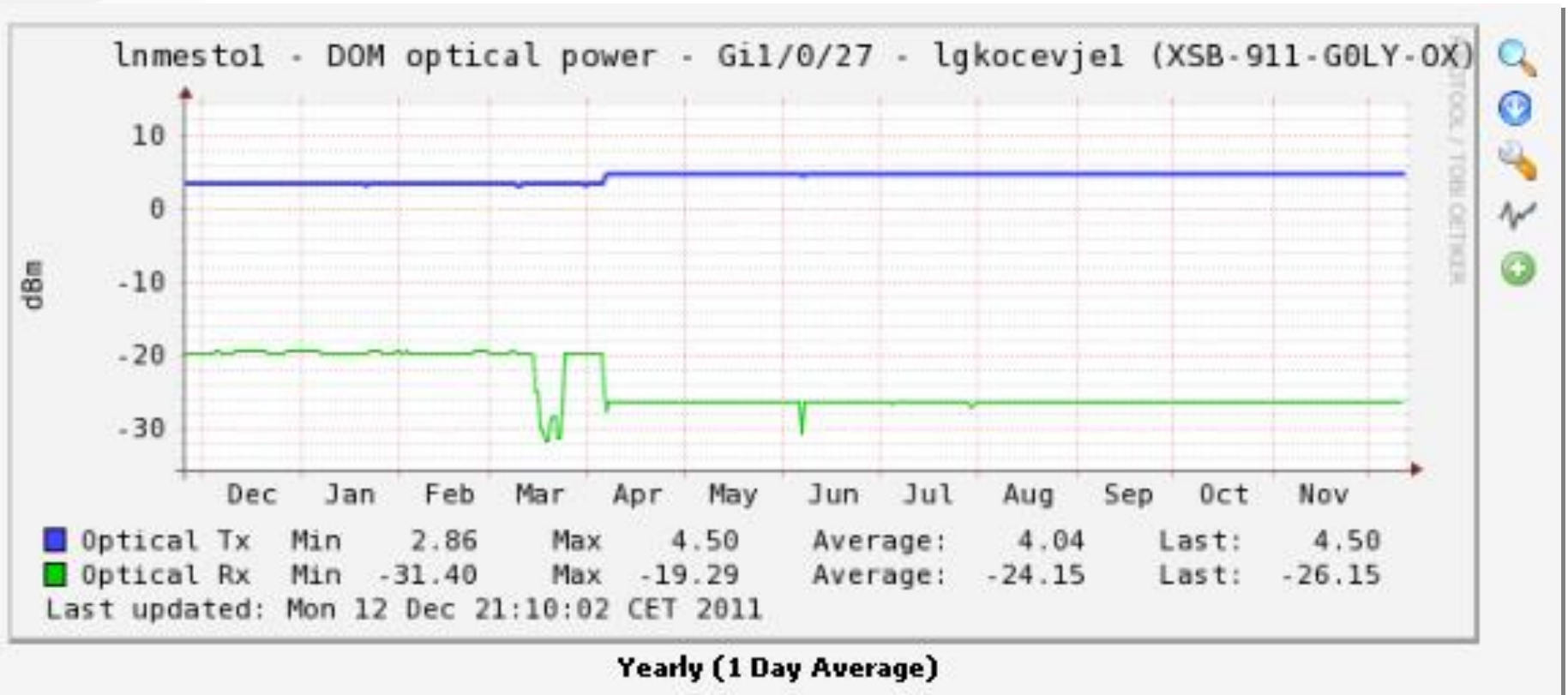
# Orodja - uporaba

- Shranjujemo/spreminjamo konfiguracije
- Zajemamo podatke (promet, napake, CPU...)
- Rišemo grafe, topologijo omrežja
  - Stanje
  - Trendi
- Zaznavamo probleme
  - Ob prekoračitvi neke vrednosti
  - Ob nedosegljivosti naprave...
  - Ob nekem sporočilu
  - Avtomatsko obveščanje: e-pošta, SMS...
- Odkrivamo vzroke za probleme (debugging)





# Primer: optični signal – Rx moč

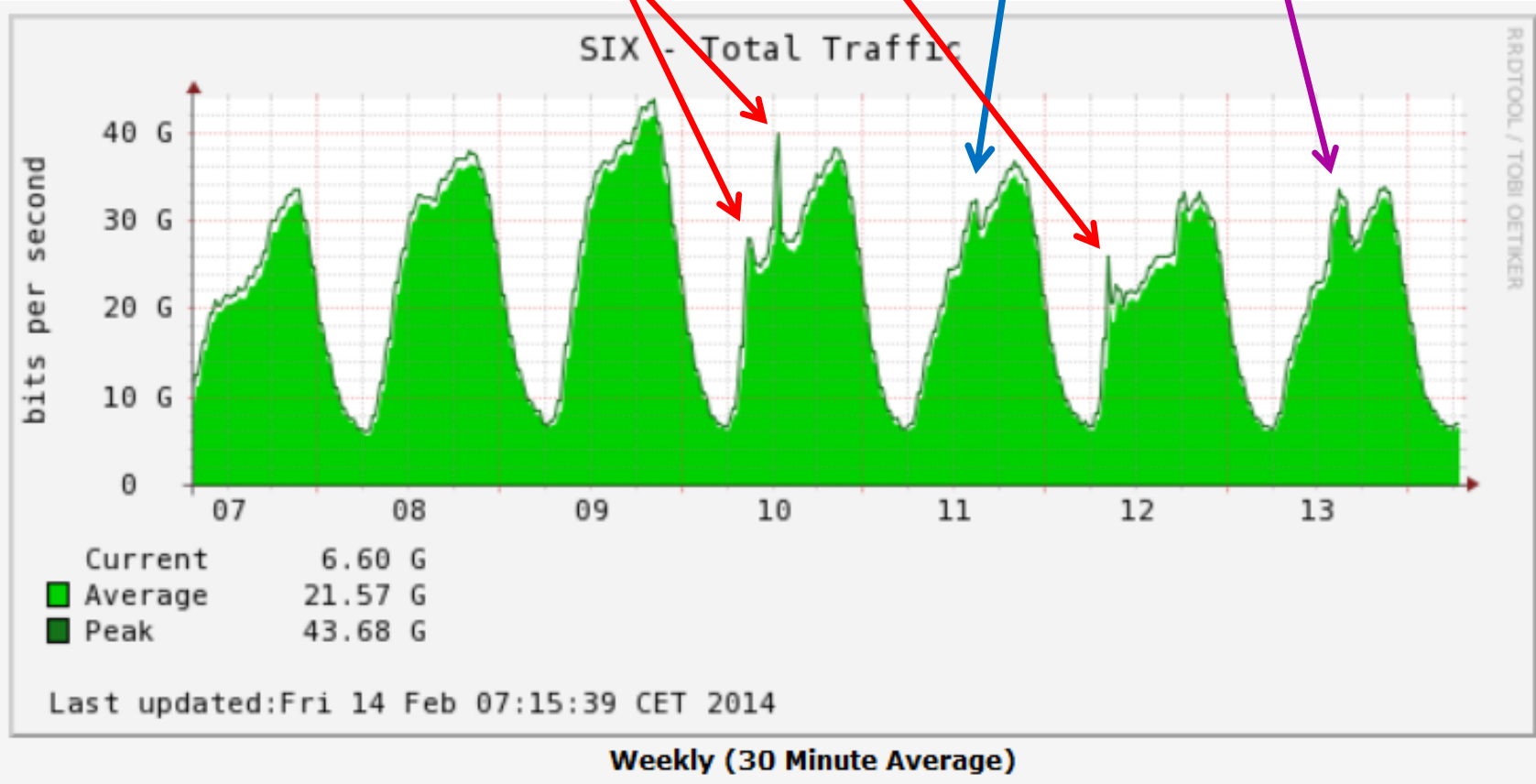


# SIX – OI Soči 2014

**Vesna Fabijan**  
tek na smučeh - šprint

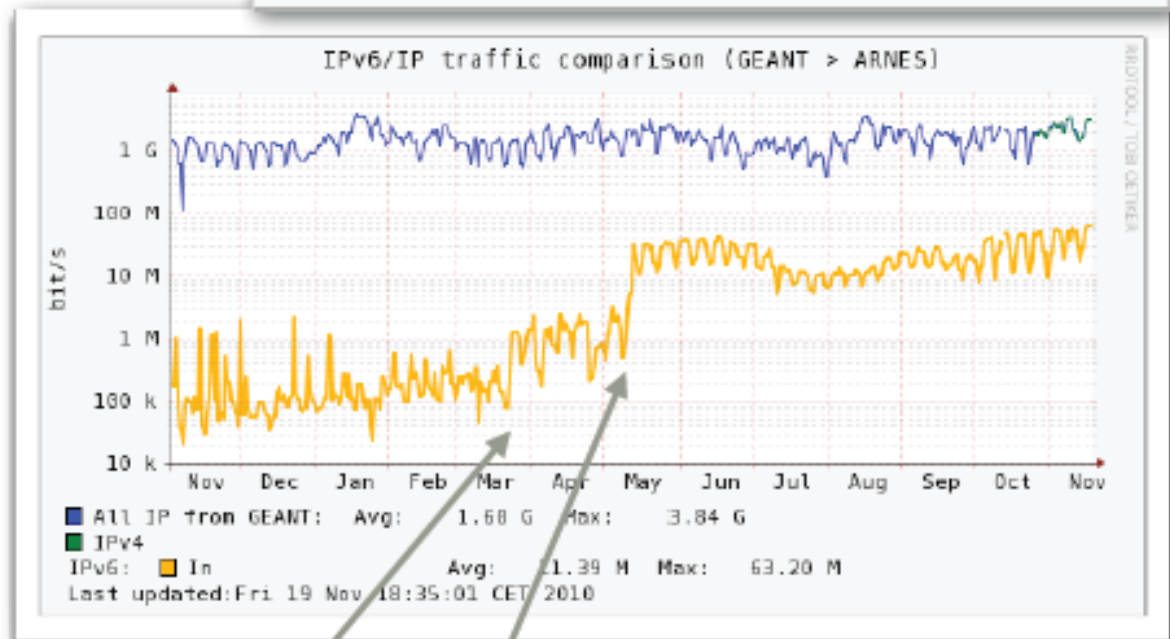
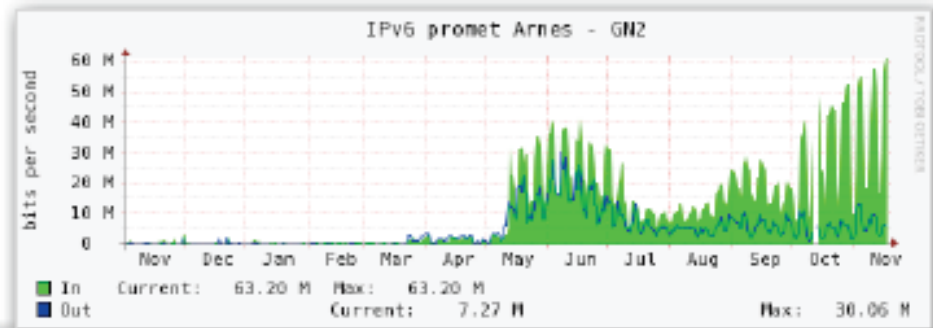
**Tina Maze**  
kombinacija smuk

**Hokej Slovenija-Rusija**



# Primer grafa – porast prometa IPv6

- promet počasi in stalno narašča
- pred enim letom (11/2009)
  - **1:7.000**
- danes (11/2010)
  - **1:70**



štud.domovi google

# Orodja - osnovna

- “Enostavna” orodja
  - Ping
  - Traceroute
- Oddaljen dostop (ssh, telnet) + CLI
- SNMP
- Syslog



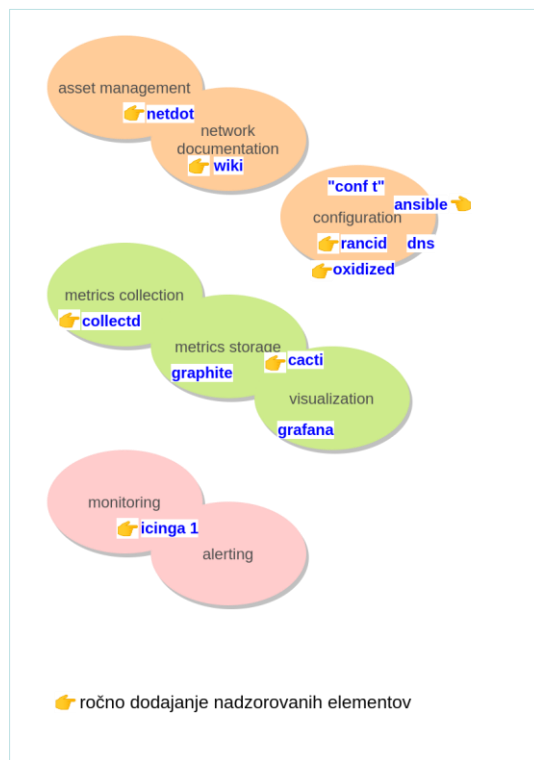
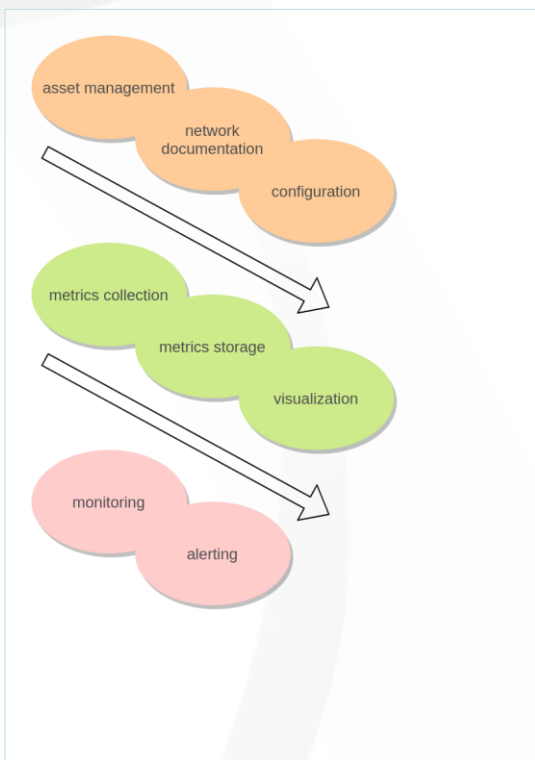
# Orodja - napredna

- Prosto dostopno programje
  - Oxidized: arhiviranje konfiguracij
  - SmokePing
  - Cacti -> SNMPcollector, CollectD/Graphite; Grafana
  - Icinga2 : preverjanje stanja
  - Syslog-ng : naprave sporočajo dogodke
  - Netflow: nfsen, nfdump...
  - OTRS (ticketing sistem)
  - Capirca (ACL)
  - netbox/IPAM : upravljanje z naslovnim prostorom IP
  - Dokumentacija (netdot->Snipe-IT, netbox, wiki, GoogleEarth...)
- ANSO: lastne skripte, aplikacije
  - Priprava + instalacija konfiguracij
  - Upravljanje naslovnega prostora
  - ACL generator
  - Nadzor usmerjevalnih tabel (BGP, OSPF)
  - SLA monitor
  - ...

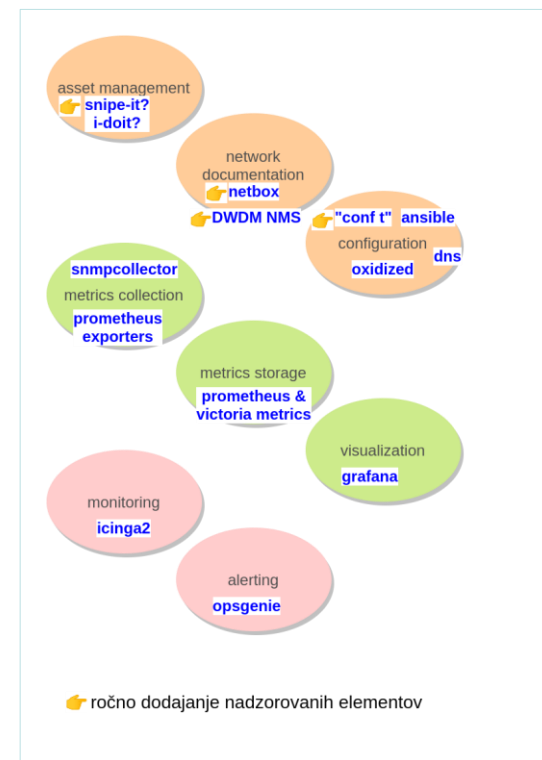


# Dinamika uporabe orodij

## Staro stanje



## Novo stanje

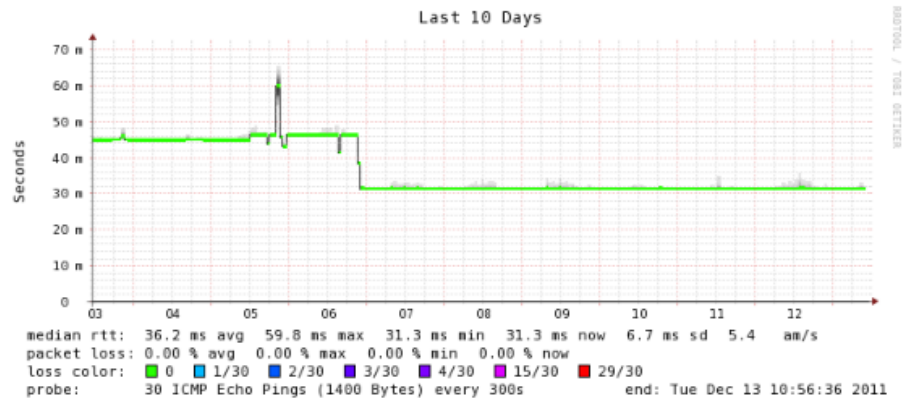
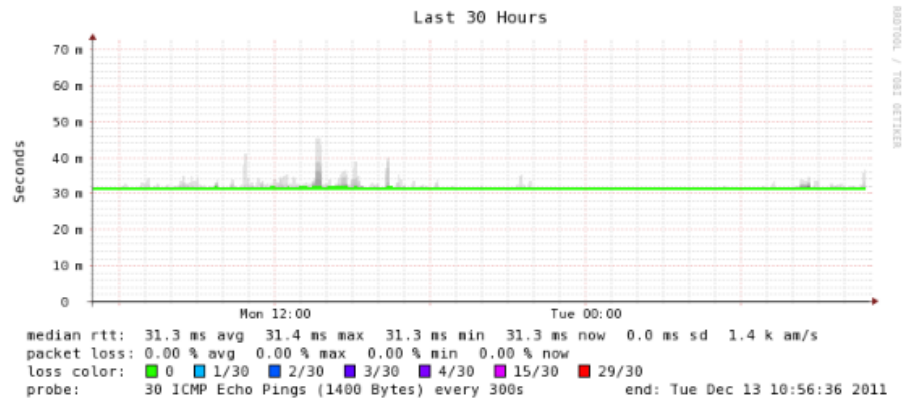
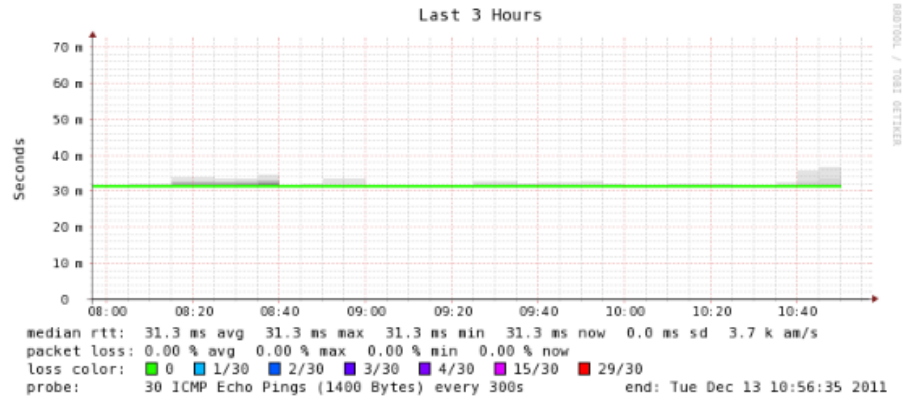


# Orodja - napredna

- komercialni produkti
  - Splunk: analiza syslog
  - Se jim izogibamo
    - Kompleksni, zmogljivi, optimizirani
    - Dragi
    - Težko obvladljivi in razširljivi
- Splunk -> ELK:
  - Elasticsearch, Logstash, Kibana



# SmokePing





**Asset Inventory**

By

Type	Model	Count
<b>Total Assets:</b>		
		<b>2066</b>
<b>Chassis</b>		<b>38</b>
	SH7HU	33
	SH9HU	5
<b>Console Server</b>		<b>10</b>
	ACM5004-G-E	5
	IM4232-2-DAC-X2-EU	3
	IM4232-2-DAC-X2-G-EU	2
<b>Cooling</b>		<b>12</b>
	ACRC103	12
<b>DAC Cable</b>		<b>34</b>
	DAC, 1 meter	2
	DAC, 1 meter, rev 1	7
	DAC, 1 meter, rev 3	2
	DAC, 1 meter, rev A00	12
	DAC, 3 meter, rev 2	2
	DAC, 3 meter, rev 3	3
	DAC, 5 meter, rev 1	1
	DAC, 5 meter, rev 2	2
	DAC, 5 meter, rev 3	3
<b>Module</b>		<b>630</b>
	10PCA-PCN-1G3+10G	7
	16CSM-#D01-#D32-SFA	9
	16CSM-#D01-#D32-SFB	9
	1CSM+#D04-E/V	3
	1CSM+#D15-E/W	4
	1CSM+#D16-E/W	4
	1CSM+#D31-E/W	4
	1CSM+#D32-E/W	4
	2BSM-#D01-#D32	21
	2BSM/P-#C1270-#C1610-DM	5
	2PCA-PCN-10G	6
	2WCC-PCN-10G	5
	3BSM-#G1310-#C1610	4
	40CSM/2HU-#D02-#D32	4
	4CSM-#C1470-#C1610	2
	4CSM-#D09-#D12	5
	4CSM-#D13-#D16	5
	4CSM-#D25-#D28	5
	4CSM-#D29-#D32	5
	4GSM-#D01-#D16	6
	4GSM-#D17-#D32	6
	4TCA-PCN-4GU+4G	4
	ASR1000-ESP40	2
	ASR1000-RP2	2
	ASR1000-SIP40	2
	ASR1004-PWR-AC	4

Device Tasks [new] [hide]

Find Devices

Name/IP/MAC:

Names within:

Device: **lijtpl1.arnes.si** [\[HTTP\]](#) [\[HTTPS\]](#) [\[refresh\]](#) [\[snmp-update\]](#) [\[delete\]](#)

Device Modules (311)

Number	Name	Class	Model	Description	Asset
1	WS-C6506-E	chassis	WS-C6506-E	Cisco Systems, Inc. Catalyst 6500 6-slot Chassis System	Cisco 6506, SAL1442X7GA, 588D09EB34C0

[csv]  
  items per page

Module 1 contains:

Number	Name	Class	Model	Description	Asset
2	Physical Slot 1	container		Cisco Systems, Inc. Catalyst 6500 6-slot Physical Slot	-
8	Backplane	backplane		Cisco Systems, Inc. Catalyst 6500 6-slot backplane	-
3	Physical Slot 2	container		Cisco Systems, Inc. Catalyst 6500 6-slot Physical Slot	-
4	Physical Slot 3	container		Cisco Systems, Inc. Catalyst 6500 6-slot Physical Slot	-
5	Physical Slot 4	container		Cisco Systems, Inc. Catalyst 6500 6-slot Physical Slot	-
6	Physical Slot 5	container		Cisco Systems, Inc. Catalyst 6500 6-slot Physical Slot	-
7	Physical Slot 6	container		Cisco Systems, Inc. Catalyst 6500 6-slot Physical Slot	-
13	Container of Fan FRU 1	container		Container of Fan FRU	-
15	Container of Container of Power Supply	container		Container of Container of Power Supply	-

[csv]  
  items per page

Module 2 contains:

Number	Name	Class	Model	Description	Asset
4000	1	module	WS-X6704-10GE	WS-X6704-10GE CEF720 4 port 10-Gigabit Ethernet Rev. 2.6	Cisco WS-X6704-10GE, SAL11402ZXR

[csv]  
  items per page

Module 4000 contains:

Number	Name	Class	Model	Description	Asset
4001	CPU of Module 1	module		CPU of Module 1	-
4002	module 1 power-output-fail Sensor	sensor		module 1 power-output-fail Sensor	-
4100	Te1/1	port		Transceiver Port Te1/1	-
4003	module 1 outlet temperature Sensor	sensor		module 1 outlet temperature Sensor	-
4101	Te1/2	port		Transceiver Port Te1/2	-
4004	module 1 inlet temperature Sensor	sensor		module 1 inlet temperature Sensor	-
4102	Te1/3	port		Transceiver Port Te1/3	-
4005	module 1 insufficient cooling Sensor	sensor		module 1 insufficient cooling Sensor	-
4103	Te1/4	port		Transceiver Port Te1/4	-
4006	EARL Switching Engine Container 1	container		Switching Engine Container 1	-

## Module 4000 contains:

Number	Name	Class	Model	Description	Asset
4001	CPU of Module 1	module		CPU of Module 1	-
4002	module 1 power-output-fail Sensor	sensor		module 1 power-output-fail Sensor	-
4100	Te1/1	port		Transceiver Port Te1/1	-
4003	module 1 outlet temperature Sensor	sensor		module 1 outlet temperature Sensor	-
4101	Te1/2	port		Transceiver Port Te1/2	-
4004	module 1 inlet temperature Sensor	sensor		module 1 inlet temperature Sensor	-
4102	Te1/3	port		Transceiver Port Te1/3	-
4005	module 1 insufficient cooling Sensor	sensor		module 1 insufficient cooling Sensor	-
4103	Te1/4	port		Transceiver Port Te1/4	-
4006	EARL Switching Engine Container 1	container		Switching Engine Container 1	-

[csv]

Show 50 items per page

## Module 4100 contains:

Number	Name	Class	Model	Description	Asset
4200	10-Gigabit Transceiver Port Container Te1/1	container		10-Gigabit Transceiver Port Container Te1/1	-

[csv]

Show 50 items per page

## Module 4101 contains:

Number	Name	Class	Model	Description	Asset
4201	10-Gigabit Transceiver Port Container Te1/2	container		10-Gigabit Transceiver Port Container Te1/2	-

[csv]

Show 50 items per page

## Module 4201 contains:

Number	Name	Class	Model	Description	Asset
4312	Transceiver Te1/2	module	XENPAK-10GB-SR	Xenpak Transceiver 10Gbase-SR Te1/2	Cisco XENPAK, SR, IJM1147M10N

[csv]

Show 50 items per page

## Module 4312 contains:

Number	Name	Class	Model	Description	Asset
4313	Te1/2 Module Temperature Sensor	sensor		TenGigabitEthernet1/2 Module Temperature Sensor	-
4314	Te1/2 Supply Voltage Sensor	sensor		TenGigabitEthernet1/2 Supply Voltage Sensor	-
4315	Te1/2 Bias Current Sensor	sensor		TenGigabitEthernet1/2 Bias Current Sensor	-
4316	Te1/2 Transmit Power Sensor	sensor		TenGigabitEthernet1/2 Transmit Power Sensor	-
4317	Te1/2 Receive Power Sensor	sensor		TenGigabitEthernet1/2 Receive Power Sensor	-

[csv]

Show 50 items per page

## Module 4102 contains:

Number	Name	Class	Model	Description	Asset
4202	10-Gigabit Transceiver Port Container Te1/3	container		10-Gigabit Transceiver Port Container Te1/3	-

[csv]

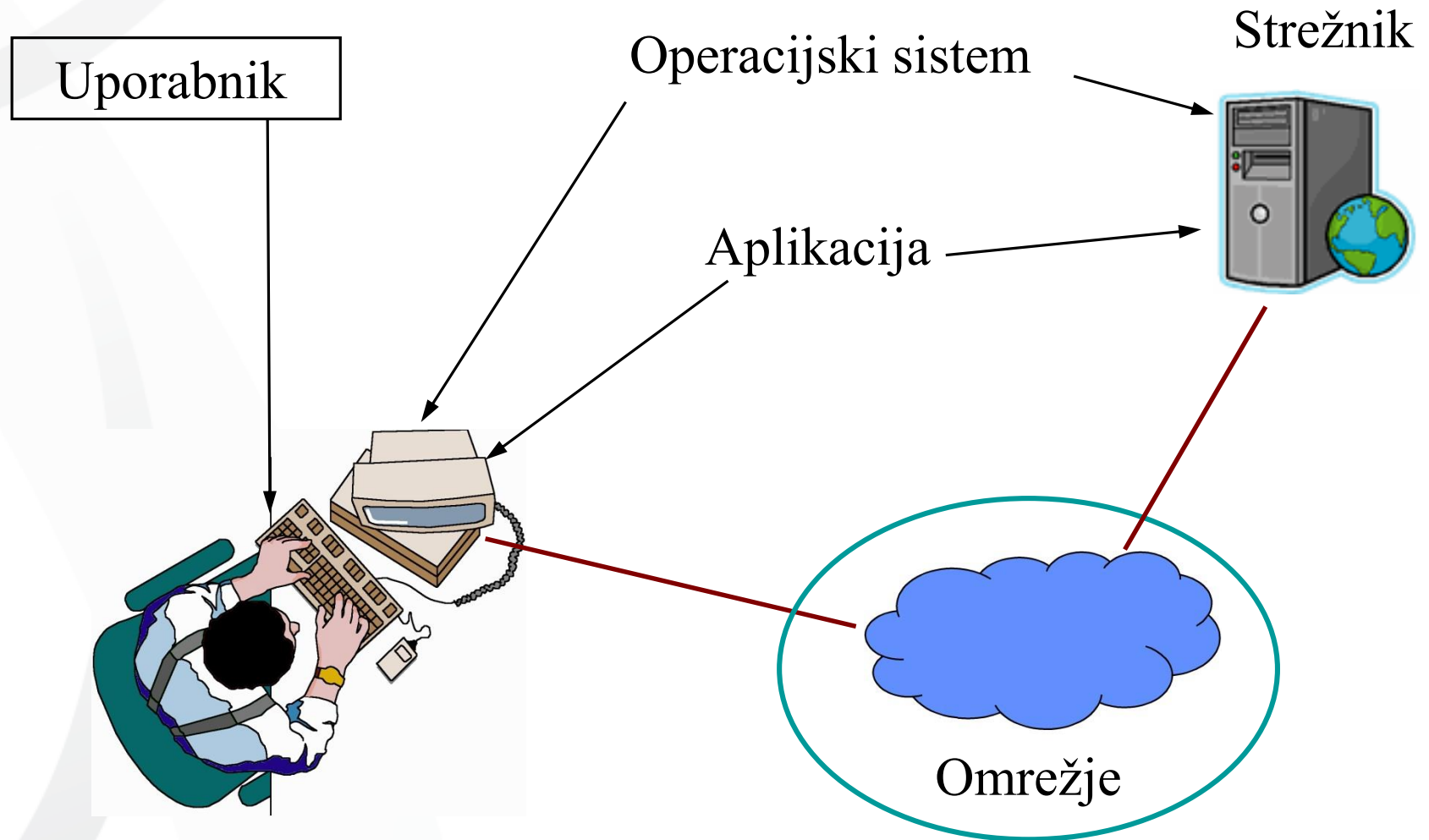
Show 50 items per page

# Upravljanje varnosti

- Zaščita omrežnih naprav
  - ACL, požarni zid
  - Omejitev količine prometa, ki pride do CPU
- Zaščita omrežij:
  - Lokalnega omrežja pred internetom
  - Interneta pred lokalnim omrežjem
- Pomoč - dnevniški zapisi
  - Syslog, SNMP trap...
  - Netflow (sFlow)



# Diagosticiranje



# Diagnosticiranje v omrežjih IP

- Lokalizacija/identifikacija razlogov za probleme v omrežju
  - Tradicionalna orodja (ping, traceroute) niso dovolj dobra.



# Težave tradicionalnih orodij

```
$ ping -s www.uni-mb.si
```

```
PING www.uni-mb.si: 56 data bytes
```

```
64 bytes from www.uni-mb.si (164.8.23.111): icmp_seq=0. time=4. ms
```

```
64 bytes from www.uni-mb.si (164.8.23.111): icmp_seq=1. time=4. ms
```

```
64 bytes from www.uni-mb.si (164.8.23.111): icmp_seq=2. time=3. ms
```

```
64 bytes from www.uni-mb.si (164.8.23.111): icmp_seq=3. time=4. ms
```

```
64 bytes from www.uni-mb.si (164.8.23.111): icmp_seq=4. time=4. ms
```

```
64 bytes from www.uni-mb.si (164.8.23.111): icmp_seq=5. time=3. ms
```

```
^C
```

```
----www.uni-mb.si PING Statistics----
```

```
6 packets transmitted, 6 packets received, 0% packet loss
```

```
round-trip (ms) min/avg/max = 3/3/4
```

```
$
```



# Težave tradicionalnih orodij

```
$ ping -s www.cnn.com
```

```
PING www.cnn.com: 56 data bytes
```

```
^C
```

```
----www.cnn.com PING Statistics----
```

```
86 packets transmitted, 0 packets  
received, 100% packet loss
```

```
$
```





# Težave tradicionalnih orodij

**\$ traceroute www.cnn.com**

traceroute: Warning: www.cnn.com has multiple addresses; using 157.166.255.18

traceroute to www.cnn.com (157.166.255.18), 30 hops max, 40 byte packets

```
1  ojstrica.arnes.si (193.2.1.193) 1.066 ms 0.614 ms 0.596 ms
2  rarnes13-G1-0x90.arnes.si (194.249.16.201) 1.351 ms 2.889 ms 2.330 ms
3  larnes6-V103.arnes.si (212.235.160.237) 1.321 ms 1.387 ms 1.337 ms
4  rarnes2-X0-0-0x102.arnes.si (212.235.160.243) 1.248 ms 4.673 ms 1.417 ms
5  arnes-bckp.rt1.bud.hu.geant2.net (62.40.124.113) 8.571 ms 8.356 ms 8.827 ms
6  bpt-b2-link.telia.net (80.239.134.1) 8.288 ms 8.561 ms 10.863 ms
7  hbg-bb2-link.telia.net (80.91.250.134) 33.143 ms 30.328 ms 30.540 ms
8  ldn-bb2-link.telia.net (80.91.250.151) 45.309 ms
   ldn-bb2-link.telia.net (80.91.254.219) 44.087 ms
   ldn-bb2-link.telia.net (80.91.250.151) 44.262 ms
9  80.91.253.118 (80.91.253.118) 116.576 ms
   nyk-bb2-pos0-2-0.telia.net (213.248.65.94) 116.007 ms 118.039 ms
10 nyk-b5-link.telia.net (80.91.248.162) 114.598 ms
    nyk-b5-link.telia.net (80.91.248.154) 118.482 ms 147.873 ms
...
17 ae-2.ebr3.Atlanta2.Level3.net (4.69.132.85) 136.046 ms 144.237 ms 143.677 ms
18 ae-11-51.car1.Atlanta1.Level3.net (4.68.103.2) 313.401 ms 225.119 ms 237.362 ms
19 * * *
20 * * *
21 * * *
22^C
$
```



# Težave tradicionalnih orodij

- Pogoj za zanesljivost rezultatov:
  - Transparentnost omrežja
  - Odzivnost omrežnih naprav
- Dejansko stanje:
  - Omrežne naprave testni promet
    - Zavračajo/se ne odzovejo?
    - Omejujejo?
    - Obravnavajo z nižjo prioriteto?
- Zapleti ob uporabi QoS v omrežju (DSCP)
  - Kje se paketi “barvajo”?
  - Kje se izvaja omejevanje posameznih razredov prometa?
  - Se “barva” paketov ohranja na celotni poti?
  - A vsi omrežni elementi zagotavljajo ustrezen režim strežbe?

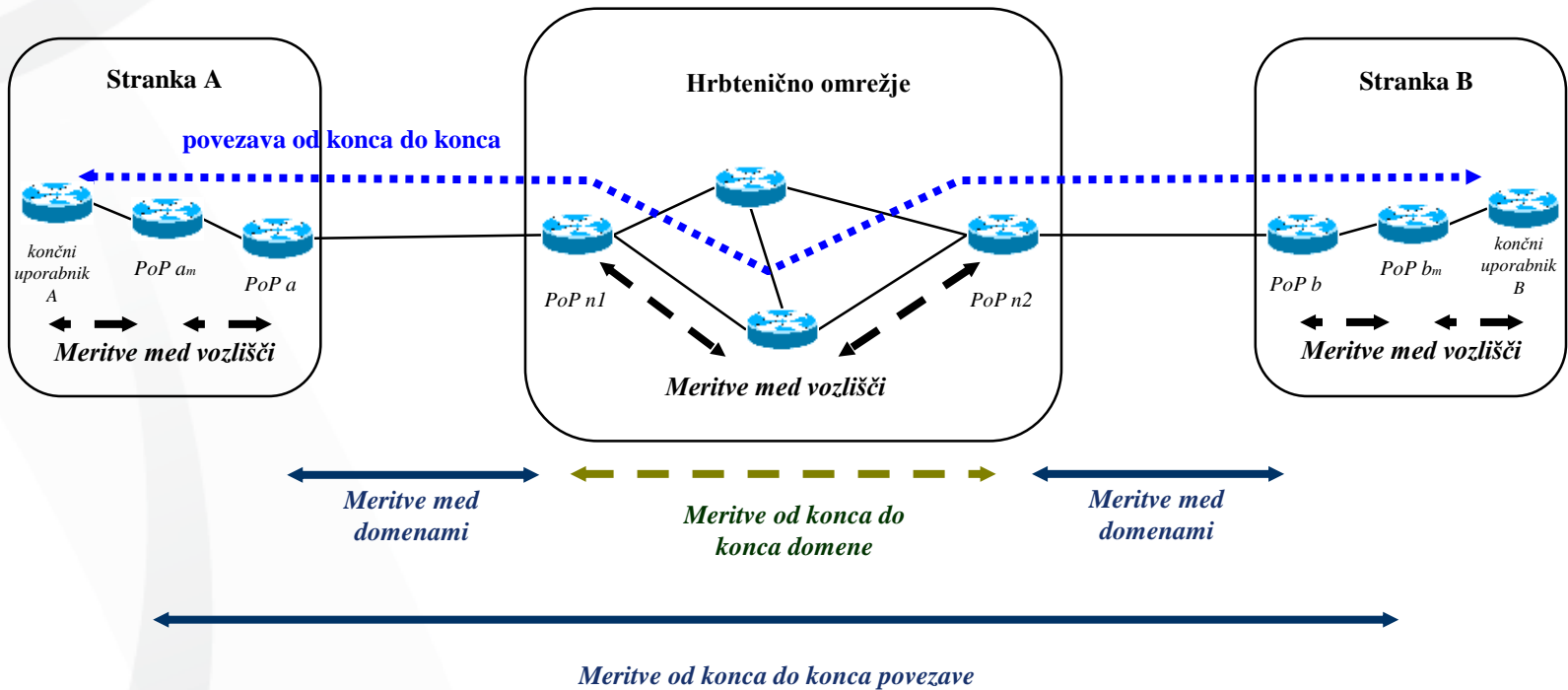


# Kako iz težav?

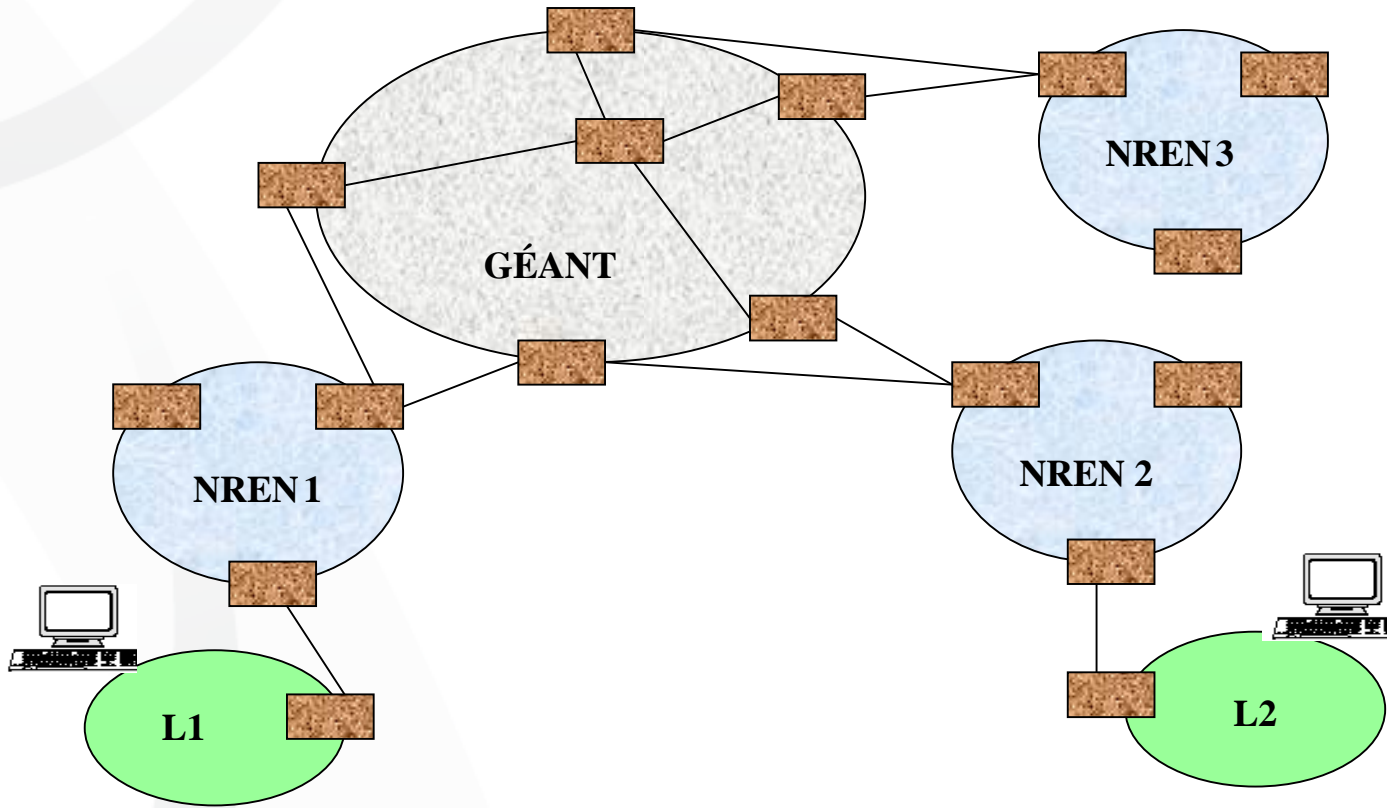
- Potrebujemo več podatkov:
  - Delež izgubljenih paketov, duplikati
  - Zakasnitev paketov pri prenosu (v eno smer)
  - Nihanje zakasnitve
  - Spreminjanje vrstnega reda paketov
  - Zasedenost povezav
  - Razpoložljiva pasovna širina
  - Vrednost števcov na omrežnih napravah
- Meritve po segmentih omrežja
  - Na zahtevo/periodične
  - Aktivne/pasivne



# Potrebne meritve



# Množica upravljaljskih domen



L1, L2: domena končnega uporabnika

NREN 1,2,3: hrbtenica NREN-a

 usmerjevalnik prometa

glajenje, kontrola, označevanje, omejevanje, razvrščanje

# Problematika več-operaterskega okolja

- Večino meritev lahko izvaja le operater omrežja
  - Dostop do omrežnih elementov
  - Poznavanje topologije omrežja
  - NOC (Network Operations Center)
- Povezava preko omrežij več operaterjev?
  - Vpletenih več NOC-ov
  - Potrebna koordinacija pri diagnosticiranju napake
  - Ni ustreznih orodij
  - Zavračanje “krivde”
  - Dolgotrajni postopki

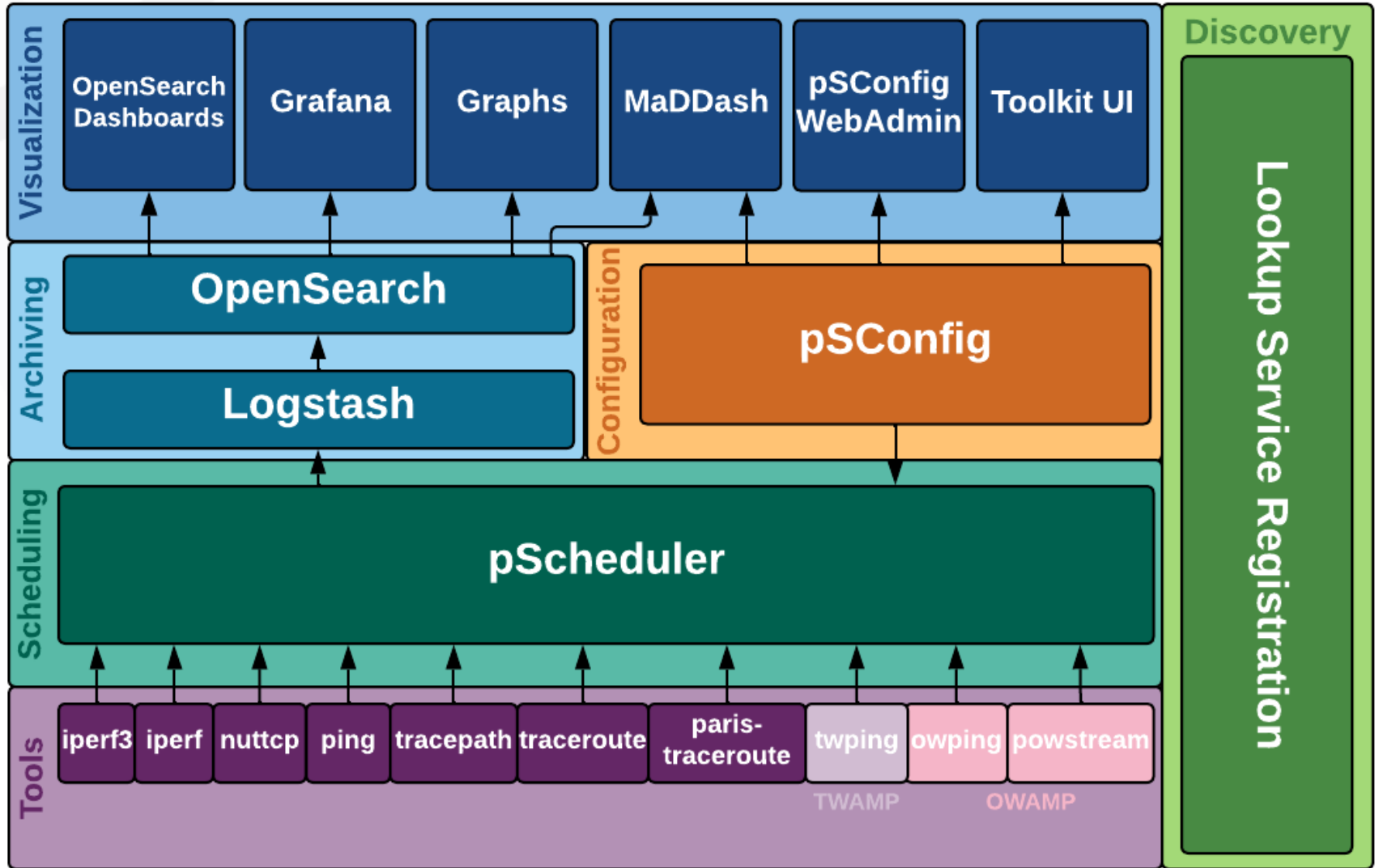


# Primer rešitve: perfSONAR

- perfSONAR: performance Service Oriented Network monitoring Architecture
- Razvoj: GÉANT, I2, Indiana University, Esnet...
- Apache 2.0 licenca
- Uporaba obstoječih orodij
  - BWCTL (iperf2, iperf3, nuttcp)
  - OWAMP, TWAMP
  - traceroute, tracepath, paris-traceroute, ping
  - MaDDash,...

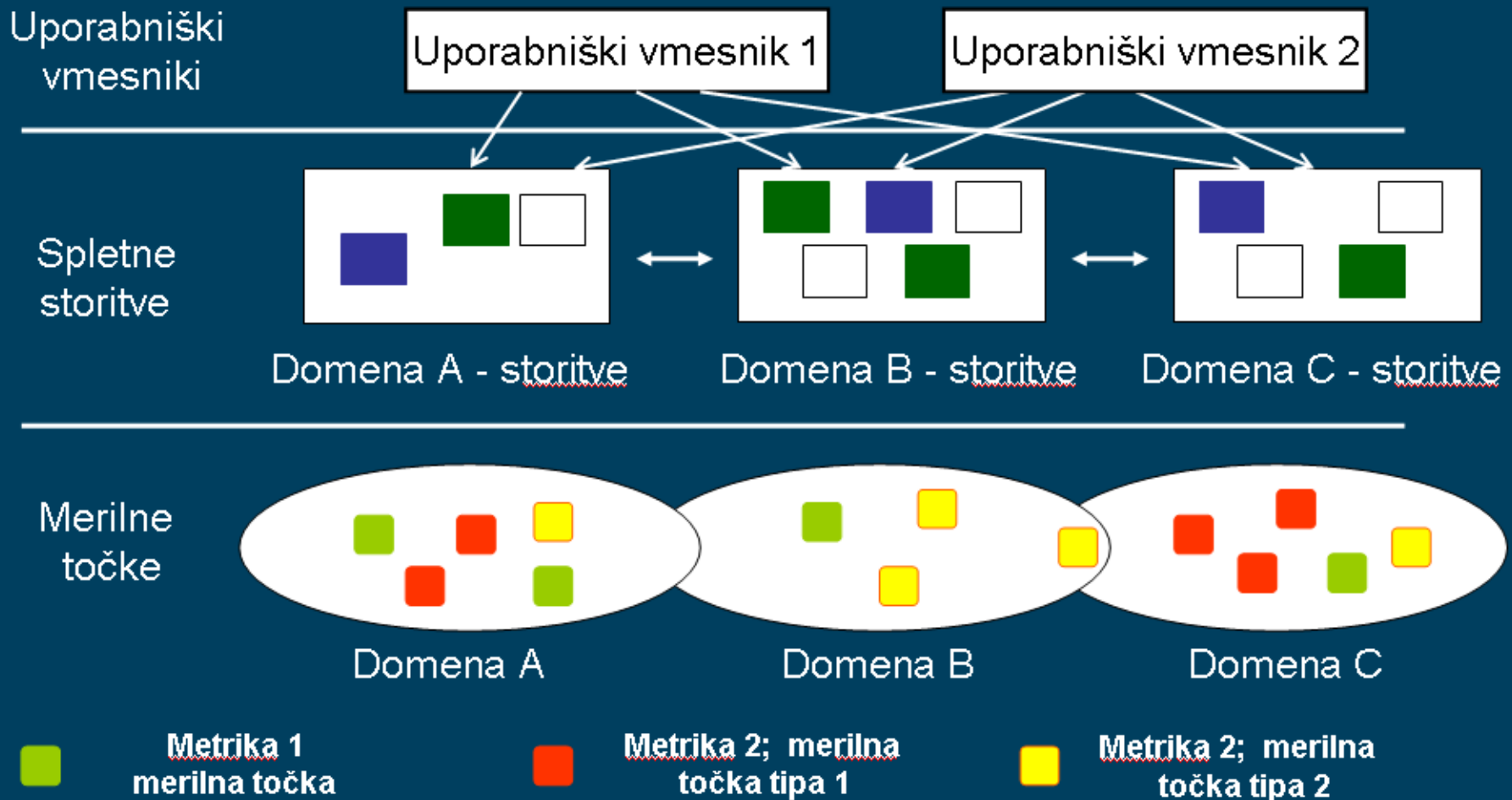


# perfSONAR





# Perfsonar - arhitektura



# perfsONAR

## Query & search options

Service addresses  
Time options

## Execute query

Retrieve all  
Clear  
Refresh

## Interface details

ISTF-J

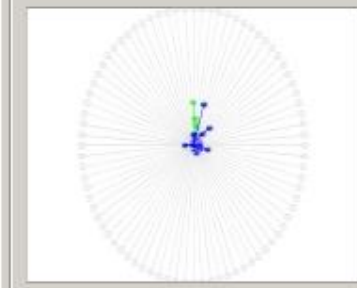
Hostname PoP-SOF  
IP Address 195.251.4.61  
Interface name PO2/1  
Interface descrip... SEEREN-SOF==...  
Capacity 155000000  
Resolution 300  
Key localhost.3b5eba...

Search by interface IP

```
1 swiBE2-G2-3.switch.ch (130.59.36.114) 0 msec 0 msec
2 swiBE1-G2-4.switch.ch (130.59.36.197) 0 msec 4 ms
3 swiCE2-G3-1.switch.ch (130.59.36.109) 4 msec 4 ms
4 switch.rt1.gen.ch.geant2.net (62.40.124.21) [AS 2
5 so-2-0-0.rt1.mil.it.geant2.net (62.40.112.34) [AS
6 garr-gw.rt1.mil.it.geant2.net (62.40.124.130) [AS
7 rt1-mil-rt-mi2.mi2.garr.net (193.206.134.190) [AS
```

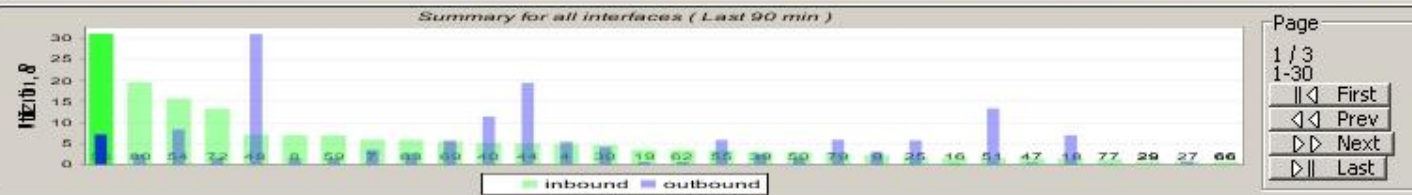
File  
Paste  
Search  
Traceroute & Search

Summary

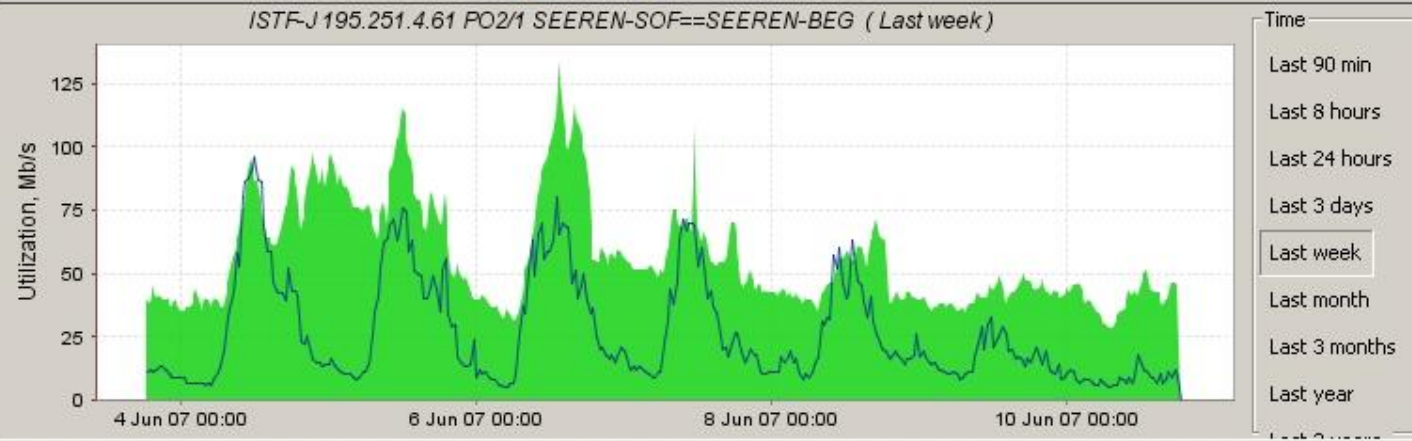


Select Interface

No.	hostName	ifAddress	ifName	ifDescription	Capacity, ...	Inbound u...	Outbound ...	Inbound u...	Outbound ...	Domain
58	PoP-SOF	195.251.4.61	PO2/1	SEEREN-S...	155,000,000	31.02	7.119	48,081,112	11,034,101	ISTF-J
80	PoP-VAR	194.141.2...	Fa0/1.1120	PoP-VAR=...	100,000,000	19.505	2.463	19,505,018	2,462,671	ISTF-J
54	PoP-VTR	194.141.2...	Fa0/0.3	PoP-VTR=...	100,000,000	15.6	8.334	15,599,902	8,334,186	ISTF-J
72	Acc-UNWE...	192.168.1...	GI0/1	Acc-UNWE...	100,000,000	13.353	1.693	13,353,364	1,692,847	ISTF-J
48	PoP-SOF	195.251.4.42	PO2/0	SEEREN-S...	155,000,000	7.103	30.985	11,009,532	48,027,048	ISTF-J
8	Acc-MU-Ple...	194.141.67.1	Fa0/1	Acc-MU-Ple...	100,000,000	6.956	1.511	6,956,410	1,510,502	ISTF-J



Page  
1 / 3  
1-30  
First  
Prev  
Next  
Last



Time  
Last 90 min  
Last 8 hours  
Last 24 hours  
Last 3 days  
Last week  
Last month  
Last 3 months  
Last year

# perfSONAR

**Query options**

Service addresses

**Execute query**
Retrieve all  
Clear
**Probe data**
**GEANT**

Sender Amsterdam\_SUR...  
Receiver Athens\_GRNET6  
Sender IP address 2001:610:1:80a...  
Receiver IP addr... 2001:648:2ffc:1...  
Measurement ide... 0  
Packet size 41  
Group size 9  
Sending interval 60  
Precedence 0x0

June 2007

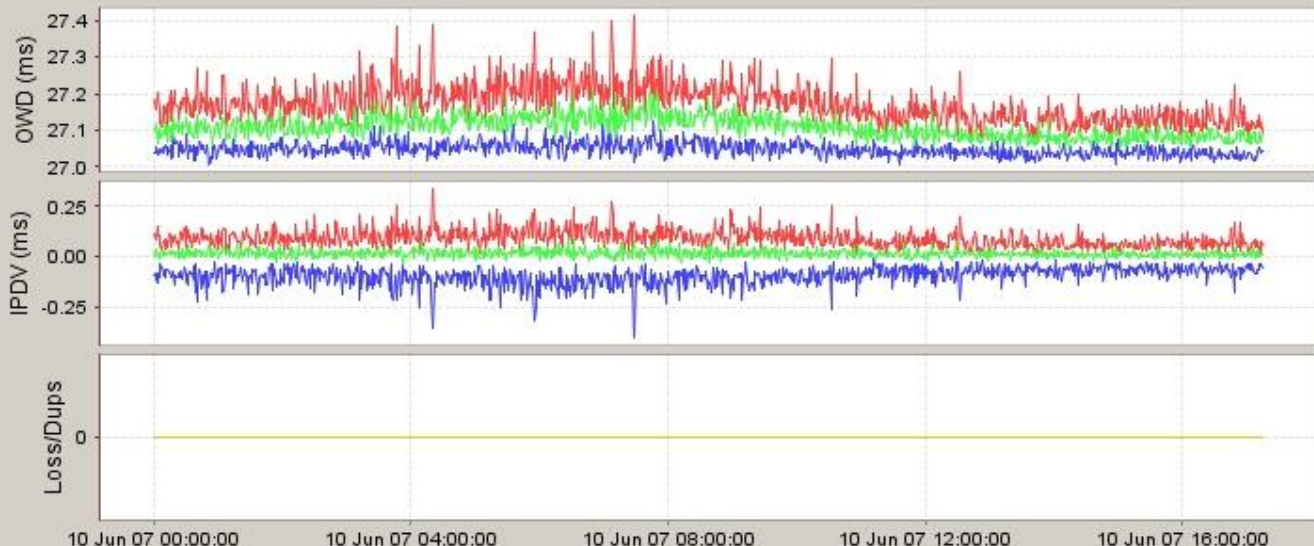
Sun	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30

**GEANT**

- Measurement ide... N/A  
 Packet size N/A  
 Group size N/A  
 Sending interval N/A  
 Precedence N/A

Available measurements for Sun, Jun 10, 2007

#	Source	1	2	3	4	5	6	7	8	9	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
1	Amsterdam_GEANT	■	■						■		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2	Amsterdam_SURFnet	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
3	Amsterdam_SURFnet6			■	■	■	■			■											■
4	Athens_GRNET		■		■	■	■	■	■	■		■	■	■	■	■		■	■	■	■
5	Athens_GRNET6					■															
6	Bologna_GARR						■														
7	Budapest_GEANT	■						■			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
8	Budapest_HUNGARNET	■	■	■	■	■	■		■		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
9	Budapest_HUNGARNET6		■	■	■	■			■		■										■
10	Copenhagen_GEANT	■	■							■		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
11	Frankfurt_DFN		■	■	■	■	■	■	■	■		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
12	Geneva_GEANT	■								■		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
13	Gent_BELNET		■	■	■	■	■	■	■	■		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
14	Kaunas_GEANT	■	■							■		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
15	Lisbon_FCCN	■	■	■	■	■	■	■	■	■		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
16	Lisbon_GEANT																				■

**Amsterdam\_SURFnet6 to Athens\_GRNET6**


— med\_owd — max\_owd — min\_owd — owd — ipdv — med\_ipdv — max\_ipdv — min\_ipdv — duplicate\_packets — loss

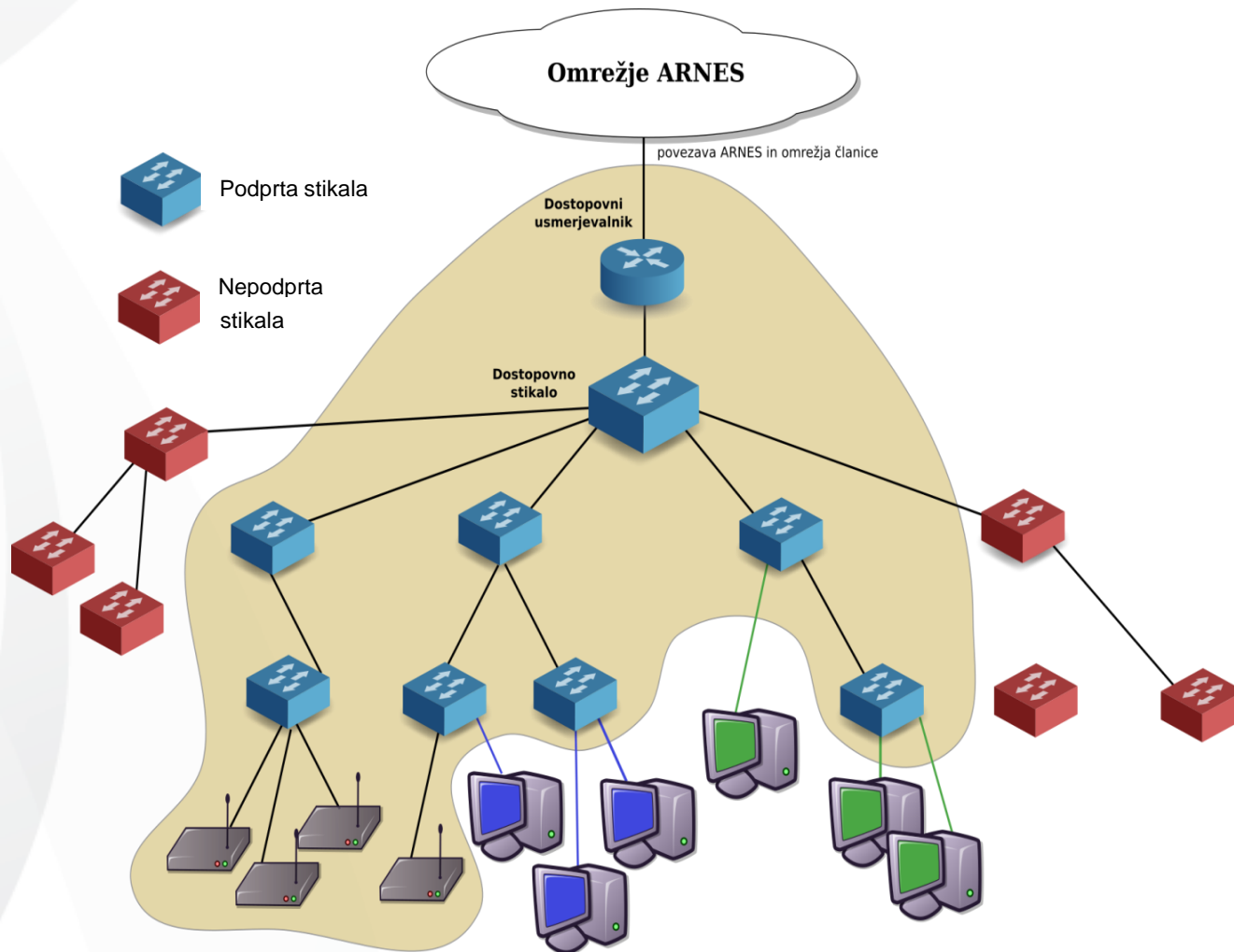


# Orodja - avtomatizacija

- Veliko število naprav -> avtomatizacija
- Primer: projekt WLAN-2020
  - Postavitev WLAN na 952 lokacijah VIZ v 3 letih
  - > 20.000 naprav (dostopovne točke, L2 stikala, L3 CPE)
- Zakaj ne ročno?
  - Preveč (natančnega) dela
  - **P**rava naprava na **P**ravo lokacijo s **P**ravo konfiguracijo?
- Avtomatizacija
  - Konfiguriranja (PnP)
  - Nadzora (telemetrija)
  - Statistik
  - Nadgradenj



# Centralno upravljanje



# Orodja - avtomatizacija

- Pogoji za avtomatizacijo
  - Poenostavitev
  - Standardizacija
  - Naprave z API (NETCONF/RPC, REST...)
- Implementacija na Arnesu: ANSO
  - Baza kot vir podatkov
  - Podatkovni modeli za konfigurir. in upravljanje: YANG...
  - Priprava konfiguracij + konfiguriranje naprav:
    - Ansible/NAPALM
    - Python ... DevOps



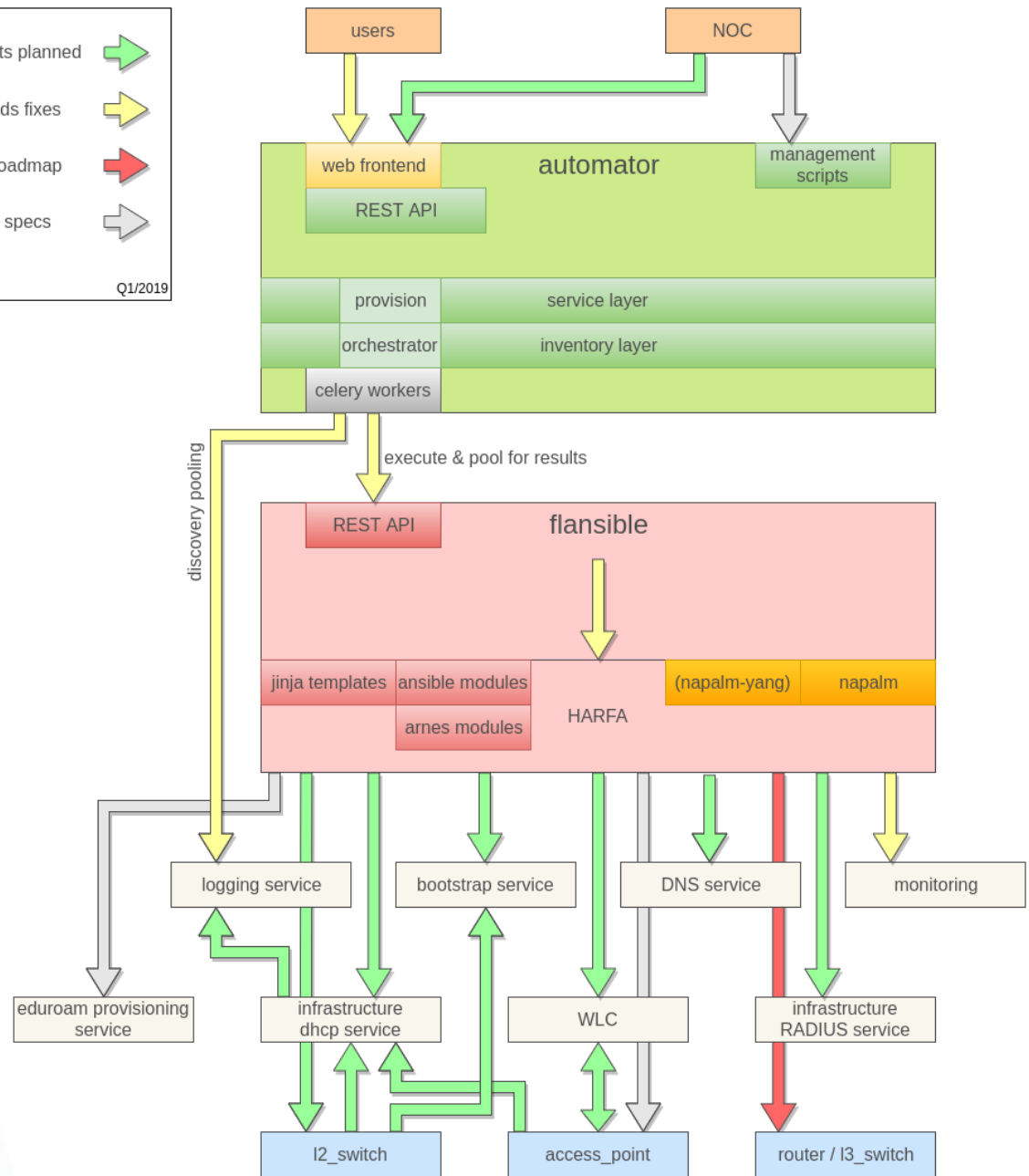
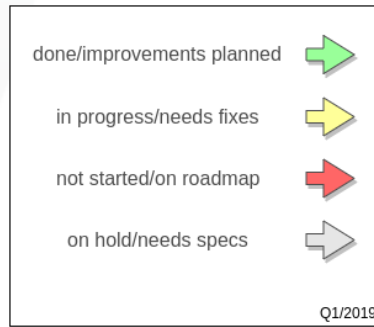
# ANSO - umestitev

- Avtomatsko konfiguriranje (PnP)
  - Stikala, Dostopovne točke
- 1. Montaža (izvajalec)
- 2. Priklop (izvajalec)
- 3. Konfiguriranje
- 4. Nadzor
- 5. Verifikacija (Arnes)

Samodejno pod nadzorom Arnesa



# ANSO stack



# Pregled stanja WiFi - globalno

WLCs	APs ⓘ	Campuses ⓘ	WiFi networks ⓘ
24	19325	878	1879
WLCs down	APs offline ⓘ	no WiFi ⓘ	eduroams ⓘ
1	1322	4	856

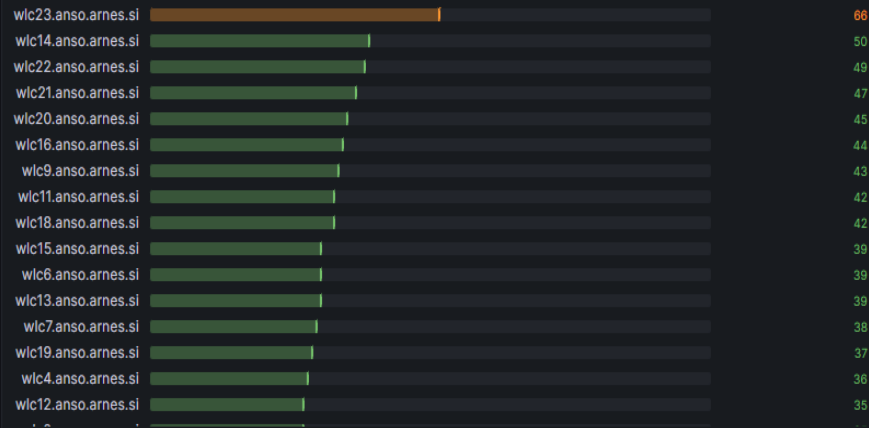
## Clients per radio type ⓘ



802.11ac 802.11n 802.11ac-2G 802.11n-5G  
802.11g unknown

# WLC resource distribution

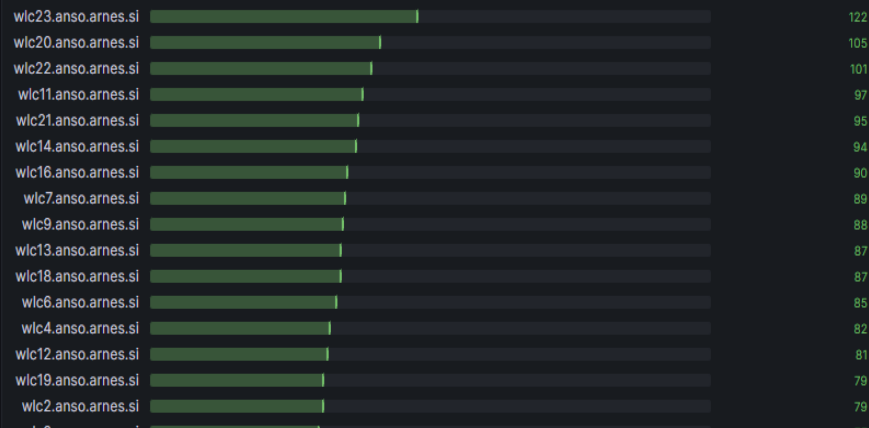
## Campuses per WLC



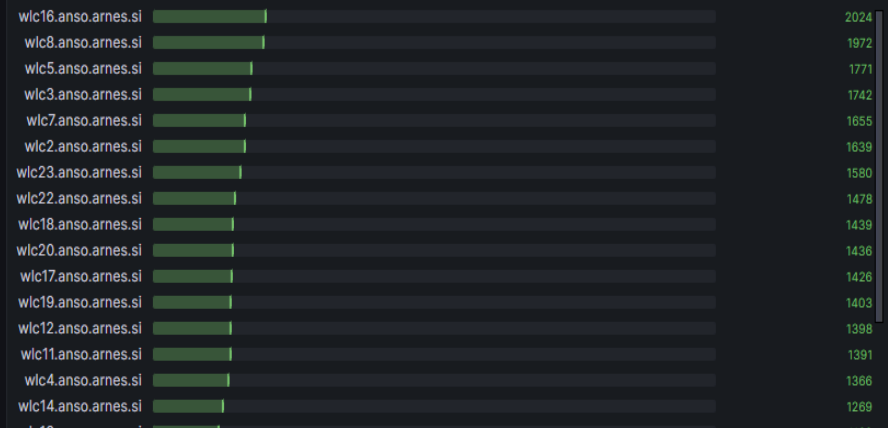
## APs per WLC

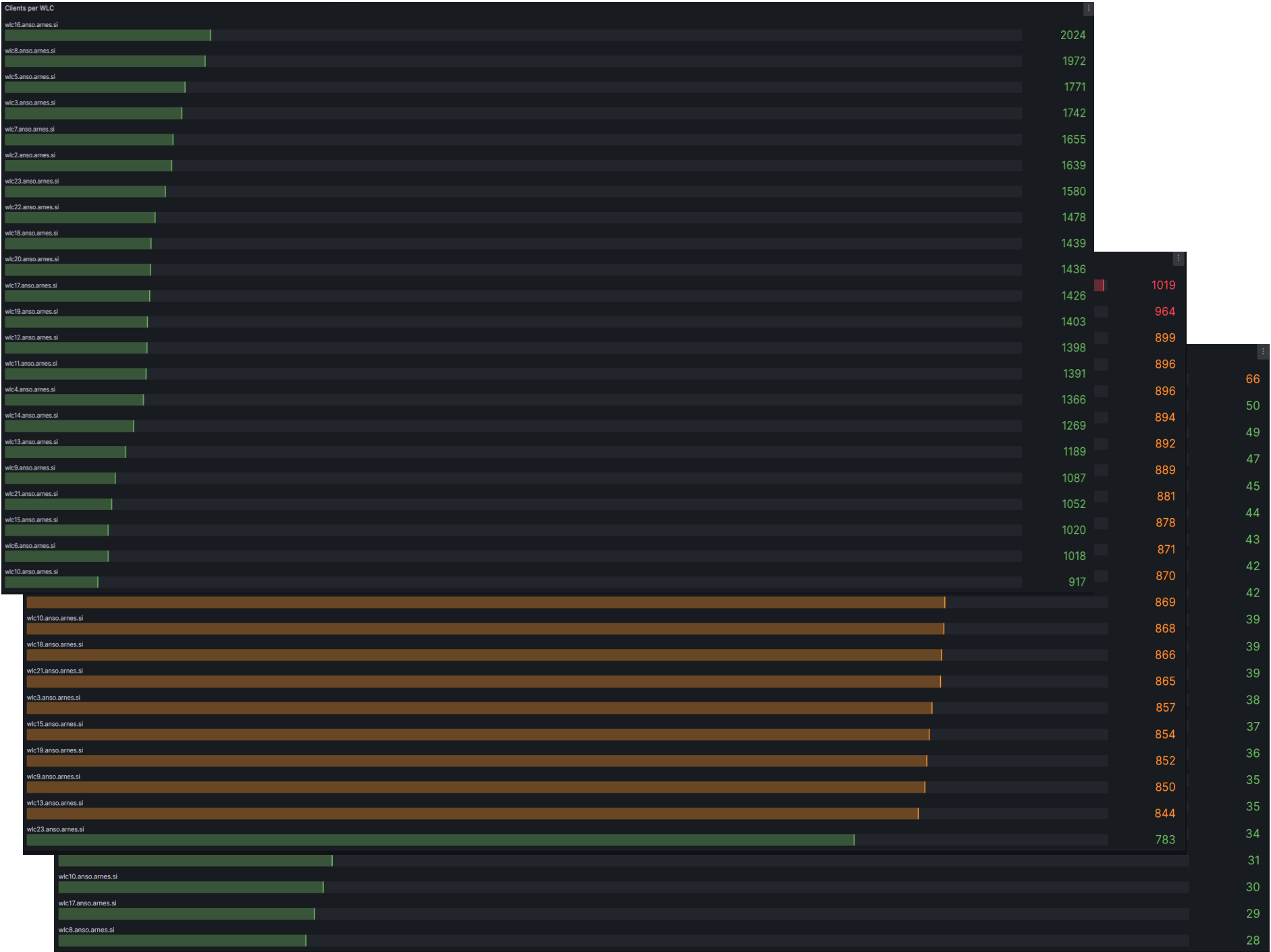


## WiFi networks per WLC

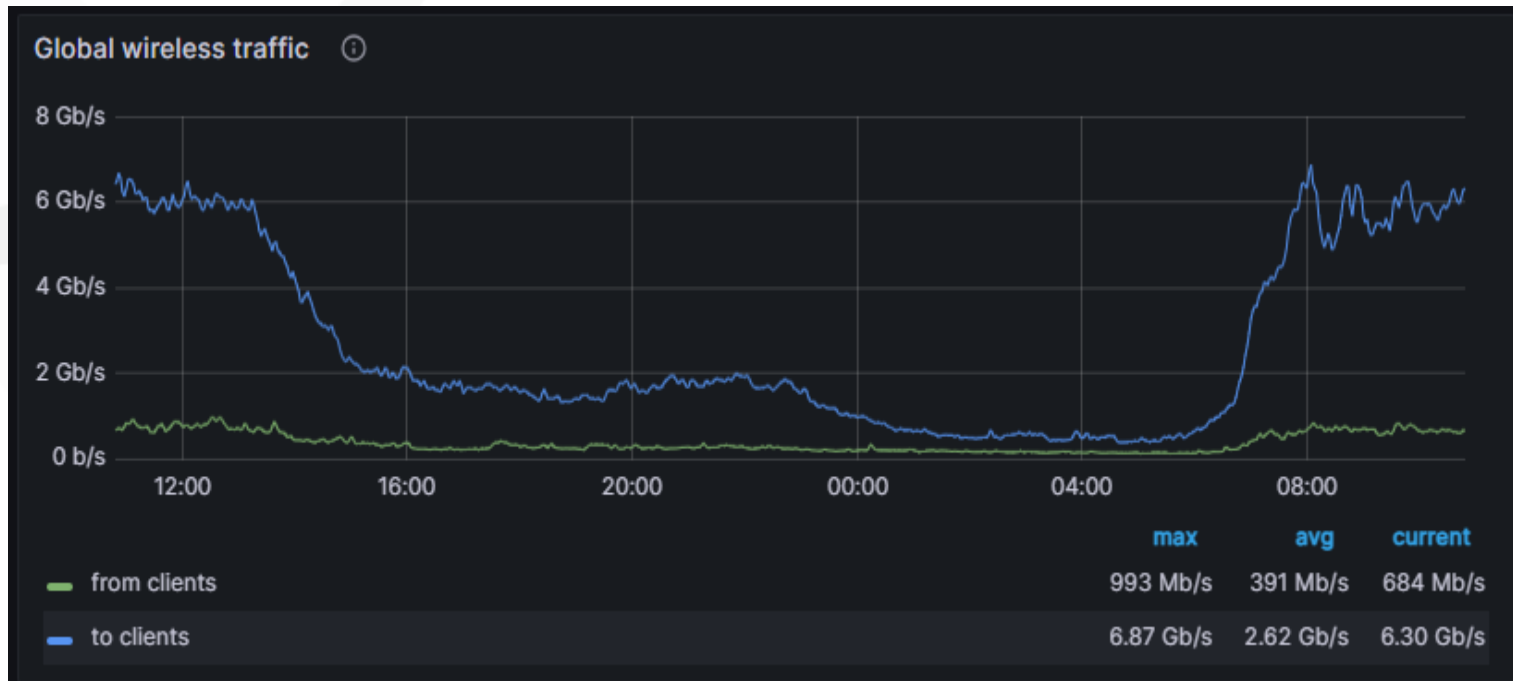


## Clients per WLC

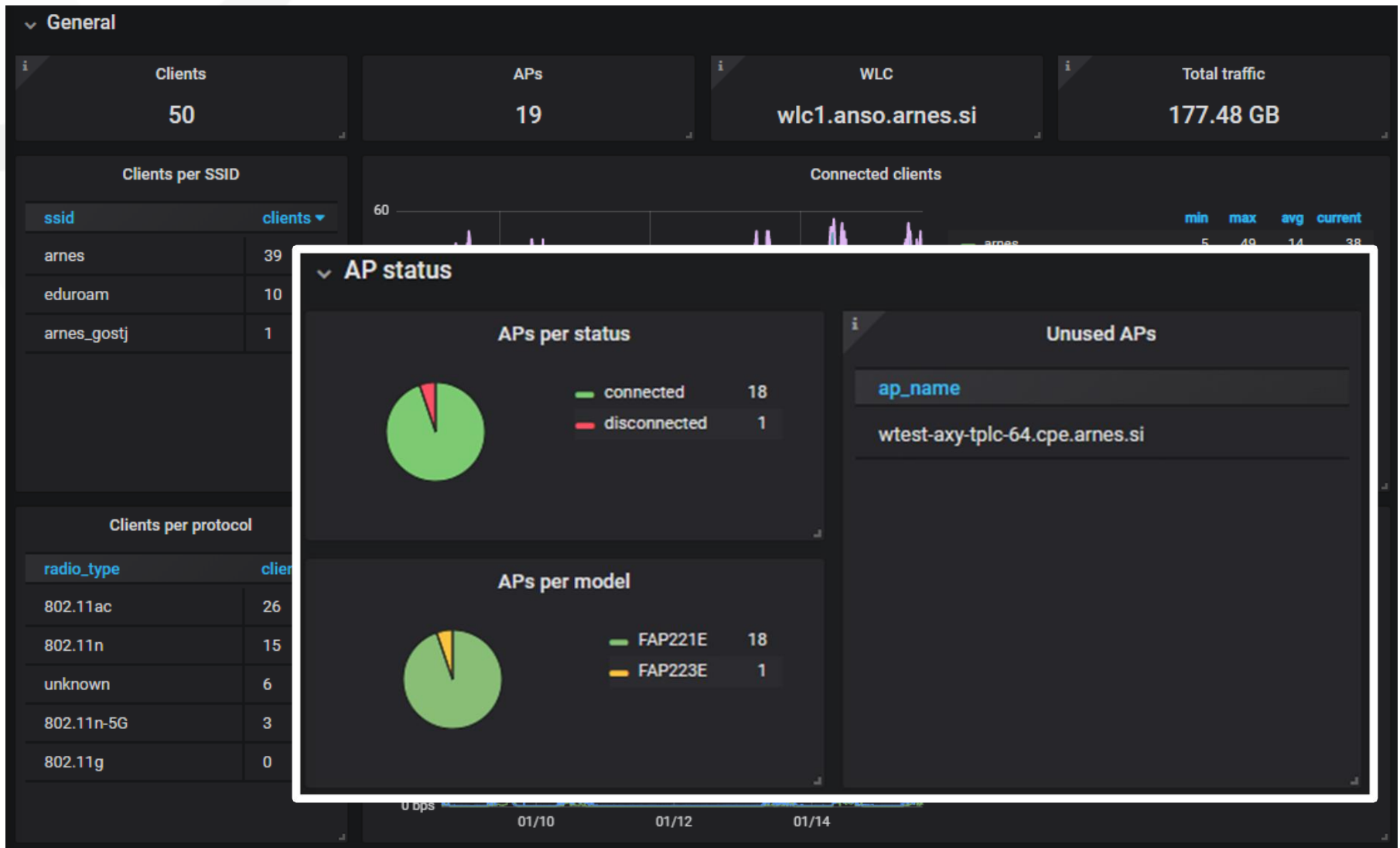




# Pregled stanja WiFi - globalno



# Stanje ene lokacije - pregled



# Stanje ene lokacije - AP

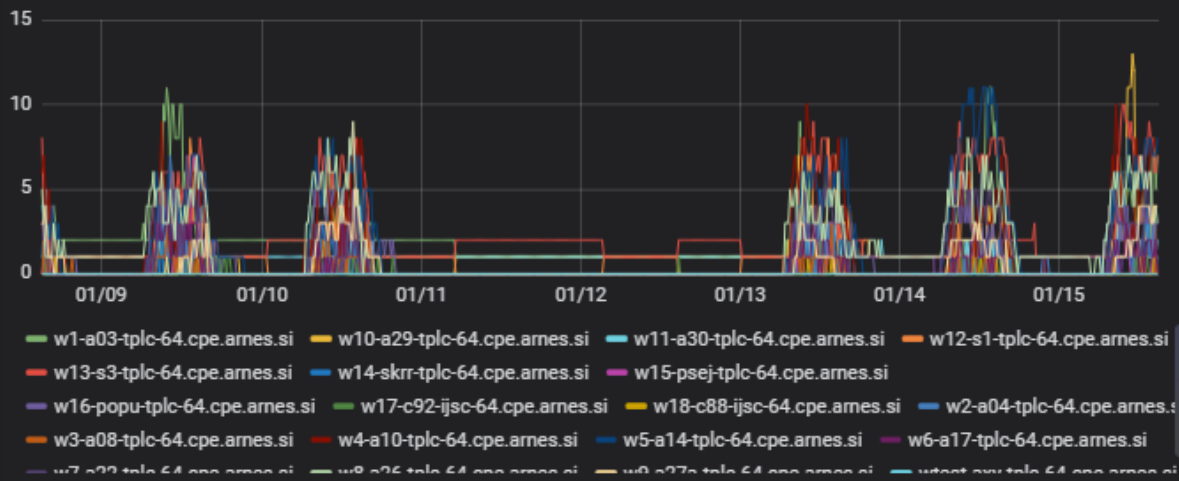
AP info ▾						
ap_name ▲	ap_state	ap_status	model	os_version	profile	serial_number
w16-popu-tp1c-64.cpe.arnes.si	authorized	connected	FAP221E	v6.0-build0057	arnes_FAP221E	FP221ETF18069665
w17-c92-ijsc-64.cpe.arnes.si	authorized	connected	FAP221E	v6.0-build0057	arnes_FAP221E	FP221ETF18068914
w18-c88-ijsc-64.cpe.arnes.si	authorized	connected	FAP221E	v6.0-build0057	arnes_FAP221E	FP221ETF18068924
w2-a04-tp1c-64.cpe.arnes.si	authorized	connected	FAP221E	v6.0-build0057	arnes_FAP221E	FP221ETF18069113
w3-a08-tp1c-64.cpe.arnes.si	authorized	connected	FAP221E	v6.0-build0057	arnes_FAP221E	FP221ETF18070667
w4-a10-tp1c-64.cpe.arnes.si	authorized	connected	FAP221E	v6.0-build0057	arnes_FAP221E	FP221ETF18069449
w5-a14-tp1c-64.cpe.arnes.si 🔍	authorized	connected	FAP221E	v6.0-build0057	arnes_FAP221E	FP221ETF18069192
w6-a17-tp1c-64.cpe.arnes.si	authorized	connected	FAP221E	v6.0-build0057	arnes_FAP221E	FP221ETF18069680
w7-a22-tp1c-64.cpe.arnes.si	authorized	connected	FAP221E	v6.0-build0057	arnes_FAP221E	FP221ETF18069673
w8-a26-tp1c-64.cpe.arnes.si	authorized	connected	FAP221E	v6.0-build0057	arnes_FAP221E	FP221ETF18069521
w9-a27a-tp1c-64.cpe.arnes.si	authorized	connected	FAP221E	v6.0-build0057	arnes_FAP221E	FP221ETF18069142
wtest-axy-tp1c-64.cpe.arnes.si	authorized	disconnected	FAP223E	unknown	arnes_FAP223E	FP223ETF18001224



# Stanje ene lokacije - uporabniki

## ▼ Clients

Clients per AP

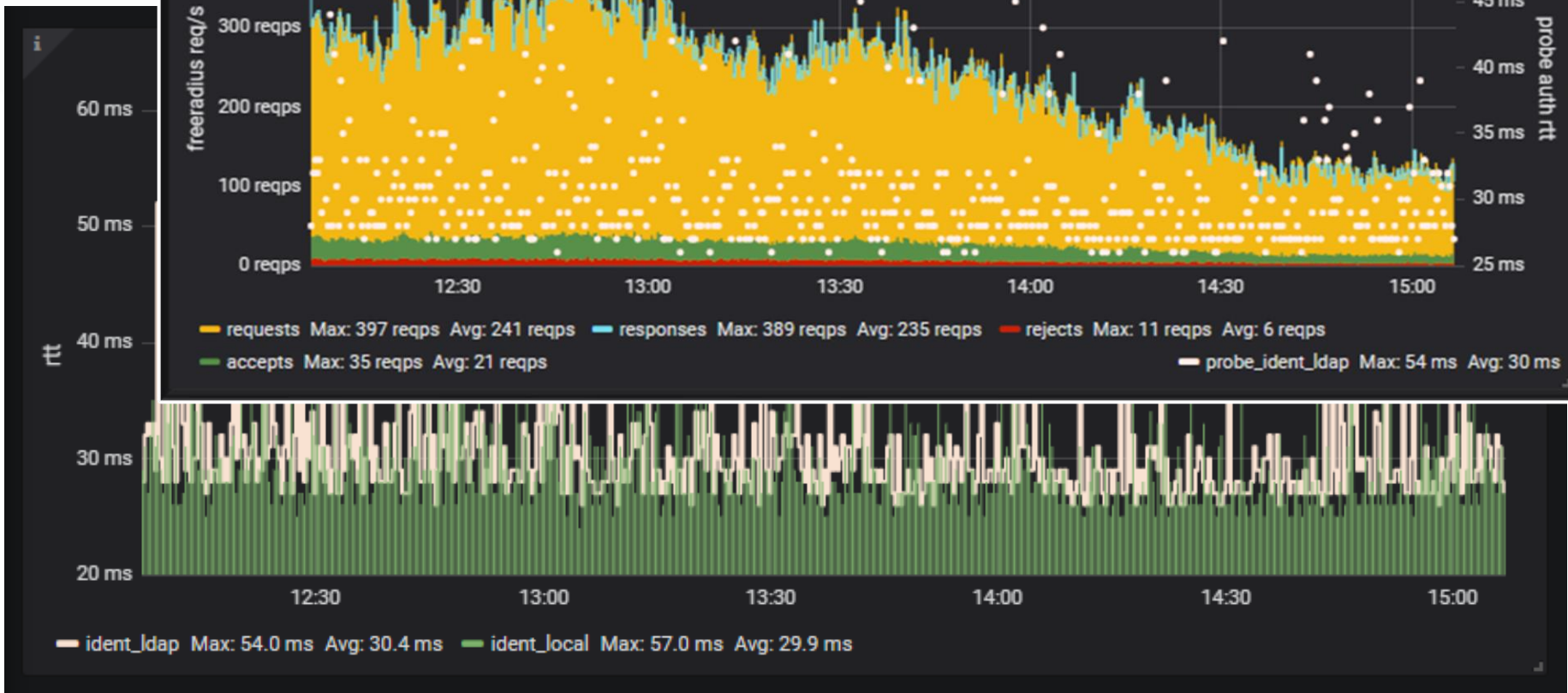
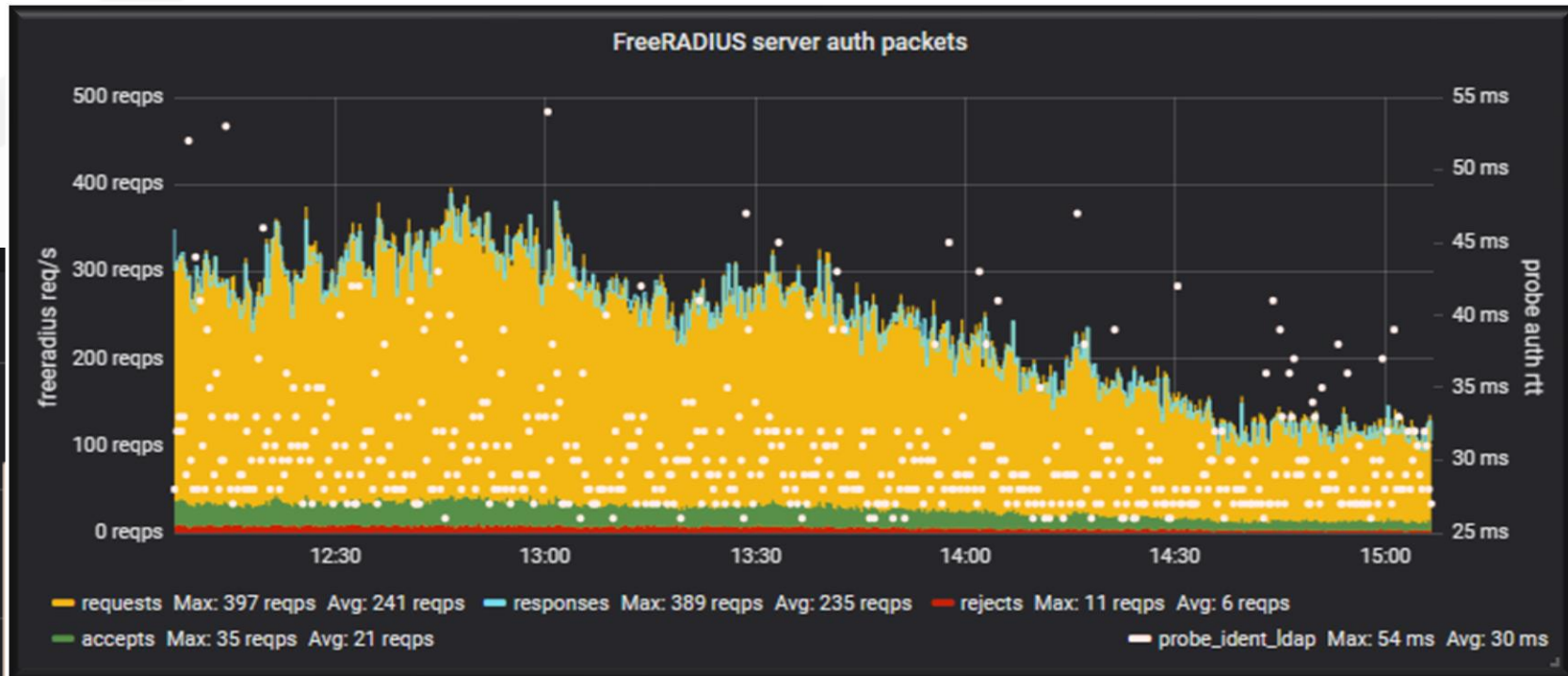


Clients per AP ▼

ap_name	clients ▼
w4-a10-tplc-64.cpe.arnes.si	10
w13-s3-tplc-64.cpe.arnes.si	8
w5-a14-tplc-64.cpe.arnes.si	6
w8-a26-tplc-64.cpe.arnes.si	6
w9-a27a-tplc-64.cpe.arnes.si	4
w1-a03-tplc-64.cpe.arnes.si	3
w7-a22-tplc-64.cpe.arnes.si	3
w6-a17-tplc-64.cpe.arnes.si	2
w2-a04-tplc-64.cpe.arnes.si	2
w16-popu-tplc-64.cpe.arnes.si	2
w3-a08-tplc-64.cpe.arnes.si	1
w15-psej-tplc-64.cpe.arnes.si	1
w10-a29-tplc-64.cpe.arnes.si	1
w14-skr-r-tplc-64.cpe.arnes.si	1
w12-s1-tplc-64.cpe.arnes.si	1



# Statistika RADIUS - globalno



# Kvantna doba

- Kvantni računalniki
  - Ultra zmogljivi, špica razvoja (IBM...)
  - EU jih sofinancira 6, SI soudeležena v Cineci, IT

SI  
CR

potreba po PC  
inter  
sine



# Kvantno računalništvo

## Quantum Computing | Comparison

- Superposition: A qubit is considered to have the states 0 and 1 at the same time
- Quantum entanglement: when two qubits are entangled, changes to one qubit directly impacts the other
- Interference: in a system of multiple entangled qubits there will be interferences

Leveraging the properties of qubits the comparison between qubits and bits can be simplified as:

$$n \text{ qubits} = 2^n \text{ bits}$$

# of Qubits	Required bits to match	Equivalent classical computer RAM	Equivalent classical computer processing time
10	1024	128 bytes	2.6 $\mu$ s
20	1,048,576	131 kb	0.26 ms
30	1.1 bilion	134 Mb	0.27 seconds
40	1.1 trillion	137 Gb/s	4.6 minutes
53	$9.0 \times 10^{15}$	1 Terabyte	625 hours
63	$9.0 \times 20^{18}$	1 Petabyte	73 years
100	$9.0 \times 10^{30}$	1 Exabyte	10 trillion years
1,000	$9.0 \times 10^{301}$	$1.3 \times 10^{232}$ Exabytes	$8.5 \times 10^{283}$ years

# Kvantna doba

- Kvantni računalniki
  - Ultra zmogljivi, špica razvoja (IBM...)
  - EU jih sofinancira 6, SI soudeležena v Cineci, IT
  - Super za določene probleme
    - Shor-jev algoritem
      - faktorizacija velikih števil v polinomskem času  $O(\log N^3)$
      - eksponentna pohitritev klasičnih algoritmov
      - smrt za „public-key“ alias „asymetric“ kriptografijo:
        - RSA
        - Diffie-Helman: Finite Field, Elliptic Curve
        - uporaba za izmenjavo ključev, digitalne podpise !!
        - v internetu: TLS, SSH, S/MIME, PGP...
      - SNDL: Store Now, Decrypt Later !
      - CRQC: “Cryptographically Relevant Quantum Computer“
        - Q-Day : ko bodo kvantni računalniki dovolj zmogljivi
        - čez 7-10 let ? 5 – 15 let?
- ⇒ **potreba po PQC** : Post-Quantum Cryptography
  - intenziven razvoj
  - simetrična kriptografija je „odporna“, problem izmenjava ključev



# Kvantna doba

- Kvantne komunikacije
  - QCI – Quantum Communication Infrastructure
    - za eksperimente, GEANT...
  - QKD – Quantum Key Distribution
    - varna izmenjava simetričnih kriptoključev
      - informacija shranjena v kvantnem stanju fotonov
      - „no-cloning“ teorem: prisluškovanje se detektira!
    - prve implementacije, omejena uporaba (optika, slabljenje)
  - Razvoj „prave“ kvantne komunikacije: prenos „entangled“ fotonov med kvantnimi računalniki (QuixQuantum, NL)



# Kadri – potrebno znanje

- Telekomunikacije
  - Internetne tehnologije (IP, DNS, ping, traceroute...)
  - Optične komunikacije (vlakna, ojačevalniki, filtri...)
  - Omrežne tehnologije (ethernet...)
  - Nadzor in upravljanje omrežij
- Računalništvo
  - Sistemska podpora (strežniki, diskovni sistemi, SAN...)
  - Programerji (Python, Java, PHP, Perl...)
- Vodenje projektov, timsko delo...
- Angleški jezik
- “Common sense”



Hvala za pozornost

