

Postřehy z měření a kontroly dotovaných projektů II. a IV. výzvy OP PIK Vysokorychlostní internet

Josef Beran, Yevhen Lystovshchyk

AKADEMIE VLÁKNOVÉ OPTIKY A OPTICKÝCH KOMUNIKACÍ[®]

the art of
optical
communication

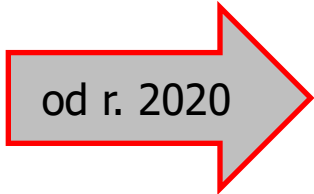


PROFiber[®]
NETWORKING

Zkušenosti PROFiber s měřením dle metodiky ČTÚ

Z čeho vycházíme:

- měření na zakázku
- zápůjčka měřidel
- instruktáž měření
- technická podpora



od r. 2020

Kdy jsme měřili:

1. nastavení služby a sítě
2. verifikace služby
3. optimalizace služby nebo sítě
4. certifikace služby
5. troubleshooting
6. příprava na kontrolu ČTÚ

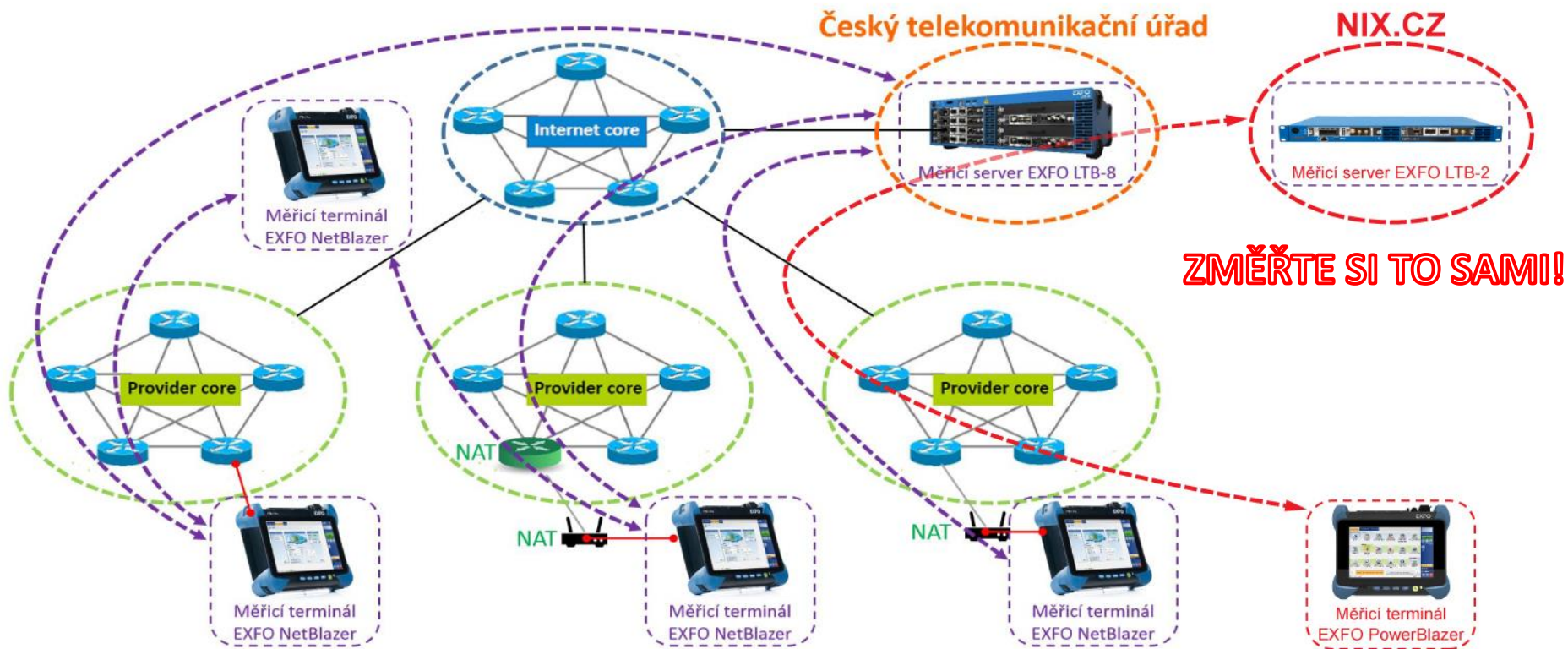
zkušenost za posledních 12 měsíců:

≈ 50% přípojek/služeb nevyhoví testu RFC 6349 nebo Y.1564 na 1.pokus!

Co s tím?

PŘIPRAVIT SE!

kalibrovaný měřicí systém (EXFO)



měření parametrů přípojky NGA/VHCN:

ČTÚ vydalo metodiku měření kvality služby přístupu k síti internet.

ČTÚ definuje, měří a kontroluje rychlost = propustnost download, upload
<https://www.ctu.cz/mereni-rychlosti-prenosu-dat>

Metodika měření propustnosti na L4 (TCP throughput) respektuje trendy v oboru.

ČTÚ ji může aplikovat na reklamaci přípojky internetu
nebo na kontrolu kvality sítě NGA/VHCN.

ČTÚ má své [metodice](#) popsány 2 situace, kdy měří:

relevantní stížnosti téměř nejsou

Příloha 1: rychlost = kontrola kvality připojení (ochrana spotřebitele
dle [VO-S/1/08.2020-9](#))

Příloha 2: rychlost, ztrátovost, zpoždění, kolísání zpoždění

(kontrola nové výstavby)

první dotační projekty končily až 12/2023

Zkušenosti PROFiber z kontroly projektů II a IV výzvy OP PIK VYSOKORYCHLOSTNÍ INTERNET* získané společně s **5 příjemci** dotace v rámci aktivit:

- konzultace, technická podpora projektů, měření, zápůjčka nebo dodávka měřidel, vyhodnocení výsledků...
- Provedeno v **období 11/2023 - 03/2024**

Zkušenosti – vzkaz příjemcům dotace:

1. Bez přípravy pravděpodobně neprojdete na 1. pokus.
2. Pokud jste ještě neměřili síť s RFC 6349, tak na 1. pokus nejspíš neprojdete.
3. Měření je pracné (2 hod/přípojku => pracnost 2-3 přípojky/den).
4. Pokud neprojdete, je třeba optimalizovat síť nebo službu, lokalizovat úzké hrdlo na síti.

*) Přehled všech příjemců a realizovaných projektů na webu [BCO](#)

Expertní, měřicí a metrologické činnosti

Zkušenosti z týmu PROFiber Networking (CZ+SK):

- praktický výklad technických norem, měření, školení a instruktáže měřicích metod
- konzultace a příprava technických předpisů pro výstavbu a servis sítě
- audit a měření přenosových parametrů sítí, jejich bloků a součástí
- zápůjčky a dodávky měřicí techniky, diagnostických a monitorovacích systémů
- servis a kalibrace měřicí techniky v akreditované kalibrační laboratoři

Metrologické a kalibrační zázemí laboratoře PROFiber Networking
dle ISO/IEC 17025:2017 pod číslem 527/K-101



inspiraci v [aplikační sekci](#) na webu www.profiber.eu

Jak probíhá kontrolní měření?

the **art** of
optical
communication

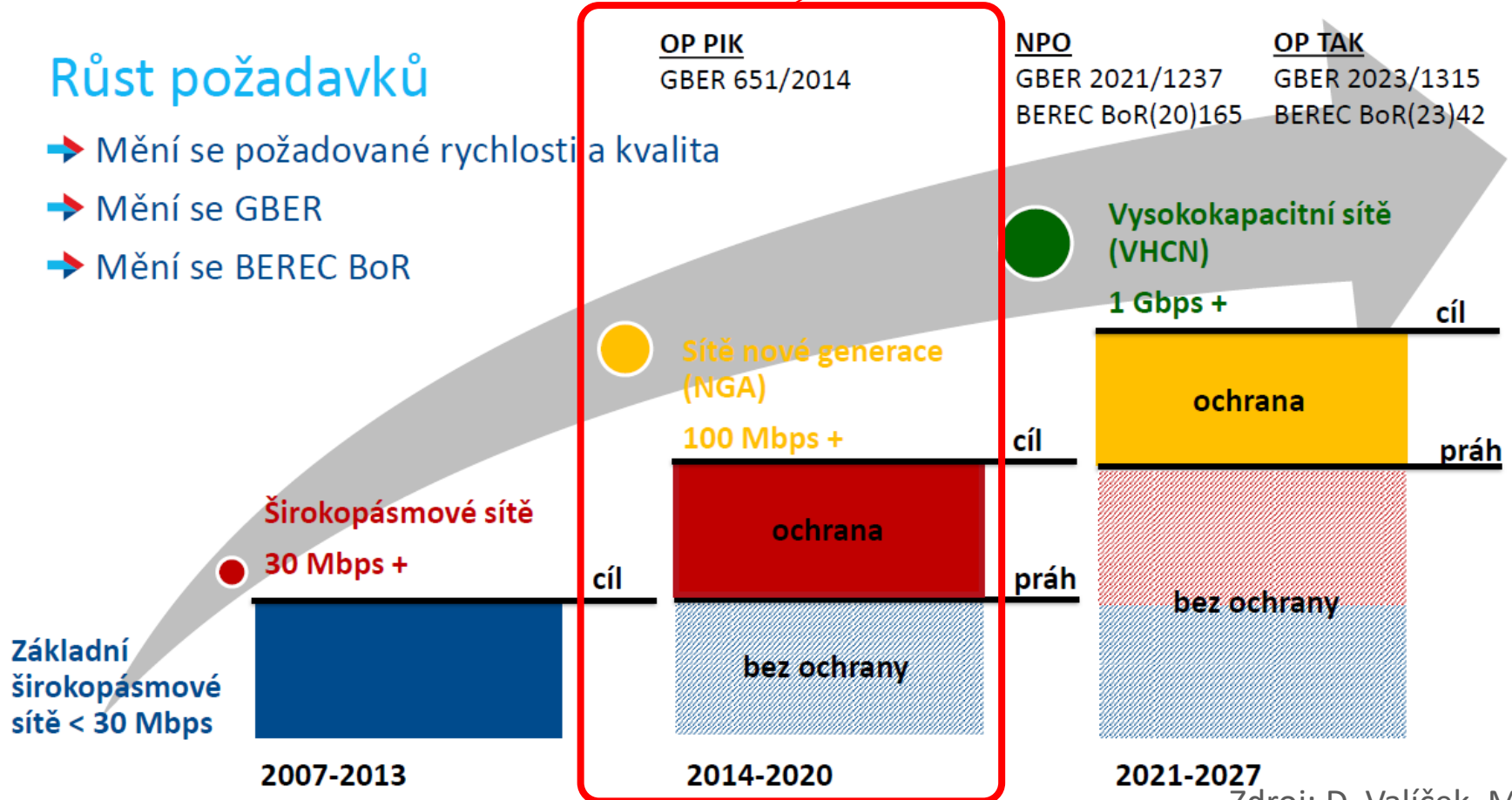


OP PIK II a IV výzva

Cílové parametry dotované infrastruktury

Růst požadavků

- ➔ Mění se požadované rychlosti a kvalita
- ➔ Mění se GBER
- ➔ Mění se BEREC BoR



Zdroj: D. Valíček, MPO

Kontrolní měření provádí ČTÚ

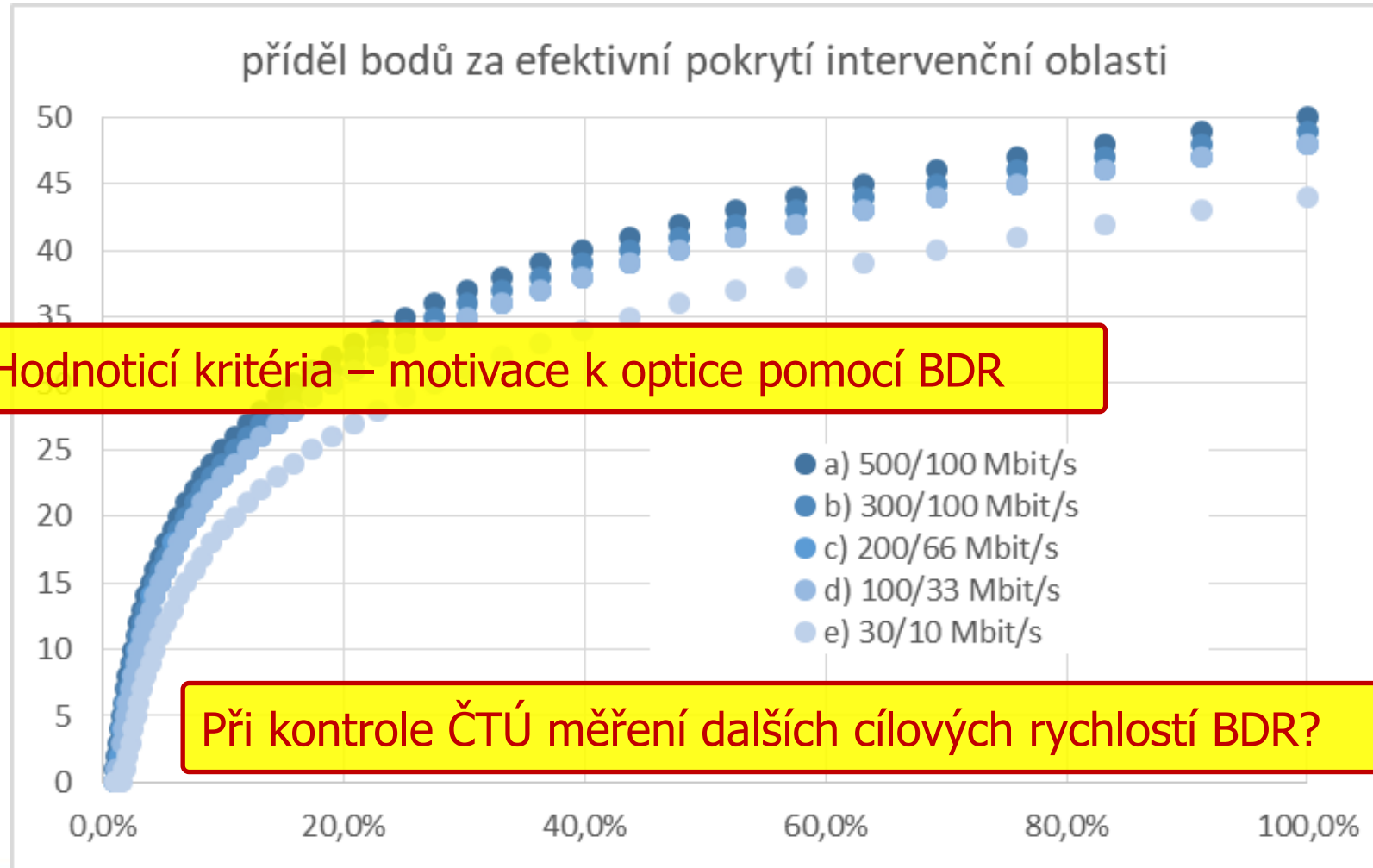
OP PIK II a IV výzva

Požadavky na kvalitu sítí

	NGA	PEVNÉ VHCN - Kritérium 3 (výkonnostní limit 1)		MOBILNÍ VHCN - Kritérium 4 (výkonnostní limit 2)	
		BoR(20)165	BoR(23)42	BoR(20)165	BoR(23)42
Rychlost přenosu downlink	≥ 100 Mb/s	→ ≥ 1000 Mb/s		≥ 150 Mb/s → ≥ 350 Mb/s	
Rychlost přenosu uplink	≥ 33 Mb/s	→ ≥ 200 Mb/s		≥ 50 Mb/s	≥ 50 Mb/s
Chybovost IP paketů		≤ 0,05 %		≤ 0,01 %	≤ 0,01 %
Ztrátovost IP paketů	≤ 0,01 %	→ ≤ 0,0025 %		≤ 0,005 % → ≤ 0,01 %	
Zpoždění IP paketů	≤ 75 ms	→ ≤ 10 ms		≤ 25ms → ≤ 18ms	
Kolísání zpoždění IP paketů	≤ 40 ms	→ ≤ 2 ms		≤ 6 ms → ≤ 5 ms	
Dostupnost služby IP		→ ≥ 99,9 % za rok		≥ 99,81 % → ≥ 99,9 % za rok	

Zdroj tabulky: D. Valíček, MPO

Rychlost přípojek v nově zasíťovaných adresních místech (downstream/upstream)



SDR- skutečně dosahovaná
rychlost

TCP



IETF RFC 6349

- Throughput (Mbit/s)

R_{max} – maximální rychlost



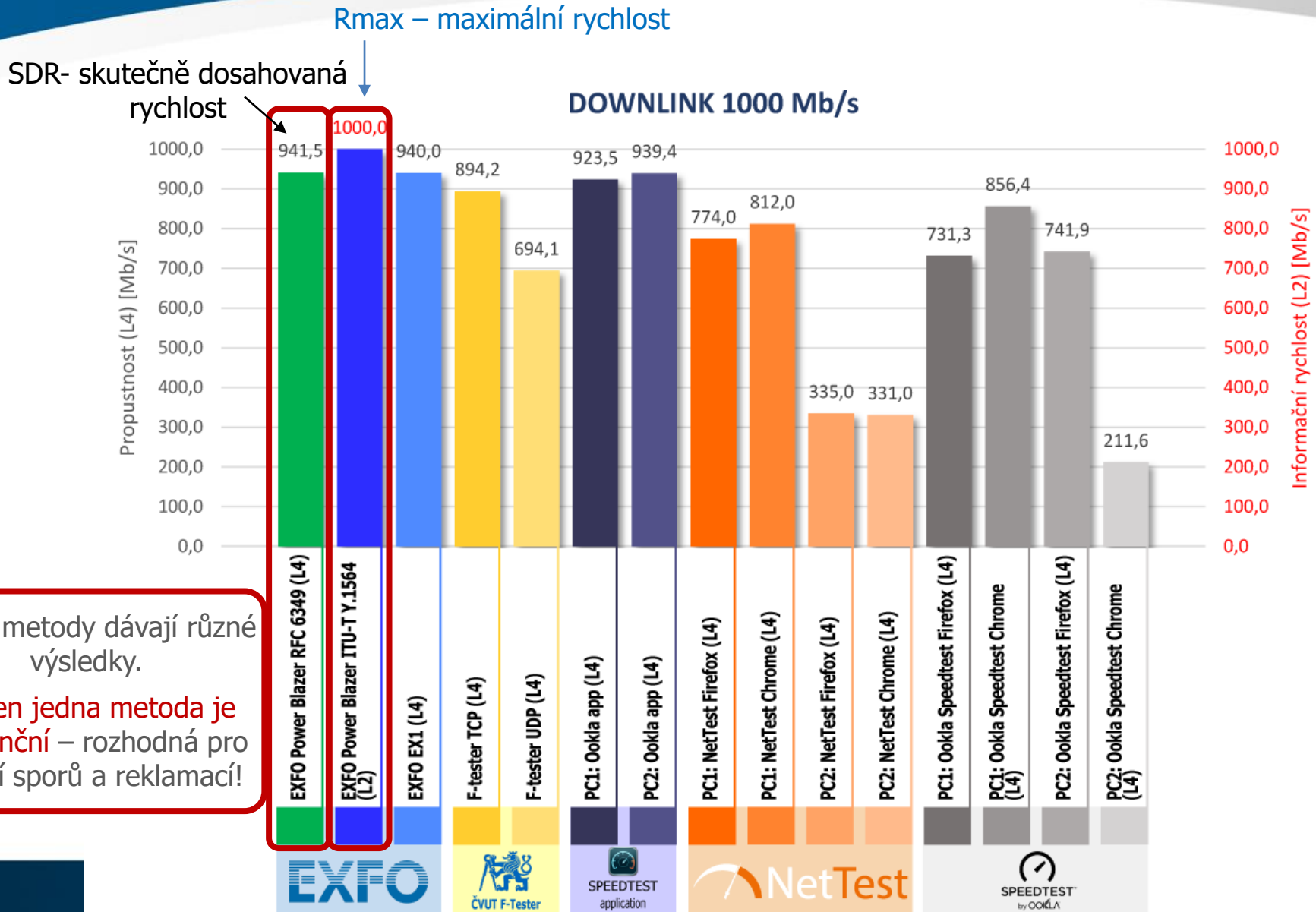
UDP

ITU-T Y.1564



EtherSAM
The new standard in Ethernet service testing

- TX rate → RX rate (Mbit/s)
- Frame loss (%)
- Frame delay (ms)
- Frame delay variation –jitter (ms)



Kontrolní měření provádí ČTÚ

OP PIK II a IV výzva

Požadavky na kvalitu sítí

TCP RFC 6349

UDP Y.1564

	NGA	PEVNÉ VHCN - Kritérium 3 (výkonnostní limit 1)		MOBILNÍ VHCN - Kritérium 4 (výkonnostní limit 2)	
		BoR(20)165	BoR(23)42	BoR(20)165	BoR(23)42
Rychlost přenosu downlink	≥ 100 Mb/s	→ ≥ 1000 Mb/s		≥ 150 Mb/s → ≥ 350 Mb/s	
Rychlost přenosu uplink	≥ 33 Mb/s	→ ≥ 200 Mb/s		≥ 50 Mb/s	≥ 50 Mb/s
Chybovost IP paketů		≤ 0,05 %		≤ 0,01 %	≤ 0,01 %
Ztrátovost IP paketů	≤ 0,01 %	→ ≤ 0,0025 %		≤ 0,005 % → ≤ 0,01 %	
Zpoždění IP paketů	≤ 75 ms	→ ≤ 10 ms		≤ 25ms → ≤ 18ms	
Kolísání zpoždění IP paketů	≤ 40 ms	→ ≤ 2 ms		≤ 6 ms → ≤ 5 ms	
Dostupnost služby IP		→ ≥ 99,9 % za rok		≥ 99,81 % → ≥ 99,9 % za rok	

Zdroj tabulky: D. Valíček, MPO

- Aktuální (okamžitá, skutečná, měřitelná ...) rychlost = ČTÚ: **SDR – skutečně dosahovaná rychlost**
SDR = TCP propustnost (L4 modelu ISO/OSI)
- Referenční měřicí metoda (RTM): **IETF RFC 6349**
- aktualizované definice a metodika měření QoS parametrů [na webu](#) ČTÚ

• Kontrola:

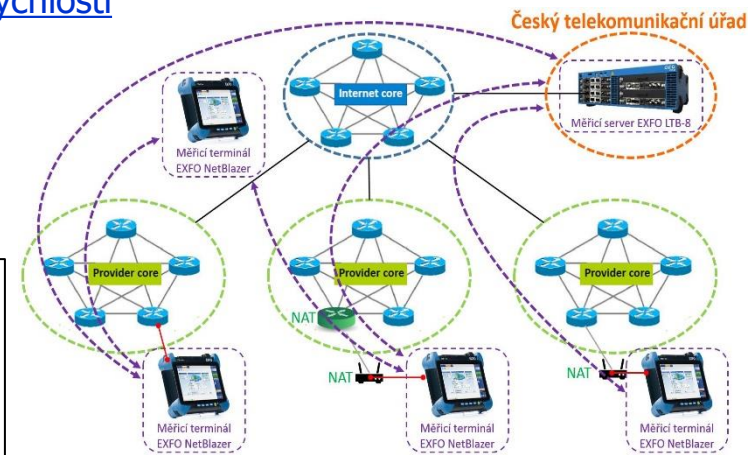
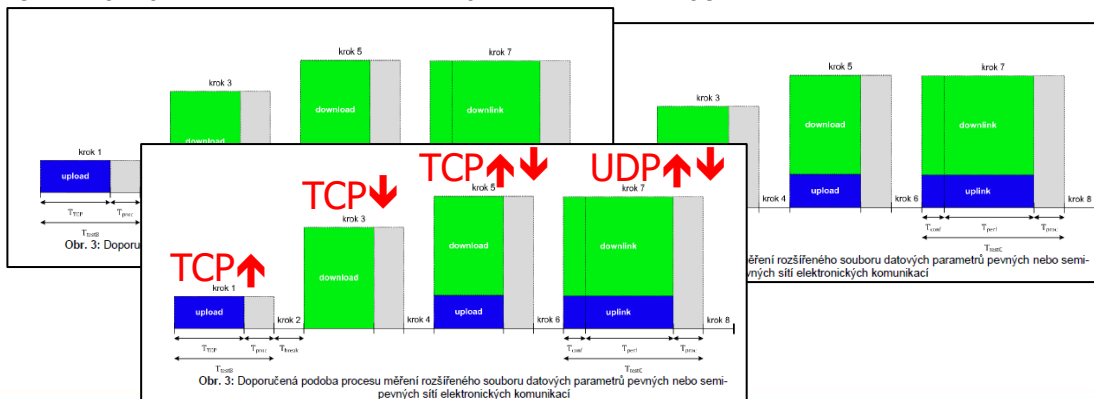
1) porovnání UDP propustnosti (ITU-T Y.1564) s [Rmax - maximální rychlostí](#)

2) porovnání SDR (TCP propustnosti, IETF RFC 6349) s rychlostí

[BDR – Běžně dostupnou rychlostí](#)

[Rmin - minimální rychlostí](#)

doporučené 3x sekvence měření za 90 min
(odchylky od BDR = ztráta výkonosti služby)




MPO vylosuje ke kontrole přípojky na adresních místech pokrytých projektem:

1) Aktivní přípojky

2) Disponibilní přípojky (dosud nejsou aktivovány – nutno zřídit přípojku za účelem testů)

ISP (příjemce dotace): ad 1) osloví koncové zákazníky, ad 2) zřídí přípojky.

ČTÚ měří za přítomnosti ISP (příjemce dotace):

- dle [metodiky](#) ČTÚ, Přílohy 2
- 3 sekvence měření (TCP test RFC 6349 a UDP test Y.1564) = **celkem 90 min**
- Rozhodující je **skutečně dosahovaná rychlost SDR** naměřená RFC 6349 na přípojce. Musí být: **SDR \geq 100/30 Mbit/s** (download/upload rychlost)
- Pokud **SDR $<$ 100 Mbit/s** download nebo **SDR $<$ 30 Mbit/s** upload –  **není splněna cílová rychlost = přípojka nevyhověla!**
- Doplnkové jsou parametry ztrátovost, zpoždění, kolísání zpoždění naměřené Y.1564.

Na co si dát pozor?

the **art** of
optical
communication

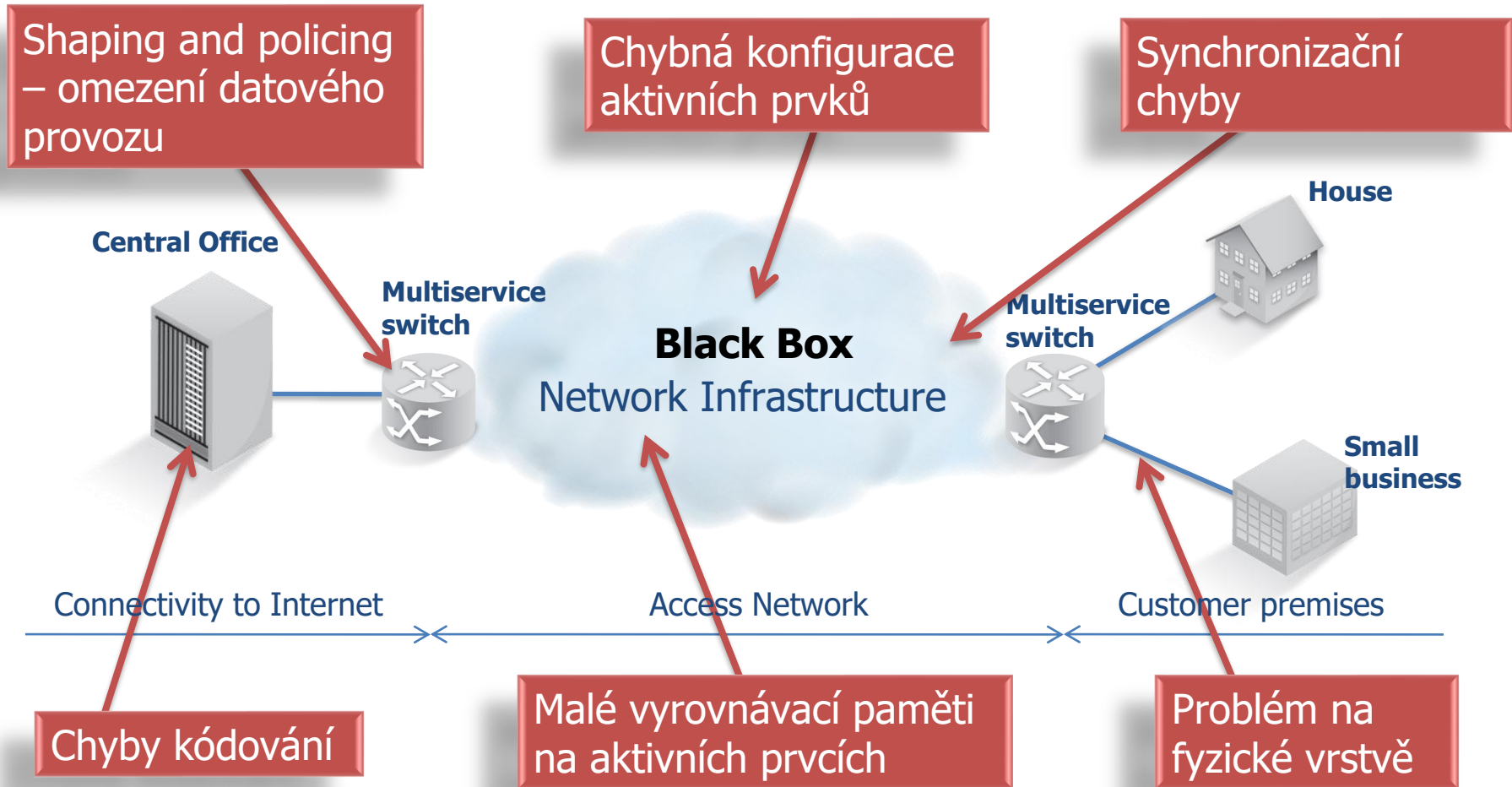


Na co si dát pozor, aby rychlost v testu RFC 6349 vyšla?

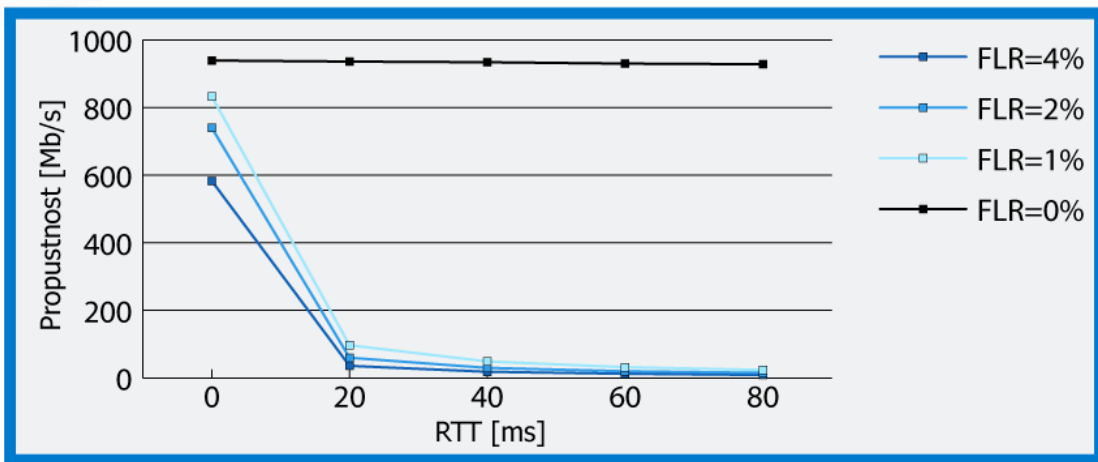
1. Pozor na nastavení a parametry sítě
ztrátovost, zpoždění, kolísání zpoždění naměřené Y.1564.
Pozor na řízení provozu sítě (shaping, limiting atd.).
2. Pozor na nastavení testu RFC 6349.
Pozor na RFC 6349 od různých výrobců (každý implementoval RFC 6349 po svém)

Jak nastavit síť?

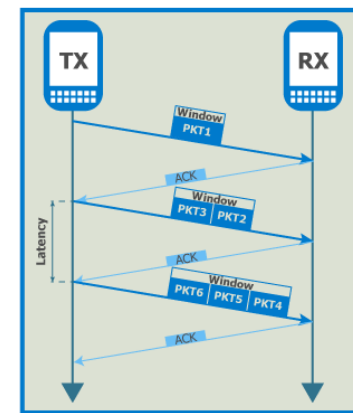
Kvalita sítě, nastavení prvků
(ovlivní výsledek měření rychlosti)



<https://www.profiber.eu/cz/aplikace/tcp-vs-udp/>



Obr.5 Závislost propustnosti na ztrátovosti a zpoždění.

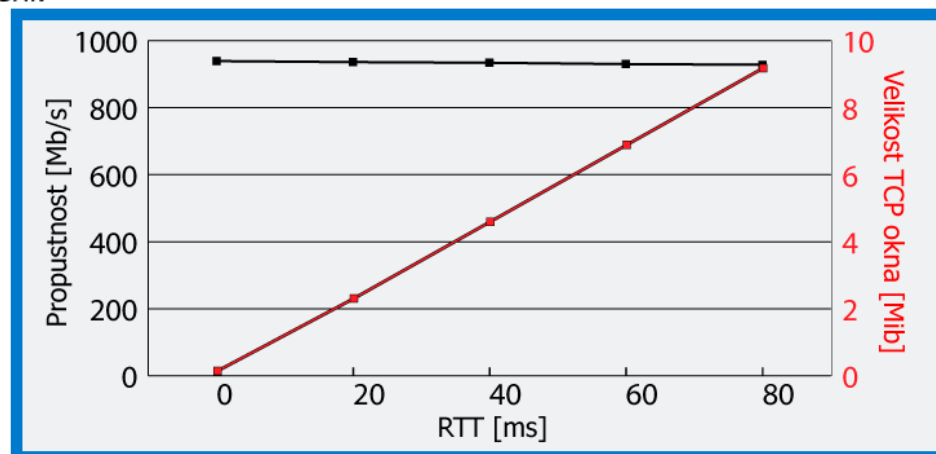


Obr.2 Okno přetížení.

TCP Segment Header								
Bit #	0	7	8	15	16	23	24	31
0	Source Port				Destination Port			
32	Sequence Number							
64	Acknowledgment Number							
96	Data Offset	Reserved		Flags		Window Size		
128	Checksum				Urgent Pointer			
160	Options							
...								
480								

UDP Datagram Header								
Bit #	0	7	8	15	16	23	24	31
0	Source Port				Destination Port			
32	Length				Checksum			

Obr.1 Velikosti záhlaví TCP / UDP.



Obr.6 Kompenzace zpoždění změnou velikosti TCP okna



Praktické měření UDP + TCP

Service Configuration Test		Completed, Fail		✘		Start Time		7. 3. 2016 14:02:50	
Service		TX CIR (Mbit/s)	FD (ms) (RTT) (Latency)	IFDV (ms) (Jitter)	FLR (%) (Frame Loss)		RX Rate (Mbit/s)		
1 Best Effort	L->R	30,0	10,052	< 0,015	0,1023	✘	29,969		
	R->L	30,0		< 0,015	0,0838	✘	29,974		
Service Performance Test		Completed, Fail		✘					
Service		TX CIR (Mbit/s)	FD (ms) (RTT) (Latency)	IFDV (ms) (Jitter)	FLR (%) (Frame Loss)		RX Rate (Mbit/s)		
1 Best Effort	L->R	30,0	10,052	< 0,015	0,0980	✘	29,970	✘	
	R->L	30,0		< 0,015	0,0950	✘	29,971	✘	
						Total RX Rate (Mbits/s)	L->R	29,970	
							R->L	29,971	
RFC 6349 Test		Completed, Pass		✔					
MTU (bytes)		1289		Minimum RTT (ms)		10,071			
TCP Throughput									
Service		Window	Ideal L4 (Mbit/s)	Actual L4 (Mbit/s)	TCP Efficiency (%)	Buffer Delay (%)			
1 Best Effort	L->R	34 KiB (2 conn.@ 17 KiB)	27,8	26,9	✔	99,91	0,54		
	R->L	34 KiB (2 conn.@ 17 KiB)	27,8	27,0	✔	99,92	0,79		

Test běžně dostupné rychlosti BDR = 75 Mbit/s dle RFC 6349.

Ztrátovost FLR = 0 %

Zpoždění FD = 5 ms

Ztrátovost FLR = 0,1 %

Zpoždění FD = 5 ms

Ztrátovost FLR = 1 %

Zpoždění FD = 5 ms

Ztrátovost FLR = 5 %

Zpoždění FD = 5 ms

TCP Throughput						
	Window	Ideal L4 (Mbit/s)	Actual L4 (Mbit/s)		TCP Efficiency (%)	Buffer Delay (%)
L->R	12 KiB (2 conn.@ 6 KiB)	75,1	72,6	✓	100,00	19,63
R->L	12 KiB (2 conn.@ 6 KiB)	75,1	72,0	✓	99,98	62,29
TCP Throughput						
	Window	Ideal L4 (Mbit/s)	Actual L4 (Mbit/s)		TCP Efficiency (%)	Buffer Delay (%)
L->R	104 KiB (2 conn.@ 52 KiB)	75,1	58,5	✗	99,89	2,96
R->L	104 KiB (2 conn.@ 52 KiB)	75,1	58,5	✗	99,89	6,23
TCP Throughput						
	Window	Ideal L4 (Mbit/s)	Actual L4 (Mbit/s)		TCP Efficiency (%)	Buffer Delay (%)
L->R	104 KiB (2 conn.@ 52 KiB)	75,1	21,9	✗	98,88	2,12
R->L	104 KiB (2 conn.@ 52 KiB)	75,1	20,6	✗	98,68	125,82
TCP Throughput						
	Window	Ideal L4 (Mbit/s)	Actual L4 (Mbit/s)		TCP Efficiency (%)	Buffer Delay (%)
L->R	104 KiB (2 conn.@ 52 KiB)	75,1	7,0	✗	92,60	2,68
R->L	104 KiB (2 conn.@ 52 KiB)	75,1	6,7	✗	91,83	40,90

Přijďte se přesvědčit na pracoviště NGA sítě: Jak závisí poskytovaná rychlost připojení k internetu (TCP propustnost) na kvalitativních parametrech sítě jako je ztrátovost, zpoždění atd.

Jak nastavit test RFC 6349?

Test Y.1564

(výsledek ovlivní hodnoty TCP propustnosti)

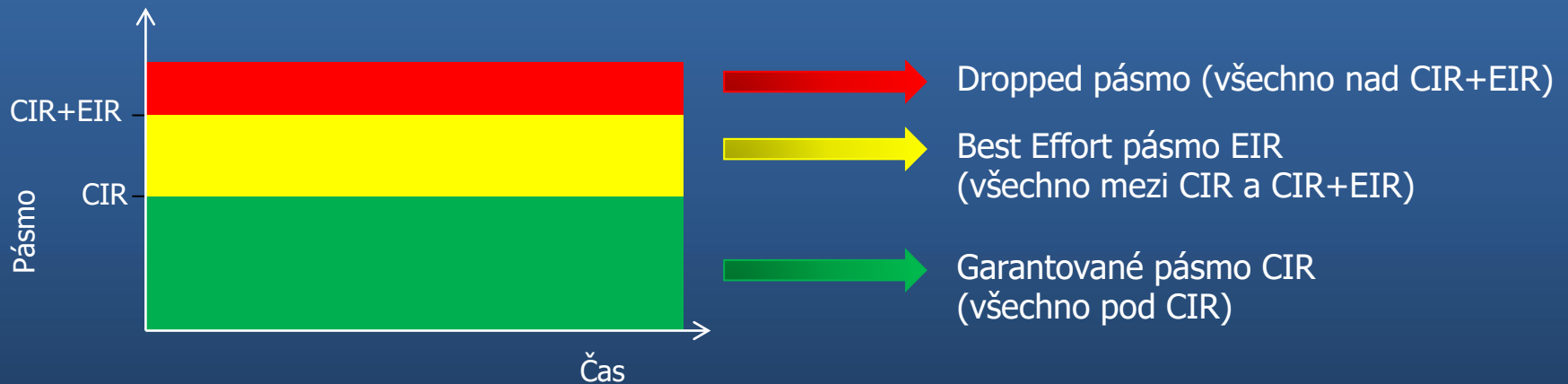
CIR (Committed Information Rate) [bit/s]

- Informační rychlost, síť přenáší data
- Garance SLA

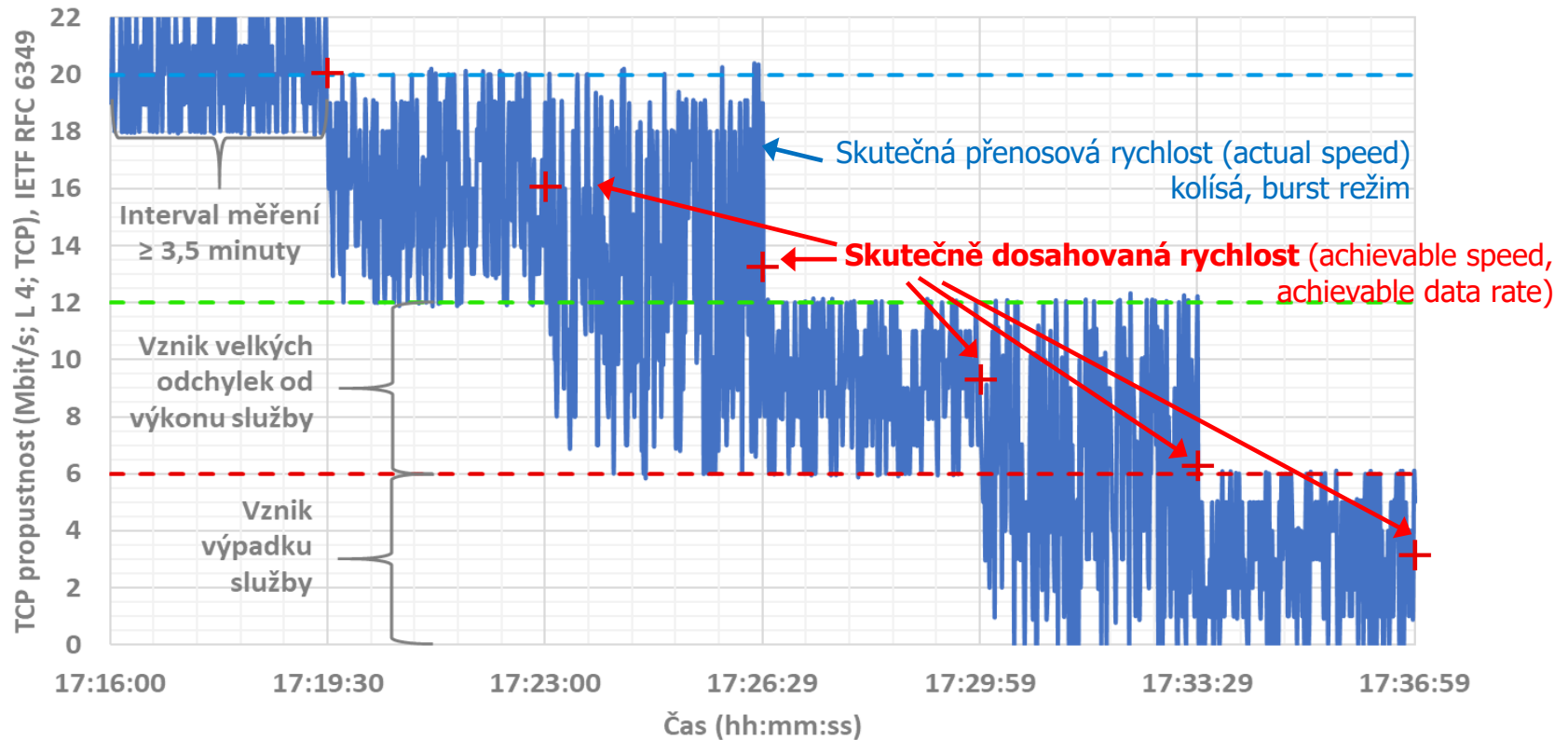
EIR (Excess Information Rate) [bit/s]

- Informační rychlost, síť přenáší data
- SLA nemusí být splněny

Traffic Color Awareness

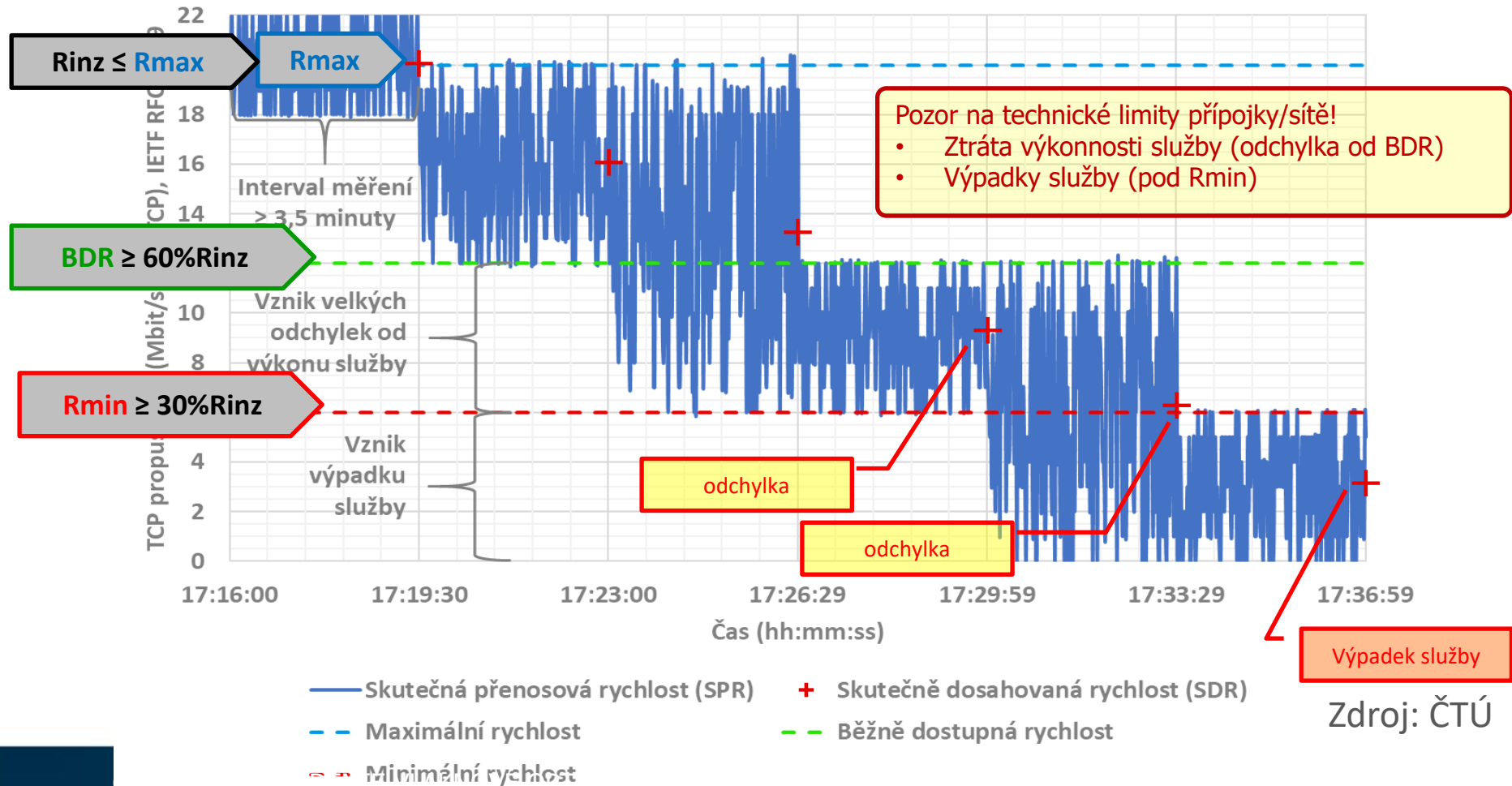


Směr download služby přístupu k internetu
Inzerovaná rychlost = 20 Mbit/s



- Skutečná přenosová rychlost (SPR)
- Maximální rychlost
- Minimální rychlost
- + Skutečně dosahovaná rychlost (SDR)
- - - Běžně dostupná rychlost

Směr download služby přístupu k internetu
Inzerovaná rychlost = 20 Mbit/s



Rychlosti a limity dle ČTÚ [VO-S/1/08.2020-9](#)

Technicky nedosažitelné pásmo

R_{max}

$R_{inz} \leq R_{max}$

Obecně dle VO-S/1/08.2020-9

+

Skutečně dosahovaná rychlost (achievable speed,
achievable data rate)

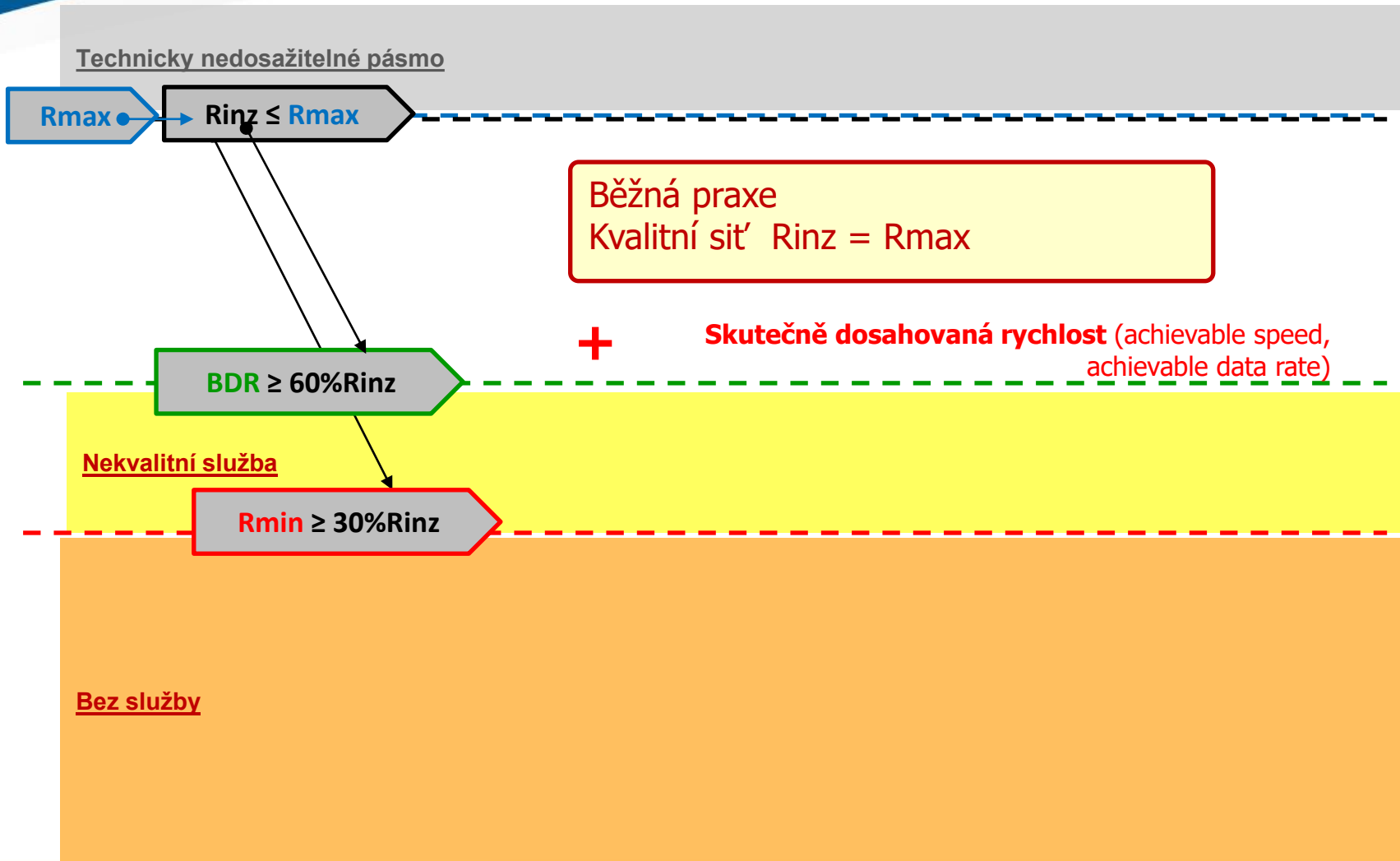
$BDR \geq 60\%R_{inz}$

Nekvalitní služba

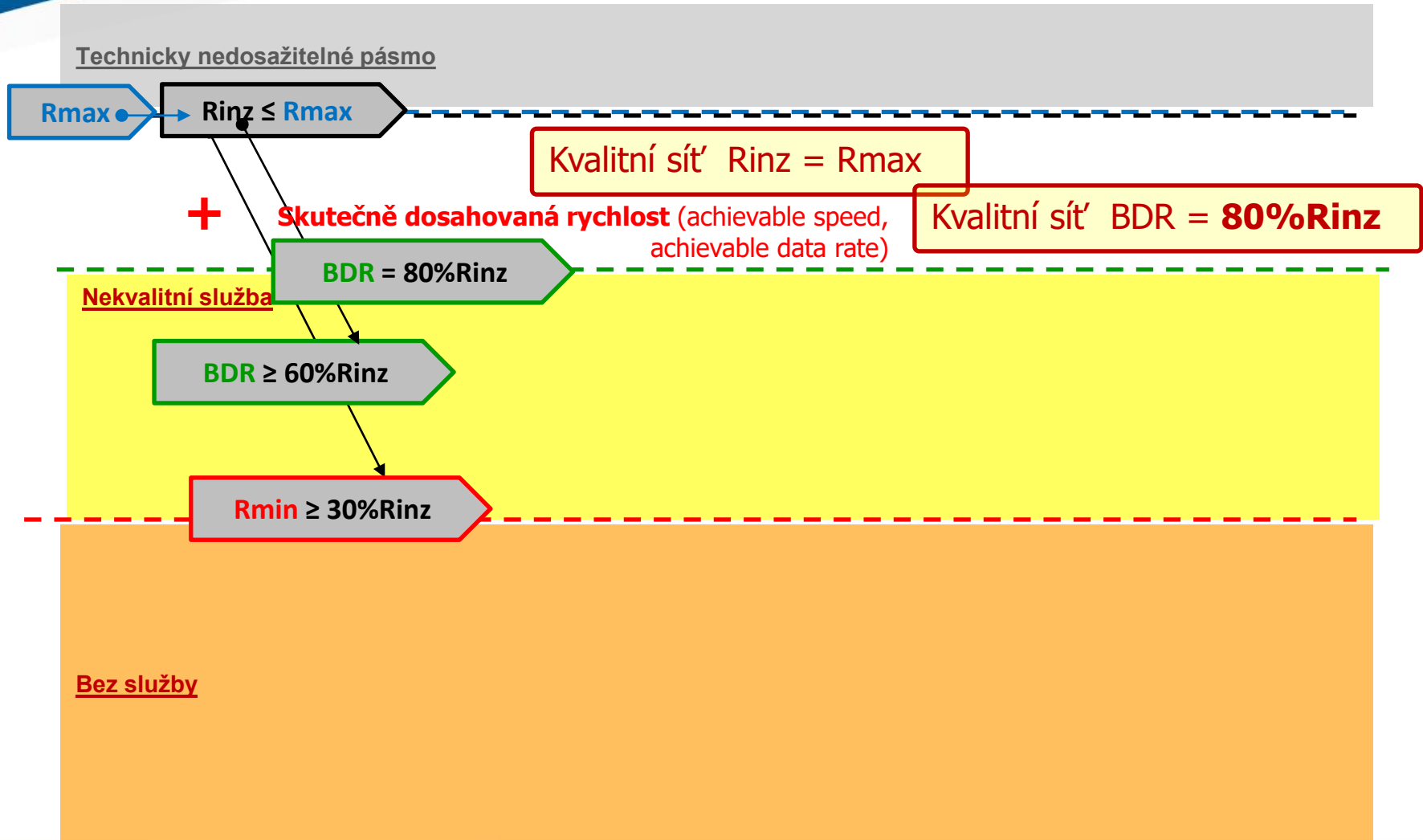
$R_{min} \geq 30\%R_{inz}$

Bez služby

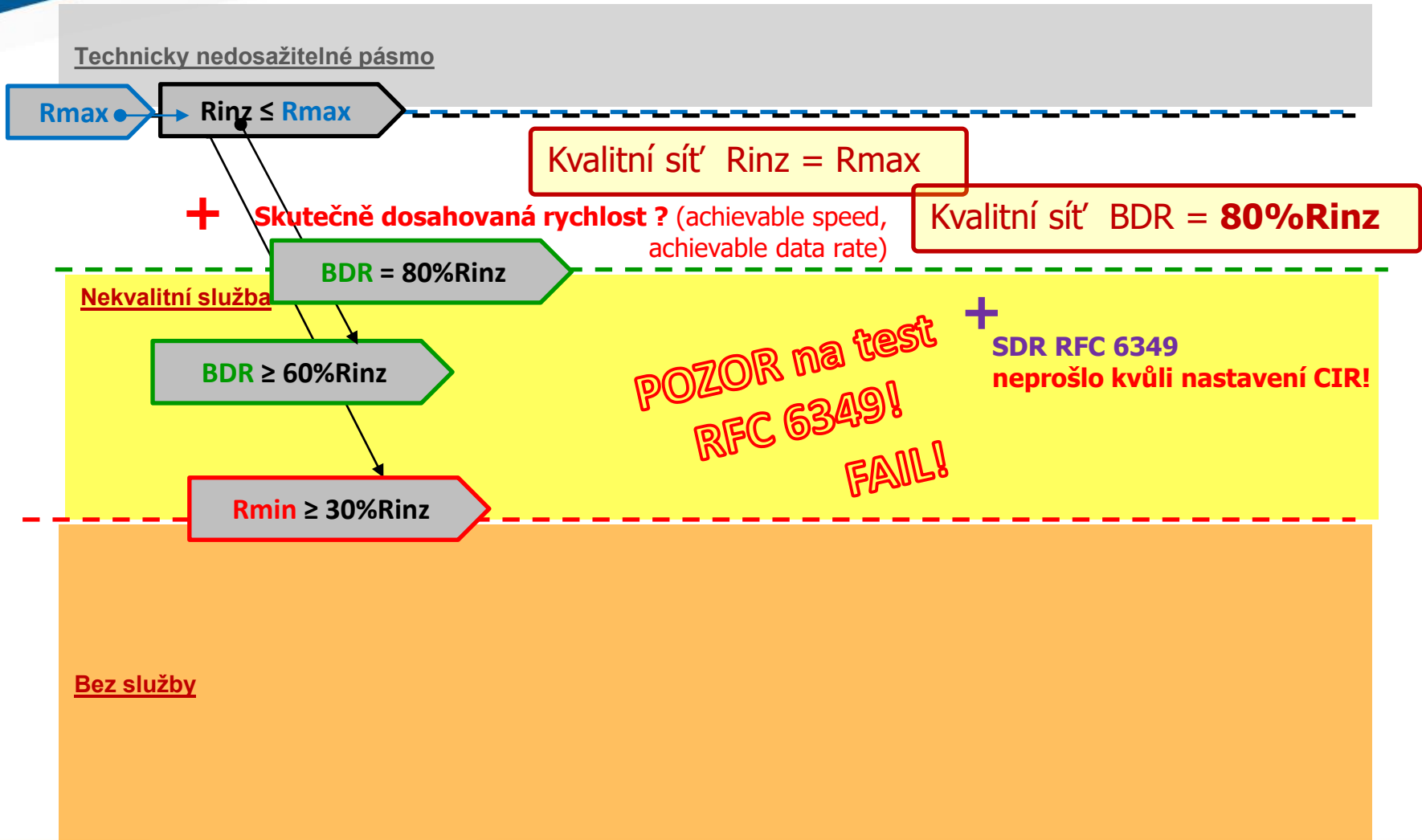
Rychlosti a limity dle ČTÚ [VO-S/1/08.2020-9](#)



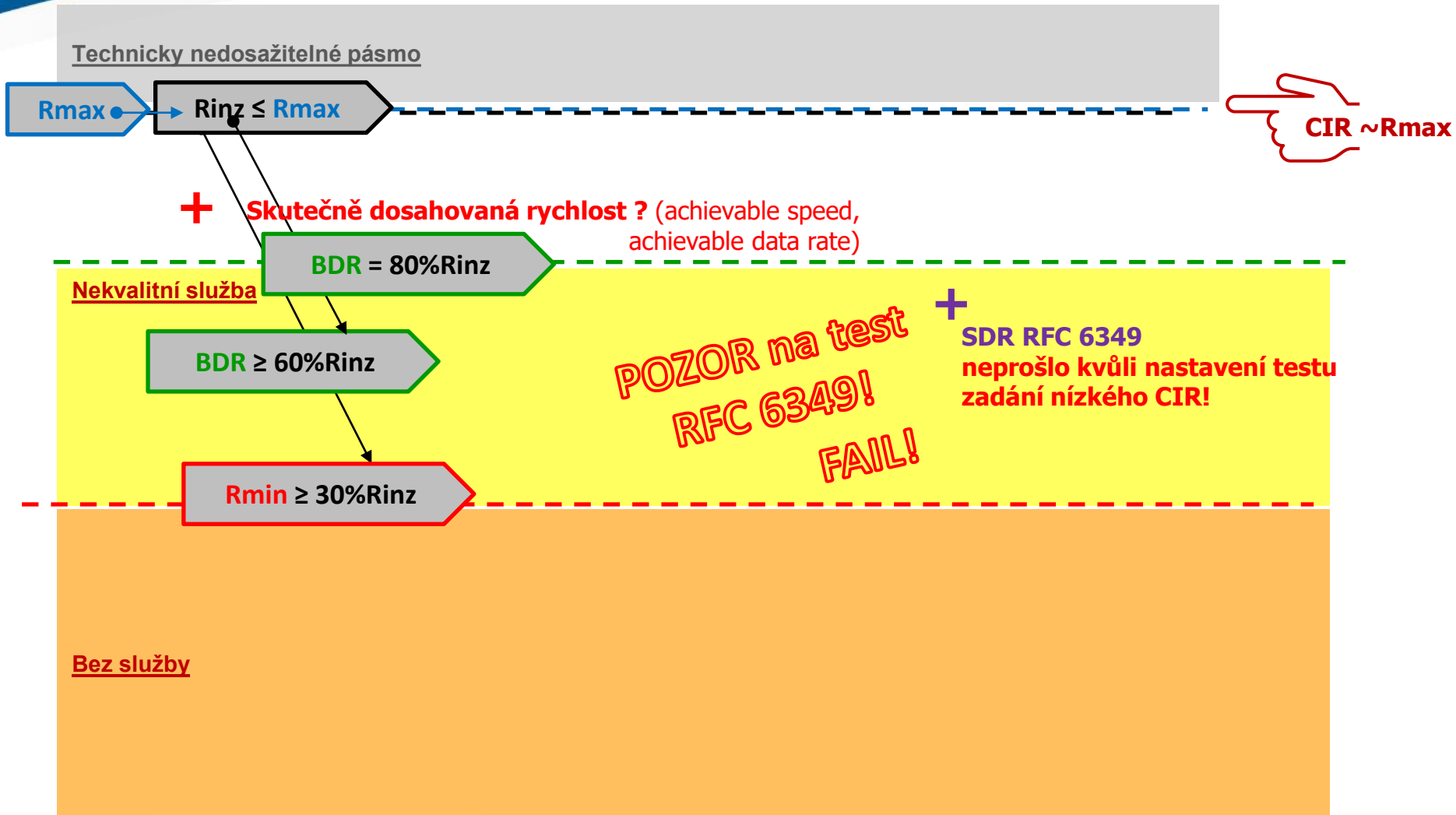
Rychlosti a limity dle ČTÚ [VO-S/1/08.2020-9](#)



Rychlosti a limity dle ČTÚ [VO-S/1/08.2020-9](#)



Rychlosti a limity dle ČTÚ [VO-S/1/08.2020-9](#)



Rychlosti a limity dle ČTÚ [VO-S/1/08.2020-9](#)

$R_{maxmax} = BDR / 60\%$

Technicky nedosažitelné pásmo

$CIR \sim R_{maxmax}$

R_{max} → $R_{inz} \leq R_{max}$

+ **Skutečně dosahovaná rychlost ?** (achievable speed, achievable data rate)

+ **SDR RFC 6349**
prošlo při jiném nastavení testu, zadání vyššího CIR!

$BDR = 80\%R_{inz}$

Nekvalitní služba

$BDR \geq 60\%R_{inz}$

test RFC 6349
😊😊😊

PASS!

$R_{min} \geq 30\%R_{inz}$

Bez služby

Kouzla a fígle, aby rychlost v testu RFC 6349 vyšla?

1. „*Boost faktor*“ – navýšení CIR (v metodice ČTÚ neuvedeno)
2. K diskusi s ČTÚ: omezené navýšení CIR ve shodě s [VO-S/1/08.2020-9](#), tzn při BDR = 80%Rinzer = 80%Rmax mít možnost místo $CIR(L1) \sim Rmax(L4) = BDR(L4) / 80\%$ zadat CIR z *technicky nedosažitelného* pásma (?!):
 $CIR(L1) \sim Rmaxmax(L4) = BDR(L4) / 60\%$
3. Někdy pomůže mírně navýšit zpoždění RTT

Je to všechno **o diskusi s regulátorem a se sektorem.**

Jsme na začátku, všichni sbíráme zkušenost s metodikou ČTÚ.

Co dál?
Nejde to jinak?
(jak snížit pracnost a náklady)

Jak kontrolovat přípojky během doby udržitelnosti projektu?

Námět 1:

Pro účely kontroly dotovaných přípojek **zkrátit test RFC 6349 a Y.1564**

Námět 2:

Hledat **alternativní a méně pracné metody měření a monitorování sítě a služeb**

Žádný z námětů nesmí způsobit ztrátu kvality díla.

viz dále...

- Aktuální (okamžitá, skutečná, měřitelná ...) rychlost = ČTÚ: **SDR – skutečně dosahovaná rychlost**
SDR = TCP propustnost (L4 modelu ISO/OSI)
- Referenční měřicí metoda (RTM): **IETF RFC 6349**
- aktualizované definice a metodika měření QoS parametrů [na webu](#) ČTÚ

• Kontrola:

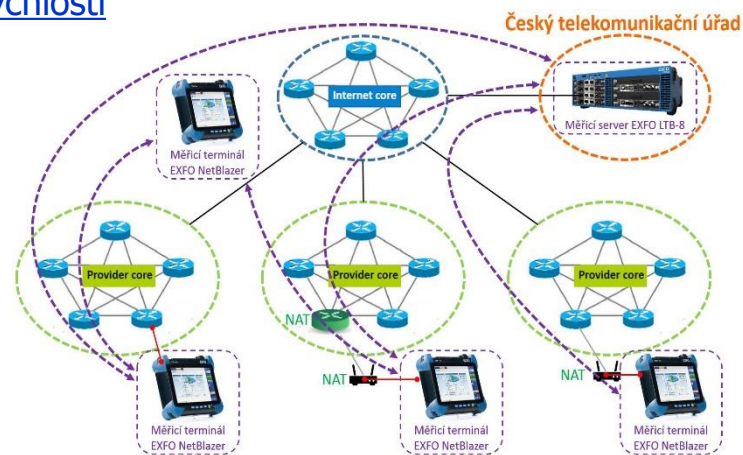
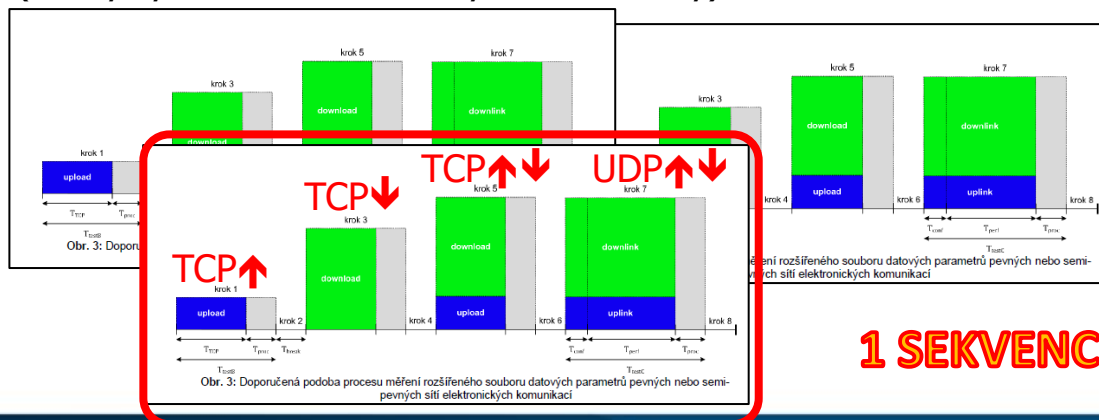
1) porovnání UDP propustnosti (ITU-T Y.1564) s [Rmax - maximální rychlostí](#)

2) porovnání SDR (TCP propustnosti, IETF RFC 6349) s rychlostí

[BDR – Běžně dostupnou rychlostí](#)

[Rmin - minimální rychlostí](#)

doporučené 3x sekvence měření za 90 min
(odchylky od BDR = ztráta výkonosti služby)



1 SEKVENCE MĚŘENÍ = 30 min

- Aktuální (okamžitá, skutečná, měřitelná ...) rychlost = ČTÚ: **SDR – skutečně dosahovaná rychlost**
SDR = TCP propustnost (L4 modelu ISO/OSI)
- Referenční měřicí metoda (RTM): **IETF RFC 6349**
- aktualizované definice a metodika měření QoS parametrů [na webu](#) ČTÚ

Kontrola:

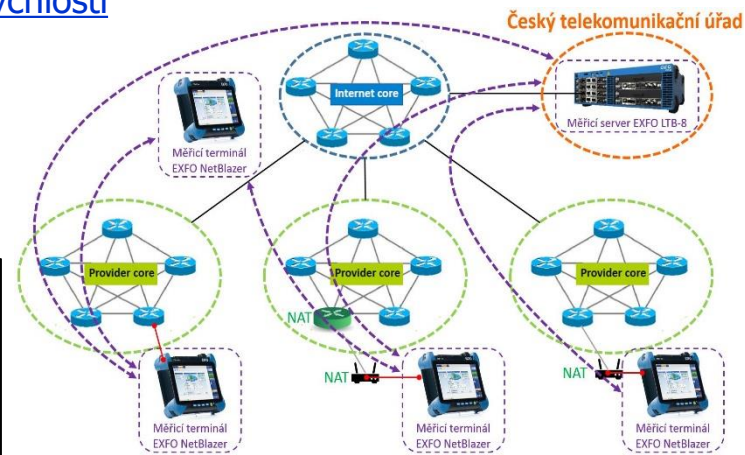
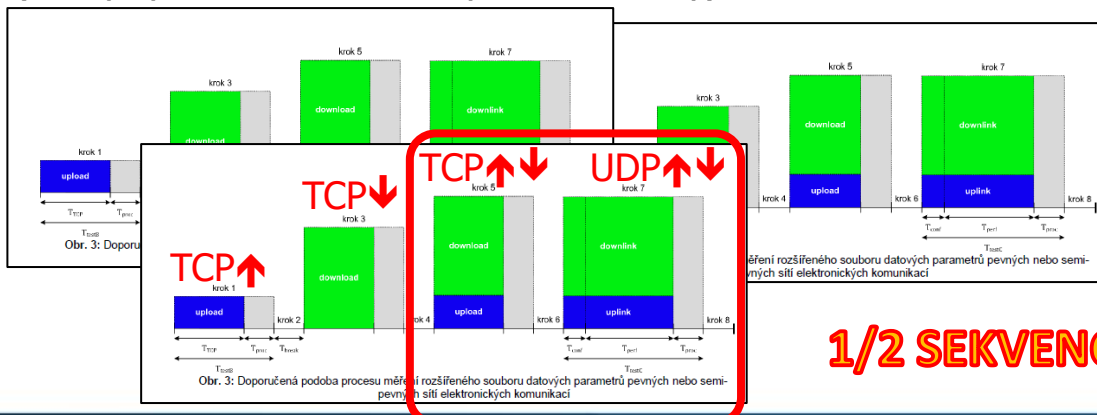
1) porovnání UDP propustnosti (ITU-T Y.1564) s [Rmax - maximální rychlostí](#)

2) porovnání SDR (TCP propustnosti, IETF RFC 6349) s rychlostí

[BDR – Běžně dostupnou rychlostí](#)

[Rmin - minimální rychlostí](#)

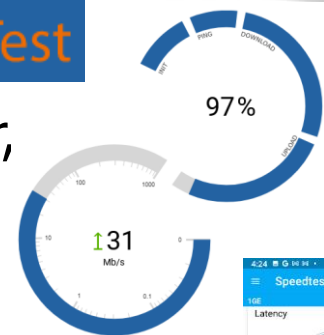
doporučené 3x sekvence měření za 90 min
(odchylky od BDR = ztráta výkonosti služby)



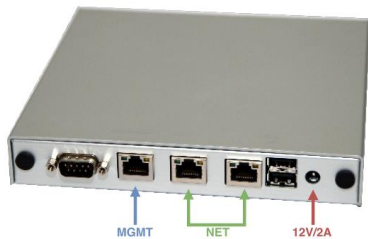
1/2 SEKVENCE MĚŘENÍ = 20 min



ČTÚ NetTest – nástroj certifikovaný Úřadem, webový tester, z metrologického není měřidlo s návazností, vhodný jako crowdsourcing a bigdata nástroj, indikátor provozu, stavu sítě a služeb.

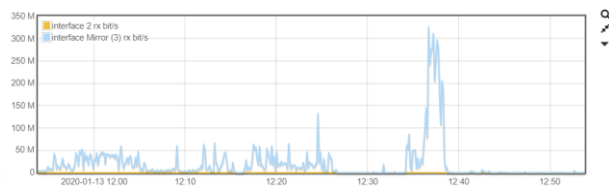


Ookla Speedtest – praktický servisní a aktivační nástroj, rozšířený mezi ISP, bez metrologické návaznosti.



F-Tester - praktický servisní a monitorovací nástroj, měřicí a monitorovací sonda

Sít'ové multimetry Allegro Packets
servisní a monitorovací nástroj na principu DPI (Deep Packet Inspection), monitoring sít'ového provozu, stavu sítě a služeb. Monitoring kvality a bezpečnosti sítě.



Další postřehy

the **art** of
optical
communication



Jaká jsou úskalí měřících metod?

- Zpoždění, doba odezvy (latence)
- Počet TCP spojení (TCP sessions)
- Umístění a konektivita měřicího serveru
- Použitá metoda, její principy, výsledky, vhodnost

Je to o diskusi,
o získání zkušeností...

Život a technologie si jdou svou cestou
(Tak ať nám neutečou)

Přichází XGS PON = symetrických 10/10 Gbit/s

Hodně štěstí a inspirace... 😊

Děkuji za pozornost

www.profiber.eu

AKADEMIE VLÁKNOVÉ OPTIKY A OPTICKÝCH KOMUNIKACÍ[®]

PROFiber Networking CZ s.r.o.
Mezi Vodami 205/29
143 00 Praha 4

PROFiber Networking s.r.o.
Bernolákova 2
917 01 Trnava

the art of
optical
communication

