

Zkušenosti Českého telekomunikačního úřadu s provozem nástroje ČTÚ-NetTest

Monitorovací mechanismus kvality služeb přístupu k internetu

Ing. Karel Tomala, Ing. Petr Koudelka Ph.D. a Ing. Jakub Tureček

Oddělení kontroly datových služeb

Odbor kontroly

Sítě FTTx v roce 2022 a Mistrovství světa v mikrotrubičkování / 3. až 4. března 2022



Český telekomunikační úřad





Obsah

- Nařízení (EU) 2015/2120 a Pokyny BEREC BoR (20) 112
 - certifikovaný mechanismus monitorování kvality služeb
- Veřejně dostupný měřicí nástroj ČTÚ-NetTest
 - od 17. září 2021
- Technické aspekty měřicích nástrojů
 - ČTÚ-NetTest
 - RFC 6349
 - iPERF
 - Ookla
- Slovníček pojmů
- Závěr



Nařízení (EU) 2015/2120

■ Článek 4:

Opatření ke zvýšení transparentnosti pro zajištění přístupu k otevřenému internetu

4) Za nedodržení výkonu pro účely aktivace prostředků nápravy, které má spotřebitel k dispozici podle vnitrostátního práva, se považuje jakákoli velká a trvající či pravidelně se opakující odchylka skutečného výkonu služby přístupu k internetu, ..., pokud byly příslušné skutečnosti **zjištěny za pomoci mechanismu sledování ověřeného vnitrostátním regulačním orgánem.**

Originál v ENG: ...*monitoring mechanism certified by the national regulatory authority...*



BEREC Pokyny BoR (20) 112

- 161) Nařízení nevyžaduje, aby členské státy nebo vnitrostátní regulační orgán vytvářely nebo certifikovaly mechanismus monitorování. **Pokud vnitrostátní regulační orgán má k dispozici mechanismus monitorování zavedený za tímto účelem, měl by být tento považován za certifikovaný mechanismus monitorování podle článku 4 odst. 4.**
- 162) Práva zakotvená v Nařízení by byla účinnější, kdyby vnitrostátní regulační orgány vytvořily nebo **certifikovaly jeden nebo více mechanismů** monitorování...
- 163) Metodiky, které by **certifikované mechanismy monitorování mohly používat**, jsou dále popsány v následující části...



BEREC Pokyny BoR (20) 112

Metodika pro sledování **výkonu služby** přístupu k internetu

164. Vnitrostátní regulační orgány by měly při zavádění metodiky měření přihlédnout k dokumentu **BoR (14) 117** a také k dokumentu **BoR (17) 178**. Měření by měla v maximálním možném rozsahu zmírnit vliv matoucích faktorů, které jsou vlastní **uživatelskému prostředí**, jako například stávající **křížový provoz** a **rozhraní bezdrátové/drátové sítě**.

- BoR (14) 117: Měřicí nástroj **IETF RFC 6349** dle aktuálně platného metodického postupu ČTÚ (Přílohy č. 1 a č. 2), verze 2.1
- BoR (17) 178: Měřicí nástroj **ČTÚ-NetTest**
- Oba nástroje mají měřicí server ve VIS MSEK/**peeringový uzel NIX.CZ**



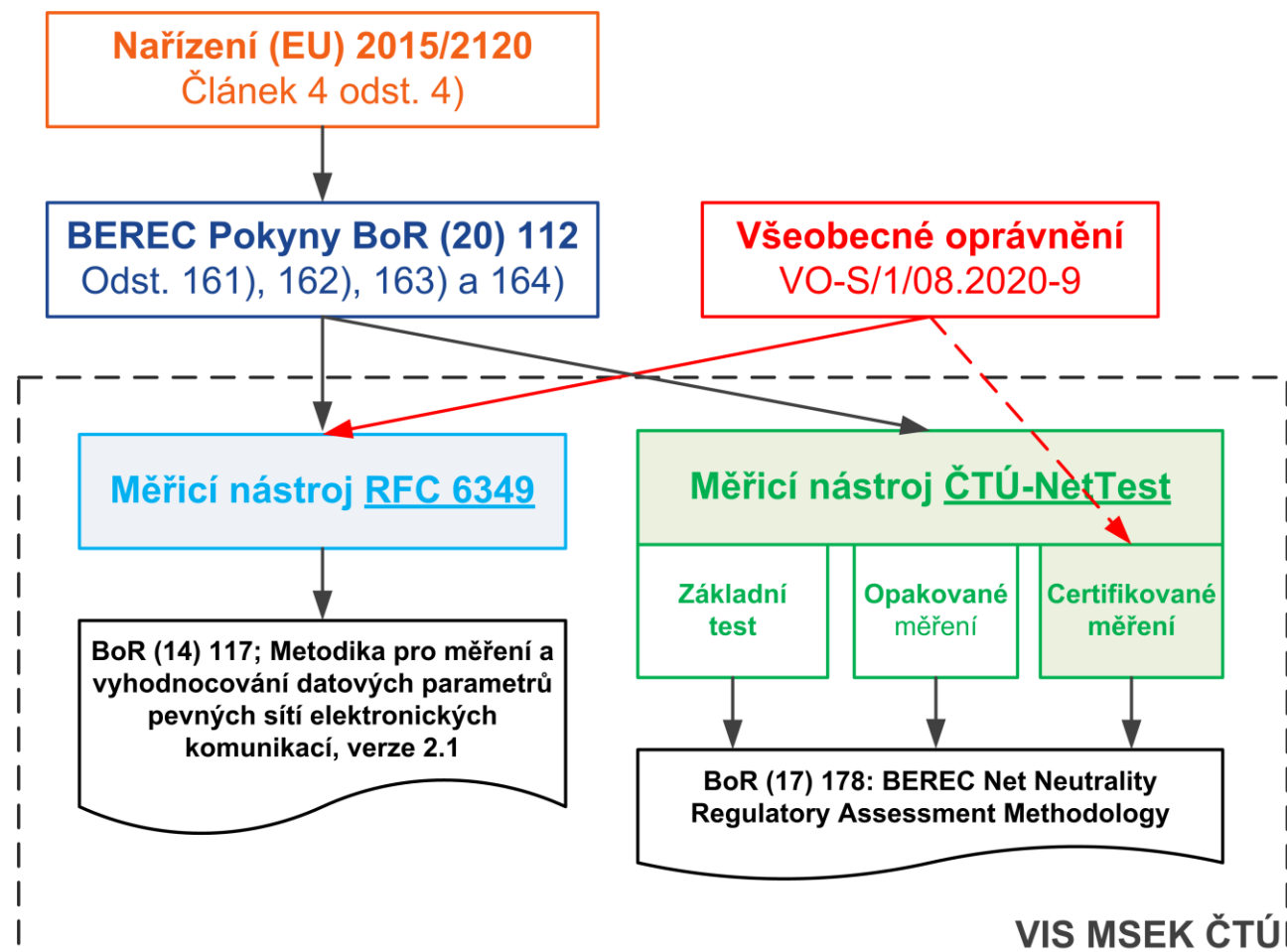
Měřicí nástroje výkonu služeb přístupu k internetu

■ Nástroj RFC 6349

- Součást kalibrovaného měřicího systému (EXFO)
- Schopnost měřit až 10 Gb/s
- Měření provádí pracovníci ČTÚ
- **Místní šetření, kontrola**

■ Nástroj ČTÚ-NetTest

- Veřejně dostupný měřicí nástroj
- Založen na bázi open source
- Limitace rychlostí vlivem:
 - webového browseru
 - síťového rozhraní PC
 - výkonu PC (CPU-Z Benchmark)
- **Reklamace nebo podnět**





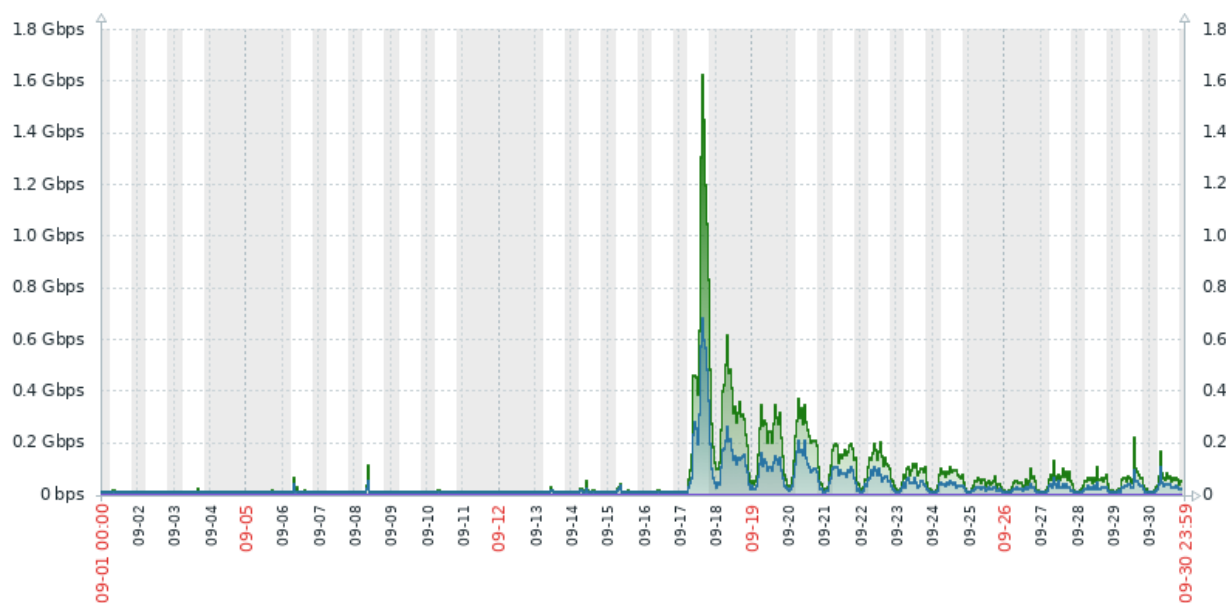
Veřejně dostupný nástroj ČTÚ-NetTest

- **Nástroj byl uveden do provozu 17. září 2021**
 - jednotlivé měření, opakované měření, certifikované měření
 - při uvedení do provozu měření pouze na IPv4
 - od 30. září 2021 možnost měření i na IPv6
 - zdrojové kódy zveřejněny na GitHubu 26. října 2021
- **17. září 2021 provedeno 33 281 testů počtem 26 118 uživatelů**
 - maximální bitová rychlost 17. září 2021 $NBR_{\max} = 3,83 \text{ Gb/s}$
- **Do konce září provedeno 122 183 testů počtem 88 390 uživatelů**
- **V prosinci provedeno 62 858 testů počtem 36 103 uživatelů**
 - průměrná bitová rychlost v prosinci $NBR_{\text{avg}} = 26,91 \text{ Mb/s}$
 - maximální bitová rychlost v prosinci $NBR_{\max} = 1,51 \text{ Gb/s}$
- **Koncem roku 2021 se počet testů za den ustálil na hodnotě $\approx 2\,000$**

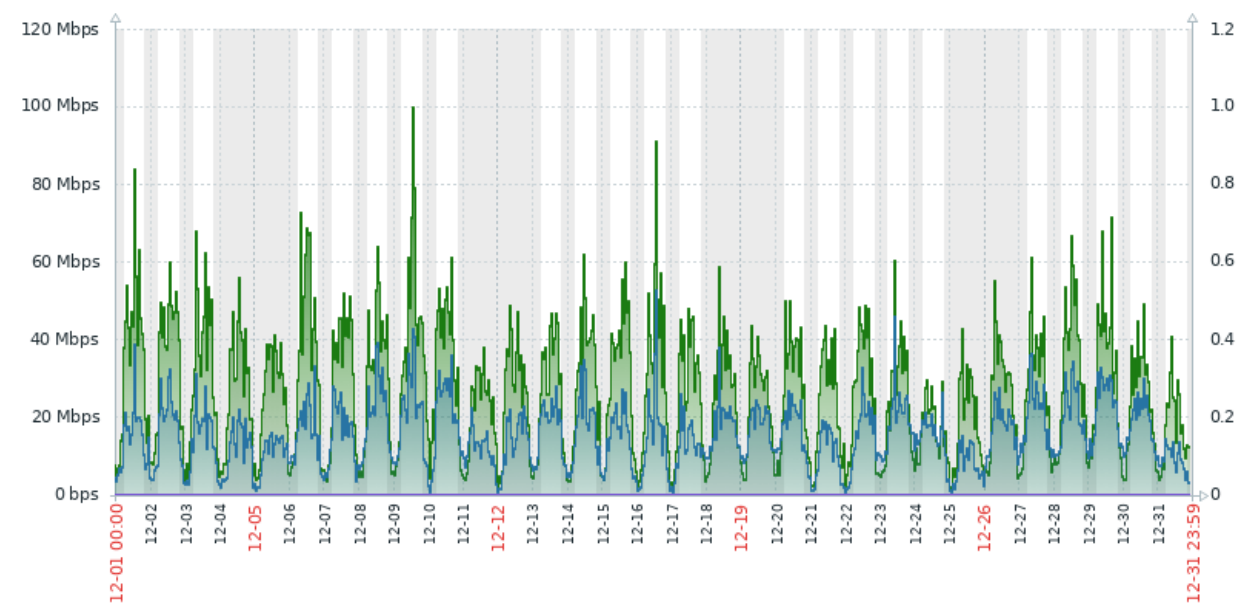


Veřejně dostupný nástroj ČTÚ-NetTest

Monitoring síťového provozu: září 2021 a prosinec 2021



	[průměr]	poslední	min	průměr	max
Bits received	[průměr]	46.85 Mbps	0 bps	58.7 Mbps	3.83 Gbps
Bits sent	[průměr]	15.67 Mbps	0 bps	26.39 Mbps	2.29 Gbps
Outbound packets with errors	[průměr]	0	0	0	0
Inbound packets with errors	[průměr]	0	0	0	0
Outbound packets discarded	[průměr]	0	0	0	0
Inbound packets discarded	[průměr]	0	0	0	0



	[průměr]	poslední	min	průměr	max
Bits received	[průměr]	12 Mbps	0 bps	26.91 Mbps	1.51 Gbps
Bits sent	[průměr]	2.42 Mbps	0 bps	15.12 Mbps	1.67 Gbps
Outbound packets with errors	[průměr]	0	0	0	0
Inbound packets with errors	[průměr]	0	0	0	0
Outbound packets discarded	[průměr]	0	0	0	0
Inbound packets discarded	[průměr]	0	0	0	0



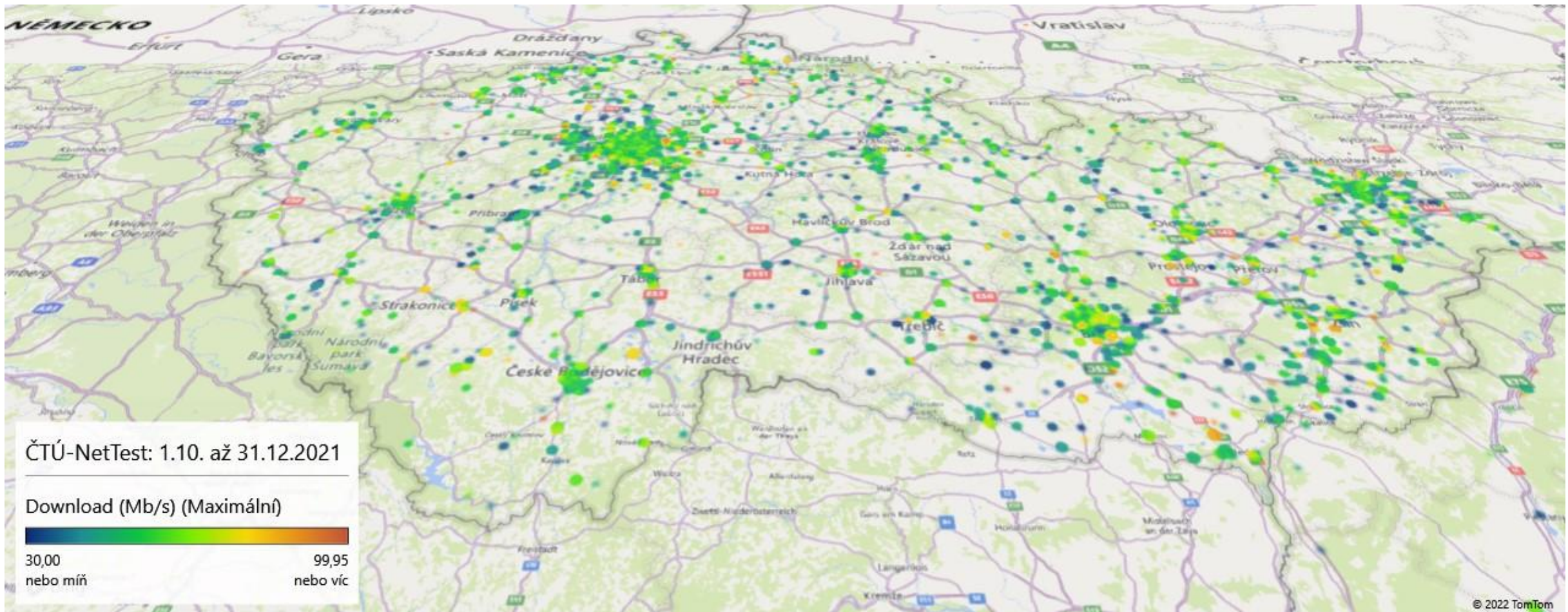
Veřejně dostupný nástroj ČTÚ-NetTest: doplňkové funkce

- **Histogram výsledků měření**
 - statisticky vyhodnocuje download, upload a ping (všechny výsledky)
- **Posledních 24 hodin**
 - zobrazuje průměrné výsledky za daný časový úsek dne (krok 1 hodina)
 - do 19.1.2022 rozptyl výsledků odpovídal hodnotě 40% (VO-S/1)
 - od 19.1.2022 zprovozněné sondy ISP způsobují nárůst v ranních hodinách (nejedná se o měření na koncových bodech sítě NTP), 50 Mb/s → 56 Mb/s
- **Open data**
 - možnost přístupu k výsledkům měření a jejich filtrace
 - umožňují pokročilejší analýzu (Big Data) + API rozhraní (specifikace)
- **Synchronizace uživatelských výsledků mezi svými zařízeními**
 - dostupné od 3. února 2022



Open data od 1.10. do 31.12.2021 (filtrace GPS + Browser 50 m)

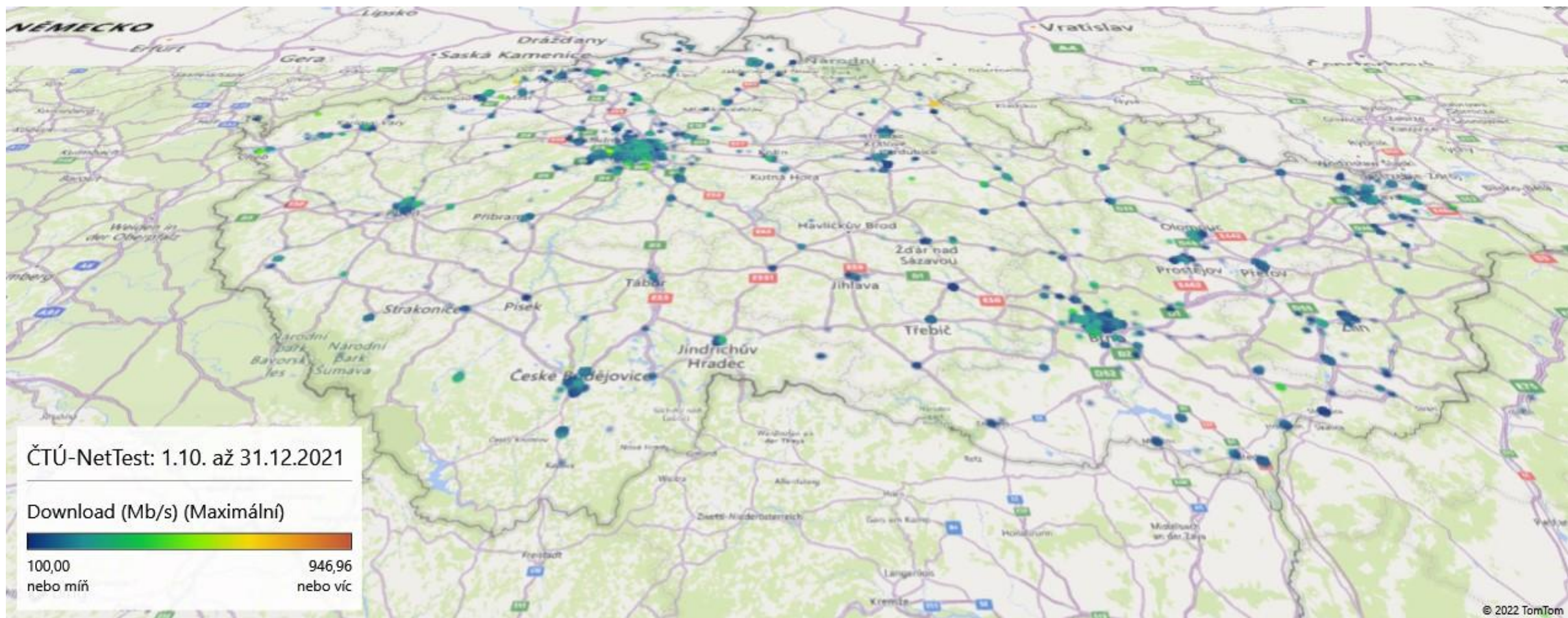
- Speed code 30 (download): od 30 Mb/s do 100 Mb/s





Open data od 1.10. do 31.12.2021 (filtrace GPS + Browser 50 m)

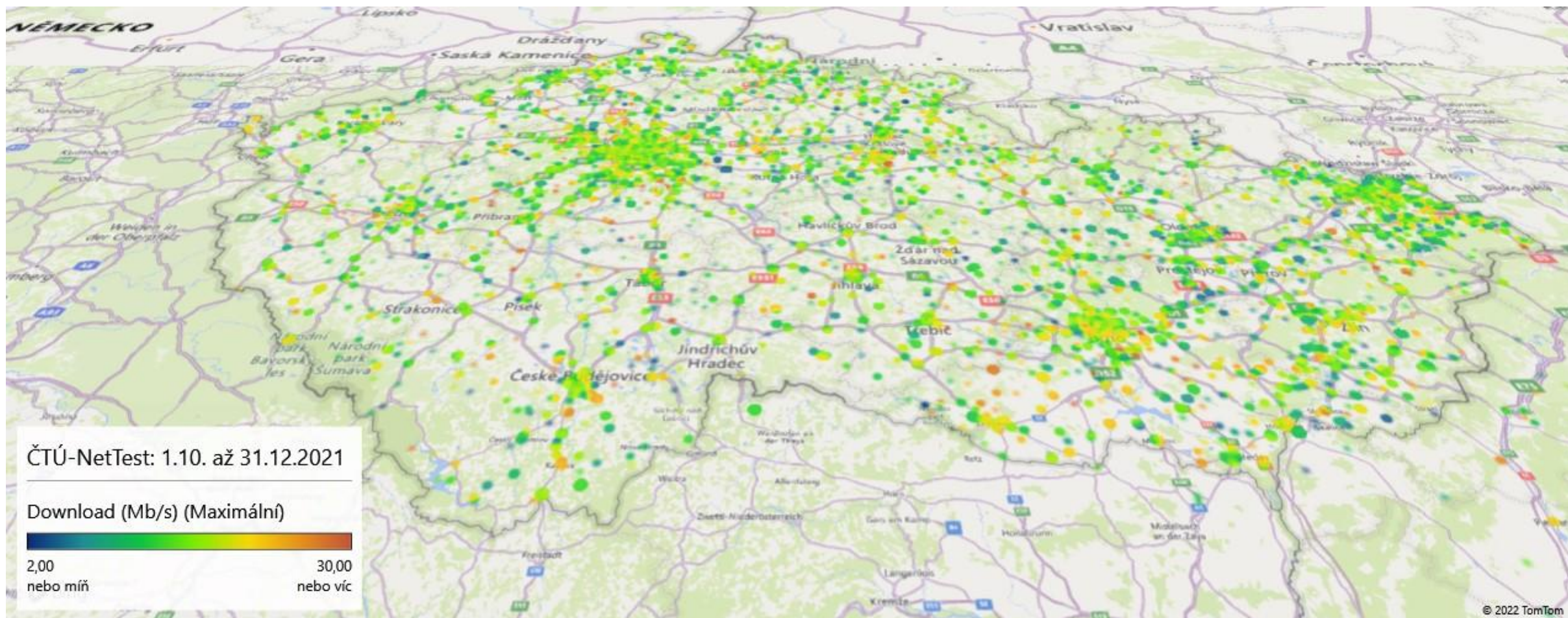
- Speed code 100 + 300 (download): od 100 Mb/s do 1000 Mb/s





Open data od 1.10. do 31.12.2021 (filtrace GPS + Browser 50 m)

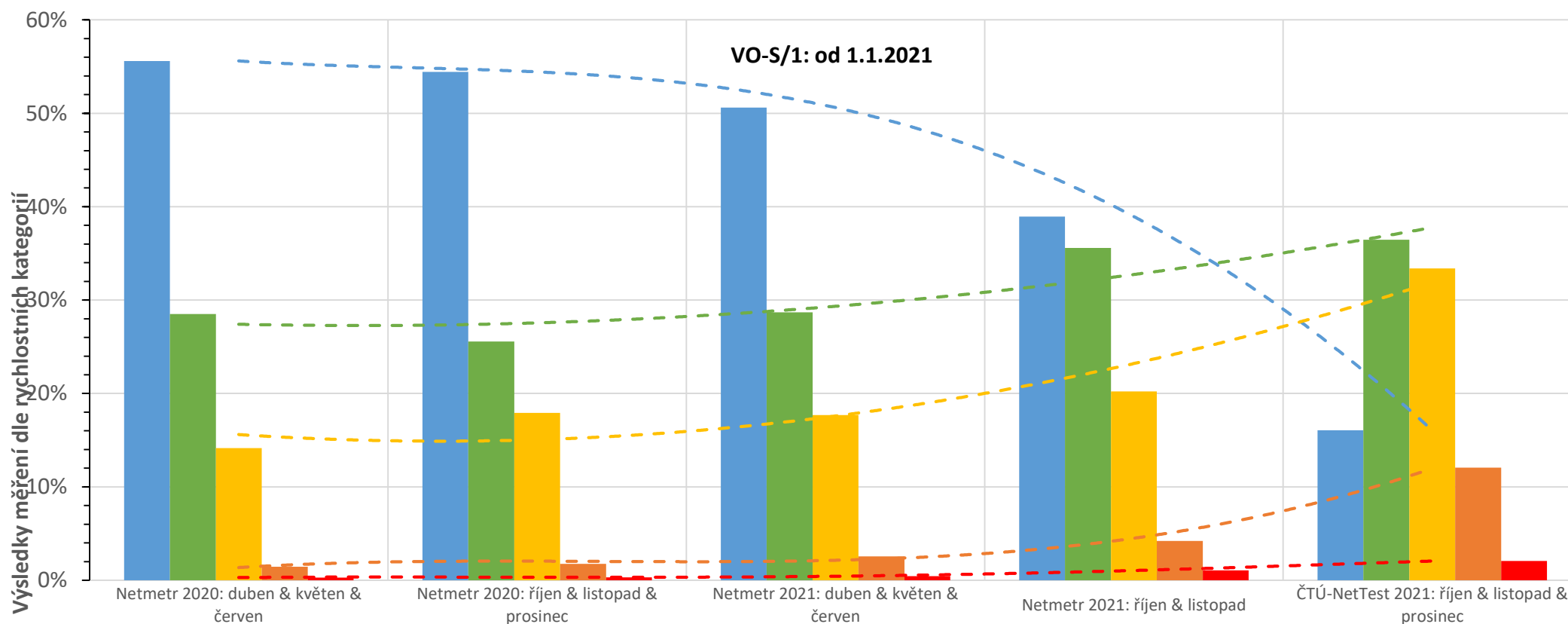
- Speed code 2 + 10 (download): od 2 Mb/s do 30 Mb/s...





Open data od 1.10. do 31.12.2021 (filtrace GPS + Browser 50 m)

■ Porovnání výsledků dle podílu rychlostních kategorií (Speed code)



- Speed code 2: 2—10 Mb/s
- Speed code 10: 10—30 Mb/s
- Speed code 30: 30—100 Mb/s
- Speed code 100: 100—300 Mb/s
- Speed code 300: 300—1000 Mb/s



Open data od 1.10. do 31.12.2021: statistická analýza; výchozí teze

- **Dezinformace: ČTÚ pro své PR manipuluje daty**
- **ČTÚ provedlo analýzu *open dat* veřejně dostupných měřicích nástrojů → NetMetr (2020 až 2021) a ČTÚ-NetTest (2021)**
 - Základní teze:
 1. srovnat výsledky *open dat* obou nástrojů (vzájemné srovnání),
 2. analyzovat trendy vývoje výkonu služeb přístupu k internetu s potenciálním cílem:
„pokud ISP přistoupili k VO-S/1 zodpovědně, muselo se VO-S/1 projevit nejen ve smluvních vztazích (podmínkách), ale i v nastavení síťové infrastruktury“
 - Provedení statistické analýzy (za kvartál):
 - filtrování výsledků měření na adresní místa: GPS + hodnota browser < 50 m
 - rozdělení výsledků filtrování podle času dne s krokem 1 hodiny
 - statistická analýza (boxplot) jednotlivých úseků času dne
 - rozptyl výkonu služeb: **dopad globální změna nastavení infrastruktury**



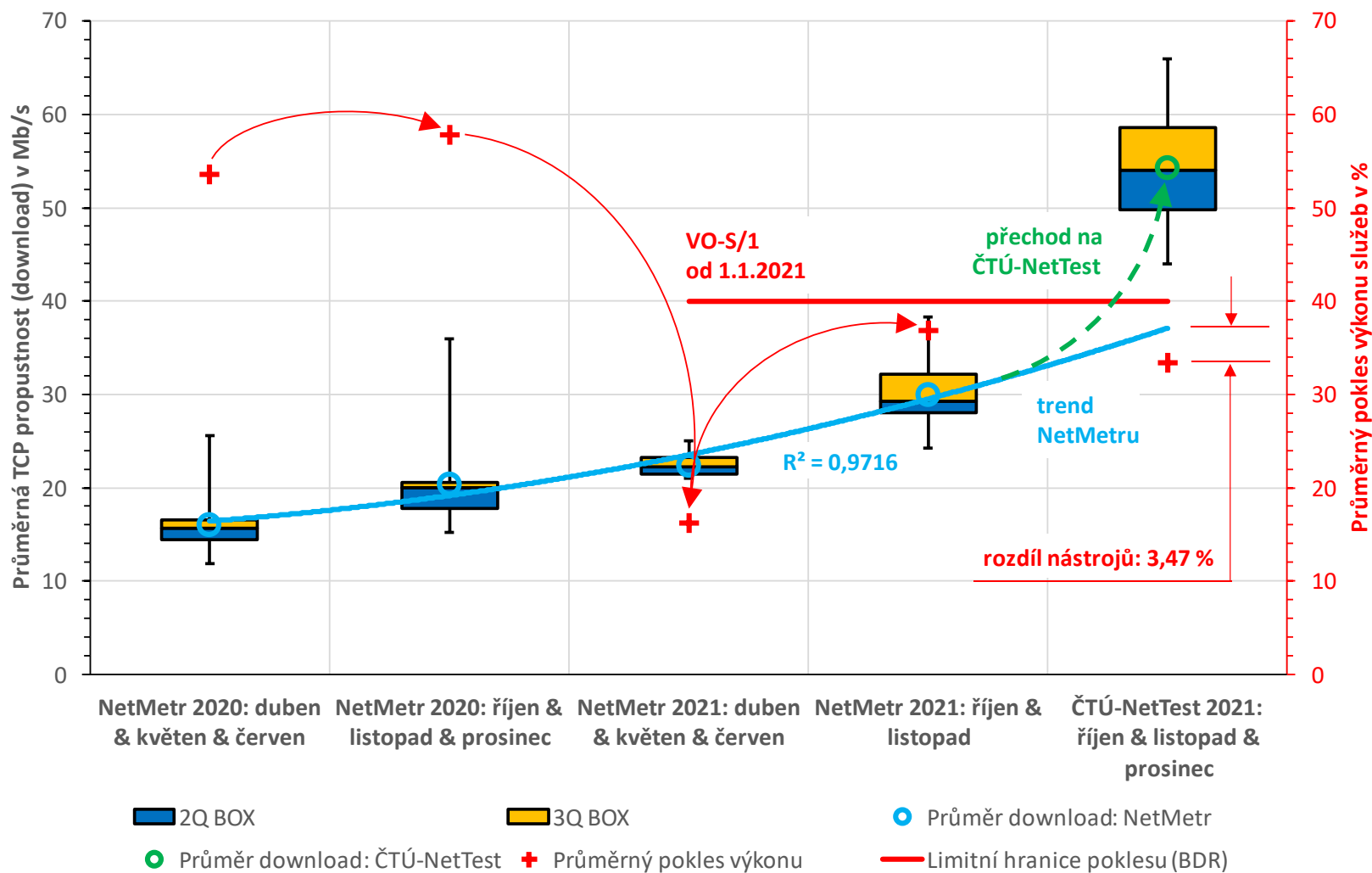
Open data od 1.10. do 31.12.2021: podmínky výběru kvartálů

- **Výběr kvartálů (složení analyzovaných měsíců)**
 - Měsíce poskytují malý soubor dat (liší se v počtu dní) → řešením je kvartál,
 - Zahájení provozu nástroje ČTÚ-NetTest:
 - zahájení provozu ČTÚ-NetTest v září 2021 (vyšší zátěž nástroje → testování ISP)
 - relativní ustálení provozu ČTÚ-NetTest: **říjen + listopad + prosinec**
 - Platnost VO-S/1:
 - platnost VO-S/1 od 1.1.2021 → kontrola dodržování leden + únor 2021: **3,65 % ISP**
 - náprava dodržování VO-S/1 probíhala v březnu: **duben + květen + červen**
 - Teze č. 2: „**Dodržování VO-S/1 by mělo vést i k změně nastavení síťové infrastruktury, s cílem eliminovat vznik velkých odchylek a dodržet tak hodnotu BDR**“ → ze statistického hlediska k významnému projevu nastavení došlo v dubnu
- **Výsledek statistické analýzy**
 - Nastavení síťové infrastruktury se projevuje ve statistice výkonu služeb



Open data od 1.10. do 31.12.2021: rozptyl výkonu kopíruje VO-S/1

Vývoj kvality služby přístupu k internetu v pevném místě v ČR: 2020 až 2021
 výsledky měřicích nástrojů Netmetr a ČTÚ-NetTest (open data)
 průměrná rychlost ve směru download + pokles výkonu; filtr (GPS + Browser < 50 m)





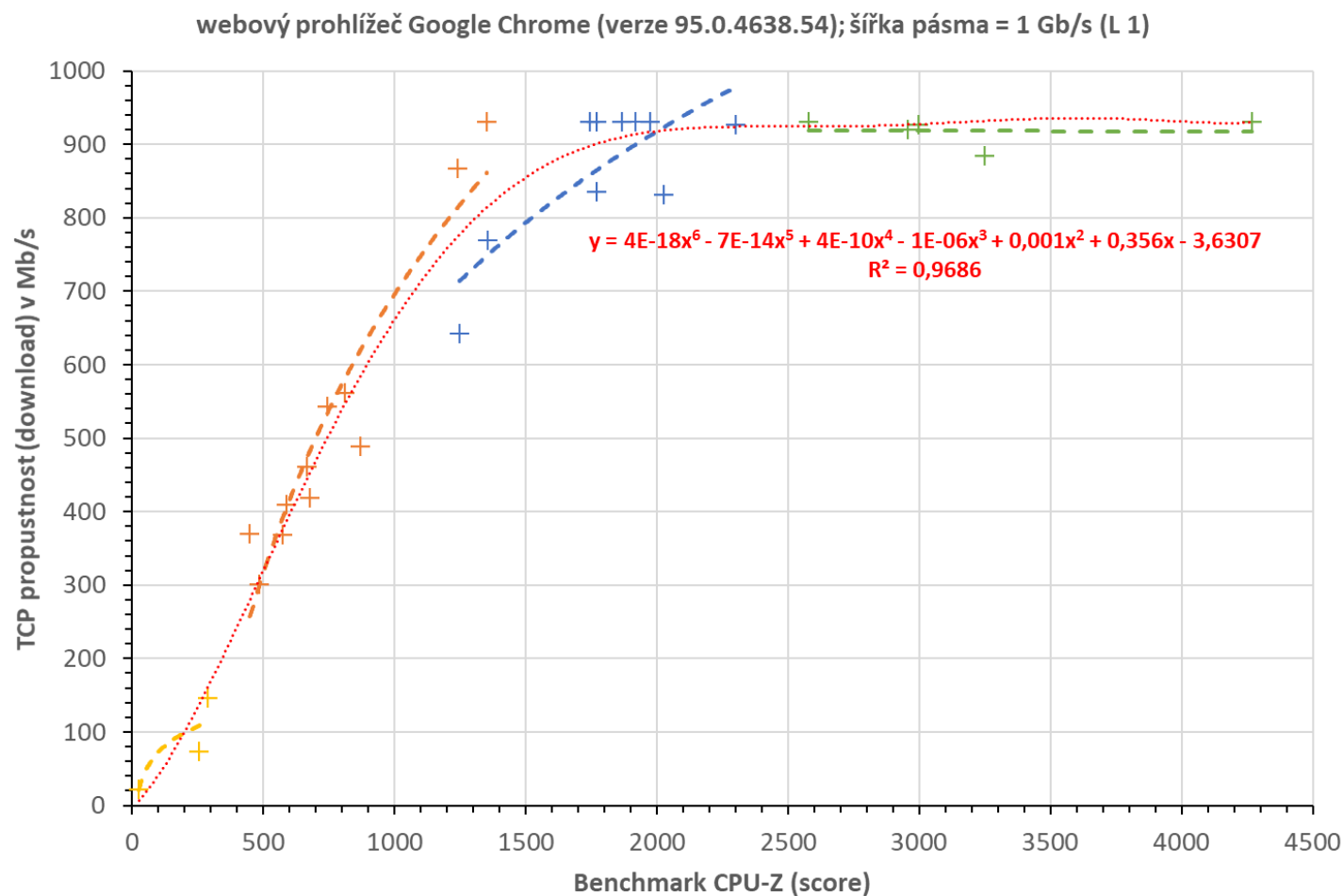
Technické aspekty měřicích nástrojů: ČTÚ-NetTest

- Jedná se o více-vláknové širokopásmové měření TCP propustnosti
- BEREC Pokyny BoR (17) 178: **3 TCP vlákna**
- Přenášená data se skládají z náhodně generovaných dat s vysokou mírou entropie
- Pro zvýšení pravděpodobnosti, že měření lze provést i v sítích chráněných firewally a proxy servery, jsou data přenášena přes TLS (*Transport Layer Security*) připojení (může i HTTPS/Websocket)
- Měřicí server jako celek je složen ze těchto částí:
 - RMBT server (*RTR Multithreaded Broadband Test*)
 - Control server + Statistic server + Web server
 - Databáze



Technické aspekty měřicích nástrojů: ČTÚ-NetTest

- Závislost výsledku na výkonu CPU uživatelského zařízení (CPU-Z)
 - Současnost: statický limit 500/250 Mb/s
 - Do budoucna: dynamický limit podle výkonu CPU
 - Problematika výkonu CPU se aktuálně řeší v BEREC skupině





Technické aspekty měřicích nástrojů: RFC 6349

- Jedná se o více-vláknové širokopásmové měření TCP propustnosti
- Vychází z doporučení IETF RFC 6349: **počet TCP vláken závisí na** parametru **BDP** (Bandwidth-Delay Product):
 - **BDP = Bottleneck Bandwidth BB** (= Rmax) × **minRTT** (při NBR = 5% Rmax)
 - počet TCP vláken roste s hodnotou BDP, příklady z praxe:
 - BB = 1000 Mb/s; minRTT = 4 ms → 8 TCP vláken @ 57 KiB
 - BB = 1000 Mb/s; minRTT = 10 ms → 16 TCP vláken @ 71 KiB
 - BB = 300 Mb/s; minRTT = 4 ms → 3 TCP vlákna @ 46 KiB
 - BB = 300 Mb/s; minRTT = 10 ms → 6 TCP vláken @ 57 KiB
 - BB = 20 Mb/s; minRTT = 4 ms → 2 TCP vlákna @ 4 KiB
 - BB = 20 Mb/s; minRTT = 10 ms → 2 TCP vlákna @ 11 KiB
- Nástroj je nasazen na **kalibrovaném dedikovaném HW** (s FPGA)



Technické aspekty měřicích nástrojů: iPERF

- Umožňuje více-vláknové širokopásmové měření TCP propustnosti
- Proprietární ale uživatelsky dostupné řešení
- Měření s TCP protokolem: požadavek na znalost významu vstupních parametrů a jejich dopadu (velké spektrum možností nastavení):
 - počet TCP vláken a velikost okna ovlivní výsledek měření (samozřejmě také typ TCP Congestion Control; Linux)
 - operátor nástroje musí vědět co nastavit (*zmáčkni return a jed' dál nestačí*)
- Pokud je snahou porovnávat výsledek měření nástrojem iPERF s ostatními měřicími nástroji, musí být zachovány stejné podmínky měření (počet TCP vláken; velikost okna; TCP Congestion Control)
- Součást MSEK Polygonu pro účely testování (F-Tester od ČVUT)



Technické aspekty měřících nástrojů: Ookla (speedtest.net)

- Jedná se o více-vláknové širokopásmové měření TCP propustnosti
- Proprietární a ISP často oblíbené řešení
- 2 režimy měření dle typu měřicího serveru/serverů:
 - **defaultní typ měření:** nástroj identifikuje 4 měřicí servery v nejbližším okolí, měří proti těmto 4 měřicím serverům (vs. měření proti NIX.CZ)
 - **výběr konkrétního měřicího serveru:** měří pouze na 1 vybraný server
- Počet TCP vláken závisí na rychlosti měřené služby, s rostoucí rychlostí roste počet vláken, příklady z praxe (defaultní typ):
 - 20 Mb/s → 4 měřicí servery, každý 1 TCP vlákno, celkem 4 TCP vlákna + 1
 - 300 Mb/s → 4 měřicí servery, každý 6 TCP vláken, celkem 24 TCP vláken + 1
 - 1000 Mb/s → 4 měřicí servery, každý 6 TCP vláken, celkem 24 TCP vláken + 1
- Při porovnání je potřeba opět dodržet stejné podmínky (TCP vlákna)



Technické aspekty měřicích nástrojů: Ookla (speedtest.net)

- Příklad z praxe: služba **20 Mb/s**
 - 4 TCP vlákna na 4 měřicí servery + 1 TCP vlákno pretestu (defaultní typ)

Ethernet · 7 IPv4 · 51 IPv6 · 25 TCP · 78 UDP · 43												
Address A	Port A	Address B	Port B	Packets	Bytes	Packets A → B	Bytes A → B	Packets B → A	Bytes B → A	Rel Start	Duration	Bits/s A
10.1.1.88	60184	185.21.220.66	8080	7 480	7316 k	4 933	7174 k	2 547	142 k	21.269734	15.1436	
10.1.1.88	60183	77.236.208.222	8080	6 405	7788 k	2 538	146 k	3 867	7642 k	5.133143	15.0982	
10.1.1.88	60182	185.91.168.52	8080	7 639	9673 k	2 999	172 k	4 640	9500 k	5.132743	15.0926	
10.1.1.88	60181	185.91.168.50	8080	6 949	8610 k	2 752	158 k	4 197	8451 k	5.130898	15.1001	
10.1.1.88	60180	185.21.220.66	8080	7 965	10 M	3 134	179 k	4 831	9938 k	5.123664	15.0929	
10.1.1.88	60178	185.21.220.66	8080	51	6008	26	3316	25	2692	3.011346	0.5256	



Technické aspekty měřicích nástrojů: Ookla (speedtest.net)

- Příklad z praxe: služba **300 Mb/s**
 - 24 TCP vláken na 4 měřicí servery + 1 TCP vlákno pretestu (defaultní typ)

Ethernet · 6		IPv4 · 154		IPv6 · 1		TCP · 198		UDP · 36					
Address A	Port A	Address B	Port B	Packets	Bytes	Packets A → B	Bytes A → B	Packets B → A	Bytes B → A	Rel Start	Duration	Bits/s A → B	B
192.168.31.189	53836	185.219.166.7	8080	48	5823	25	3220	23	2603	4.988260	0.5190	49 k	
192.168.31.189	53838	185.219.166.7	8080	36 407	47 M	4 792	265 k	31 615	47 M	7.138611	15.3811	138 k	
192.168.31.189	53839	185.108.123.228	8080	3 021	3886 k	456	27 k	2 565	3859 k	7.142293	15.3774	14 k	
192.168.31.189	53840	77.48.31.86	8080	33 014	43 M	4 024	230 k	28 990	43 M	7.143916	15.3751	119 k	
192.168.31.189	53841	212.111.1.28	8080	25 047	34 M	2 443	139 k	22 604	34 M	7.146256	15.3757	72 k	
192.168.31.189	53843	185.219.166.7	8080	11 213	14 M	1 432	80 k	9 781	14 M	7.658449	14.8633	43 k	
192.168.31.189	53844	185.219.166.7	8080	9 796	11 M	1 927	106 k	7 869	11 M	7.665948	14.8560	57 k	
192.168.31.189	53845	185.219.166.7	8080	2 051	2643 k	308	18 k	1 743	2624 k	7.669103	14.8708	10 k	
192.168.31.189	53846	185.108.123.228	8080	857	976 k	213	14 k	644	961 k	7.674602	14.8662	7993	
192.168.31.189	53847	185.108.123.228	8080	959	1099 k	235	17 k	724	1081 k	7.682558	14.8328	9523	
192.168.31.189	53848	185.108.123.228	8080	1 064	1209 k	268	18 k	796	1191 k	7.686512	14.7019	9801	
192.168.31.189	53849	77.48.31.86	8080	11 726	15 M	1 304	74 k	10 422	15 M	7.689653	14.8539	40 k	
192.168.31.189	53850	77.48.31.86	8080	13 747	17 M	2 010	112 k	11 737	17 M	7.694784	14.8295	60 k	
192.168.31.189	53851	212.111.1.28	8080	3 495	4556 k	490	28 k	3 005	4527 k	7.699860	14.8341	15 k	
192.168.31.189	53852	212.111.1.28	8080	9 947	13 M	1 106	63 k	8 841	13 M	7.707935	14.8479	34 k	
192.168.31.189	53853	185.219.166.7	8080	42 475	58 M	4 103	234 k	38 372	57 M	7.737679	14.7963	126 k	
192.168.31.189	53854	185.219.166.7	8080	61 063	81 M	7 533	420 k	53 530	80 M	8.135673	14.4132	233 k	
192.168.31.189	53855	185.108.123.228	8080	775	924 k	167	12 k	608	912 k	8.141199	14.3987	6746	
192.168.31.189	53856	185.108.123.228	8080	815	972 k	174	12 k	641	959 k	8.155813	14.2363	7008	
192.168.31.189	53857	77.48.31.86	8080	34 757	47 M	3 739	211 k	31 018	46 M	8.159577	14.3839	117 k	
192.168.31.189	53858	77.48.31.86	8080	8 457	11 M	1 059	60 k	7 398	11 M	8.161838	14.3819	33 k	
192.168.31.189	53859	77.48.31.86	8080	72 791	97 M	8 079	492 k	64 712	96 M	8.168729	14.3371	274 k	
192.168.31.189	53860	212.111.1.28	8080	5 328	7026 k	695	39 k	4 633	6986 k	8.172458	14.3618	22 k	
192.168.31.189	53861	212.111.1.28	8080	2 237	2895 k	327	20 k	1 910	2874 k	8.174805	14.3689	11 k	
192.168.31.189	53862	212.111.1.28	8080	43 707	59 M	4 656	261 k	39 051	58 M	8.686009	13.8538	150 k	
192.168.31.189	53868	185.219.166.7	8080	7 051	12 M	2 217	12 M	4 834	300 k	23.316575	15.1699	6653 k	
192.168.31.189	53870	185.219.166.7	8080	7 440	12 M	2 600	12 M	4 840	302 k	23.810068	15.0080	6754 k	
192.168.31.189	53871	185.219.166.7	8080	7 288	13 M	2 419	12 M	4 869	302 k	23.865409	14.6045	6987 k	



Slovníček pojmů (ovšem těch nesprávných)

- **certifikační měření** vs. **certifikované měření**
 - viz. Nařízení (EU) 2015/2120 a BEREC Pokyny BoR (20) 112
 - „certifikované mechanismy monitorování kvality služeb“
- **ČTÚ-NetTest je alternativní metodou k referenční metodě**
 - jedná se o veřejně dostupný měřicí nástroj, který usnadňuje koncovému uživateli skrze certifikovaný mechanismus monitorování kvality služby aktivovat své práva na reklamaci služby v případě vzniku velkých odchylek nebo při výpadku služby
 - kontrolní činnost provádí ČTÚ prostřednictvím nástroje RFC 6349
- **ČTÚ-NetTest provádí kontrolu služeb dle VO-S/1**
 - nejedná se o nástroj kontroly kvality připojení dle VO-S/1
 - a ani necertifikuje kvalitu přípojky

Děkujeme za pozornost

Tým Odboru kontroly Českého telekomunikačního úřadu

„srovnávejme nástroje za srovnatelných podmínek“

rozdílné počty TCP vláken u datového spoje s konstantní šířkou pásma jsou ovlivňovány rozdílným způsobem stejnými hodnotami QoS parametrů



Český telekomunikační úřad

