



3

4

Praha 21. ledna 2025

5

6 Český telekomunikační úřad (dále jen „Úřad“) v rámci svých kompetencí provádí
7 měření a vyhodnocování datových parametrů sítí elektronických komunikací. Měření
8 a vyhodnocování datových parametrů pevných sítí je specifikováno v metodickém postupu

9 **Metodika pro měření a vyhodnocení datových parametrů pevných sítí elektronických**
10 **komunikací, verze 3.0, který je zveřejněn a je ze strany Úřadu uplatňován v případě kontrolních**
11 **měření na pevných nebo semi-pevných sítích.**

12 Měření jsou prováděna pomocí vlastních měřicích zařízení (terminálů) s jasně definovanými
13 parametry, a to jak v pevných sítích, tak i v semi-pevných sítích. Použité měřicí metody vychází
14 z doporučení IETF RFC 6349: *Framework for TCP Throughput Testing* a ze standardů ITU-T
15 Y.1564: *Ethernet service activation test methodology* a ITU-T Y.1540: *Internet protocol data*
16 *communication service - IP packet transfer and availability performance parameters.*

17

I. Úvod

18 Účelem tohoto dokumentu (dále jen „Metodika“) je popsat a sjednotit postup pro měření
19 a vyhodnocování datových parametrů pevných nebo semi-pevných sítí elektronických
20 komunikací, a to z hlediska kvality přístupu koncového uživatele k službě přístupu k internetu,
21 popřípadě i k dalším službám. Metodika navazuje především na dokumenty Nařízení (EU)
22 2015/2120, kterým se stanovují opatření týkající se přístupu k otevřenému internetu, dále
23 všeobecné oprávnění č. VO-S/1/08.2020-9, kterým se stanovují podmínky k poskytování
24 služeb elektronických komunikací, a Směrnici (EU) 2018/1972, kterou se stanovuje evropský
25 kodex pro elektronické komunikace. Metodika je v souladu s BEREK Pokyny BoR (22) 81:
26 *Implementation of the Open Internet Regulation* a BoR (23) 164: *Very High Capacity Networks*
27 (ve znění souvisejících aktuálně platných Pokynů), dále vychází z doporučení IETF RFC 6349
28 a ze standardů ITU-T Y.1564 a ITU-T Y.1540, včetně technické specifikace MEF 23.2: *Carrier*
29 *Ethernet Class of Service.*

30 Nutnou podmínkou pro měření a vyhodnocení datových parametrů pevných či semi-pevných
31 sítí elektronických komunikací je dostupnost síťových zdrojů (IP adres, portů, služeb) a s tím
32 související transparentnosti síťových tras (v souladu s přístupem k otevřenému internetu).

33 Dokument plně respektuje nebo bere na vědomí mezinárodní doporučení IETF RFC 1191,
34 RFC 8201 RFC 2544, RFC 2681, RFC 2697, RFC 2923, RFC 3393, RC 4443, RFC 4656,
35 RFC 4821, RFC 4898, RFC 5136, RFC 5357 a RFC 7323, dále mezinárodní standardy ITU-T
36 Y.1563, ITU-T Y.1564, ITU-T Y.1540, ITU-T Y.2617, dále doporučení CEPT ECC (15)03, a to
37 včetně technických specifikací MEF 10.4 a 23.2.

II. Vymezení měřicích stran a přenosové trasy

39 1. Měřicí server

40 Měřicím serverem (MS) nazýváme měřicí stranu, která v případě sestupného směru
41 poskytuje opačné straně služby (data) na vyžádání. Měřicí server je obecně zařízení připojené
42 k internetu v místě s dostupnou konektivitou do peeringového uzlu. Měřicí server by měl mít
43 dostatečný výkon a nezávislost datového připojení s kapacitní rezervou tak, aby byla zajištěna
44 dostatečná prostupnost a garance datových parametrů, a to i v případě vícenásobného
45 připojení měřicích zařízení (terminálů) ve stejném čase. Měřicí server je součástí Měřicího
46 systému elektronických komunikací (dále jen „MSEK“) pod správou Úřadu. MSEK disponuje
47 konektivitou s dostatečnou kapacitou do peeringového uzlu NIX.CZ včetně tranzitní konektivity
48 pro případ filtrování výměny směrovacích informací v peeringovém uzlu NIX.CZ, nebo výměny
49 směrovacích informací v zahraničním peeringovém uzlu.

50 2. Měřicí zařízení (terminál)

51 Měřicím zařízením, měřicím terminálem, (MT) nazýváme měřicí stranu, která v případě
52 sestupného směru je ve funkci příjemce služby (dat). Měřicím zařízením se rozumí terminál
53 s příslušným obslužným softwarem a měřicími nástroji, které jsou schopny provádět měření
54 dle platného metodického postupu Úřadu a jehož výpočetní a síťový výkon je natolik vysoký,
55 že žádným způsobem negativně neovlivňuje výsledky měření. Měřicí zařízení musí být
56 schopno během měřicího procesu sledovat a zaznamenávat základní i rozšířený soubor
57 datových parametrů, včetně souboru datových parametrů tvořící kritéria výkonnosti VHCN
58 pevných a semi-pevných sítí elektronických komunikací, exportovat je ve formátu vhodném
59 pro strojové či jiné další zpracování a následně umožňovat přenést takto získané naměřené
60 hodnoty do centrálního úložiště MSEK, nebo je uchovat v interní paměti.

61 3. Přenosová trasa

62 Přenosovou trasou (NUT) nazýváme takovou posloupnost přenosových uzlů, kdy mezi
63 každými dvěma po sobě jdoucími přenosovými uzly existuje spojení a zároveň prvním
64 přenosovým uzlem je MT a posledním MS. Měřená síť elektronických komunikací je taková
65 síť, která je součástí přenosové trasy a do které byl MT během měření připojen.

66 III. Vymezení souboru datových parametrů

67 Při vymezení souboru datových parametrů vycházel Úřad především z požadavku na
68 srozumitelnost jednotlivých parametrů z pohledu běžného koncového uživatele. Dále přihlédl
69 i ke skutečnosti, které datové parametry prezentují poskytovatelé služeb ve svých nabídkách
70 služby přístupu k internetu s ohledem na Nařízení (EU) 2015/2120 (dále jen „Nařízení“)
71 a s ním související všeobecné oprávnění č. VO-S/1/08.2020-9, které definuje podmínky
72 smluvního garantování rychlostí stahování (download) a vkládání (upload) dat včetně vzniku
73 velkých odchylek výkonu služby přístupu k internetu dle čl. 4(1) písm. d) Nařízení.

74 Úřad vybral níže uvedené datové parametry v podobě základního a rozšířeného souboru
75 z možných datových parametrů, doporučených pro sledování různých aspektů kvality služby
76 přístupu k internetu včetně souboru identifikačních parametrů pro jednoznačnou identifikaci
77 času a místa měření včetně informací o měřicím zařízení a měřené službě přístupu k internetu
78 (aktivní přípojce), a dále v souladu s BEREC Pokyny vymezil soubor datových parametrů
79 tvořící kritéria výkonnosti pro síť s velmi vysokou kapacitou (dále jen „VHCN“).

80 1. Soubor základních datových parametrů

81 Úřad se rozhodl z hlediska významu pro běžného uživatele ve vztahu k běžně
82 uzavíraným účastnickým smlouvám o poskytování služby přístupu k internetu a potřebě
83 srozumitelnosti pro tři základní datové parametry, které určují kvalitu služby přístupu
84 k internetu, a to vzestupnou TCP propustnost (upload; TCP aTR_{up}), resp. rychlost vkládání dat,
85 dále sestupnou TCP propustnost (download; TCP aTR_{down}), resp. rychlost stahování dat,
86 a zpoždění, resp. latenci, (Delay(avg)).

87 1.1. Vzestupná TCP propustnost (upload)

88 Vzestupnou TCP propustnost (upload; TCP aTR_{up}) si je možné představit jako datovou
89 přenosovou rychlost ve směru od koncového uživatele směrem k poskytovateli služby přístupu
90 k internetu odpovídající transportní vrstvě modelu ISO/OSI (L 4) a využívající spojově
91 orientovaného protokolu TCP. Proces měření a stanovení vzestupné TCP propustnosti NUT
92 by měl odpovídat postupu měření TCP propustnosti odvozeného od doporučení IETF RFC
93 6349, přičemž výslednou hodnotu TCP aTR_{up} můžeme zapsat ve tvaru:

$$94 \quad \text{TCP aTR}_{\text{up}} = \frac{\text{TCP RWND}_{\text{up}} \cdot 8}{\text{Delay}(\text{avg})_{\text{up}}}; [\text{b/s}; \text{B}, \text{s}]. \quad (1)$$

95 Jedná se tedy o skutečně dosahovanou rychlost (SDR_{up}) v vzestupném směru (upload).

96 1.2. Sestupná TCP propustnost (download)

97 Sestupnou TCP propustnost (download; TCP aTR_{down}) si je možné představit jako
98 datovou přenosovou rychlost ve směru od poskytovatele služby přístupu k internetu směrem
99 ke koncovému uživateli odpovídající transportní vrstvě modelu ISO/OSI (L 4) a využívající
100 spojově orientovaného protokolu TCP. Proces měření a stanovení sestupné TCP propustnosti
101 NUT by měl odpovídat postupu měření TCP propustnosti odvozeného od doporučení IETF
102 RFC 6349, přičemž výslednou hodnotu TCP aTR_{down} můžeme zapsat ve tvaru:

$$103 \quad \text{TCP aTR}_{\text{down}} = \frac{\text{TCP RWND}_{\text{down}} \cdot 8}{\text{Delay}(\text{avg})_{\text{down}}}; [\text{b/s}; \text{B}, \text{s}]. \quad (2)$$

104 Jedná se tedy o skutečně dosahovanou rychlost (SDR_{down}) v sestupném směru (download).

105 1.3. Zpoždění

106 Zpoždění, Delay, si je možné představit v případě použití TCP protokolu v podobě
107 uplynulé doby mezi odesláním prvního bitu segmentu TCP a příjmem posledního bitu
108 odpovídajícího potvrzení segmentu TCP. Proces měření a stanovení zpoždění NUT by měl
109 odpovídat postupu měření TCP propustnosti odvozeného od doporučení IETF RFC 6349,
110 přičemž výsledná stanovená hodnota zpoždění by měla být definována v podobě Delay(avg):

$$111 \quad \text{Delay}(\text{avg}) = \frac{1}{t} \sum_{i=0}^{N-1} \text{Delay}_i; [\text{s}; \text{s}, \text{s}], \quad (3)$$

112 kde Delay_i označuje jednotlivé hodnoty Delay, které jsou kontinuálně měřeny s periodou 1 s
113 během daného testu, a parametr t označuje jeho celkovou délku trvání. Hodnota zpoždění
114 Delay(avg) může být také odvozena z hodnoty TCP metriky Buffer delay (BD) a výchozí
115 hodnoty zpoždění Delay_{baseline}, která odpovídá minimální naměřené hodnotě zpoždění NUT
116 nezatížené navázaným TCP spojením.

117 2. Soubor rozšířených datových parametrů

118 Soubor rozšířených datových parametrů vychází ze souboru základních datových
119 parametrů, který je navíc doplněn o kvalitativní datové parametry, a to o vzestupnou informační
120 rychlost (uplink; IR_{up}) a sestupnou informační rychlost (downlink; IR_{down}), které charakterizují
121 dostupnou šířku pásma (bandwidth) v daném místě měření pro oba směry datové komunikace,

122 dále o zpoždění rámců (FTD), kolísání zpoždění rámců (IFDV) a ztrátovost rámců (FLR). Tyto
 123 doplňkové kvalitativní datové parametry jsou obecně úzce spojené s elementární funkčností
 124 sítě, a jsou tedy relevantní při zátěžovém testu (aktivační analýze). Na rozdíl od souboru
 125 základních datových parametrů, které odpovídají TCP protokolu transportní vrstvy modelu
 126 ISO/OSI, doplňující kvalitativní datové parametry odpovídají spojové vrstvě modelu ISO/OSI
 127 a jsou tak úzce spjaty se strukturou ethernetového rámce Ethernet II, přičemž se při samotném
 128 měřicím procesu využívá na transportní vrstvě modelu ISO/OSI nespojově orientovaného
 129 protokolu UDP. Kvalitativní datové parametry mohou přinést kromě informací o skutečné šířce
 130 pásma v daném místě měření důležité informace o schopnosti sítě poskytovat koncovým
 131 uživatelům další specifické služby, např. služby v reálném čase v podobě IPTV, VoIP apod.

132 2.1. Vzestupná informační rychlost (uplink)

133 Vzestupnou informační rychlost (uplink; IR_{up}) si je možné představit jako datovou
 134 přenosovou rychlost ve směru od koncového uživatele směrem k poskytovateli služby přístupu
 135 k síti internet odpovídající spojové vrstvě modelu ISO/OSI (L 2) vycházející přitom ze struktury
 136 ethernetového rámce Ethernet II. Proces měření a stanovení vzestupné informační rychlosti
 137 (uplink) NUT by měl vycházet ze standardu ITU-T Y.1564. Maximálně dosažitelná hodnota
 138 informační rychlosti IR je limitována maximálním množstvím rámců FPS, které je možné
 139 přenést za 1 s, což lze zapsat ve tvaru:

$$140 \quad FPS = \frac{NBR}{(IFG + Preamble + MAC DST + MAC SRC + Ethertype + 802.1Q (802.1ad) + MTU + FCS) \cdot 8}; [1/s; b/s, B], \quad (4)$$

141 kde NBR označuje datovou přenosovou rychlost odpovídající fyzické vrstvě modelu ISO/OSI
 142 (L 1). Výslednou maximální vzestupnou informační rychlost (uplink) můžeme zapsat ve tvaru:

$$143 \quad IR_{up}(max) = MTU \cdot 8 \cdot FPS; [b/s; B, 1/s]. \quad (5)$$

144 2.2. Sestupná informační rychlost (downlink)

145 Sestupnou informační rychlost (downlink; IR_{down}) si je možné představit jako datovou
 146 přenosovou rychlost ve směru od poskytovatele služby přístupu k síti internet směrem ke
 147 koncovému uživateli odpovídající spojové vrstvě modelu ISO/OSI (L 2) vycházející přitom ze
 148 struktury ethernetového rámce Ethernet II. Proces měření a stanovení vzestupné informační
 149 rychlosti (downlink) NUT by měl vycházet ze standardu ITU-T Y.1564. Výslednou maximální
 150 sestupnou informační rychlost (downlink) můžeme zapsat ve tvaru:

$$151 \quad IR_{down}(max) = MTU \cdot 8 \cdot FPS; [b/s; B, 1/s]. \quad (6)$$

152 2.3. Zpoždění rámců

153 Zpoždění rámců, FTD, si lze představit jako výsledek měření časového zpoždění NUT
 154 mezi odesláním a příjmem ethernetového rámce. Obvykle se jedná o měření typu RTT
 155 z důvodu využití synchronizace na straně měřicího zařízení (terminálu), což odpovídá uplynulé
 156 době mezi odesláním prvního bitu rámce od koncového uživatele směrem k poskytovateli
 157 služby přístupu k síti internet a příjmem posledního bitu zpětně odeslaného rámce od
 158 poskytovatele služby směrem ke koncovému uživateli. Zpoždění rámců (obecně k-tého rámce)
 159 typu RTT můžeme také vyjádřit jako:

$$160 \quad FTD_k(RTT) = t_2 - t_1 \leq 2 \cdot T_{max}; [s; s, s, s], \quad (7)$$

161 kde t_1 představuje čas odeslání prvního bitu k-tého rámce a t_2 představuje čas příjmu
 162 posledního bitu stejného k-tého rámce na měřicím zařízení (terminálu), přičemž T_{max} je
 163 maximální hodnota zpoždění rámce, při jejímž překročení je rámeček deklarován jako ztracený.

164 2.4. Kolísání zpoždění rámců

165 Kolísání zpoždění rámců, IFDV, často označovaný také jako rozptyl zpoždění, variace
 166 zpoždění nebo jitter, si lze představit jako rozdíl mezi referenčním časem doručení
 167 ethernetového rámce (c_k) a jeho skutečným časem doručení (d_k) na straně poskytovatele

168 služby přístupu k síti internet nebo na straně koncového uživatele, tzn. použití „end-to-end“
169 způsobu měření. Kolísání zpoždění můžeme zapsat ve tvaru:

$$170 \quad \text{IFDV}_k = |d_k - c_k|; [s; s, s], \quad (8)$$

171 kde $c_k = d_j + \Delta t$, $k > j$ a Δt je interval mezi odesláním j -tého a k -tého ethernetového rámce.

172 **2.5. Ztrátovost rámců**

173 Ztrátovost rámců, FLR, si lze představit jako poměr všech nedoručených (ztracených)
174 ethernetových rámců k celkovému počtu všech odeslaných ethernetových rámců směrem
175 k poskytovateli služby přístupu k síti internet nebo ke koncovému uživateli, tzn. použití „end-
176 to-end“ způsobu měření. Ztrátovost rámců můžeme zapsat ve tvaru:

$$177 \quad \text{FLR} = \frac{\sum_{n=1}^N L_n}{\sum_{n=1}^N S_n} \cdot 100; [\%; -, -], \quad (9)$$

178 kde L_n představuje n -tý ztracený rámeček a S_n představuje n -tý odeslaný rámeček.

179 **3. Soubor datových parametrů tvořící kritéria výkonnosti VHCN**

180 Soubor datových parametrů tvořící kritéria výkonnosti VHCN, které je schopna síť
181 elektronických komunikací za obvyklých podmínek v době provozní špičky dosahovat a které
182 současně představují kritéria rovnocenné výkonnosti jako síť zajišťující pevné připojení
183 s optickým vláknem zavedeným minimálně až do budovy, a to včetně budov s více bytovými
184 jednotkami, nebo jako síť zajišťující bezdrátové připojení s optickým vláknem přivedeným
185 minimálně až k základnové stanici či k přístupovému bodu, vychází z Pokynů BEREK VHCN
186 a standardu ITU-T Y.1540. VHCN sítě jsou velmi důležité, protože jsou schopné poskytovat
187 koncovým uživatelům služby přístupu k internetu se zvláště vysokou kvalitou. Pro posuzování
188 rovnocenné výkonnosti je proto brán v úvahu především ohled na dosažitelnou kvalitu služeb.
189 Soubor datových parametrů tvořící kritéria výkonnosti VHCN z uvedených důvodů vychází ze
190 souboru základních datových parametrů, který je dále doplněn o kvalitativní datové parametry,
191 a to o vzestupnou IP propustnost (uplink; IP TR_{up}) a sestupnou IP propustnost (downlink;
192 $\text{IP TR}_{\text{down}}$) charakterizující zatížení šířky pásma NUT pro oba směry datové komunikace
193 během procesu měření zpoždění IP paketů (IPTD), kolísání zpoždění IP paketů (IPDV),
194 ztrátovosti IP paketů (IPLR), chybovosti IP paketů (IPER) a také dostupnosti IP služby (IPAS).

195 **3.1. Vzestupná IP propustnost (uplink)**

196 Vzestupnou IP propustnost (uplink; IP TR_{up}), označovanou také jako šířku pásma pro
197 uplink, si lze představit jako datovou přenosovou rychlost od koncového uživatele směrem
198 k poskytovateli služby přístupu k internetu odpovídající síťové vrstvě modelu ISO/OSI (L 3)
199 a vycházející ze struktury IPv4 (IPv6), kterou je NUT zatížena během procesu měření
200 kvalitativních datových parametrů. Maximálně dosažitelná hodnota IP propustnosti IP TR_{up} při
201 zatížení NUT je limitována maximálním množstvím rámců FPS, které je možné přenést za 1 s,
202 jak je uvedeno ve vztahu (4), a dále velikostí záhlaví protokolu IPv4 (IPv6):

$$203 \quad \text{IP TR}_{\text{up}}(\text{max}) = (\text{MTU} - \text{IP}_{\text{header}}) \cdot 8 \cdot \text{FPS}; [\text{b/s}; \text{B}, \text{B}, 1/\text{s}]. \quad (10)$$

204 **3.2. Sestupná IP propustnost (downlink)**

205 Sestupnou IP propustnost (downlink; $\text{IP TR}_{\text{down}}$), označovanou také jako šířku pásma
206 pro downlink, si lze představit jako datovou přenosovou rychlost od směrem ve směru od
207 poskytovatele služby přístupu k síti internet směrem ke koncovému uživateli odpovídající
208 síťové vrstvě modelu ISO/OSI (L 3) a vycházející ze struktury IPv4 (IPv6), kterou je NUT
209 zatížena během procesu měření kvalitativních datových parametrů. Maximálně dosažitelná
210 hodnota IP propustnosti $\text{IP TR}_{\text{down}}$ při zatížení NUT je limitována maximálním množstvím
211 rámců FPS, které je možné přenést za 1 s, jak je uvedeno ve vztahu (4), a dále velikostí záhlaví
212 protokolu IPv4 (IPv6):

$$213 \quad IP TR_{\text{down}}(\text{max}) = (MTU - IP_{\text{header}}) \cdot 8 \cdot FPS; [b/s; B, B, 1/s]. \quad (11)$$

214 **3.3. Zpoždění IP paketů**

215 Zpoždění paketů, IPTD, si lze představit jako výsledek měření časového zpoždění NUT
 216 mezi odesláním a příjmem IP paketu. Obvykle se jedná o měření typu RTT z důvodu využití
 217 synchronizace na straně MT, což odpovídá uplynulé době mezi odesláním prvního bitu IP
 218 paketu od koncového uživatele směrem k poskytovateli služby přístupu k síti internet
 219 a příjmem posledního bitu zpětně odeslaného IP paketu od poskytovatele služby směrem ke
 220 koncovému uživateli. Zpoždění IP paketů (obecně k-tého IP paketu) typu RTT můžeme také
 221 vyjádřit jako:

$$222 \quad IPTD_k(\text{RTT}) = t_2 - t_1 \leq 2 \cdot T_{\text{max}}; [s; s, s, s], \quad (12)$$

223 kde t_1 představuje čas odeslání prvního bitu k-tého IP paketu a t_2 představuje čas
 224 příjmu posledního bitu stejného k-tého IP paketu na měřicím zařízení (terminálu), přičemž T_{max}
 225 je maximální hodnota zpoždění IP paketu, při jejímž překročení je IP paket deklarován jako
 226 ztracený.

227 **3.4. Kolísání zpoždění IP paketů**

228 Kolísání zpoždění IP paketů, IPDV, často označované také jako rozptyl zpoždění,
 229 variace zpoždění nebo jitter, si lze představit jako rozdíl mezi referenčním časem doručení IP
 230 paketu (c_k) a jeho skutečným časem doručení (d_k) na straně poskytovatele služby přístupu
 231 k síti internet nebo na straně koncového uživatele, tzn. použití „end-to-end“ způsobu měření.
 232 Kolísání zpoždění IP paketů můžeme zapsat ve tvaru:

$$233 \quad IPDV_k = |d_k - c_k|; [s; s, s], \quad (13)$$

234 kde $c_k = d_j + \Delta t$, $k > j$ a Δt je interval mezi odesláním j-tého a k-tého IP paketu.

235 **3.5. Ztrátovost IP paketů**

236 Ztrátovost IP paketů, IPLR, si lze představit jako poměr všech nedoručených
 237 (ztracených) IP paketů k celkovému počtu všech odeslaných IP paketů směrem
 238 k poskytovateli služby přístupu k síti internet nebo ke koncovému uživateli, tzn. použití „end-
 239 to-end“ způsobu měření. Ztrátovost IP paketů můžeme zapsat ve tvaru:

$$240 \quad IPLR = \frac{\sum_{n=1}^N L_n}{\sum_{n=1}^N S_n} \cdot 100; [\%; -, -], \quad (14)$$

241 kde L_n představuje n-tý ztracený IP paket a S_n představuje n-tý odeslaný IP paket.

242 **3.6. Chybovost IP paketů**

243 Chybovost IP paketů, IPER, si lze představit jako poměr všech chybně doručených IP
 244 paketů k celkovému počtu všech odeslaných IP paketů směrem k poskytovateli služby
 245 přístupu k síti internet nebo ke koncovému uživateli, tzn. použití „end-to-end“ způsobu měření.
 246 Chybovost IP paketů můžeme zapsat ve tvaru:

$$247 \quad IPER = \frac{\sum_{n=1}^N E_n}{\sum_{n=1}^N S_n} \cdot 100; [\%; -, -], \quad (15)$$

248 kde E_n představuje n-tý chybně doručený IP paket a S_n představuje n-tý odeslaný IP paket.

249 **3.7. Dostupnost IP služby**

250 Dostupnost IP služby, IPSA, si lze představit jako datový parametr, který je odvozen na
 251 základě znalosti počtu ztracených a chybně doručených IP paketů v průběhu trvání testu Δt ,
 252 jehož délka je stanovena jako $\Delta t = t_n - t_1$, kde t_1 představuje čas odeslání prvního bitu
 253 prvního IP paketu a t_n představuje čas příjmu posledního bitu n-tého IP paketu na MT, potom:

$$254 \quad IPSA = \frac{\Delta t}{\left(\Delta t + \frac{\Delta t}{\sum_{n=1}^N S_n} (\sum_{n=1}^N L_n + \sum_{n=1}^N E_n) \right)} \cdot 100; [\%; s, s, -, -, s], \quad (16)$$

255 kde L_n představuje n -tý ztracený IP paket, E_n představuje n -tý chybně doručený IP paket, S_n
256 představuje n -tý odeslaný IP paket a Δt odpovídá délce trvání jednoho testu.

257 4. Soubor identifikačních parametrů

258 Soubor identifikačních parametrů jako nedílná součást měřicího procesu definuje
259 jednoznačným způsobem čas a místo prováděného měření datových parametrů pevných
260 nebo semi-pevných sítí elektronických komunikací včetně informací o měřicím zařízení
261 (terminálu). Soubor identifikačních parametrů obsahuje přesný čas měření, který se dále
262 skládá z data a přesného času zahájení měřicího procesu, přesného času zahájení
263 jednotlivých testů a délky trvání měřicího procesu a jednotlivých testů, včetně přesného času
264 ukončení měřicího procesu, a dále obsahuje pozici umístění měřicího zařízení (terminálu),
265 definovanou v podobě GPS souřadnice doplněné případně o konkrétní adresní místo, pokud
266 je jeho identifikace možná. Tento soubor obsahuje také údaje jednoznačně identifikující měřicí
267 zařízení (terminál) a jeho měřicí rozhraní (fyzický port), které bylo během procesu měření
268 připojené k měřené pevné či semi-pevné síti elektronických komunikací, a to včetně IP adres.

269 4.1. Přesný čas měření

270 Přesný čas měření obsahuje datum a přesný čas zahájení a ukončení měřicího
271 procesu včetně přesného času zahájení jednotlivých testů a dále délky trvání celého měřicího
272 procesu včetně jednotlivých testů. Pro určení přesného času je doporučeno použít interního
273 nebo externího GPS modulu použitého měřicího zařízení (terminálu). Pokud není GPS modul
274 dostupný, lze využít pro určení času vnitřní hodiny měřicího zařízení (terminálu), přičemž se
275 předpokládá dodržování termínu kalibrace měřicího zařízení (terminálu).

276 Datum provedení měřicího procesu musí být uvedeno ve formátu DD. měsíc RRRR,
277 například 01. ledna 2021. Požadovaná přesnost uvedení času zahájení a ukončení měřicího
278 procesu, času zahájení jednotlivých testů a délky celého trvání měřicího procesu včetně délky
279 trvání jednotlivých testů, je v sekundách a výsledný údaj musí být uveden ve formátu
280 HH:MM:SS, například 08:03:24.

281 4.2. Přesná pozice měřicího zařízení

282 Přesná pozice měřicího zařízení představuje jednoznačně identifikované místo, kde bylo
283 během měřicího procesu dle Metodiky umístěno měřicí zařízení (terminál). Pro určení přesné
284 pozice je doporučeno použít interního nebo externího GPS modulu použitého měřicího
285 zařízení. Pokud není GPS modul dostupný, lze zadat polohu měřicího zařízení manuálně.
286 Doporučeno je uvést i konkrétní adresní místo měření, pokud je jeho identifikace možná. GPS
287 souřadnice musí být uvedeny ve formátu xx.xxxxxxxN, yy.yyyyyyyE, například 50.1106225N,
288 14.4996508E. Pokud je možná identifikace adresního místa, musí být konkrétní adresní místo
289 měření uvedeno ve formátu Ulice č.p./č.o., PSČ Obec/Město, například Sokolovská 58/219,
290 190 00 Praha.

291 4.3. Identifikace měřicího zařízení (terminálu) a jeho rozhraní

292 Identifikace měřicího zařízení (terminálu) a jeho rozhraní představuje soubor údajů
293 jednoznačně identifikující měřicí zařízení (terminál) v podobě ID chassis MT a ID měřicího
294 modulu MT včetně uvedení měřicího rozhraní, které bylo během procesu měření připojené ke
295 koncovému nebo předávacímu bodu (zařízení), respektive k jeho rozhraní při měřené pevné
296 nebo semi-pevné síti elektronických komunikací. Je doporučeno, aby bylo uvedeno i ID
297 chassis MS a ID měřicího modulu MS pro jednoznačné identifikování celého měřicího řetězce.
298 Součástí těchto údajů je i název měřené technologie a název měřené služby přístupu k síti
299 internet, název poskytovatele, jeho sídlo včetně údaje IČO a také údaje vycházející z Nařízení
300 a souvisejícího všeobecného oprávnění č. VO-S/1/08.2020-9, které konkretizuje podmínky
301 smluvního garantování rychlosti stahování (download) a vkládání (upload) dat včetně vzniku
302 velkých odchylek výkonu služby přístupu k internetu dle čl. 4(1) písm. d) Nařízení.

304 Tato část definuje postupy a techniky měření datových parametrů pevných nebo semi-
 305 pevných sítí elektronických komunikací tak, aby bylo možné ověřit jejich skutečně dosahované
 306 hodnoty. Postupy a techniky měřicího procesu se liší podle toho, jaký soubor datových
 307 parametrů má být sledován z hlediska různých aspektů kvality služeb přístupu k internetu,
 308 respektive jestli se jedná o základní nebo rozšířený soubor datových parametrů, případně
 309 soubor datových parametrů tvořící kritéria výkonosti VHCN.

310 Měření datových parametrů pevných nebo semi-pevných sítí elektronických komunikací je
 311 obecně podmíněno správnou funkčností prvních čtyř vrstev modelu ISO/OSI, tj. od fyzické až
 312 po transportní vrstvu, přičemž je před samotným zahájením měření vhodné ověřit jejich
 313 funkčnost, případně i kapacitu přenosové trasy a další parametry na druhé vrstvě (L 2) modelu
 314 ISO/OSI. Doporučené kroky před zahájením měřicího procesu jsou následující:

- 315 • Před zahájením stanovení parametrů daného měření je doporučeno ověřit programem
 316 pro zachytávání paketů (Wireshark), co se skutečně na síťovém rozhraní odehrává
 317 (jaké je skutečné TCP RWND, zda dochází k opakovaným přenosům paketů a zda
 318 nedochází v průběhu přenosu k vyčerpání TCP RWND apod.).
- 319 • Prostřednictvím příkazu *tracert* (*traceroute*) a IP adresy MS diagnostikovat cestu přes
 320 jednotlivé demarkační body do systému MSEK, pokud to aktivní síťové prvky umožňují.
- 321 • Ověření, zda nedochází k prioritizaci nebo opatření řízení provozu na základě IP
 322 adresy všeobecně známých nebo referenčních měřicích serverů. Je tedy vhodné
 323 provést prvotní měření TCP propustnosti vůči referenčnímu měřicímu serveru,
 324 případně použít doplňkovou metodu pro měření skutečné přenosové rychlosti (aktuální
 325 rychlosti) v podobě TCP propustnosti v garantované délce trvání T_{TCP} . Stejně měření
 326 doplňkovou metodou je doporučeno provést na konci daného měření pro srovnání.
- 327 • Vhodným postupem je i ověření plnění přístupu k otevřenému internetu, tzn. ověření,
 328 zda nedochází k prioritizaci provozu některé služby. V tomto případě zda např.
 329 nedochází k prioritizaci portů, které vyžadují větší kapacitu přenosové trasy.
 330 Speciálním případem může být prioritizace portů, které využívají měřicí zařízení
 331 (terminály) Úřadu. V tomto případě by samozřejmě byly výsledky značně zkresleny.
- 332 • V případě vysoké pravděpodobnosti, že vědomě dochází k prioritizaci provozu směrem
 333 ke standardním měřicím serverům, ať už na základě IP adresy, či portu, je nutné
 334 provést srovnávací měření dle výše uvedených bodů. Pokud se výsledky standardního
 335 a srovnávacího měření budou značně lišit, je nutné to uvést v záznamu o měření.

336 1. Měření souboru základních datových parametrů

337 Následující postup popisuje sekvenci kroků, které jsou nezbytné pro získání korektních
 338 výsledků procesu měření. Před postupem měření uvedeným v části 1.5, která se plně věnuje
 339 samotnému měření TCP propustnosti, jsou v částích 1.1 až 1.3 popsány nutné podmínky,
 340 jejichž splnění musí předcházet samotnému měření dle části 1.5. V případě nedodržení tohoto
 341 postupu může docházet ke zkreslení výsledku měření špatným nastavením měřicích stran
 342 (hlavně z hlediska jejich přijímacích, respektive vysílacích kapacit).

343 1.1. Úvodní ujednání a rizika

344 Pomocí TCP protokolu nelze spolehlivě měřit nefunkční sítě elektronických komunikací
 345 (tzn. takové sítě, které jsou vystaveny velké ztrátě paketů/rámců nebo velkému kolísání
 346 zpoždění paketů/rámců). Dle doporučení IETF RFC 6349 může jako reference sloužit práh
 347 ztráty paketů $IPLR = 5\%$ a kolísání zpoždění paketů s hodnotou $IPDV = 150\text{ ms}$. Tyto či
 348 vyšší hodnoty již nasvědčují o poruchovém nebo mimořádném stavu sítě (např. přetížení,
 349 nedostatečné kapacitě sítě, nebo o uplatnění opatření řízení provozu), v těchto případech je
 350 nutné zvolit alternativní způsob měření základních datových parametrů dle přílohy č. 1. Nelze

351 také spolehlivě měřit sítě, kde dochází k poměrně rychlé variaci parametrů v čase (parametrů
352 dle uvedených částí 1.2 a 1.3). Dále musí být zajištěno dodržení a respektování
353 následujících ujednání:

- 354 • Dostupnost služeb na jednom portu nemusí znamenat dostupnost služeb na jiných
355 portech. Proto test TCP propustnosti dle Postupu měření části 1.5 je vhodné doplnit
356 měřicí proces o srovnávací test měření portů – dostupnost známých portů (TCP/UDP).
- 357 • V každém bodě měření (testu) musí být zajištěna nezávislost měření – tzn. při každém
358 měření nesmí být realizován žádný další datový tok v koncovém bodě sítě (zařízení),
359 který není součástí měření. To zvláště platí v případě koncových zařízení, které kromě
360 rozhraní odpovídajícím standardu IEEE 802.3 (Ethernet, rozhraní RJ-45/SFP/SFP+)
361 disponují i možností bezdrátového připojení dle standardu IEEE 802.11, které musí být
362 po dobu provádění procesu měření deaktivováno.

363 1.2. Identifikace MTU

364 Identifikace MTU přenosové trasy je zásadní pro správné nastavení měřicího systému
365 tak, aby nedocházelo k fragmentaci, a bylo tak možné měřit kapacitu přenosové trasy co
366 nej přesněji, respektive musí platit:

$$367 \text{MTU (TCP TTD)} = \text{MTU (NUT)}; [B; B]. \quad (17)$$

368 Pro identifikaci MTU přenosové trasy může být použito několik metod, které se od sebe liší
369 převážně síťovou oblastí, ve které mohou být nasazeny. Pro správnou identifikaci MTU
370 přenosové trasy mohou být použity metody:

- 371 • identifikace dle doporučení IETF RFC 1191,
- 372 • identifikace dle doporučení IETF RFC 1981,
- 373 • identifikace dle doporučení IETF RFC 4821.

374 Následující části 1.2.1 až 1.2.4 stručně popisují jednotlivé metody identifikace MTU přenosové
375 trasy, podrobnosti je možné najít v příslušných doporučeních IETF RFC.

376 1.2.1. Identifikace dle doporučení IETF RFC 1191

377 Doporučení IETF RFC 1191 nabízí pro IPv4 nejjednodušší a nejrychlejší způsob
378 zjištění MTU. Jedná se o využití vlastností IPv4 paketů s pevnou volbou velikosti MTU
379 a s nastaveným příznakem DF=1 (nefragmentovat). Pokud je nastavené MTU příliš velké pro
380 danou přenosovou trasu, respektive pro některý síťový prvek na trase, pak daný síťový prvek
381 IP datagram zahodí a odpoví zpět odesílateli ICMP zprávou o nemožnosti průchodu
382 datagramu a zablokované možnosti fragmentace pomocí příznaku DF. Tato metoda může být
383 použita pouze v případech, kdy síťový administrátor přenosové trasy neblokuje použití ICMP
384 zpráv v síti a síťové prvky tyto ICMP zprávy skutečně v dané situaci odesílají.

385 1.2.2. Identifikace dle doporučení IETF RFC 8201

386 Doporučení IETF RFC 8201 nabízí pro IPv6 podobný princip identifikace MTU jako
387 doporučení RFC 1191. Avšak z podstaty protokolu IPv6 není možné využít nastavení bitu
388 příznaku DF=1. Při absenci této možnosti se zde využívá principu zaslání ICMPv6 zprávy
389 (s obsahem *packet too big* dle IETF RFC 4443) tím síťovým prvkem, který není schopen paket
390 dané velikosti přenést. Z této zprávy lze také jednoznačně identifikovat maximální velikost MTU
391 daného síťového prvku. Nicméně tato metoda může být znovu použita opět pouze
392 v případech, kdy síťový administrátor neblokuje použití ICMPv6 zpráv v síti a síťové prvky tyto
393 ICMPv6 zprávy skutečně v dané situaci odesílají.

394 1.2.3. Identifikace dle doporučení IETF RFC 4821

395 Tento postup řeší situace, kde z nějakého důvodu (část 1.2.4) nelze využít předchozích
396 dvou postupů identifikace MTU. Jedná se především o případy, kde je z nějakého důvodu
397 blokováno zaslání ICMPv4 nebo ICMPv6 zpráv. Operační systémy Windows i Linux umožňují

398 využití implementace standardizované techniky PMTUD (*Path MTU Discovery*) pomocí volby
399 *black hole detection* (BHD).

400 **1.2.4. Problémy se zjišťováním velikosti MTU přenosové trasy**

401 Problémy se zjišťováním velikosti MTU přenosové trasy řeší IETF RFC 2923.

402 **1.3. Měření zpoždění (Delay)**

403 Zpoždění (Delay) si je možné představit v případě použití TCP protokolu v podobě
404 uplynulé doby mezi odesláním prvního bitu segmentu TCP a příjmem posledního bitu
405 odpovídajícího potvrzení segmentu TCP. Jedná se tedy o obousměrné zpoždění (RTT)
406 charakteristické pro spojově orientovaný přenos dat. Měření zpoždění, stejně jako identifikaci
407 MTU, je možné realizovat několika způsoby, které se od sebe liší přesností a robustností.
408 Počáteční měření zpoždění je doporučeno provést v procesu zkušebního intervalu. V rámci
409 zkušebního intervalu je doporučeno stanovit měřením hodnotu parametru $\text{Delay}_{\text{baseline}}$, která
410 odpovídá nejmenší naměřené hodnotě zpoždění nezatížené navázaným TCP spojením.

411 Parametr $\text{Delay}_{\text{baseline}}$ se uplatní nejen při stanovení TCP metriky BD, ale je také nezbytný
412 k následnému výpočtu dále definovaných parametrů, jako jsou BDP, TCP RWND_{min} a velikosti
413 tzv. socket bufferů. Výsledné hodnoty jsou následně využity k zajištění dostatečné kapacity
414 jak přijímací, tak odesílací strany před samotným měřením.

415 **1.3.1. Protokol ICMP (nástroj ping)**

416 Použití protokolu ICMP, resp. nástroje ping, může být považováno za adekvátní způsob
417 odhadu hodnoty zpoždění za předpokladu, že je zohledněna velikost datagramu. Nicméně
418 vzhledem k povaze protokolu ICMP není možné označit tuto metodu za dostatečně přesnou
419 (problémy na straně síťových prvků, prioritizace QoS) a proto se nedoporučuje a výsledek
420 nástroje ping můžeme označit jako orientační hodnotu zpoždění (Delay).

421 **1.3.2. Použití rozšířeních MIB statistik**

422 Využití statistik dostupných v MIB pro měření hodnoty zpoždění (Delay) je uvedeno
423 v doporučení IETF RFC 4898.

424 **1.3.3. Použití vhodných nástrojů**

425 K měření zpoždění (Delay) je vhodné použít iPerf, FTP nebo jiné nástroje pracující na
426 základě zachytávání paketů z testovacích TCP relací. Je důležité si uvědomit, že výsledky
427 založené na zprávách SYN → SYN-ACK na začátku TCP relace by neměly být použity
428 k měření hodnoty zpoždění (Delay).

429 **1.3.4. Použití protokolu TWAMP**

430 Nejrobustnější a nejvhodnější metodou pro měření zpoždění je postup dle doporučení
431 RFC 5357, kde je pro samotné měření doporučeno využít protokolu TWAMP.

432 **1.4. Stanovení hodnoty šířky pásma (BB)**

433 Před samotným měřením TCP propustnosti je nutné provést měření nejnižší hodnoty
434 šířky pásma měřené přenosové trasy (*Bottleneck Bandwidth*) nebo její hodnotu stanovit na
435 základě podmínek smluvního garantování rychlostí stahování (download) a vkládání (upload)
436 dat dle čl. 4(1) písm. d) Nařízení během administrativního procesu. Hodnota parametru BB
437 odpovídá v případě pevných nebo semi-pevných sítí elektronických komunikací smluvně
438 definované hodnotě maximální rychlosti služby přístupu k internetu. Z pohledu modelu
439 ISO/OSI odpovídá dle doporučení IETF RFC 6349 při procesu měření hodnota BB fyzické
440 vrstvě (L 1) a je proto nutné ji prostřednictvím znalosti hodnoty MTU přepočítat ze smluvně
441 uvedených hodnot, které odpovídají transportní vrstvě (L 4).

442 Pokud je hodnota BB neznámá, je zapotřebí použít ke stanovení BB některý ze způsobů
443 měření šířky pásma prostřednictvím nespojově orientovaného protokolu transportní vrstvy
444 (UDP). Měření je vhodné realizovat v obou směrech, zejména pokud se jedná o asymetrickou

445 technologii sítě elektronických komunikací. Měření je doporučeno provádět opakovaně, tzn.
446 v různých časových intervalech, případně i mimo provozní špičku tak, aby bylo dosaženo
447 relevantních hodnot a hodnoty byly v co nejmenší míře ovlivněny lokálními nebo časově
448 proměnlivými výkyvy v dostupnosti síťových zdrojů. Je také zapotřebí mít stále na paměti, že
449 na BB má vliv nejen kapacita přenosové trasy daného datového spojení, ale např. i nevhodné
450 koncové zařízení uživatele, které je výkonově neadekvátní, či použití v daném místě nevhodné
451 přístupové technologie (např. bezdrátová síť s velkým zarušením, nastavení pomalého
452 přenosového režimu, nedostatečná šířka pásma, nebo i nevhodné šifrování). K měření BB lze
453 také využít několik metod dle doporučení IETF:

- 454 • měření BB dle IETF RFC 2544,
- 455 • měření BB dle IETF RFC 5136.

456 1.4.1. Měření BB dle IETF RFC 2544

457 Tato metoda měření je vhodná pro kvalifikovaný odhad BB, nicméně je zapotřebí mít
458 stále na paměti, že tato metoda měření BB byla navržena pro testování síťových prvků
459 v laboratorních podmínkách a její užití mimo laboratorní podmínky není doporučeno.

460 1.4.2. Měření BB dle IETF RFC 5136

461 Jedná se o měření dle doporučení IETF RFC 5136, které je zaměřeno na měření
462 v reálných podmínkách, proto měření dle tohoto doporučení by se mělo stát standardní
463 metodou odhadu BB. Bohužel, toto doporučení neobsahuje žádné konkrétní postupy, jakým
464 způsobem BB měřit, pouze definuje obecné matematické výpočty, proto jeho využitelnost je
465 v dnešní době minimální.

466 1.5. Matematický aparát

467 Před samotným zahájením měření TCP propustnosti je nezbytné provést potřebné
468 výpočty a nastavení důležitých parametrů, mezi které patří BDP, velikost bufferu BS a velikost
469 TCP RWND. K těmto výpočtům je nutné použít získanou hodnotu $\text{Delay}_{\text{baseline}}$, respektive
470 změřenou výchozí hodnotu zpoždění dle metod uvedených v části 1.3 postupu měření, a také
471 stanovený parametr BB dle části 1.4 postupu měření.

472 1.5.1. Výpočet BDP

473 Výpočet BDP se provede násobením získaných hodnot $\text{Delay}_{\text{baseline}}$ a BB, respektive:

$$474 \text{BDP} = \text{Delay}_{\text{baseline}} \cdot \text{BB}; [b; s, b/s]. \quad (18)$$

475 1.5.2. Výpočet velikosti bufferu BS

476 Nastavení velikosti bufferu (BS) je nutné provést dle:

$$477 \text{BS} \geq \text{BDP}; [b; b]. \quad (19)$$

478 1.5.3. Nastavení velikosti TCP RWND

479 Nastavení velikosti TCP RWND okna na přijímací straně vychází z hodnoty parametru
480 $\text{TCP RWND}_{\text{min}}$, kterou je možné stanovit pomocí vztahu:

$$481 \text{TCP RWND}_{\text{min}} = \frac{\text{BDP}}{8}; [B; b]. \quad (20)$$

482 Všeobecné nastavování BS a TCP RWND na vysokou hodnotu může u nízkých hodnot BB vést
483 k přetížení vyrovnávací paměti síťového prvku, jenž směrem k měřicímu zařízení (terminálu)
484 vygeneruje v první fázi velké množství segmentů, které síťové zařízení nedokáže odeslat přes
485 BB, a proto dojde ke zbytečnému zahazování paketů vlivem velikosti bufferu síťového prvku.

486 1.5.4. Jedno nebo vícenásobné TCP spojení

487 Rozhodnutí, zda při samotném měření použít jedno nebo vícenásobné TCP spojení,
488 závisí na velikosti BDP, respektive na hodnotě $\text{TCP RWND}_{\text{min}}$, v souvislosti s nastavenou

489 hodnotou TCP RWND okna na přijímací straně (např. 64 kB). Cílem využití vícenásobných TCP
490 spojení je co nejvěrohodnější pokrytí celé kapacity přenosové trasy. Jestliže platí, že:

$$491 \quad \text{TCP RWND}_{\min} > \text{TCP RWND}; [B; B], \quad (21)$$

492 měl by počet TCP spojení odpovídat výsledku rovnice (zaokrouhлено na nejbližší vyšší celé
493 číslo):

$$494 \quad n = \left\lceil \frac{\text{TCP RWND}_{\min}}{\text{TCP RWND}} \right\rceil; [-; B, B], \quad (22)$$

495 kde n je počet TCP spojení a TCP RWND představuje skutečně nastavenou velikost okna na
496 přijímací straně. Příkladem může být situace, kde je účastníkovi k dispozici síť elektronických
497 komunikací s kapacitou přenosové trasy $BB = 500 \text{ Mb/s}$ a $\text{minDelay} = 5 \text{ ms}$. Parametr BDP je
498 možné stanovit podle rovnice (18), respektive 312,5 kB. V rámci každé sekvence testů musí
499 být navázán příslušný počet TCP spojení tak, aby bylo možné dosáhnout maximálního využití
500 kapacity přenosové trasy. Pokud nastavíme $\text{TCP RWND} = 64 \text{ kB}$, což odpovídá základnímu
501 používanému maximu, měl by počet TCP spojení odpovídat hodnotě $n = 5$.

502 Obecné doporučení:

- 503 • Je vhodnější provádět měření pro vícenásobné TCP spojení, a to i v případě, kdy není
504 zdánlivě měření s vícenásobným TCP spojením dle rovnice (22) potřeba. Může totiž
505 s ohledem na nastavení parametrů sítě elektronických komunikací docházet k přidělení
506 větší kapacity přenosové trasy. Proto je doporučeno využívat $n \geq 2$.
- 507 • TCP RWND o velikosti vyšší než 64 kB nemusí být vždy k dispozici, jelikož je možné ho
508 nastavit pouze v případě použití TCP rozšíření (tzv. *TCP window scale option*). Navíc
509 může u reálných implementací docházet k situaci, kdy může být programem nastavená
510 velikost okna ignorována, či rekonfigurována na defaultní hodnotu (např. 64 kB).
- 511 • V případě použití jakéhokoliv aplikačního měřicího vybavení je nezbytné mít přístup ke
512 konfiguraci a výpisům obou měřicích stran. Výchozí hodnoty nastavení nemusí totiž být
513 dostatečné a mohou vést k mylným výsledkům.
- 514 • Je nutné identifikovat, zda měřicí nástroj využívá pevně nastavené TCP RWND,
515 případně hodnotu TCP RWND sám určí na základě stavu NUT před zahájením měření
516 a dále ji během měření udržuje konstantní, případně tuto hodnotu během měření mění.

517 1.5.5. Výpočet hodnoty TCP propustnosti

518 Doporučení IETF RFC 6349 definuje dvě odlišné metody výpočtu parametrů určujících
519 hodnotu TCP propustnosti. První metoda výpočtu je teoretická, vycházející ze složení
520 jednotlivých vrstev modelu ISO/OSI, a stanovuje ideální hodnotu TCP propustnosti TCP iTR .
521 Druhá metoda je praktická a vychází z aktuálního stavu NUT. Výsledkem této metody je
522 aktuální hodnota TCP propustnosti TCP aTR .

523 Příkladem může být rozhraní odpovídající standardu IEEE 802.3u, 100BASE-TX, kde je na
524 první vrstvě modelu ISO/OSI dosahována rychlost $\text{NBR} = 100 \text{ Mb/s}$. Maximálně dosažitelná
525 informační rychlost IR spojové vrstvy modelu ISO/OSI je limitována maximálním množstvím
526 rámců FPS dle rovnice (ethernetový rámec Ethernet II):

$$527 \quad \text{FPS} = \frac{\text{NBR}}{(\text{IFG} + \text{Preamble} + \text{MAC DST} + \text{MAC SRC} + \text{Ethertype} + 802.1Q(802.1ad) + \text{MTU} + \text{FCS}) \cdot 8}; [1/\text{s}; \text{b/s}, B], \quad (4)$$

528 V uvedeném případě, pokud budeme předpokládat, že hodnoty $\text{IFG} = 12 \text{ B}$, $\text{Preamble} = 8 \text{ B}$,
529 $\text{MAC DST} = 6 \text{ B}$, $\text{MAC SRC} = 6 \text{ B}$, $802.1Q(802.1ad) = 0 \text{ B}$, $\text{Ethertype} = 2 \text{ B}$, $\text{MTU} = 1500 \text{ B}$
530 a $\text{FCS} = 4 \text{ B}$, dosahuje rozhraní odpovídající standardu IEEE 802.3u (100BASE-TX) dle vztahu
531 (4) hodnoty $\text{FPS} = 8127 \text{ 1/s}$. Hodnota parametru TCP iTR na transportní vrstvě modelu ISO/OSI
532 je v případě použití IPv4 protokolu jako protokolu síťové vrstvy bez volitelných částí záhlaví
533 (20 B) a TCP záhlaví bez jakýchkoliv rozšíření (20 B) stanovena dle rovnice:

$$534 \quad \text{TCP iTR} = (\text{MTU} - \text{IP}_{\text{header}} - \text{TCP}_{\text{header}}) \cdot 8 \cdot \text{FPS}; [\text{b/s}; B, 1/\text{s}]. \quad (23)$$

535 V uvedeném případě je hodnota TCP iTR = 94,92 Mb/s. Jestliže je v procesu měření TCP
 536 datové propustnosti využíváno rozšířené TCP/IP záhlaví (20 až 60 B), je nutné toto rozšířené
 537 záhlaví zohlednit ve vztahu (23). Metoda stanovení aktuální hodnoty TCP propustnosti
 538 TCP aTR vychází z kontinuálního měření zpoždění Delay a následného stanovení průměrné
 539 hodnoty tohoto zpoždění Delay(avg) během dané délky trvání testu. Průměrnou hodnotu
 540 zpoždění Delay(avg) je tedy možné definovat jako:

$$541 \quad \text{Delay}(\text{avg}) = \frac{1}{t} \sum_{i=0}^{N-1} \text{Delay}_i; [s; s, s], \quad (3)$$

542 kde Delay_i označuje jednotlivé hodnoty Delay, které jsou kontinuálně měřeny s periodou
 543 1 s a zaznamenávány během daného testu, a parametr t označuje celkovou délku trvání
 544 daného testu. Výslednou aktuální hodnotu TCP propustnosti TCP aTR transportní vrstvy
 545 modelu ISO/OSI je možné zapsat ve tvaru:

$$546 \quad \text{TCP aTR} = \frac{\text{TCP RWND} \cdot 8}{\text{Delay}(\text{avg})}; [b/s; B, s]. \quad (2)$$

547 **1.5.6. Výpočet TCP metrik**

548 Doporučení IETF RFC 6349 definuje tři základní TCP metriky, které mohou být použity
 549 pro lepší porozumění a porovnání jednotlivých výsledků měření. Tyto metriky navíc umožňují
 550 porovnání TCP propustnosti v různých síťových podmínkách a nastavení měřících stran,
 551 a z těchto důvodů je doporučeno, aby byly stanoveny během každého testu TCP. Nezbytnou
 552 podmínkou je, aby všechny tři základní TCP metriky byly stanovené pro každý směr zvlášť.

553 **TCP transfer time ratio**

554 TCP transfer time ratio (TCP TTR) je poměr mezi skutečně dosahovanou hodnotou
 555 TCP aTT (aktuální hodnotou doby přenosu) a její ideální podobou (TCP iTT). Tato TCP metrika,
 556 která definuje, kolikrát je skutečná doba TCP přenosu delší než její ideální hodnota, odpovídá:

$$557 \quad \text{TCP TTR} = \frac{\text{TCP aTT}}{\text{TCP iTT}}; [-; s, s], \quad (24)$$

558 kde TCP aTT je skutečně dosahovaná doba přenosu souboru dat prostřednictvím TCP spojení,
 559 zatímco ideální hodnota TCP iTT je předpovězená doba, za kterou by daný soubor dat měl být
 560 přenesen prostřednictvím TCP spojení. Ideální doba TCP iTT je odvozena od ideálně
 561 dosažitelné propustnosti TCP datového toku (TCP iTR) na transportní vrstvě modelu ISO/OSI.
 562 Ideální dobu přenosu souboru dat TCP iTT je možné stanovit dle rovnice:

$$563 \quad \text{TCP iTT} = \frac{SD}{\text{TCP iTR}}; [s; b, b/s], \quad (25)$$

564 kde SD označuje velikost souboru dat určeného k přenosu.

565 **TCP efficiency**

566 TCP efficiency (TCP EFF) reprezentuje procento úspěšně přenesených bitů bez nutnosti
 567 jejich opětovného zaslání. Tato metrika udává představu o chybovosti celého TCP spojení.
 568 Výpočet efektivit TCP přenosu lze provést dle následující rovnice:

$$569 \quad \text{TCP EFF} = \frac{TB - rTB}{TB} \cdot 100; [\%; b, b], \quad (26)$$

570 kde TB označuje počet přenesených bitů a rTB označuje počet bitů, které musely být po
 571 detekované chybě odeslány opětovně.

572 **Buffer delay**

573 Buffer delay (BD) reprezentuje vztah mezi nárůstem průměrné hodnoty zpoždění
 574 Delay(avg) během daného měřicího procesu (testu) a výchozí hodnotou zpoždění
 575 Delay_{baseline} stanovenou před samotným zahájením daného testu. Výslednou hodnotu BD je
 576 možné definovat jako:

$$577 \quad \text{BD} = \frac{\text{Delay}(\text{avg}) - \text{Delay}_{\text{baseline}}}{\text{Delay}_{\text{baseline}}} \cdot 100; [\%; s, s]. \quad (27)$$

578 1.6. Sekvence měření

579 Měření v pevných nebo semi-pevných sítích elektronických komunikací z hlediska
580 umístění MT odpovídá stacionárnímu měření. Pro všechna měření ve stacionárním bodě je
581 doporučeno provádět opakovaná měření s dostatečnou časovou a provozní diverzitou. Dále
582 je doporučeno provádět tři hlavní, nezávislé, měření včetně dodržení dostatečné časové
583 diverzity, tzn. minimálně jedno měření v provozní špičce a minimálně jedno měření mimo
584 provozní špičku. S ohledem na koncového uživatele a vzhledem k časové náročnosti procesu
585 měření TCP propustnosti je přípustné provést všechny tři hlavní měření v provozní špičce,
586 nebo měření provést s ohledem na definici časové dostupnosti (časového rozměru) běžně
587 dostupné rychlosti.

588 Jedno měření by nemělo přesahovat časový rámec 30 minut, ve kterém proběhne sekvence
589 tří testů. Protože výsledné datové parametry měřicího procesu patří do souboru základních
590 datových parametrů, který tvoří vzestupná TCP propustnost (upload) TCP aTR_{up}, sestupná
591 TCP propustnost (download) TCP aTR_{down} a zpoždění Delay, resp. Delay(avg), zavádí se
592 označení základní test (*basic test*, dále jen „testB“). Jeden test kategorie testB musí garantovat
593 délku měření TCP propustnosti splňující podmínku:

$$594 T_{TCP} \geq 210 \text{ s.} \quad (28)$$

595 Důvodem stanovení této hodnoty je detekce vzniku velké opakující se odchylky skutečného
596 výkonu služby od běžně dostupné rychlosti. Vzhledem k samotnému procesu zpracování
597 naměřených hodnot (T_{proc}) použitými měřicími nástroji by celková délka trvání jednoho testu
598 neměla překračovat hodnotu T_{testB} (viz obr. 1):

$$599 T_{testB} = T_{TCP} + T_{proc} \leq 300 \text{ s.} \quad (29)$$

600 Výsledný proces měření by se měl skládat z následujících kroků (viz obr. 1):

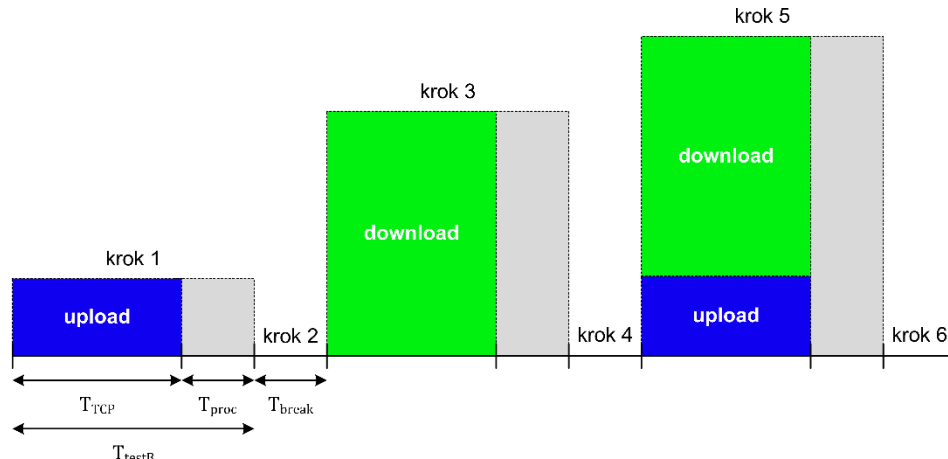
- 601 • krok 1 – jednosměrný test vzestupné TCP propustnosti (upload) TCP aTR_{up} včetně
602 hodnoty zpoždění Delay(avg) o celkové délce testu $T_{testB} \leq 300 \text{ s}$,
- 603 • krok 2 – pauza (uložení předcházejících výsledků testu) o délce $T_{break} \leq 90 \text{ s}$,
- 604 • krok 3 – jednosměrný test sestupné TCP propustnosti (download)
605 TCP aTR_{down} včetně hodnoty zpoždění Delay(avg) o celkové délce testu $T_{testB} \leq 300 \text{ s}$,
- 606 • krok 4 – pauza (uložení předcházejících výsledků testu) o délce $T_{break} \leq 90 \text{ s}$,
- 607 • krok 5 – obousměrný test TCP propustnosti (upload + download) TCP aTR_{up} a
608 TCP aTR_{down} včetně hodnoty zpoždění Delay(avg) o celkové délce testu $T_{testB} \leq 600 \text{ s}$,
- 609 • krok 6 – pauza do zahájení další sekvence měření odpovídající časovému odstupu
610 (uložení předcházejících výsledků testu, příprava na další test) o délce $T_{break} \leq 90 \text{ s}$.

611 Pokud měřicí nástroj neumožňuje nastavení pořadí sekvence testů v doporučené podobě, je
612 možné uvedené pořadí změnit, aniž by byla porušena integrita měření. Stejně tak je možné
613 vypustit obousměrný test TCP propustnosti (krok 5), nebo sekvenci pauz mezi jednotlivými
614 testy (kroky 2, 4 a 6). Minimální přípustná podoba procesu měření TCP propustnosti se musí
615 skládat z jednosměrného vzestupného testu (upload; krok 1) a z jednosměrného sestupného
616 testu (download; krok 3) TCP propustnosti.

617 1.6.1. Vstupní parametry sekvence měření

618 Vstupní parametry sekvence měření musí vycházet z parametrů prezentovaných
619 poskytovateli služeb elektronických komunikací ve svých nabídkách služby přístupu k internetu
620 s ohledem na Nařízení a s ním souvisejícím všeobecným oprávněním č. VO-S/1/08.2020-9,
621 které konkretizuje podmínky smluvního garantování rychlosti stahování (download) a vkládání
622 (upload) dat včetně vzniku velkých odchylek výkonu služby přístupu k internetu dle čl. 4(1)
623 písm. d) Nařízení. Při definování vstupních parametrů byly brány v potaz také vlastnosti
624 přístupových technologií. Úřad uvedl na základě Nařízení čtyři definice rychlostí související
625 s poskytováním služby přístupu k internetu v pevných či semi-pevných sítích v rozsahu od
626 bodu předání služby koncovému uživateli (DeP 7, resp. DeP 6) po bod přístupu MSEK

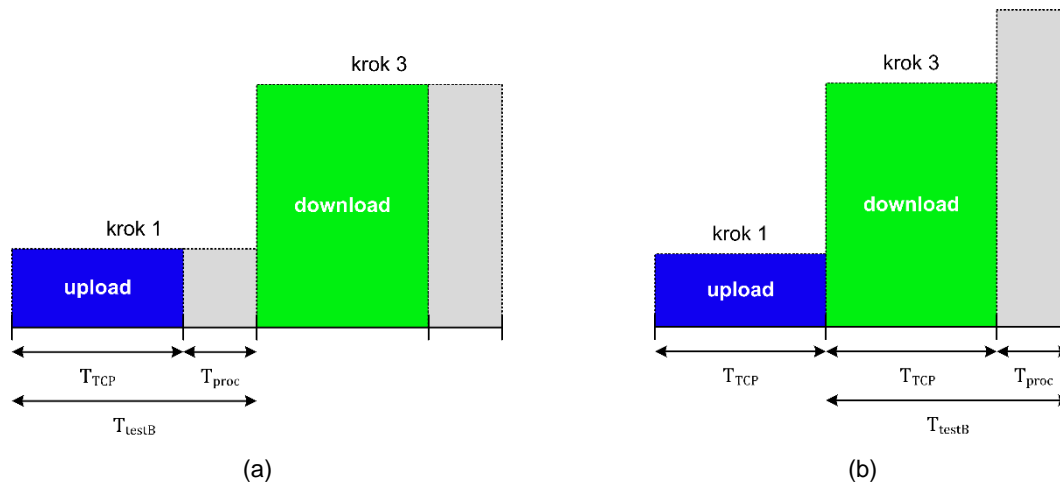
627 peeringovým uzlem NIX.CZ (DeP 1), včetně možnosti využití tranzitní konektivity pro případ
 628 filtrování výměny směrovacích informací v peeringovém uzlu NIX.CZ, nebo výměny
 629 směrovacích informací v zahraničním peeringovém uzlu. V případě rychlostí stahování dat
 630 (download) a vkládání dat (upload) dle čl. 4(1) písm. d) Nařízení jsou definice uvedeny v rámci
 631 všeobecného oprávnění č. VO-S/1/08.2020-9.



632
 633

Obr. 1: Doporučená podoba procesu měření souboru základních datových parametrů

634 Možné kombinace realizace minimální přípustné podoby procesu měření závisí především na
 635 použitých měřicích nástrojích. Teoreticky možné kombinace jsou uvedeny na obr. 2, přičemž
 636 se vzájemně liší pouze procesem zpracování naměřených hodnot.



637
 638

Obr. 2: Varianty minimální přípustné podoby procesu měření souboru základních datových parametrů: (a) proces zpracování každého jednosměrného testu zvlášť, (b) proces zpracování všech jednosměrných testů na závěr samotného procesu měření

642 Měřicí proces založený na doporučení IETF RFC 6349 definuje jako vstupní parametry BB,
 643 $Delay_{baseline}$, TCP RWND a MTU. Většina dostupných měřicích nástrojů umožňuje nastavit
 644 vstupní parametry BB a MTU, ostatní parametry jsou schopny tyto měřicí nástroje stanovit sami
 645 dle kritérií uvedených v doporučení IETF RFC 6349. Někteří výrobci měřicích nástrojů chybně
 646 uvádějí v souvislosti s parametrem BB označení CIR. Toto označení je zavádějící, protože to
 647 inklinuje k chybnému nastavení hodnoty BB odpovídající svojí hodnotou spojové vrstvě modelu
 648 ISO/OSI (*Committed Information Rate*), ale ve skutečnosti se jedná o vrstvu fyzickou. Je tedy
 649 doporučeno dotazovat se výrobce měřicího nástroje, na které vrstvě modelu ISO/OSI se
 650 zadává vstupní parametr BB. V případě měření základního souboru datových parametrů bude
 651 vstupní parametr BB roven smluvně definované hodnotě maximální rychlosti převedené na
 652 hodnotu fyzické vrstvy (L 1) stahování dat (download) a vkládání dat (upload):

653

$$BB(L 1) = CIR(L 1) = R_{max}(L 1); [b/s; b/s]. \quad (30)$$

654 Hodnotu MTU měřené přenosové trasy NUT, pokud není známa (např. pro technologii VDSL2
655 odpovídající standardu ITU-T G.993.2 s využitím protokolů PPP a PPPoE je MTU = 1492 B),
656 je doporučeno identifikovat pomocí dostupných testovacích nástrojů, např. programem pro
657 zachytávání paketů Wireshark, nebo případně nástrojem pracujícím na základě doporučení
658 IETF RFC 4821: *Packetization Layer Path MTU Discovery*.

659 2. Měření souboru rozšířených datových parametrů

660 Postup měření souboru rozšířených datových parametrů vychází z postupu měření
661 základních datových parametrů, který je doplněn o kvalitativní datové parametry, a to
662 konkrétně o vzestupnou informační rychlost (uplink; IR_{up}) a sestupnou informační rychlost
663 (downlink; IR_{down}), které charakterizují dostupnou šířku pásma (bandwidth) v daném místě
664 měření pro oba směry datové komunikace, dále o zpoždění rámců (FTD), kolísání zpoždění
665 rámců (IFDV) a ztrátovost rámců (FLR).

666 2.1. Sekvence měření

667 Stejně jako v případě postupu měření souboru základních datových parametrů, je
668 doporučeno provádět opakovaná měření s dostatečnou časovou a provozní diverzitou. Dále
669 je doporučeno provádět tři hlavní, nezávislé, měření včetně dodržení dostatečné časové
670 diverzity, tzn. minimálně jedno měření v provozní špičce a minimálně jedno měření mimo
671 provozní špičku. S ohledem na koncového uživatele a vzhledem k časové náročnosti procesu
672 měření TCP propustnosti, navíc rozšířeného o proces měření kvalitativních datových
673 parametrů, je přípustné provést všechny tři hlavní měření v provozní špičce, nebo měření
674 provést s ohledem na definici časové dostupnosti běžně dostupné rychlosti.

675 Jedno měření by nemělo přesahovat časový rámec 30 minut, ve kterém proběhne sekvence
676 tří testů základních (*basic test*, „testB“) vycházejících z doporučení IETF RFC 6349 a jednoho
677 testu doplňujícího (*complementary test*, dále jen „testC“) vycházejícího ze standardu ITU-T
678 Y.1564. Jeden test kategorie testB musí garantovat celkovou délku měření TCP propustnosti
679 včetně časové náročnosti procesu zpracování výsledků měření splňující podmínku:

$$680 T_{testB} \leq 300 \text{ s.} \quad (29)$$

681 Standard ITU-T Y.1564 doporučuje provést základní test výkonnosti pevné či semi-pevné sítě
682 elektronických komunikací alespoň o celkové délce 15 minut. Protože je doporučeno v rámci
683 měřicího procesu provádět 3 hlavní, nezávislá, měření, musí jeden testC, resp. jeho zátěžová
684 část (zátěžový test), garantovat délku měření kvalitativních datových parametrů:

$$685 T_{perf} \geq 300 \text{ s.} \quad (31)$$

686 Zátěžový test dle standardu ITU-T Y.1564 je vhodné použít pro ověření kvalitativních datových
687 parametrů typu zpoždění rámců (FTD), kolísání zpoždění rámců (IFDV) a ztrátovost rámců
688 (FLR), přičemž dle doporučení CEPT ECC (15)03 se v případě zpoždění rámců (FTD)
689 a kolísání zpoždění rámců (IFDV) jedná o jejich výsledné průměrné hodnoty. Výsledek
690 měřicího procesu v rámci zátěžového testu lze využít pro ověření definovaných hodnot
691 jednotlivých parametrů kategorií/tříd dle technické specifikace MEF 23.2.

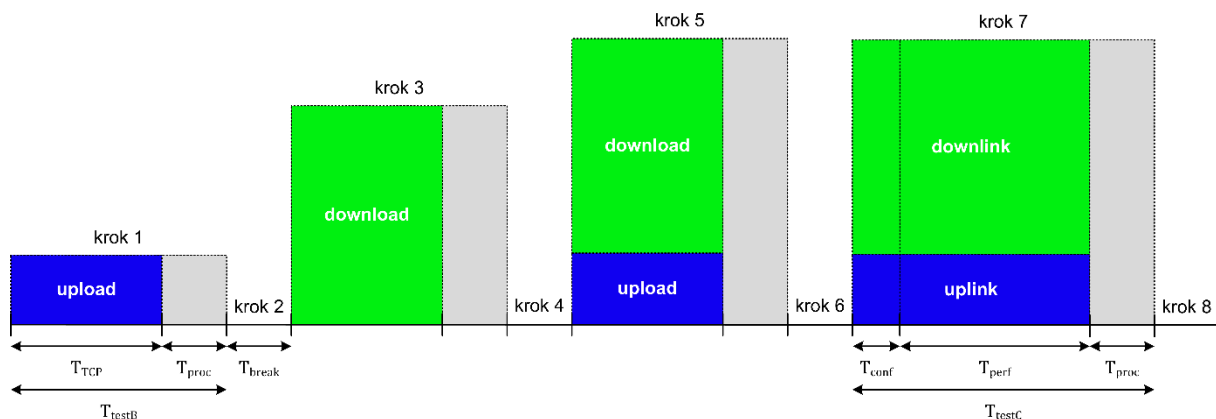
692 Standard ITU-T Y.1564 také doporučuje, aby součástí byl i tzv. konfigurační test. Tento test
693 představuje měření kvalitativních datových parametrů v závislosti na změně vstupní hodnoty
694 CIR v šesti krocích, konkrétně při 50 % CIR, 75 % CIR, 90 % CIR a 100 % CIR, dále při CIR +
695 EIR a max NBR. Každý krok by měl odpovídat délce testu od 1 do 60 s. Úřad se rozhodl
696 s ohledem k parametrům rychlostí služeb přístupu k internetu v pevném a semi-pevném místě
697 využít pouze prvních pět kroků při délce jednoho kroku 5 s ($T_{conf} = 25$ s). Výslednou hodnotu
698 informační rychlosti v případě konfiguračního testu při vstupní podmínce CIR + EIR lze využít
699 k ověřování dosažitelné šířky pásma (bandwidth) sítě elektronických komunikací v místě NTP.
700 Vzhledem k samotnému procesu zpracování naměřených hodnot (T_{proc}) použitými měřicími
701 nástroji by celková délka trvání jednoho testu neměla překračovat hodnotu T_{testC} :

702
$$T_{\text{testC}} = T_{\text{conf}} + T_{\text{perf}} + T_{\text{proc}} \leq 420 \text{ s.} \quad (32)$$

703 Výsledný proces měření by se měl skládat z následujících kroků (viz obr. 3):

- 704 • krok 1 – jednosměrný test vzestupné TCP propustnosti (upload) TCP aTR_{up} včetně
705 hodnoty zpoždění Delay(avg) o celkové délce testu $T_{\text{testB}} \leq 300 \text{ s}$,
- 706 • krok 2 – pauza (uložení předcházejících výsledků testu) o délce $T_{\text{break}} \leq 45 \text{ s}$,
- 707 • krok 3 – jednosměrný test sestupné TCP propustnosti (download)
708 TCP aTR_{down} včetně hodnoty zpoždění Delay(avg) o celkové délce testu $T_{\text{testB}} \leq 300 \text{ s}$,
- 709 • krok 4 – pauza (uložení předcházejících výsledků testu) o délce $T_{\text{break}} \leq 45 \text{ s}$,
- 710 • krok 5 – obousměrný test TCP propustnosti (upload + download) TCP aTR_{up} a
711 TCP aTR_{down} včetně hodnoty zpoždění Delay(avg) o celkové délce testu $T_{\text{testB}} \leq 600 \text{ s}$,
- 712 • krok 6 – pauza do zahájení další sekvence měření odpovídající časovému odstupu
713 (uložení předcházejících výsledků testu, příprava na další test) o délce $T_{\text{break}} \leq 45 \text{ s}$,
- 714 • krok 7 – obousměrný test kvalitativních datových parametrů dle standardu ITU-T
715 Y.1564 o celkové délce testu $T_{\text{testC}} \leq 420 \text{ s}$,
- 716 • krok 8 – pauza do zahájení další sekvence měření odpovídající časovému odstupu
717 (uložení předcházejících výsledků testu, příprava na další sekvenci testů/měření)
718 o délce $T_{\text{break}} \leq 45 \text{ s}$.

719 Pokud měřicí nástroj neumožňuje nastavení pořadí sekvence testů v doporučené podobě, je
720 možné uvedené pořadí změnit, aniž by byla porušena integrita měření. Stejně tak je možné
721 vypustit obousměrný test TCP propustnosti (krok 5), nebo sekvenci pauz mezi jednotlivými
722 testy (kroky 2, 4, 6 a 8). Minimální přípustná podoba procesu měření rozšířeného souboru
723 datových parametrů se musí skládat z jednosměrného vzestupného testu (upload; krok 1),
724 z jednosměrného sestupného testu (download; krok 3) TCP propustnosti a z obousměrného
725 testu kvalitativních datových parametrů dle standardu ITU-T Y.1564 (uplink + downlink;
726 krok 7). Možné kombinace realizace minimální přípustné podoby procesu měření závisí
727 především na použitých měřicích nástrojích.



728
729 **Obr. 3:** Doporučená podoba procesu měření rozšířeného souboru datových parametrů pevných nebo semi-
730 pevných sítí elektronických komunikací

731 **2.1.1. Vstupní parametry sekvence měření**

732 Při měření kvalitativních datových parametrů v rámci rozšířeného souboru datových
733 parametrů je nutné vycházet ze standardu ITU-T Y.1564, který definuje mimo jiné jako vstupní
734 parametry CIR, CIR + EIR a velikost ethernetového rámce FS (od 64 B do 1526 B). Jak už plyne
735 z označení CIR a EIR, jedná se o parametry odpovídající spojové vrstvě modelu ISO/OSI.
736 Někteří výrobci měřicích nástrojů chybně označují v souvislosti s parametrem CIR a EIR
737 hodnoty odpovídající fyzické vrstvě modelu ISO/OSI. Je tedy doporučeno dotazovat se
738 výrobce měřicího nástroje, na které vrstvě modelu ISO/OSI se zadávají vstupní parametry CIR
739 a CIR + EIR.

740 V případě měření kvalitativních datových parametrů by měl být vstupní parametr CIR roven
741 smluvně definované hodnotě běžně dostupné rychlosti (BDR) stahování dat (download) nebo
742 vkládání dat (upload) služby přístupu k internetu v pevném nebo semi-pevném místě:

$$743 \quad \text{CIR (L 1)} = \text{BDR (L 1)}; [\text{b/s}; \text{b/s}], \quad (33)$$

744 a to z důvodů eliminace možnosti zkreslení dosahovaných hodnot kvalitativních datových
745 parametrů v podobě zpoždění rámců (FTD), kolísání zpoždění rámců (IFDV) a ztrátovost
746 rámců (FLR) dané NUT, pokud se informační rychlost během procesu měření blížíla
747 definované hodnotě maximální rychlosti (R_{\max}), což je i v souladu podmínkami měření dle
748 standardu ITU-T Y.1564. Pro účely konfiguračního testu je vhodné nastavit parametr CIR +
749 EIR v podobě smluvně definované hodnoty maximální rychlosti (R_{\max} stahování dat
750 (download) nebo vkládání dat (upload) služby přístupu k internetu v pevném nebo semi-
751 pevném místě) přepočítané na hodnotu odpovídající fyzické vrstvě modelu ISO/OSI:

$$752 \quad \text{CIR} + \text{EIR (L 1)} = R_{\max} (\text{L 1}); [\text{b/s}; \text{b/s}]. \quad (34)$$

753 Takto definované nastavení poskytuje možnost ověření schopnosti dané NUT poskytovat
754 smluvně stanovené hodnoty maximální rychlosti stahování dat (download) a vkládání dat
755 (upload) z hlediska ověřování dosažitelné šířky pásma (bandwidth) sítě elektronických
756 komunikací v místě NTP. Výsledkem je poté informační rychlost IR odpovídající spojové vrstvě
757 modelu ISO/OSI pro oba směry, respektive skutečná šířka pásma ve vzestupném směru
758 (uplink; IR_{up}) a ve sestupném směru (downlink; IR_{down}). Při stanovení hodnoty velikosti rámce
759 FS je vhodné vycházet z určené hodnoty MTU použité při měření souboru základních datových
760 parametrů, respektive:

$$761 \quad \text{FS} = \text{MTU} + \text{MAC DST} + \text{MAC SRC} + 802.1\text{Q (802.1ad)} + \text{Ethertyp} + \text{FCS}; [\text{B}; \text{B}], \quad (35)$$

762 pokud bude pro danou NUT stanovena hodnota $\text{MTU} = 1500 \text{ B}$, potom pro případ $\text{MAC SRC} =$
763 6 B , $\text{MAC DST} = 6 \text{ B}$, $802.1\text{Q (802.1ad)} = 0 \text{ B}$, $\text{Ethertyp} = 2 \text{ B}$ a $\text{FCS} = 4 \text{ B}$ bude $\text{FS} = 1518 \text{ B}$.

764 3. Alternativní měření souboru základních datových parametrů

765 Alternativní způsob měření souboru základních parametrů je nutné použít v případech,
766 kdy pevná nebo semi-pevná síť elektronických komunikací vykazuje velkou ztrátovost paketů
767 (rámců) a velké kolísání zpoždění paketů (rámců). Dle doporučení IETF RFC 6349 může jako
768 reference sloužit práh ztráty paketů $\text{IPLR} = 5 \%$ a kolísání zpoždění paketů s hodnotou
769 $\text{IPDV} = 150 \text{ ms}$. Tyto či vyšší hodnoty již nasvědčují o poruchovém nebo mimořádném stavu
770 sítě (např. přetížení, nedostatečné kapacitě sítě, nebo o uplatnění opatření řízení provozu).
771 V těchto případech je nutné zvolit alternativní způsob měření základních datových parametrů.
772 Jako alternativní způsob měření je možné zvolit měření kvalitativních datových parametrů dle
773 standardu ITU-T Y.1564, který využívá během samotného procesu měření na transportní
774 vrstvě nespojově orientovaný protokol UDP. Výsledkem jsou hodnoty vzestupné informační
775 rychlosti (uplink; IR_{up}) a sestupné informační rychlosti (downlink; IR_{down}), které představují
776 dosažitelnou šířku pásma (bandwidth) sítě elektronických komunikací v místě NTP pro oba
777 směry datové komunikace, a dále zpoždění rámců (FTD), kolísání zpoždění rámců (IFDV)
778 a ztrátovost rámců (FLR). V krajních případech, pokud $\text{IPLR} \gg 5 \%$, lze využít i měření dle
779 standardu ITU-T O.150, který využívá místo standardních protokolů pseudonáhodnou binární
780 sekvenci délky 31 (PRBS31).

781 Na základě získaných hodnot kvalitativních datových parametrů, pokud možno doplněných
782 o výsledky příkazu *tracert* (*traceroute*) doplněné o měření skutečné přenosové rychlosti
783 (aktuální rychlosti) v podobě TCP propustnosti v garantované délce trvání T_{TCP} , je možné
784 dovodit, v jakém stavu se nachází celá NUT a co je příčinou znemožnění měření souboru
785 základních datových parametrů dle doporučení IETF RFC 6349, resp. zda stav vykazuje
786 příznaky vzniku velkých odchylek, případně výpadku služby, nebo uplatnění opatření řízení
787 provozu, např. z důvodů nedostatečné kapacity sítě.

788 **3.1. Sekvence měření**

789 Stejně jako v případě postupu měření základních datových parametrů, je doporučeno
 790 provádět opakovaná měření s dostatečnou časovou a provozní diverzitou. Dále je doporučeno
 791 provádět tři hlavní, nezávislé, měření včetně dodržení dostatečné časové diverzity, tzn.
 792 minimálně jedno měření v provozní špičce a minimálně jedno měření mimo provozní špičku.
 793 Je přípustné provést všechny tři hlavní měření v provozní špičce, nebo měření provést
 794 s ohledem na definici časové dostupnosti (časového rozměru) běžně dostupné rychlosti.

795 Jedno měření by nemělo přesahovat časový rámec 30 minut, ve kterém proběhne jeden test
 796 alternativní (*alternative test*, dále jen „testA“) vycházející ze standardu ITU-T Y.1564. Standard
 797 ITU-T Y.1564 doporučuje provést základní test výkonnosti o celkové délce 15 minut. Protože
 798 je doporučeno v rámci měřicího procesu provádět 3 hlavní, nezávislá, měření, musí jeden test
 799 kategorie testA, resp. jeho zátěžová část (test), garantovat délku procesu měření kvalitativních
 800 datových parametrů:

801
$$T_{\text{perf}} \geq 300 \text{ s.} \tag{31}$$

802 Zátěžový test dle standardu ITU-T Y.1564 je vhodné použít pro ověření kvalitativních datových
 803 parametrů typu zpoždění rámců (FTD), kolísání zpoždění rámců (IFDV) a ztrátovost rámců
 804 (FLR), přičemž dle doporučení CEPT ECC (15)03 se v případě zpoždění rámců (FTD)
 805 a kolísání zpoždění rámců (IFDV) jedná o jejich výsledné průměrné hodnoty.

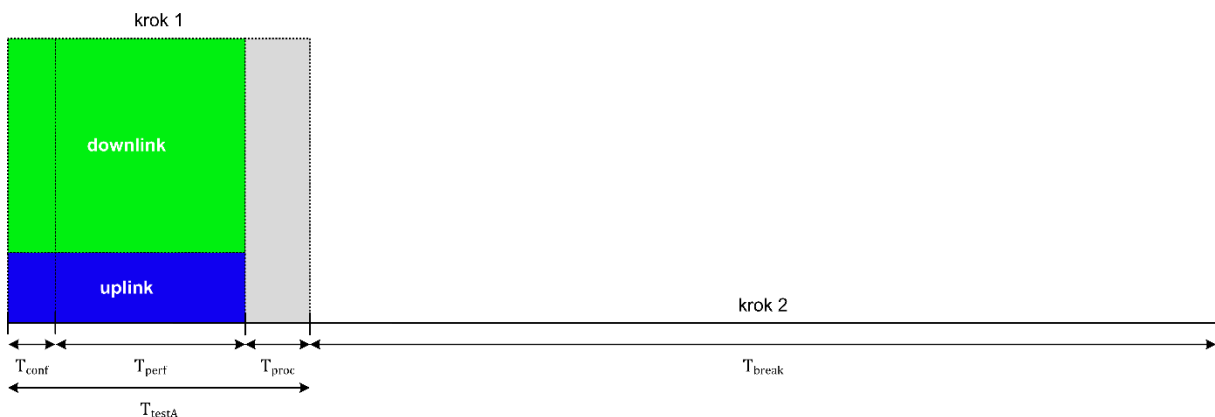
806 Standard ITU-T Y.1564 také doporučuje, aby součástí byl i tzv. konfigurační test. Tento test
 807 představuje měření kvalitativních datových parametrů v závislosti na změně vstupní hodnoty
 808 CIR v šesti krocích, konkrétně při 50 % CIR, 75 % CIR, 90 % CIR a 100 % CIR, dále při CIR +
 809 EIR a max NBR. Každý krok by měl odpovídat délce testu od 1 do 60 s. Úřad se rozhodl
 810 s ohledem na parametrické definice služeb přístupu k internetu využít pouze prvních pět kroků
 811 při délce jednoho kroku 5 s ($T_{\text{conf}} = 25 \text{ s}$). Výslednou hodnotu informační rychlosti v případě
 812 konfiguračního testu při vstupní podmínce CIR + EIR = R_{max} lze využít k ověřování skutečné
 813 šířky pásma (bandwidth). Vzhledem k samotnému procesu zpracování naměřených hodnot
 814 (T_{proc}) použitými měřicími nástroji by celková délka trvání jednoho testu neměla překračovat
 815 hodnotu T_{testA} :

816
$$T_{\text{testA}} = T_{\text{conf}} + T_{\text{perf}} + T_{\text{proc}} \leq 420 \text{ s.} \tag{32}$$

817 Výsledný alternativní proces měření by se měl skládat z následujících kroků (viz obr. 4):

- 818 • krok 1 – obousměrný test kvalitativních datových parametrů dle standardu ITU-T
 819 Y.1564 (ITU-T O.150) o celkové délce testu $T_{\text{testA}} \leq 420 \text{ s}$,
 820 • krok 2 – pauza do zahájení další sekvence měření odpovídající časovému odstupu
 821 (uložení předcházejících výsledků testu, příprava na další sekvenci testů/měření)
 822 o délce $T_{\text{break}} \leq 1380 \text{ s}$.

823



824
 825
 826

Obr. 4: Doporučená podoba alternativního procesu měření základního souboru datových parametrů pevných nebo semi-pevných sítí elektronických komunikací

827 4. Měření souboru datových parametrů tvořící kritéria výkonnosti VHCN

828 Postup měření souboru datových parametrů tvořící kritéria výkonnosti VHCN vychází
829 z postupu měření základních datových parametrů, který je doplněn na základě aktuálně
830 platných Pokynů BEREC VHCN a standardu ITU-T Y.1540 o měření kvalitativních datových
831 parametrů se stanovenými prahovými hodnotami, které představují kritéria rovnocenné
832 výkonnosti k celo-optickým sítím. Jedná se o vzestupnou IP propustnost (uplink; IP TR_{up})
833 a sestupnou IP propustnost (downlink; IP TR_{down}), které charakterizující zatížení šířky pásma
834 NUT pro oba směry datové komunikace během procesu měření zpoždění IP paketů IPTD,
835 kolísání zpoždění IP paketů IPLR, chybovosti IP paketů IPER, ztrátovosti IP paketů IPLR
836 a dostupnosti IP služby IPAS. Pokyny BEREC VHCN rozdělují prahové hodnoty výkonnostních
837 kritérií zvláště pro pevné sítě a bezdrátové sítě elektronických komunikací.

838 4.1. Sekvence měření

839 Stejně jako v případě postupu měření souboru základních datových parametrů, je
840 doporučeno provádět tři hlavní, nezávislé, měření včetně dodržení dostatečné časové
841 diverzity. S ohledem na koncového uživatele a vzhledem k časové náročnosti procesu měření
842 s možností kombinace s postupem měření souboru základních datových parametrů (příloha
843 č. 1), je přípustné provést všechny tři hlavní měření v provozní špičce, nebo měření provést
844 s ohledem na definici časové dostupnosti běžně dostupné rychlosti.

845 Jedno měření by nemělo přesahovat časový rámeček 30 minut, ve kterém je vymezen časový
846 prostor pro sekvenci tří základních testů (*basic test*, „testB“) vycházejících z doporučení IETF
847 RFC 6349 a pro jeden test kvalitativních datových parametrů VHCN (*VHCN performance test*,
848 dále jen „testVHCN“) vycházejícího ze standardu ITU-T Y.1540. Standard ITU-T Y.1540
849 doporučuje délku měření jednoho testu od 5 sekund do 60 sekund, resp. $\Delta t = \{5; 60\}$ s. Protože
850 je doporučeno v rámci měřicího procesu provádět 3 hlavní, nezávislá, měření, musí jeden test
851 kategorie testVHCN garantovat pevně stanovenou délku měření datových parametrů Δt :

$$852 \Delta t = 60 \text{ s}, \quad (36)$$

853 přičemž se v případě výsledných hodnot zpoždění IP paketů (IPTD) a kolísání zpoždění IP
854 paketů (IPDV) bude jednat o jejich průměrné hodnoty v souladu s doporučením CEPT ECC
855 (15)03. Vzhledem k samotnému procesu zpracování naměřených hodnot (T_{proc}) použitým
856 měřicím nástrojem by celková délka trvání jednoho testu neměla překračovat hodnotu T_{VHCN} :

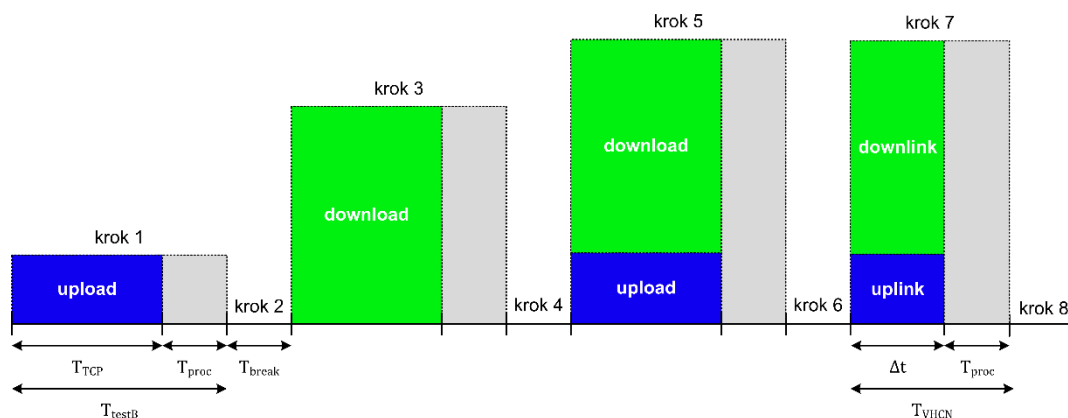
$$857 T_{\text{VHCN}} = \Delta t + T_{\text{proc}} \leq 180 \text{ s}. \quad (37)$$

858 Výsledný proces měření datových parametrů tvořících kritéria výkonnosti VHCN by se měl
859 skládat z následujících kroků (viz obr. 5):

- 860 • krok 1 – jednosměrný test vzestupné TCP propustnosti (upload) TCP aTR_{up} včetně
861 hodnoty zpoždění Delay(avg) o celkové délce testu $T_{\text{testB}} \leq 300 \text{ s}$,
- 862 • krok 2 – pauza (uložení předcházejících výsledků testu) o délce $T_{\text{break}} \leq 90 \text{ s}$,
- 863 • krok 3 – jednosměrný test sestupné TCP propustnosti (download)
864 TCP aTR_{down} včetně hodnoty zpoždění Delay(avg) o celkové délce testu $T_{\text{testB}} \leq 300 \text{ s}$,
- 865 • krok 4 – pauza (uložení předcházejících výsledků testu) o délce $T_{\text{break}} \leq 90 \text{ s}$,
- 866 • krok 5 – obousměrný test TCP propustnosti (upload + download) TCP aTR_{up} a
867 TCP aTR_{down} včetně hodnoty zpoždění Delay(avg) o celkové délce testu $T_{\text{testB}} \leq 600 \text{ s}$,
- 868 • krok 6 – pauza do zahájení další sekvence měření odpovídající časovému odstupu
869 (uložení předcházejících výsledků testu, příprava na další test) o délce $T_{\text{break}} \leq 90 \text{ s}$,
- 870 • krok 7 – obousměrný test kvalitativních datových parametrů VHCN dle standardu
871 ITU-T Y.1540 o celkové délce testu $T_{\text{VHCN}} \leq 180 \text{ s}$,
- 872 • krok 8 – pauza do zahájení další sekvence měření odpovídající časovému odstupu
873 (uložení předcházejících výsledků testu, příprava na další sekvenci testů/měření)
874 o délce $T_{\text{break}} \leq 150 \text{ s}$.

875 Pokud měřicí nástroj neumožňuje nastavení pořadí sekvence testů v doporučené podobě, je
 876 možné uvedené pořadí změnit, aniž by byla porušena integrita měření. Stejně tak je možné
 877 vypustit obousměrný test TCP propustnosti (krok 5), nebo sekvenci pauz mezi jednotlivými
 878 testy (kroky 2, 4, 6 a 8). Minimální přípustná podoba procesu měření rozšířeného souboru
 879 datových parametrů se musí skládat z jednosměrného vzestupného testu (upload; krok 1),
 880 z jednosměrného sestupného testu (download; krok 3) TCP propustnosti a z obousměrného
 881 testu kvalitativních datových parametrů VHCN dle standardu ITU-T Y.1540 (uplink + downlink;
 882 krok 7). Možné kombinace realizace minimální přípustné podoby procesu měření závisí
 883 především na použitých měřicích nástrojích.

884



885
 886
 887

Obr. 6: Doporučená podoba procesu měření souboru datových parametrů tvořící kritéria výkonnosti VHCN dle aktuálně platných Pokynů BEREC VHCN a standardu Y.1540

888 4.1.1. Vstupní parametry sekvence měření

889 Při měření souboru datových parametrů tvořící kritéria výkonnosti VHCN je nutné
 890 vycházet ze standardu ITU-T Y.1540 a aktuálního znění BEREC Pokynů VHCN. Standard
 891 ITU-T Y.1540 definuje mimo jiné jako vstupní parametry CIR, velikost ethernetového rámce FS
 892 (od 64 B do 1526 B), a typ protokolu IP. Jak už plyne z označení CIR, jedná se o parametr
 893 odpovídající spojové vrstvě modelu ISO/OSI, nikoliv tedy síťové vrstvě modelu ISO/OSI.
 894 Někteří výrobci měřicích nástrojů chybně označují v souvislosti s parametrem CIR hodnoty
 895 odpovídající fyzické vrstvě modelu ISO/OSI. Je tedy doporučeno dotazovat se výrobce
 896 měřicího nástroje na odpovídající vrstvu modelu ISO/OSI parametru CIR.

897 V případě měření kvalitativních datových parametrů VHCN by měl být vstupní parametr CIR
 898 roven smluvně definované hodnotě běžně dostupné rychlosti (BDR) stahování dat (download)
 899 nebo vkládání dat (upload) služby přístupu k internetu v případě pevných nebo semi-pevných
 900 sítí elektronických komunikací, což současně odpovídá zatížení šířky pásma NUT pro oba
 901 směry datové komunikace během procesu měření:

$$902 \quad \text{CIR (L 1)} = \text{BDR (L 1)}; [\text{b/s}; \text{b/s}], \quad (33)$$

903 a to z důvodů eliminace možného zkreslení dosahovaných hodnot kvalitativních datových
 904 parametrů v podobě zpoždění IP paketů (IPTD), kolísání zpoždění IP paketů (IPDV), ztrátovosti
 905 IP paketů (IPLR), chybovosti IP paketů (IPER) a dostupnosti IP služby (IPAS) dané NUT, pokud
 906 měla síťová propustnost IP TR (CIR) během procesu měření překračovat dostupnou šířku
 907 pásma posuzované sítě elektronických komunikací. Takto definované nastavení poskytuje
 908 možnost ověření schopnosti dané NUT dosahovat požadovaných výkonnostních kritérií pro
 909 kvalitativní datové parametry VHCN v době provozní špičky. Při stanovení hodnoty velikosti
 910 rámce FS je vhodné vycházet z určené hodnoty MTU použité při měření souboru základních
 911 datových parametrů:

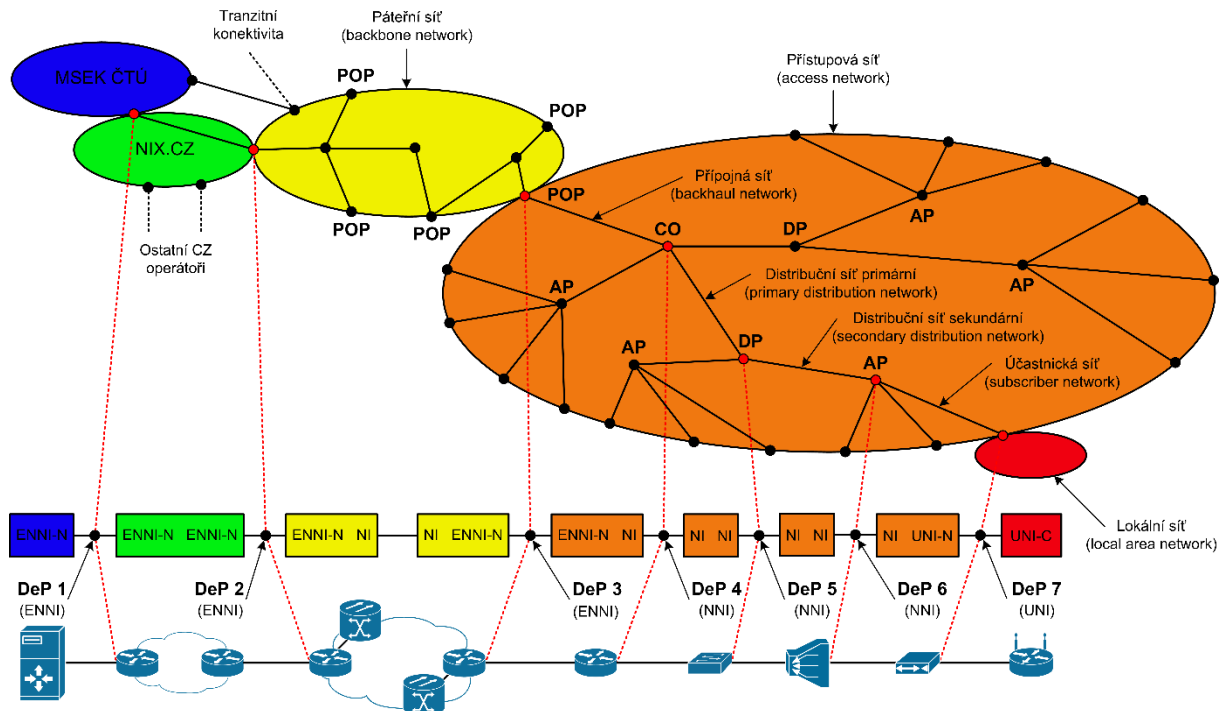
$$912 \quad \text{FS} = \text{MTU} + \text{MAC DST} + \text{MAC SRC} + 802.1\text{Q (802.1ad)} + \text{Ethertyp} + \text{FCS}; [\text{B}; \text{B}], \quad (35)$$

913 pokud bude pro danou NUT stanovena hodnota $\text{MTU} = 1500 \text{ B}$, potom pro případ $\text{MAC SRC} =$
 914 6 B , $\text{MAC DST} = 6 \text{ B}$, $802.1\text{Q (802.1ad)} = 0 \text{ B}$, $\text{Ethertyp} = 2 \text{ B}$ a $\text{FCS} = 4 \text{ B}$ bude $\text{FS} = 1518 \text{ B}$.

5. Demarkační body měření

Demarkační body měření představují takové body (uzly) v síti, mezi kterými bude probíhat měření souborů datových parametrů pevných nebo semi-pevných sítí elektronických komunikací. Demarkační bod si lze obecně představit v podobě rozhraní síťového uzlu (konkrétního rozhraní/portu aktivního prvku). Úřad bude provádět měření dle metodického postupu přímo v konkrétním demarkačním bodě, nebo případně v místě blízkém v rozsahu nepřekračujícím vzdálenost příslušného sousedního demarkačního bodu dle smluvně definovaných podmínek. Úřad definuje následující demarkační body, přičemž je vždy předpokládáno provádění měření na ethernetovém rozhraní (zvláště při provádění měření pro výkon kompetencí Úřadu):

- První demarkační bod je definován v podobě přístupu MSEK (měřicího serveru) do sítě internet peeringovým uzlem NIX.CZ, viz. DeP 1 na obr. 7. Prvním demarkačním bodem lze definovat i jiné místo v síti, avšak pouze v těch případech, kdy nelze danou situaci řešit pomocí demarkačního bodu DeP 1. Typickou situací může být např. měření vyhrazené linky, nebo využití alternativní tranzitní konektivity při zjištění filtrování výměny směrovacích informací v peeringovém uzlu NIX.CZ, nebo případně výměny směrovacích informací v zahraničním peeringovém uzlu.
- Druhý demarkační bod si lze představit v podobě rozhraní síťového uzlu (konkrétní rozhraní/port aktivního prvku) případně v místě blízkém v rozsahu nepřekračujícím vzdálenost příslušného sousedního demarkačního bodu dle smluvně definovaných podmínek, kde bude probíhat měření dle tohoto metodického postupu prostřednictvím měřicího zařízení (terminálu). V rámci tohoto dokumentu jsou definovány pozice demarkačních bodů DeP 2 až DeP 7, viz obr. 7, dle obecné struktury přístupové sítě a jejího přístupu do internetu, respektive do MSEK (DeP 1). Je zřejmé, že v rámci reálné struktury přístupové sítě konkrétního poskytovatele služby přístupu k internetu může docházet ke sloučení některých demarkačních bodů, případně k jejich vynechání, nebo také naopak k jejich rozšíření v případě rozsáhlé sítě (např. DeP 5a, DeP 5b a DeP 5c). Důležitá je vždy povaha a vlastnosti demarkačního bodu (uzlu).



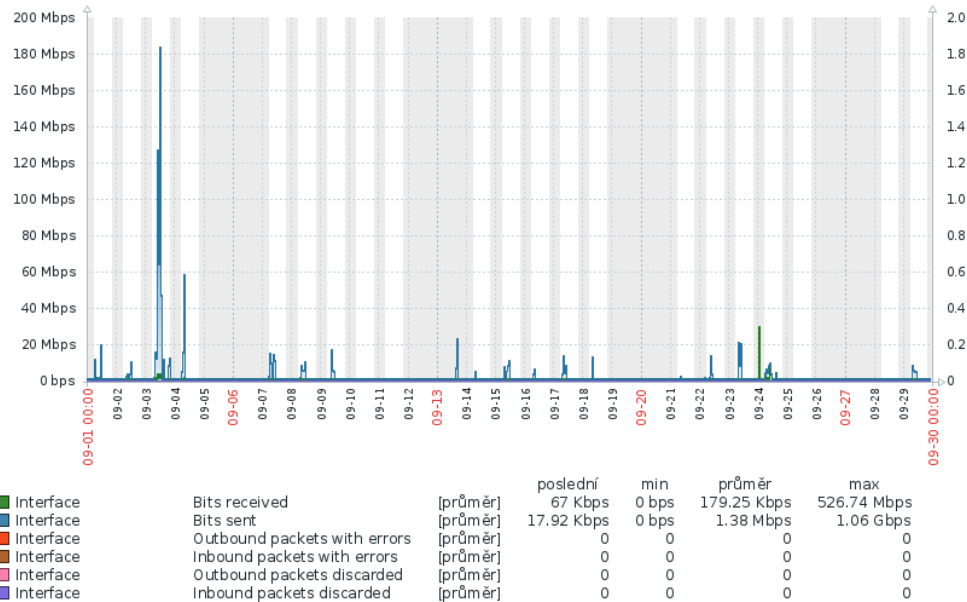
943

944

945

Obr. 7: Definované pozice demarkačních bodů (DeP) v rámci obecného schéma struktury přístupové sítě a jejího připojení do internetu

946 Takto definované demarkační body je možné uplatnit i v případě provádění monitorování
 947 datového provozu s využitím protokolu SNMP, který mimo jiné umožňuje průběžný sběr
 948 vyřízení příslušného fyzického rozhraní/portu aktivních prvků datovým provozem v rámci
 949 souvisejícího demarkačního bodu. Monitorované hodnoty datového provozu odpovídají
 950 fyzické vrstvě modelu ISO/OSI (L 1), nebo spojové vrstvě modelu ISO/OSI (L 2).



951
 952 **Obr. 8:** Příklad průběhů rychlostí ve směru přicházejícího (*Bits received*) a odcházejícího (*Bits sent*) síťového
 953 provozu do peeringového uzlu NIX.CZ příslušného rozhraní hraničního routeru systému MSEK, DeP 1

954 Úřad může na základě čl. 5(2) Nařízení v případě pochybností o dostatečné kapacitě daného
 955 segmentu síťové infrastruktury poskytovatele požadovat poskytnutí informací v podobě
 956 výsledků monitoringu síťového provozu v konkrétních demarkačních bodech, a to alespoň
 957 v podobě průběhů přicházejícího (*Bits received; incoming*) a odcházejícího (*Bits sent;*
 958 *outgoing*) datového provozu příslušných fyzických rozhraní/portů aktivních prvků souvisejících
 959 s daným demarkačním bodem (uzlem) v časovém úseku posledních 30 kalendářních dní, viz
 960 obr. 8. Vyřízení daného demarkačního bodu datovým provozem LU (*link utilization*) je možné
 961 stanovit jako podíl průměrného měsíčního přicházejícího (*Bits received; incoming*)
 962 a odcházejícího (*Bits sent; outgoing*) síťového provozu obecně označovaného jako LF (*link*
 963 *flow*) příslušných fyzických rozhraní/portů aktivních prvků souvisejících s demarkačním bodem
 964 v časovém úseku posledních 30 kalendářních dní, nebo v případě, pokud odpovídá výsledek
 965 monitoringu síťového provozu přímo fyzické vrstvě modelu ISO/OSI, označeného NBR (*net bit*
 966 *rate*), a hodnoty celkové kapacity CAP (*link capacity*) příslušného demarkačního bodu ve
 967 vzestupném a sestupném směru, přičemž se této problematice věnuje samostatný metodický
 968 postup *Metodika pro vyhodnocování dopadu kapacity sítí elektronických komunikací na výkon*
 969 *služeb přístupu k internetu, verze 1.0:*

970
$$LU_{avg} = \frac{LF_{avg}}{CAP} \cdot 100 \% = \frac{NBR_{avg}}{CAP} \cdot 100 \%.$$
 (38)

971 V případě, pokud není dostupné v daném demarkačním bodě ethernetové rozhraní včetně
 972 IPoE, je nutné využít certifikovaný převodník provozovatele sítě pro realizaci měření (také pro
 973 PPPoE). Primárně se použije takový převodník, prostřednictvím kterého je koncovému
 974 uživateli aktivována služba přístupu k internetu, nicméně pokud si to situace vyžaduje, je
 975 možné využít i jiný převodník, který je pro tuto službu a technologii vhodný. Po zapojení
 976 a zapnutí takového převodníku je nutné vyčkat potřebný čas pro dosažení synchronizace
 977 a ustáleného stavu v síti (5 minut), případně v součinnosti s provozovatelem sítě.

978 **6. Bezpečnostní úvahy**

979 Jelikož při měření rozšířeného souboru datových parametrů se využívá UDP protokolu
980 na transportní vrstvě modelu ISO/OSI, může být chování měřicího procesu vnímáno síťovými
981 operátory (poskytovateli) jako pokus o DoS či DDoS útok. Proto měření rozšířeného souboru
982 datových parametrů může vyžadovat koordinaci s poskytovatelem internetového připojení.

983 **6.1. Problematika měření v sítích s IPv6 a NAT**

984 Vzhledem k možnosti zapouzdření TCP a UDP protokolů do IPv6 paketu může
985 v dnešní době v síti elektronických komunikací s nativní podporou IPv6 docházet k značnému
986 rozdílu v měření propustnosti TCP datového toku mezi IPv6 a IPv4. Je tedy vhodné ověřit, zda
987 je dostupná IPv6 konektivita a v případě, že ano, provést měření i v situaci, kdy TCP a UDP
988 spojení bude zapouzdřeno do IPv6 paketů.

989 **6.2. Problematika měření v prostředí neveřejných IP adres a stavových firewallů**

990 V případě, že je z nějakého důvodu zamezena možnost inicializace síťového spojení
991 sestupným směrem server („remote“) → klient („local“), je nutné použít takový měřicí nástroj,
992 který umožňuje reverzní inicializaci síťového spojení při měření sestupného směru. Tato
993 situace může nastat např. v sítích elektronických komunikací s NAT nebo s nastaveným
994 stavovým firewalllem, který např. blokuje TCP segment s příznakem SYN (navázání spojení)
995 z vnější strany.

996 **6.3. Postup při chybových stavech**

997 V případě, že při měření dojde k problému (např. s navázáním datového spojení) nebo
998 k zjevně chybovému stavu, je nutné postupovat přiměřeně. Obsluha měřicího zařízení
999 (terminálu) by se měla pokusit určit příčinu daného problému, pokud je to možné, ji odstranit
1000 a popř. provést následně opakované měření.

1001

V. Pojmy, definice a zkratky

- 1002 AP (*access point*) – označuje soustředovací bod na straně přístupové sítě
- 1003 BB (*bottleneck bandwidth*) – nejnižší hodnota šířky pásma (kapacity) měřené přenosové
1004 trasy odpovídající první vrstvě modelu ISO/OSI
- 1005 BDR – běžně dostupná rychlost, kterou může koncový uživatel předpokládat a reálně
1006 dosahovat při stahování a ukládání dat v době odpovídající 95 % času 1 kalendářního dne
- 1007 CIR (*committed information rate*) – garantovaná minimální informační rychlost odpovídající
1008 druhé vrstvě modelu ISO/OSI
- 1009 CO (*central office*) – centrální místo poskytovatele, prostřednictvím kterého je poskytován
1010 přístup internetu (přístup do páteřní sítě)
- 1011 CAP (*link capacity*) – označuje celkovou kapacitu daného datového spoje v daném směru
1012 (uplink nebo downlink). Kapacita většinou souvisí s fyzikálními možnostmi daného datového
1013 spojení, nebo s nastavenými limitními hodnotami (skutečnou šířkou pásma v daném směru)
- 1014 downlink – obecně používané označení pro vzestupný směr přenosu dat a konkrétní vrstvu
1015 dle referenčního modelu ISO/OSI, nebo modelu TCP/IP, přičemž je protokolem transportní
1016 vrstvy UDP protokol. S ohledem na vlastnosti nespojivě orientovaného protokolu transportní
1017 vrstvy UDP se používá také označení šířka pásma (*bandwidth*)
- 1018 Delay – je v případě využití TCP protokolu transportní vrstvy uplynulá doba mezi odesláním
1019 prvního bitu segmentu TCP a příjmem posledního bitu odpovídajícího potvrzení
- 1020 Delay_i – *i*-tá hodnota Delay, která je zaznamenána v rámci kontinuálního měření s periodou
1021 1 s během testu TCP propustnosti
- 1022 Delay(avg) – průměrná hodnota Delay během testu TCP propustnosti
- 1023 DeP *x* (*demarcation point x*) – označuje konkrétní demarkační bod jako předávací rozhraní
1024 mezi dvěma odlišnými síťovými entitami (páteřní síť, přístupová síť, lokální síť atd.)
- 1025 DP (*distribution point*) – distribuční bod (uzel) distribuční sítě náležící do množiny přístupové
1026 sítě
- 1027 EIR (*excess information rate*) – přesah informační rychlosti, resp. negarantovaná informační
1028 rychlost odpovídající druhé vrstvě modelu ISO/OSI a pokrývající pásmo od horní hranice CIR
1029 k maximální hodnotě NBR
- 1030 ENNI (*external network to network interface*) – rozhraní mezi dvěma poskytovateli služby
1031 připojení k síti internet
- 1032 ENNI-N (*external network to network interface-network side*) – port na aktivním síťovém
1033 prvku fyzicky připojeném k rozhraní mezi dvěma poskytovateli služby připojení k síti internet
- 1034 LF (*link flow*) – označuje vytížení daného datového spoje v daném směru v čase
1035 (uplink/downlink), často se udává jako průměrná hodnota v daném sledovaném období
- 1036 FS (*frame size*) – velikost ethernetového rámce
- 1037 FTD (*frame transfer delay*) – zpoždění rámců představující časového zpoždění NUT mezi
1038 odesláním a příjmem ethernetového rámce
- 1039 FTD (RTT) – odpovídá uplynulé době mezi odesláním prvního bitu rámce od koncového
1040 uživatele směrem k poskytovateli služby přístupu k síti internet a příjmem posledního bitu
1041 zpětně odeslaného rámce od poskytovatele služby směrem ke koncovému uživateli
- 1042 FLR (*frame loss ratio*) – ztrátovost paketů jako poměr všech nedoručených (ztracených)
1043 ethernetových rámců k celkovému počtu všech odeslaných ethernetových rámců
- 1044 FWA (*fixed wireless access*) – bezdrátová síť elektronických komunikací v pevném místě

- 1045 IFDV (*inter-frame delay variation*) – kolísání zpoždění rámců, často také rozptyl zpoždění,
 1046 variace zpoždění nebo jitter, představuje rozdíl mezi referenčním časem doručení
 1047 ethernetového rámce (c_k) a jeho skutečným časem doručení (d_k)
- 1048 IPDV (*internet protocol packet delay variation*) – kolísání zpoždění IP paketů, často také
 1049 rozptyl zpoždění, variace zpoždění nebo jitter, představuje rozdíl mezi referenčním časem
 1050 doručení IP paketu (c_k) a jeho skutečným časem doručení (d_k), a to v souladu s RFC 3393
- 1051 IPER (*internet protocol packet error ratio*) – chybovost IP paketů jako poměr všech chybně
 1052 doručených IP paketů k celkovému počtu všech odeslaných IP paketů
- 1053 IPLR (*internet protocol packet loss ratio*) – ztrátovost IP paketů jako poměr všech
 1054 nedoručených (ztracených) IP paketů k celkovému počtu všech odeslaných IP paketů
- 1055 IPSA (*internet protocol service availability*) – dostupnost IP služby v % za rok si lze představit
 1056 jako datový parametr, který je odvozen na základě znalosti počtu ztracených paketů v
 1057 průběhu trvání testu, přičemž je jeho délka stanovena standardem ITU-T Y.1540 v rozmezí
 1058 $\Delta t = \langle 5; 60 \rangle$ s.
- 1059 IPTD (*internet protocol packet transfer delay*) – zpoždění IP paketu představující časového
 1060 zpoždění NUT mezi odesláním a příjmem IP paketu
- 1061 IPTD (RTT) – odpovídá uplynulé době mezi odesláním prvního bitu IP paketu od koncového
 1062 uživatele směrem k poskytovateli služby přístupu k síti internet a příjmem posledního bitu
 1063 zpětně odeslaného IP paketu od poskytovatele služby směrem ke koncovému uživateli, a to
 1064 v souladu s RFC 2681
- 1065 IPv4/v6 (*internet protocol version 4/version 6*) – je datově orientovaný protokol, který je
 1066 používán v sítích s přepojováním paketů. Jde o protokol přepravující data bez záruky,
 1067 negarantuje tedy ani doručení ani zachování pořadí ani vyloučení duplicit. To lze zajistit
 1068 protokolem transportní vrstvy. V případě IPv4 je standardní velikost záhlaví 20 B, v případě
 1069 IPv6 je standardní velikost záhlaví 40 B
- 1070 IR (*information rate*) – hodnota informační rychlosti odpovídající spojové vrstvě modelu
 1071 ISO/OSI
- 1072 L x (*layer x*) – konkrétní vrstva modelu ISO/OSI
- 1073 $\text{Delay}_{\text{baseline}}$ – označuje nejmenší naměřenou hodnotu Delay během navázaného spojení při
 1074 úvodním testovacím intervalu NUT nezátížené navázaným TCP spojení
- 1075 MS – měřicí server
- 1076 MSEK – Měřicí systém elektronických komunikací, významný informační systém Úřadu
- 1077 MT – měřicí terminál
- 1078 MTU (*maximum transmission unit*) – označení pro maximální velikost IP datagramu (TCP
 1079 segmentu), který je možné vyslat daným síťovým rozhraním
- 1080 NBR (*net bit rate*) – označuje přenosovou rychlost odpovídající fyzické vrstvě modelu
 1081 ISO/OSI daného rozhraní s předpokladem využití ethernetového rámce
- 1082 NI (*network interface*) – port na aktivním síťovém prvku
- 1083 NNI (*network to network interface*) – rozhraní mezi aktivními síťovými prvky poskytovatele
 1084 služby připojení k síti internet
- 1085 NTP (*network termination point*) – koncový bod sítě splňující kritéria specifikovaná v BEREC
 1086 Pokynech BoR (20) 46
- 1087 NUT (*network under test*) – označuje testovanou přenosovou trasu

- 1088 POP (*point of presence*) – demarkační bod mezi dvěma odlišnými typy datových sítí (páteřní
1089 a přístupové síť). POP je především infrastruktura, která umožňuje vzdáleným uživatelům
1090 připojit se k síti internet
- 1091 PRBS31 (*pseudorandom binary sequence of length 31*) – specifický typ testovacího signálu
1092 používaného pro testování a ověřování digitálních komunikačních systémů. Testovací signál
1093 je tvořen sekvencí 31 binárních bitů, které jsou generovány tak, že každý bit je závislý na
1094 několika předchozích bitech. To generuje zdánlivě náhodný vzor 1s a 0s, který lze použít
1095 k testování funkčnosti a výkonu komunikačních systémů
- 1096 R_{inzer} – inzerovaná rychlost, tj. rychlost stahování a odesílání, kterou poskytovatel služby
1097 přístupu k internetu používá ve svých obchodních sděleních, včetně reklamy a marketingu,
1098 v souvislosti s propagací, prodejem nebo dodáním dané služby
- 1099 R_{max} – maximální rychlost, tj. nejvyšší možná rychlost stahování (download) a odesílání
1100 (upload)
- 1101 R_{min} – minimální rychlost, tj. nejnižší garantovaná rychlost stahování (download) a odesílání
1102 (upload)
- 1103 SDR – skutečně dosahovaná rychlost, tj. TCP propustnost za daný časový interval měření,
1104 která odpovídá skutečnému výkonu služby
- 1105 síťový uzel – seskupení jednoho nebo více síťových elementů (síťových prvků)
- 1106 t – délka trvání testu obecně (např. v případě testu testB odpovídá hodnotě T_{testB})
- 1107 TCP aTR – aktuální hodnota TCP propustnosti odpovídající transportní vrstvě modelu
1108 ISO/OSI
- 1109 TCP RWND (TCP *receive window*) – označuje velikost TCP okna na přijímací straně
- 1110 LU (*link utilization*) – označuje využití daného datového spoje ve formě procentuálního
1111 vytížení celkové kapacity daného datového spoje.
- 1112 UNI (*user network interface*) – rozhraní mezi poskytovatelem služby připojení k síti internet
1113 a koncovým účastníkem
- 1114 UNI-C (*user network interface-customer side*) - port na aktivním síťovém prvku na straně
1115 koncového účastníka připojení fyzicky připojený k rozhraní mezi poskytovatelem služby
1116 připojení k síti internet a koncovým účastníkem
- 1117 UNI-N (*user network interface-network side*) - port na aktivním síťovém prvku na straně
1118 poskytovatele služby připojení k síti internet fyzicky připojený k rozhraní mezi
1119 poskytovatelem a koncovým účastníkem
- 1120 uplink – obecně používané označení pro sestupný směr přenosu dat a konkrétní vrstvu dle
1121 referenčního modelu ISO/OSI, nebo modelu TCP/IP, přičemž je protokolem transportní
1122 vrstvy UDP protokol. S ohledem na vlastnosti nespojově orientovaného protokolu transportní
1123 vrstvy UDP se používá také označení šířka pásma (*bandwidth*)
- 1124 VHCN (*very high capacity networks*) - síť elektronických komunikací, která je sestavena
1125 zcela z optických prvků přinejmenším do rozvodného bodu v obslužném místě, nebo síť
1126 elektronických komunikací, která je schopna za obvyklých podmínek v době provozní špičky
1127 dosahovat podobné výkonnosti, jako celo-optické sítě, pokud jde o dostupnou šířku pásma
1128 pro downlink a uplink, odolnost, parametry související s chybovostí a zpoždění a jeho
1129 kolísání. Jedná se o jako určitý typ sítě elektronických komunikací, tj. od koncového bodu
1130 sítě/rozvodného bodu v obslužném místě až po peeringový uzel, a nikoli o pouhý segment
1131 sítě.

1133 **1. Měření pevné nebo semi-pevné sítě elektronických komunikací pro účely**
1134 **kontroly datových parametrů náležících do souboru základních datových**
1135 **parametrů**

1136 Příloha č. 1 je určena pro měření datových parametrů v běžném síťovém provozu
1137 náležících do souboru základních datových parametrů. Měření podle přílohy č. 1 je určeno pro
1138 výkon kompetencí Úřadu ve smyslu kontroly datových parametrů služby přístupu k internetu.

1139 **1.1. Popis měřicího scénáře**

1140 Měřicí scénář odpovídá měřicímu procesu, který je specifikován v postupu měření.
1141 Takto specifikovaný měřicí scénář je Úřadem stanoven pro měření datových parametrů
1142 pevných nebo semi-pevných sítí elektronických komunikací náležících do souboru základních
1143 datových parametrů pro účel jejich kontroly. Měřicí scénář i zvolený soubor základních
1144 datových parametrů navazuje především na všeobecné oprávnění č. VO-S/1/08.2020-9,
1145 kterým se stanoví podmínky k poskytování služeb elektronických komunikací. Měřicí scénář je
1146 také v souladu s BEREC Pokyny BoR (22) 81: *Implementation of the Open internet Regulation*
1147 (ve znění souvisejících aktuálně platných Pokynů).

1148 **1.2. Volba měřicí metody**

1149 Pro účely měření dle stanoveného měřicího scénáře je zvolena měřicí metoda
1150 definovaná v metodickém postupu měření, která je založená na doporučení IETF RFC 6349.
1151 Při vymezení základního souboru datových parametrů vycházel Úřad především z požadavku
1152 na srozumitelnost jednotlivých parametrů z pohledu běžného uživatele služby přístupu
1153 k internetu a také Úřad vycházel s ohledem na znění Nařízení a s ním souvisejícím
1154 všeobecném oprávnění č. VO-S/1/08.2020-9, které definuje podmínky smluvního garantování
1155 rychlosti stahování dat (download) a vkládání dat (upload) včetně vzniku velkých odchylek
1156 výkonu služby přístupu k internetu dle čl. 4(1) písm. d) Nařízení, a to v rozsahu od bodu
1157 předání služby koncovému uživateli (DeP 7, eventuálně DeP 6) po bod přístupu systému
1158 MSEK do peeringového uzlu NIX.CZ (DeP 1). V případě stahování dat (download) a vkládání
1159 dat (upload) jsou definice rychlostí platné pro každý směr samostatně. Zvolená měřicí metoda
1160 bude Úřadem uplatňována v případě kontrolních měření dodržování definovaných rychlostí,
1161 a to z hlediska ověření vzniku výpadku služby a velkých odchylek výkonu služby od běžně
1162 dostupné rychlosti. Úřadem zvolená měřicí metoda definuje provádění měření výkonu služby
1163 přístupu k internetu na transportní vrstvě (L 4) modelu ISO/OSI protokolem TCP (testB).

1164 Ve výjimečných případech, např. pro měření datových parametrů vyhrazených linek,
1165 technologie MPLS, v případě potřeby měřit v demarkačních bodech DeP < 6, nebo také
1166 v případě vzniku situace, kdy stav NUT neumožňuje použití metody měření dle doporučení
1167 IETF RFC 6349 (velká ztrátovost a velké kolísání zpoždění paketů) lze alternativně použít
1168 měřicí metodu definovanou standardem ITU-T Y.1564, tj. provádět měření kvalitativních
1169 datových parametrů spadajících do souboru rozšířených datových parametrů definovaných
1170 v tomto dokumentu. Takto zvolená náhradní metoda definuje provádění měření na spojové
1171 vrstvě modelu ISO/OSI (L 2) s využitím nespojově orientovaného UDP protokolu transportní
1172 vrstvy (testA) a v kombinaci s výsledky příkazu *tracert* (*traceroute*) doplněné o měření skutečné
1173 přenosové rychlosti (aktuální rychlosti) v podobě TCP propustnosti v garantované délce trvání
1174 T_{TCP} , nebo s výsledky nástroje dle standardu ITU-T O.150, který využívá místo standardních
1175 protokolů pseudonáhodnou binární sekvenci délky 31 (PRBS31), umožní Úřadu dovodit, co je
1176 příčinou znemožnění měření dle doporučení IETF RFC 6349, resp. zda stav NUT vykazuje
1177 příznaky vzniku velkých odchylek, případně výpadku služby, nebo uplatnění opatření řízení
1178 provozu, např. z důvodů nedostatečné kapacity sítě.

1180 **1.3. Měřicí sekvence**

1181 Měření v pevných nebo semi-pevných sítích elektronických komunikací z hlediska
1182 umístění měřicího zařízení (terminálu) odpovídá stacionárnímu měření. Pro všechna měření
1183 ve stacionárním bodě je doporučeno provádět opakovaná měření s dostatečnou časovou
1184 a provozní diverzitou. Dále je doporučeno provádět tři hlavní, nezávislé, měření včetně
1185 dodržení dostatečné časové diverzity, tzn. minimálně jedno měření v provozní špičce
1186 a minimálně jedno měření mimo provozní špičku. S ohledem na koncového uživatele
1187 a vzhledem k časové náročnosti procesu měření TCP propustnosti je přípustné provést
1188 všechny tři hlavní měření v provozní špičce, nebo měření provést s ohledem na definici časové
1189 dostupnosti (časového rozměru) běžně dostupné rychlosti. Jedno měření by nemělo
1190 přesahovat časový rámec 30 minut, ve kterém proběhne sekvence 3 testů kategorie testB dle
1191 části 1.6 postupu měření, případně alternativně sekvence 3 testů kategorie testA dle části 3.1
1192 postupu měření.

1193 Pokud měřicí nástroj neumožňuje nastavení pořadí sekvence testů v doporučené podobě, je
1194 možné uvedené pořadí změnit, aniž by byla porušena integrita měření. Stejně tak je možné
1195 vypustit obousměrný test TCP propustnosti (krok 5), nebo sekvenci pauz mezi jednotlivými
1196 testy (kroky 2, 4 a 6). Minimální přípustná podoba procesu měření TCP propustnosti se musí
1197 skládat z jednosměrného vzestupného testu (upload; krok 1) a z jednosměrného sestupného
1198 testu (download; krok 3) TCP propustnosti. Možné kombinace realizace minimální přípustné
1199 podoby procesu měření závisí především na použitých měřicích nástrojích. Nedoporučuje se
1200 při měření využívat tzv. loopback testu, a to ani v případě symetrických NUT.

1201 **1.4. Demarkační body**

1202 Prvním demarkačním bodem bude v souladu s kapitolou č. 5 metodického postupu
1203 specifikujícího demarkační body měření přístup systému MSEK do internetu peeringovým
1204 uzlem NIX.CZ, viz. DeP 1 na obr. 7 (alternativně tranzitní konektivitou). Druhý demarkační bod
1205 si lze představit v podobě rozhraní/portu síťového uzlu, resp. konkrétního rozhraní/portu
1206 aktivního prvku, případně v místě blízkém v rozsahu nepřekračujícím vzdálenost příslušného
1207 sousedního demarkačního bodu dle smluvních podmínek, kde bude probíhat měření
1208 prostřednictvím měřicího zařízení (terminálu). V rámci měření dle přílohy č. 1 je předpokládán
1209 jako druhý demarkační bod DeP 7, viz obr. 7, tj. demarkační bod v podobě rozhraní/portu mezi
1210 poskytovatelem služby přístupu k internetu a koncovým uživatelem, resp. v místě koncového
1211 bodu sítě (zařízení). Vzhledem k rozmanitosti technologií přístupových sítí a jejich struktuře
1212 může být druhým demarkačním bodem v eventuelních případech i DeP 6, například v situaci,
1213 kdy je soustředovací bod AP realizován v podobě směrovače (routeru) nebo síťového
1214 prepínače (switche).

1215 **1.5. Nastavení měřicího terminálu a zahájení procesu měření**

1216 Po stanovení měřicí metody, měřicí sekvence a určení demarkačního bodu následuje
1217 fyzické zapojení měřicího zařízení (terminálu) do koncového zařízení v koncovém bodě sítě
1218 (DeP 7), případně do předávacího rozhraní/portu (DeP 6). V případě koncového zařízení se
1219 provedou úkony k zamezení paralelní (křížové) datové komunikace, tzn. deaktivace rozhraní
1220 standardu IEEE 802.11 a fyzické zamezení využívání dalších rozhraní (fyzických portů)
1221 koncového zařízení odpovídajících standardu IEEE 802.3. Správné zapojení se následně
1222 ověří pomocí měřicího zařízení (terminálu), kde je nutné následně provést volbu a nastavení
1223 parametrů měřicího rozhraní/portu. Dále je nutné provést další případné nastavení parametrů
1224 vyšších síťových vrstev, pokud je to nutné, např. MAC SRC, 802.1Q (802.1ad), IP adresu
1225 měřicího zařízení (terminálu), pokud ji neobdrží prostřednictvím DHCP serveru a číslo TCP
1226 portu měřicího nástroje na měřicím zařízení (terminálu) i na měřicím serveru, pokud již není
1227 přednastaveno. Následně se provedou doporučené kroky před zahájením měřicího procesu
1228 specifikované v postupu měření.

1229 V další fázi je nutné provést nastavení vstupních parametrů měřicího nástroje na straně MT.
1230 Vstupní parametry měřicího nástroje, resp. sekvence měření, musí vycházet z definovaných

1231 parametrů prezentovaných poskytovateli služeb elektronických komunikací ve svých
1232 nabídkách služby přístupu k internetu s ohledem na čl. 4(1), písm. d) Nařízení a s ním
1233 souvisejícím všeobecném oprávnění č. VO-S/1/08.2020-9, které definuje podmínky smluvního
1234 garantování rychlosti stahování dat (download) a vkládání dat (upload) včetně vzniku velkých
1235 odchylek výkonu služby přístupu k internetu. Vstupní parametry je nutné nastavit dle použitého
1236 měřicího nástroje v souladu s částí 1.6.1. definující vstupní parametry sekvence měření, kde
1237 je ovšem nutné si dávat pozor, na které vrstvě modelu ISO/OSI a pod jakým označením se do
1238 měřicího nástroje zadává vstupní parametr BB. V tomto případě musí platit vztah (30). Dalším
1239 klíčovým parametrem je hodnota MTU. Hodnotu MTU měřené přenosové trasy NUT, pokud
1240 není známa, je doporučeno identifikovat pomocí dostupných testovacích nástrojů, např.
1241 programem pro zachytávání paketů Wireshark, nebo případně nástrojem pracujícím na
1242 základě doporučení IETF RFC 4821: *Packetization Layer Path MTU Discovery*.

1243 Na základě nastavení vstupních parametrů měřicího nástroje včetně intervalu měřicí sekvence
1244 je možné provést samotný test dle zvolených kroků, nejlépe v doporučeném pořadí, jehož
1245 výsledkem jsou naměřené hodnoty souboru základních datových parametrů. Výsledky
1246 jednotlivých testů kategorie testB, alternativně testA, se následně uloží v podobě reportů
1247 umožňující další strojové zpracování (HTML, CSV atd.) do výsledné podoby záznamu
1248 o měření.

1249 1.6. Vyhodnocení výsledku procesu měření

1250 Při vyhodnocování výsledků procesu měření kategorie testB dle přílohy č. 1 bude
1251 Úřadem sledováno dodržování definovaných rychlostí, a to z hlediska vzniku výpadku služby
1252 a velkých odchylek výkonu služby od běžně dostupné rychlosti. V případě minimální rychlosti
1253 (R_{\min}) platí, že se jedná o nejnižší garantovanou rychlost stahování (download) a vkládání
1254 (upload) dat, kterou se příslušný poskytovatel služby přístupu k internetu smluvně zavázal
1255 koncovému uživateli poskytnout. V případě, že skutečně dosahovaná rychlost (TCP
1256 propustnost) klesne pod tuto hodnotu, byť v jednom případě (testu), znamená takový stav
1257 výpadek služby (její neposkytování). Pro rychlost stahování dat (download) a současně
1258 vkládání dat (upload) by mělo tedy platit:

$$1259 \quad \text{TCP aTR} \geq R_{\min}; [b/s; b/s], \quad (39)$$

1260 v opačném případě došlo k výpadku služby přístupu k internetu. Úřad ve všeobecném
1261 oprávnění č. VO-S/1/08.2020-9 zavádí velkou trvajícím a velkou opakující se odchylku
1262 skutečného výkonu služby. Obě definované odchylky se odvozují od hodnoty běžně dostupné
1263 rychlosti (BDR), která je dvourozměrná, první rozměr je definován v podobě úrovně TCP
1264 propustnosti v sestupném (download) a vzestupném (upload) směru a druhý rozměr je
1265 definován v podobě časové dostupnosti této úrovně po dobu jednoho kalendářního dne.

1266 Za velkou trvajícím odchylku od běžně dostupné rychlosti (BDR) stahování (download) nebo
1267 vkládání (upload) dat se považuje taková odchylka, která vytváří souvislý pokles výkonu služby
1268 přístupu k internetu, tj. pokles skutečně dosahované rychlosti odpovídající měřením stanovené
1269 TCP propustnosti pod definovanou hodnotu běžně dostupné rychlosti, v intervalu delším než
1270 70 minut, a to během Úřadem prováděného měřicího procesu v časovém úseku 90 minut. Je
1271 možné tedy napsat, že pro velkou trvajícím odchylku platí:

$$1272 \quad T_{\text{BDR}} > 70 \text{ min}, \quad (40)$$

1273 kde T_{BDR} označuje délku intervalu překročení hodnoty běžně dostupné rychlosti odpovídající
1274 času zahájení měřicího procesu, kdy výsledná hodnota skutečné přenosové rychlosti je nižší
1275 než definovaná hodnota běžně dostupné rychlosti. Vzhledem k samotnému procesu měření
1276 a jeho jednotlivým krokům bude považovat Úřad za vznik velké trvajícím odchylky případ, kdy
1277 pro všechny výsledky testů kategorie testB stahování dat (download) nebo vkládání dat
1278 (upload) bude platit podmínka $\text{TCP aTR} < \text{BDR}$. Za velkou opakující se odchylku od běžně
1279 dostupné rychlosti stahování (download) nebo vkládání (upload) dat se považuje taková
1280 odchylka, při které dojde alespoň ke třem poklesům skutečně dosahované rychlosti
1281 odpovídající měřením stanovené TCP propustnosti pod definovanou hodnotu běžně dostupné

1282 rychlosti v intervalu delším nebo rovno 3,5 minutám v časovém úseku 90 minut při Úřadem
1283 prováděném měřicím procesu. Pokud tedy označíme čas zahájení testu, při kterém byla
1284 překročena hranice BDR, v podobě t_x , kde $x \in \mathbb{N}^+$, a dále použijeme stanovenou délku
1285 intervalu samotného testu T_{testB} , je možné tedy napsat, že pro velkou pravidelně se opakující
1286 odchylku platí:

$$1287 \quad \exists t_1, t_2, t_3: T_{\text{BDR}} > 3,5 \text{ min} \wedge (t_3 - t_1) \leq (90 \text{ min} - T_{\text{testB}}). \quad (41)$$

1288 Konstatování, zda během měřicího procesu došlo k vzniku výpadku služby nebo k vzniku
1289 velkých odchylek jako indikátorů skutečnosti, že výkon služby přístupu k internetu nedosahuje
1290 smluvené hodnoty běžně dostupné rychlosti, bude nedílnou součástí záznamu o měření
1291 včetně uvedení výsledných hodnot TCP metrik pro jednotlivé výsledky měření TCP
1292 propustnosti, a to z důvodu lepšího porozumění, co zapříčinilo případný pokles výkonu služby
1293 přístupu k internetu. Z důvodů zjištění výsledné hodnoty zpoždění služby přístupu k internetu,
1294 Delay, respektive její průměrné hodnoty Delay(avg), která je součástí souboru základních
1295 datových parametrů, je nutné uvést pro každý výsledek měření hodnoty TCP propustnosti
1296 hodnotu parametru Delay_{baseline}, která odpovídá nejmenší naměřené hodnotě zpoždění
1297 nezatížené navázaným TCP spojením a dále hodnotu TCP metriky Buffer delay (BD), která
1298 reprezentuje vztah mezi nárůstem průměrné hodnoty zpoždění Delay(avg) během daného
1299 měřicího procesu a výchozí hodnotou zpoždění Delay_{baseline}. Další klíčovou TCP metrikou,
1300 která by měla být součástí výsledku každého měření TCP propustnosti, je TCP efficiency
1301 (TCP EFF) reprezentující procento úspěšně přenesených bitů bez nutnosti jejich opětovného
1302 zaslání. Tato metrika udává představu o chybovosti celého TCP spojení.

1303 Při výsledném vyhodnocení je doporučeno vzít v úvahu výsledky měření z úkonů před
1304 zahájením samotného procesu měření, tj. základní ověření stavu např. pomocí dostupných
1305 testovacích nástrojů (splňujících metodologii BEREC BoR (22) 72 v platném znění
1306 s umístěným serverem v rámci systému MSEK), nebo doplňkového měřicího nástroje
1307 umožňující měřit skutečnou přenosovou rychlost (aktuální rychlost), které mohou naznačit
1308 očekávané hodnoty a případné řízení provozu, dále výsledky příkazu *tracert* (*traceroute*) se
1309 zadáním IP adresy MS v podobě diagnostiky cesty přes jednotlivé demarkační body do
1310 systému MSEK. Tyto informace mohou být využity případně v dalších postupech při výkonu
1311 kompetencí Úřadu ve smyslu kontroly datových parametrů služby přístupu k internetu, např.
1312 s ohledem na zpřístupnění informací o kapacitě částí sítě.

1313 V situaci, kde ve výjimečných případech, např. pro měření datových parametrů vyhrazených
1314 linek, technologie MPLS, nebo v případě potřeby měřit v demarkačních bodech DeP < 6, nebo
1315 také v případě vzniku situace, kdy stav NUT neumožňuje použití metody měření dle
1316 doporučení IETF RFC 6349 (velká ztrátovost a velké kolísání zpoždění rámců, resp. paketů)
1317 se musí použít alternativně měřicí metoda (testA) definovaná standardem ITU-T Y.1564, tj.
1318 provádět měření kvalitativních datových parametrů spadajících do souboru rozšířených
1319 datových parametrů definovaných v tomto dokumentu, se vyhodnocení v případě služby
1320 přístupu k internetu provádí na základě výsledků dosažitelné šířky pásma (bandwidth) sítě
1321 elektronických komunikací v místě NTP, tj. informační rychlost IR odpovídající spojové vrstvě
1322 modelu ISO/OSI ve vzestupném směru (uplink) a ve sestupném směru (downlink). Pokud
1323 bude výsledek konfiguračního testu při vstupním parametru CIR + EIR v podobě smluvně
1324 definované hodnoty maximální rychlosti (R_{max}) přepočítané na hodnotu odpovídající fyzické
1325 vrstvě stahování dat (download) nebo vkládání dat (upload) služby přístupu k internetu
1326 v pevném nebo semi-pevném místě menší než smluvně definovaná hodnota běžně dostupné
1327 rychlosti, je evidentní, že její hodnota nemůže být z principu fyzikálního chování TCP protokolu
1328 dosažitelná a stav NUT zapříčinuje vznik velkých odchylek výkonu služby, případně výpadku
1329 služby. V potaz je nutné vzít také dopad hodnoty ztrátovosti rámců (paketů) měřené při
1330 vstupním parametru CIR odpovídajícímu běžně dostupné rychlosti. Pokud je její hodnota vyšší
1331 než 3 %, je patrné, že služba přístupu k internetu vykazuje velké odchylky výkonu, které jsou
1332 způsobeny buď nedostatečnou kapacitou NUT, nebo uplatněním opatření řízení provozu.

1333 **2. Měření pevné nebo semi-pevné sítě elektronických komunikací pro účely**
1334 **kontroly datových parametrů náležitých do souboru rozšířených datových**
1335 **parametrů**

1336 Příloha č. 2 je určena pro měření datových parametrů v běžném síťovém provozu
1337 náležitých do souboru rozšířených datových parametrů. Měření podle přílohy č. 2 je určeno
1338 pro výkon kompetencí Úřadu ve smyslu kontroly datových parametrů služby přístupu
1339 k internetu, je uplatnitelné pro účel kontroly datových parametrů nově budovaných
1340 a stávajících NGA sítí, nebo případně k naplnění potřeby Úřadu posuzovat stav stávajících
1341 pevných nebo také semi-pevných sítí z hlediska dosahovaných kvalitativních datových
1342 parametrů, nebo jejich komplexního stavu s ohledem na koncového uživatele.

1343 **2.1. Popis měřicího scénáře**

1344 Měřicí scénář odpovídá měřicímu procesu, který je specifikován v postupu měření.
1345 Takto specifikovaný měřicí scénář je Úřadem stanoven pro měření datových parametrů
1346 pevných nebo semi-pevných sítí elektronických komunikací náležitých do souboru rozšířených
1347 datových parametrů pro účel jejich kontroly. Měřicí scénář i zvolený soubor rozšířených
1348 datových parametrů navazuje především na všeobecné oprávnění č. VO-S/1/08.2020-9,
1349 kterým se stanoví podmínky k poskytování služeb elektronických komunikací. Měřicí scénář je
1350 také v souladu s BEREC Pokyny BoR (22) 81: *Implementation of the Open internet Regulation*
1351 (ve znění souvisejících aktuálně platných Pokynů) včetně technické specifikace MEF 23.2:
1352 *Carrier Ethernet Class of Service*.

1353 **2.2. Volba měřicí metody**

1354 Pro účely měření dle stanoveného měřicího scénáře vychází zvolená měřicí metoda
1355 z metodického postupu měření, založeném na doporučení IETF RFC 6349 a standardu ITU-T
1356 Y.1564. Při vymezení rozšířeného souboru datových parametrů Úřad vycházel ze základního
1357 souboru datových parametrů s ohledem na znění Nařízení a s ním související všeobecné
1358 oprávnění č. VO-S/1/08.2020-9, které definuje podmínky smluvního garantování rychlosti
1359 stahování dat (download) a vkládání dat (upload) včetně vzniku velkých odchylek výkonu
1360 služby přístupu k internetu dle čl. 4(1) písm. d) Nařízení, a to v rozsahu od bodu předání služby
1361 koncovému uživateli (DeP 7, eventuálně DeP 6) po bod přístupu systému MSEK do
1362 peeringového uzlu NIX.CZ (DeP 1). Základní soubor datových parametrů je tak rozšířen
1363 o kvalitativní datové parametry, resp. o vzestupnou informační rychlost (uplink; IR_{up})
1364 a sestupnou informační rychlost (downlink; IR_{down}), které charakterizují dosažitelnou šířku
1365 pásma (bandwidth) sítě elektronických komunikací v místě NTP pro oba směry datové
1366 komunikace, dále o zpoždění rámců (FTD), kolísání zpoždění rámců (IFDV) a ztrátovost rámců
1367 (FLR), přičemž jejich stanovení vychází ze standardu ITU-T Y.1564.

1368 Zvolená měřicí metoda bude uplatňována nejen v případě kontrolních měření dodržování
1369 definovaných rychlostí, a to z hlediska ověření vzniku výpadku služby a velkých odchylek jako
1370 indikátorů skutečnosti, že výkon služby nedosahuje smluvených parametrů, ale i z hlediska
1371 ověření reálné dosažitelnosti definované maximální rychlosti, resp. skutečnosti, zda šířka
1372 pásma (bandwidth) v daném NTP odpovídá definované maximální rychlosti, což lze uplatnit
1373 i v případě kontroly dosažení kvalitativních datových parametrů ve srovnání s technickou
1374 specifikací MEF 23.2 kategorie Performance Tier 2 (Regional) pro účely kontroly parametrů
1375 nově budovaných a stávajících NGA sítí, nebo případně k naplnění potřeby Úřadu posuzovat
1376 stav stávajících pevných nebo semi-pevných sítí z hlediska dosahovaných kvalitativních
1377 datových parametrů, nebo jejich komplexního stavu s ohledem na koncového uživatele. Měřicí
1378 metoda kombinuje provádění měření na transportní vrstvě modelu ISO/OSI (L 4) protokolem
1379 TCP (testB) a měření na spojové vrstvě modelu ISO/OSI (L 2) s využitím protokolu UDP na
1380 transportní vrstvě pro měření doplňujících kvalitativních datových parametrů v rámci souboru
1381 rozšířených datových parametrů (testC). Nedílnou součástí použité měřicí metody jsou
1382 doporučené kroky před zahájením měřicího procesu.

1383

2.3. Měřicí sekvence

1384 Je doporučeno provádět opakovaná měření s dostatečnou časovou a provozní
1385 diverzitou. Je tedy doporučeno provádět tři hlavní, nezávislé, měření včetně dodržení
1386 dostatečné časové diverzity, tzn. minimálně jedno měření v provozní špičce a minimálně jedno
1387 měření mimo provozní špičku. S ohledem na koncového uživatele a vzhledem k časové
1388 náročnosti procesu měření TCP propustnosti, navíc rozšířeného o proces měření kvalitativních
1389 datových parametrů, je přípustné provést všechny tři hlavní měření v provozní špičce, nebo
1390 měření provést s ohledem na definici časové dostupnosti (časového rozměru) běžně dostupné
1391 rychlosti (zatížené sítě). V případě nově vybudovaných pevných nebo semi-pevných sítí
1392 elektronických komunikací (nezatížené pevné sítě) je možné provádět všechny tři hlavní
1393 měření i mimo provozní špičku. Jedno měření by nemělo přesahovat časový rámec 30 minut,
1394 ve kterém proběhne sekvence tří testů základních (testB) vycházejících z doporučení IETF
1395 RFC 6349 a jednoho testu doplňujícího (testC) vycházejícího ze standardu ITU-T Y.1564.

1396 Pokud měřicí nástroj neumožňuje nastavení pořadí sekvence testů v doporučené podobě, je
1397 možné uvedené pořadí změnit, aniž by byla porušena integrita měření. Stejně tak je možné
1398 vypustit obousměrný test TCP propustnosti (krok 5), nebo sekvenci pauz mezi jednotlivými
1399 testy (kroky 2, 4, 6 a 8). Minimální přípustná podoba procesu měření rozšířeného souboru
1400 datových parametrů se musí skládat z jednosměrného vzestupného testu (upload; krok 1),
1401 z jednosměrného sestupného testu (download; krok 3) TCP propustnosti a z obousměrného
1402 testu kvalitativních datových parametrů dle standardu ITU-T Y.1564 (uplink + downlink;
1403 krok 7). Možné kombinace realizace minimální přípustné podoby procesu měření závisí
1404 především na použitých měřicích nástrojích. Nedoporučuje se při měření využívat tzv.
1405 loopback testu, a to ani v případě symetrických NUT.

1406

2.4. Demarkační body

1407 Prvním demarkačním bodem bude v souladu s kapitolou č. 5 metodického postupu
1408 specifikujícího demarkační body měření přístup systému MSEK do internetu peeringovým
1409 uzlem NIX.CZ, viz. DeP 1 na obr. 7 (alternativně tranzitní konektivitou). Druhý demarkační bod
1410 si lze představit v podobě rozhraní/portu síťového uzlu, resp. konkrétního rozhraní/portu
1411 aktivního prvku, případně v místě blízkém v rozsahu nepřekračujícím vzdálenost příslušného
1412 sousedního demarkačního bodu dle smluvních podmínek, kde bude probíhat měření
1413 prostřednictvím měřicího zařízení (terminálu). V rámci měření dle přílohy č. 2 je předpokládán
1414 jako druhý demarkační bod DeP 7, viz obr. 7, tj. demarkační bod v podobě rozhraní/portu mezi
1415 poskytovatelem služby přístupu k internetu a koncovým uživatelem, resp. v místě koncového
1416 bodu sítě (zařízení). Vzhledem k rozmanitosti technologií přístupových sítí a jejich struktuře
1417 může být druhým demarkačním bodem v eventuelních případech i DeP 6, například v situaci,
1418 kdy je soustředovací bod AP realizován v podobě směrovače (routeru) nebo síťového
1419 prepínače (switche).

1420

2.5. Nastavení měřicího terminálu a zahájení procesu měření

1421 Po stanovení měřicí metody, měřicí sekvence a určení demarkačního bodu následuje
1422 fyzické zapojení měřicího zařízení (terminálu) do koncového zařízení v koncovém bodě sítě
1423 (DeP 7), případně do předávacího rozhraní/portu (DeP 6). V případě koncového zařízení se
1424 provedou úkony k zamezení paralelní (křížové) datové komunikace, tzn. deaktivace rozhraní
1425 standardu IEEE 802.11 a fyzické zamezení využívání dalších rozhraní (portů) koncového
1426 zařízení odpovídajících standardu IEEE 802.3. Správné zapojení se následně ověří pomocí
1427 měřicího zařízení (terminálu), kde je nutné následně provést volbu a nastavení parametrů
1428 měřicího rozhraní/portu. Dále je nutné provést další případné nastavení parametrů vyšších
1429 síťových vrstev, pokud je to nutné, např. MAC SRC, 802.1Q (802.1ad), IP adresu měřicího
1430 zařízení (terminálu), pokud ji neobdrží prostřednictvím DHCP serveru a číslo TCP portu
1431 měřicího nástroje na měřicím zařízení (terminálu) i na měřicím serveru, pokud již není
1432 přednastaveno. Následně se provedou doporučené kroky před zahájením měřicího procesu
1433 specifikované v postupu měření.

1434 V další fázi je nutné provést nastavení vstupních parametrů měřicího nástroje na straně MT.
1435 Vstupní parametry měřicího nástroje, resp. sekvence měření, musí vycházet z definovaných
1436 parametrů prezentovaných poskytovateli služeb elektronických komunikací ve svých
1437 nabídkách služby přístupu k internetu s ohledem na čl. 4(1), písm. d) Nařízení a s ním
1438 související všeobecné oprávnění č. VO-S/1/08.2020-9, které definuje podmínky smluvního
1439 garantování rychlosti stahování (download) a vkládání (upload) dat včetně vzniku velkých
1440 odchylek výkonu služby přístupu k internetu. Vstupní parametry je nutné nastavit dle použitého
1441 měřicího nástroje, a to v případě doporučení IETF RFC 6349 v souladu s částí 1.6.1. definující
1442 vstupní parametry sekvence měření, kde je ovšem nutné si dávat pozor, na které vrstvě
1443 modelu ISO/OSI a pod jakým označením se do měřicího nástroje zadává vstupní parametr
1444 BB. V tomto případě musí platit vztah (30). V případě měřicího nástroje odpovídajícího
1445 standardu ITU.T Y.1564 nastavit vstupní parametry v souladu s částí 2.1.1. V tomto případě
1446 musí platit vztahy (33) a (34). Dalším klíčovým parametrem je hodnota MTU. Hodnotu MTU
1447 měřené přenosové trasy NUT, pokud není známa, je doporučeno identifikovat pomocí
1448 dostupných testovacích nástrojů, např. programem pro zachytávání paketů Wireshark, nebo
1449 případně nástrojem pracujícím na základě doporučení IETF RFC 4821: *Packetization Layer*
1450 *Path MTU Discovery*. Výsledek určení hodnoty MTU je součástí dalšího vstupního parametru
1451 měřicího nástroje (standard ITU.T Y.1564), respektive velikosti ethernetového rámce FS dle
1452 vztahu (35).

1453 Na základě nastavení vstupních parametrů měřicích nástrojů včetně intervalu měřicí sekvence
1454 je možné provést samotný test dle zvolených kroků, nejlépe v doporučeném pořadí, jehož
1455 výsledkem jsou naměřené hodnoty souboru rozšířených datových parametrů. Výsledky
1456 jednotlivých testů kategorie testB a testC se následně uloží v podobě reportů umožňující další
1457 strojové zpracování (HTML, CSV atd.) do výsledné podoby záznamu o měření.

1458 2.6. Vyhodnocení výsledku procesu měření

1459 Při vyhodnocování výsledků procesu měření dle přílohy č. 2 části kategorie testB bude
1460 Úřadem sledováno dodržování definovaných rychlostí, a to z hlediska vzniku výpadku služby
1461 a velkých odchylek výkonu služby od běžně dostupné rychlosti (BDR). V případě minimální
1462 rychlosti (R_{\min}) platí, že se jedná o nejnižší garantovanou rychlost stahování dat (download)
1463 a vkládání dat (upload), kterou se příslušný poskytovatel služby přístupu k internetu smluvně
1464 zavázal koncovému uživateli poskytnout. V případě, že skutečně dosahovaná rychlost (TCP
1465 propustnost) klesne pod tuto hodnotu, byť v jednom případě (testu), znamená takový stav
1466 výpadek služby. Pro rychlost stahování dat (download) a současně vkládání dat (upload) by
1467 mělo tedy platit:

$$1468 \quad \text{TCP aTR} \geq R_{\min}; [b/s; b/s], \quad (39)$$

1469 v opačném případě došlo k výpadku služby přístupu k internetu. Úřad ve všeobecném
1470 oprávnění č. VO-S/1/08.2020-9 zavádí velkou trvajícím a velkou opakující se odchylku
1471 skutečného výkonu služby. Obě definované odchylky se odvozují od hodnoty běžně dostupné
1472 rychlosti, která je dvourozměrná, první rozměr je definován v podobě úrovně TCP propustnosti
1473 v sestupném (download) a vzestupném (upload) směru a druhý rozměr je definován v podobě
1474 časové dostupnosti této úrovně po dobu jednoho kalendářního dne.

1475 Za velkou trvajícím odchylku od běžně dostupné rychlosti stahování dat (download) nebo
1476 vkládání dat (upload) se považuje taková odchylka, která vytváří souvislý pokles výkonu služby
1477 přístupu k internetu, tj. pokles skutečně dosahované rychlosti odpovídající měřením stanovené
1478 TCP propustnosti pod definovanou hodnotu běžně dostupné rychlosti v intervalu delším než
1479 70 minut, a to během Úřadem prováděného měřicího procesu v časovém úseku 90 minut. Je
1480 možné tedy napsat, že pro velkou trvajícím odchylku platí:

$$1481 \quad T_{\text{BDR}} > 70 \text{ min}, \quad (40)$$

1482 kde T_{BDR} označuje délku intervalu překročení hodnoty běžně dostupné rychlosti odpovídající
1483 času zahájení měřicího procesu, kdy výsledná hodnota skutečné přenosové rychlosti je nižší
1484 než definovaná hodnota běžně dostupné rychlosti. Vzhledem k samotnému procesu měření

1485 a jeho jednotlivým krokům bude považovat Úřad za vznik velké trvající odchylky případ, kdy
1486 pro všechny výsledky testů kategorie testB stahování (download) nebo vkládání (upload) dat
1487 bude platit podmínka $TCP\ aTR < BDR$.

1488 Za velkou opakující se odchylku od běžně dostupné rychlosti stahování dat (download) nebo
1489 vkládání dat (upload) se považuje taková odchylka, při které dojde alespoň ke třem poklesům
1490 skutečně dosahované rychlosti odpovídající měřením stanovené TCP propustnosti pod
1491 definovanou hodnotu běžně dostupné rychlosti v intervalu delším nebo rovno 3,5 minutám
1492 v časovém úseku 90 minut při Úřadem prováděném měřicím procesu. Pokud tedy označíme
1493 čas zahájení testu, při kterém byla překročena hranice běžně dostupné rychlosti, v podobě t_x ,
1494 kde $x \in \mathbb{N}^+$, a dále použijeme stanovenou délku intervalu samotného testu T_{testB} , je možné
1495 tedy napsat, že pro velkou pravidelně se opakující odchylku platí:

$$1496 \quad \exists t_1, t_2, t_3: T_{BDR} > 3,5 \min \wedge (t_3 - t_1) \leq (90 \text{ min} - T_{testB}). \quad (41)$$

1497 Konstatování, zda během měřicího procesu došlo k vzniku výpadku služby nebo k vzniku
1498 velkých odchylek jako indikátorů skutečnosti, že výkon služby přístupu k internetu nedosahuje
1499 smluvené hodnoty běžně dostupné rychlosti, bude nedílnou součástí záznamu o měření
1500 včetně uvedení výsledných hodnot TCP metrik pro jednotlivé výsledky měření TCP
1501 propustnosti, a to z důvodu lepšího porozumění, co zapříčinilo případný pokles výkonu služby
1502 přístupu k internetu. Z důvodů zjištění výsledné hodnoty zpoždění služby přístupu k internetu,
1503 Delay, respektive její průměrné hodnoty Delay(avg), která je součástí souboru základních
1504 datových parametrů, je nutné uvést pro každý výsledek měření hodnoty TCP propustnosti
1505 hodnotu parametru $Delay_{baseline}$, která odpovídá nejmenší naměřené hodnotě zpoždění
1506 nezatížené navázaným TCP spojením a dále hodnotu TCP metriky Buffer delay (BD), která
1507 reprezentuje vztah mezi nárůstem průměrné hodnoty zpoždění Delay(avg) během daného
1508 měřicího procesu a výchozí hodnotou zpoždění $Delay_{baseline}$. Další klíčovou TCP metrikou,
1509 která by měla být součástí výsledku každého měření TCP propustnosti, je TCP efficiency
1510 (TCP EFF) reprezentující procento úspěšně přenesených bitů bez nutnosti jejich opětovného
1511 zaslání. Tato metrika udává představu o chybovosti celého TCP spojení.

1512 Při vyhodnocování výsledků procesu měření dle přílohy č. 2 části kategorie testC je nutné také
1513 posoudit naměřené kvalitativní datové parametry náležící do souboru rozšířených datových
1514 parametrů pevných sítí elektronických komunikací, a to v případě ověření reálné dosažitelnosti
1515 definované maximální rychlosti, resp. skutečnosti, zda šířka pásma (bandwidth) v daném
1516 koncovém bodě (zařízení) odpovídá definované maximální rychlosti, což lze uplatnit i pro účel
1517 kontroly dosažení kvalitativních datových parametrů ve srovnání s technickou specifikací MEF
1518 23.2 kategorie Performance Tier 2 (Regional) v případě kontroly parametrů nově budovaných
1519 a stávajících NGA sítí, nebo případně k naplnění potřeby Úřadu posuzovat stav stávajících
1520 pevných nebo semi-pevných sítí z hlediska dosahovaných kvalitativních datových parametrů,
1521 nebo komplexního stavu sítě elektronických komunikací s ohledem na koncového uživatele.

1522 Maximální rychlost je definována ve všeobecném oprávnění č. VO-S/1/08.2020-9, kterým se
1523 stanoví podmínky k poskytování služeb elektronických komunikací, jako rychlost odpovídající
1524 stahování (download) a vkládání (upload) dat, která musí být stanovena realisticky s ohledem
1525 na použitou technologii a její přenosové možnosti a s ohledem na konkrétní podmínky
1526 nasazení, které jsou pro směr download a upload limitující. Maximální rychlost musí být na
1527 dané přípojce či v daném místě připojení reálně dosažitelná s možnou variancí způsobenou
1528 prokazatelně pouze fyzikálními vlastnostmi daného koncového bodu. Informace o možné
1529 varianci a jejích fyzikálních příčinách musí být uvedena v účastnické smlouvě. Ověření reálné
1530 dosažitelnosti definované maximální rychlosti se provádí prostřednictvím měření skutečné
1531 šířky pásma, přičemž je s ohledem na vlastnosti rozhraní koncových zařízení odpovídajících
1532 standardu IEEE 802.3u (NBR = 100 Mbit/s), případně IEEE 802.3ab (NBR = 1000 Mbit/s),
1533 zavedena tolerance v podobě 95 % definované hodnoty maximální rychlosti (L 2) z důvodů
1534 eliminace režijních nákladů jednotlivých vrstev modelu ISO/OSI:

$$1535 \quad R_{\max}(L 4) \rightarrow R_{\max}(L 2) \geq 95 \% IR_{CIR+EIR}, \quad (42)$$

1536 kde $IR_{CIR+EIR}$ je výsledná hodnota informační rychlosti v případě konfiguračního testu při
 1537 vstupní podmínce $CIR + EIR = R_{max}$. V případě koncových bodů, které prokazatelně vykazují
 1538 vlivem působících fyzikálních jevů varianci šířky pásma $D(X)$, lze tolerovanou úroveň skutečné
 1539 šířky pásma procentuálně odvozené od definované maximální rychlosti stanovit na základě
 1540 normálního rozdělení. Protože výsledek všech působících fyzikálních vlastností v koncovém
 1541 bodě s dopadem na výslednou hodnotu maximální rychlosti může nabýt teoreticky jakékoliv
 1542 hodnoty z určitého intervalu, je možné označit maximální rychlost obecně jako náhodnou
 1543 veličinu se spojitým rozdělením. Takováto náhodná veličina je popisována pravděpodobnostní
 1544 funkcí, která každé možné reálné hodnotě x přiřazuje pravděpodobnost, že náhodná veličina
 1545 X , tj. maximální rychlost, nabude hodnoty $p(x) = P(X = x)$, přičemž je tato pravděpodobnostní
 1546 funkce charakterizována hustotou pravděpodobnosti $f(x)$. Důležitým faktorem pro stanovení
 1547 tolerance je nepřímo úměrná závislost maximálních hodnot hustoty pravděpodobnosti
 1548 normálního rozdělení $f(x)$ na hodnotě maximální rychlosti ($L 2$), respektive na střední hodnotě
 1549 $E(x) = \mu$, kdy konstanta nepřímé úměrnosti odpovídá hodnotě $k = 2,5563$, a to s přesností
 1550 odpovídající metodě nejmenších čtverců $R^2 = 100\%$. Tohoto zjištění lze využít pro
 1551 zjednodušení výpočtu hodnoty variance $D(x)$, resp. směrodatné odchylky σ :

$$1552 \quad f(x = \mu) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} = \frac{2,5563}{R_{max}(L 2)} \Rightarrow \frac{R_{max}(L 2)}{\sqrt{2\pi}\sigma} = 2,5563 \Rightarrow \frac{R_{max}(L 2)}{2,5563} = \sqrt{2\pi}\sigma \Rightarrow$$

$$1553 \quad \sigma = \frac{R_{max}(L 2)}{2,5563\sqrt{2\pi}} \doteq \frac{R_{max}(L 2)}{6,408}. \quad (43)$$

1554 Výslednou procentuální podobu hodnoty poměru tolerované hodnoty naměřené informační
 1555 rychlosti $IR_{CIR+EIR}$ (reálně dosažitelné šířky pásma) a maximální rychlosti ($L 2$) odpovídající
 1556 tolerované úrovni $\mu - \sigma$ lze odvodit ze zjednodušeného vyjádření směrodatné odchylky σ :

$$1557 \quad \frac{IR_{CIR+EIR}}{R_{max}(L 2)} = \frac{\mu - \sigma}{\mu} \Rightarrow \frac{R_{max}(L 2) - \frac{R_{max}(L 2)}{6,408}}{R_{max}(L 2)} = \frac{R_{max}(L 2)}{R_{max}(L 2)} - \frac{R_{max}(L 2)}{6,408 \cdot R_{max}(L 2)} =$$

$$1558 \quad = 1 - \frac{1}{6,408} = 84,39\% \doteq 84\%. \quad (44)$$

1559 Při ověřování reálné dosažitelnosti definované maximální rychlosti, která vykazuje variaci
 1560 způsobenou prokazatelně pouze fyzikálními vlastnostmi daného koncového bodu, přičemž
 1561 informace o možné variaci a jejích fyzikálních příčinách musí být uvedena v účastnické
 1562 smlouvě, lze použít tolerovanou hodnotu reálně dosažitelné

1563 y pásma rovnající se 84 % smluvně definované maximální rychlosti.

1564 Proces měření podle přílohy č. 2 je uplatnitelný také pro účel kontroly datových parametrů
 1565 NGA sítí, nebo případně k naplnění potřeby Úřadu posouzení stávajících pevných sítí
 1566 z hlediska dosahovaných kvalitativních datových parametrů. Z důvodů umístění měřicího
 1567 serveru jako součásti systému MSEK s přístupem do internetu prostřednictvím peeringového
 1568 uzlu NIX.CZ, případně tranzitní konektivitou, viz DeP 1 na obr. 7, a z důvodů samotné rozlohy
 1569 České republiky, se Úřad rozhodl doporučit použití pro vyhodnocování výsledků procesu
 1570 měření kvalitativních datových parametrů hodnoty uvedené v technické specifikaci MEF 23.2,
 1571 Performance Tier 2 (Regional), odpovídající vzdálenostem menším než 1200 km, přičemž
 1572 hodnoty konkrétních CoS v podobě použitelných kvalitativních tříd jsou uvedeny v tabulkách
 1573 tab. 1, tab. 2 a tab. 3.

1574 Tabulky tab. 1, tab. 2 a tab. 3 bude Úřad používat pro svoje interní účely klasifikace sítí podle
 1575 vykazovaných hodnot jejich kvalitativních datových parametrů. Konstatování, zda během
 1576 měřicího procesu byla splněna stanovená kritéria kategorie Performance Tier 2 (Regional)
 1577 vybraných tříd CoS dle MEF 23.2, bude nedílnou součástí záznamu o měření.

1578

1579

1580

1581 Tab. 1: Kategorie Performance Tier 2 (Regional) třídy CoS High dle MEF 23.2

Kvalitativní datový parametr	Požadovaná hodnota
FTD – zpoždění rámců ¹	≤ 25 ms
IFDV – kolísání zpoždění rámců	≤ 8 ms
FLR – ztrátovost rámců	≤ 0,01 %

1582

1583 Tab. 2: Kategorie Performance Tier 2 (Regional) třídy CoS Medium dle MEF 23.2

Kvalitativní datový parametr	Požadovaná hodnota
FTD – zpoždění rámců ¹	≤ 75 ms
IFDV – kolísání zpoždění rámců	≤ 40 ms
FLR – ztrátovost rámců	≤ 0,01 %

1584

1585 Tab. 3: Kategorie Performance Tier 2 (Regional) třídy CoS Low dle MEF 23.2

Kvalitativní datový parametr	Požadovaná hodnota
FTD – zpoždění rámců ¹	≤ 125 ms
IFDV – kolísání zpoždění rámců	N/S
FLR – ztrátovost rámců	≤ 0,1 %

1586

1587 Při výsledném vyhodnocení je doporučeno vzít v úvahu výsledky měření z úkonů před
1588 zahájením samotného procesu měření, tj. základní ověření stavu např. pomocí dostupných
1589 testovacích nástrojů (splňujících metodologii BEREC BoR (22) 72 v platném znění
1590 s umístěným serverem v rámci systému MSEK), nebo doplňkového měřicího nástroje
1591 umožňující měřit skutečnou přenosovou rychlost (aktuální rychlost), které mohou naznačit
1592 očekávané hodnoty a případné řízení provozu, dále výsledky příkazu *tracert* (*traceroute*) se
1593 zadáním IP adresy MS v podobě diagnostiky cesty přes jednotlivé demarkační body do
1594 systému MSEK. Tyto informace mohou být využity případně v dalších postupech při výkonu
1595 kompetencí Úřadu ve smyslu kontroly datových parametrů služby přístupu k internetu, např.
1596 s ohledem na zpřístupnění informací o kapacitě částí sítě.

¹ Zpoždění rámců FD je v rámci technické specifikace MEF 23.2 definováno jako výsledná hodnota typu měření „end-to-end“. V případě měřicího procesu Úřadu dle přílohy 2 bude sledována jeho dvojnásobná hodnota, resp. FD (RTT).

1597 **3. Měření pevné nebo semi-pevné sítě elektronických komunikací pro účely**
1598 **kontroly datových parametrů náležících do souboru datových parametrů tvořící**
1599 **kritéria výkonnosti VHCN**

1600 Příloha č. 3 je určena pro měření datových parametrů v běžném síťovém provozu
1601 náležících do souboru datových parametrů tvořící kritéria výkonnosti VHCN. Měření podle
1602 přílohy č. 3 je určeno pro výkon kompetencí Úřadu ve smyslu kontroly VHCN datových
1603 parametrů služby přístupu k internetu, rovněž je uplatnitelné pro účel kontroly datových
1604 parametrů nově budovaných a stávajících VHCN, nebo případně k naplnění potřeby Úřadu
1605 posuzovat stav stávajících pevných nebo také semi-pevných sítí z hlediska dosahovaných
1606 výkonnostních datových parametrů vzhledem ke kritériím stanovených pro VHCN (BEREC).

1607 **3.1. Popis měřicího scénáře**

1608 Měřicí scénář odpovídá měřicímu procesu, který je specifikován v postupu měření.
1609 Takto specifikovaný měřicí scénář je Úřadem stanoven pro měření datových parametrů
1610 pevných nebo semi-pevných sítí elektronických komunikací náležících do souboru datových
1611 parametrů tvořící kritéria výkonnosti VHCN pro účel jejich kontroly. Měřicí scénář i zvolený
1612 soubor datových parametrů tvořící kritéria výkonnosti VHCN vychází z aktuálně platných
1613 Pokynů BEREC VHCN a standardu ITU-T Y.1540. Pokyny BEREC VHCN definují kvalitativní
1614 datové parametry VHCN, jedná se o vzestupnou IP propustnost (uplink; $IP TR_{up}$) a sestupnou
1615 IP propustnost (downlink; $IP TR_{down}$), které charakterizující zatížení šířky pásma NUT pro oba
1616 směry datové komunikace během procesu měření zpoždění IP paketů IPTD, kolísání zpoždění
1617 IP paketů IPLR, chybovosti IP paketů IPER, ztrátovosti IP paketů IPLR a dostupnosti IP služby
1618 IPAS, přičemž během procesu měření bude dle standardu ITU-T Y.1540 použito na transportní
1619 vrstvě ISO/OSI modelu nespojově orientovaného protokolu UDP. Pokyny BEREC VHCN
1620 rozdělují prahové hodnoty výkonnostních kritérií zvláště pro pevné a bezdrátové sítě
1621 elektronických komunikací. Samotná šířka pásma bude dle Pokynů BEREC VHCN ověřována
1622 v podobě měření datové přenosové rychlosti odpovídající transportní vrstvě modelu ISO/OSI
1623 při použití spojově orientovanému protokolu TCP, a to v souladu s BEREC Pokyny BoR (22)
1624 81: *Implementation of the Open internet Regulation* (ve znění aktuálně platných Pokynů).

1625 **3.2. Volba měřicí metody**

1626 Pro účely měření dle stanoveného měřicího scénáře vychází zvolená měřicí metoda
1627 z metodického postupu měření, založeném na doporučení IETF RFC 6349 a současně na
1628 standardu ITU-T Y.1540. Při vymezení souboru datových parametrů tvořící kritéria výkonnosti
1629 VHCN v případě pevných nebo semi-pevných sítí elektronických komunikací vycházel Úřad
1630 v souladu s Pokyny BEREC VHCN ze základního souboru datových parametrů s ohledem na
1631 znění Nařízení a s ním související všeobecné oprávnění č. VO-S/1/08.2020-9, které definuje
1632 podmínky smluvního garantování rychlosti stahování dat (download) a vkládání dat (upload)
1633 včetně vzniku velkých odchylek výkonu služby přístupu k internetu dle čl. 4(1) písm. d)
1634 Nařízení, rozšířeného o měření kvalitativních datových parametrů VHCN, a to v podobě
1635 rozšíření o vzestupnou IP propustnost (uplink; $IP TR_{up}$) a sestupnou IP propustnost (downlink;
1636 $IP TR_{down}$), které charakterizující zatížení šířky pásma NUT pro oba směry datové komunikace
1637 během procesu měření zpoždění IP paketů (IPTD), kolísání zpoždění IP paketů (IPLR),
1638 chybovosti IP paketů (IPER), ztrátovosti IP paketů (IPLR) a dostupnosti IP služby (IPAS).

1639 Zvolená měřicí metoda bude uplatňována v případě kontrolních měření pro posouzení, zda
1640 daná síťová infrastruktura (NUT) dosahuje výkonnostních kritérií VHCN dle aktuálně platných
1641 Pokynů BEREC VHCN, které jsou specifikované pro pevné a semi-pevné sítě elektronických
1642 komunikací, jak pro účely kontroly datových parametrů tvořící kritéria výkonnosti VHCN
1643 stávající síťové infrastruktury, tak i nově budované. Měřicí metoda definuje stejně jako
1644 v případě postupu měření souboru základních datových parametrů provádění třech hlavních,
1645 nezávislých, měření včetně dodržení dostatečné časové diverzity. Nedílnou součástí použité
1646 měřicí metody jsou doporučené kroky před zahájením měřicího procesu.

1647

3.3. Měřicí sekvence

1648 Je doporučeno provádět opakovaná měření s dostatečnou časovou a provozní diverzitou.
1649 Dále je doporučeno provádět tři hlavní, nezávislé, měření včetně dodržení dostatečné časové
1650 diverzity, tzn. minimálně jedno měření v provozní špičce a minimálně jedno měření mimo
1651 provozní špičku. S ohledem na koncového uživatele a vzhledem k časové náročnosti procesu
1652 měření s možností kombinace s postupem měření souboru základních datových parametrů, je
1653 přípustné provést všechny tři hlavní měření v provozní špičce, nebo měření provést s ohledem
1654 na definici časové dostupnosti běžně dostupné rychlosti (doba provozní špičky). V případě
1655 nově vybudovaných pevných nebo semi-pevných sítí elektronických komunikací je možné
1656 provádět všechny tři hlavní měření i mimo provozní špičku. Jedno měření by nemělo
1657 přesahovat časový rámec 30 minut, ve kterém je vymezen časový prostor pro sekvenci tří
1658 základních testů (*basic test*, „testB“) vycházejících z doporučení IETF RFC 6349 a pro jeden
1659 test kvalitativních datových parametrů VHCN kategorie testVHCN vycházejícího ze standardu
1660 ITU-T Y.1540. Pokud měřicí nástroj v tomto případě neumožňuje nastavení pořadí sekvence
1661 testů v doporučené podobě, je možné uvedené pořadí změnit, aniž by byla porušena integrita
1662 měření. Stejně tak je možné vypustit obousměrný test TCP propustnosti (krok 5), nebo
1663 sekvenci pauz mezi jednotlivými testy (kroky 2, 4, 6 a 8). Minimální přípustná podoba procesu
1664 měření datových parametrů náležících do souboru datových parametrů tvořící kritéria
1665 výkonnosti VHCN se musí skládat z jednosměrného vzestupného testu (upload; krok 1),
1666 z jednosměrného sestupného testu (download; krok 3) TCP propustnosti a z obousměrného
1667 testu kvalitativních datových parametrů náležících do souboru datových parametrů tvořící
1668 kritéria výkonnosti VHCN dle standardu ITU-T Y.1540 (uplink + downlink; krok 7). Možné
1669 kombinace realizace minimální přípustné podoby procesu měření vždy závisí především na
1670 použitých měřicích nástrojích. Nedoporučuje se při měření využívat tzv. loopback testu, a to
1671 ani v případě symetrických NUT.

1672

3.4. Demarkační body

1673 Prvním demarkačním bodem bude v souladu s kapitolou č. 5 metodického postupu
1674 specifikujícího demarkační body měření přístup systému MSEK do internetu peeringovým
1675 uzlem NIX.CZ, viz. DeP 1 na obr. 7 (alternativně tranzitní konektivitou). Druhý demarkační bod
1676 si lze představit v podobě rozhraní/portu síťového uzlu, resp. konkrétního rozhraní/portu
1677 aktivního prvku, případně v místě blízkém v rozsahu nepřekračujícím vzdálenost příslušného
1678 sousedního demarkačního bodu dle smluvních podmínek, kde bude probíhat měření
1679 prostřednictvím měřicího zařízení (terminálu). V rámci měření dle přílohy č. 3 je předpokládán
1680 jako druhý demarkační bod DeP 7, viz obr. 7, tj. demarkační bod v podobě rozhraní/portu mezi
1681 poskytovatelem služby přístupu k internetu a koncovým uživatelem, resp. v místě koncového
1682 bodu sítě (zařízení). Vzhledem k rozmanitosti technologií přístupových sítí a jejich struktuře
1683 může být druhým demarkačním bodem v eventuelních případech i DeP 6, například v situaci,
1684 kdy je soustředovací bod AP realizován v podobě směrovače (routeru) nebo síťového
1685 přepínače (switche).

1686

3.5. Nastavení měřicího terminálu a zahájení procesu měření

1687 Po stanovení měřicí metody, měřicí sekvence a určení demarkačního bodu následuje
1688 fyzické zapojení měřicího zařízení (terminálu) do koncového zařízení v koncovém bodě sítě
1689 (DeP 7), případně do předávacího rozhraní/portu (DeP 6). V případě koncového zařízení se
1690 provedou úkony k zamezení paralelní (křížové) datové komunikace, tzn. deaktivace rozhraní
1691 standardu IEEE 802.11 a fyzické zamezení využívání dalších rozhraní (portů) koncového
1692 zařízení odpovídajících standardu IEEE 802.3. Správnost zapojení se následně ověří pomocí
1693 měřicího zařízení (terminálu), kde je nutné následně provést volbu a nastavení parametrů
1694 měřicího rozhraní/portu. Dále je nutné provést další případné nastavení parametrů vyšších
1695 síťových vrstev, pokud je to nutné, např. MAC SRC, 802.1Q (802.1ad), IP adresu měřicího
1696 zařízení (terminálu), pokud ji neobdrží prostřednictvím DHCP serveru a číslo TCP portu
1697 měřicího nástroje v případě nástroje RFC 6349 na měřicím zařízení (terminálu) i na měřicím
1698 serveru, pokud již není přednastaveno. Následně se provedou doporučené kroky před

1699 zahájením měřicího procesu specifikované v postupu měření. V další fázi je nutné provést
1700 nastavení vstupních parametrů měřicího nástroje na straně MT. Vstupní parametry měřicího
1701 nástroje, resp. sekvence měření, musí vycházet z definovaných parametrů prezentovaných
1702 poskytovateli služeb elektronických komunikací s ohledem na čl. 4(1), písm. d) Nařízení
1703 a s ním související všeobecné oprávnění č. VO-S/1/08.2020-9, které definuje podmínky
1704 smluvního garantování rychlosti stahování dat (download) a vkládání dat (upload) včetně
1705 vzniku velkých odchylek výkonu služby přístupu k internetu. Vstupní parametry je nutné
1706 nastavit dle použitého měřicího nástroje, a to v případě standardu ITU-T Y.1540 v souladu
1707 s částí 4.1.1. definující vstupní parametry sekvence měření, kde je ovšem nutné si dávat
1708 pozor, na které vrstvě modelu ISO/OSI a pod jakým označením se do měřicího nástroje zadává
1709 vstupní parametr CIR. V tomto případě musí platit vztah (33). V případě použití měřicího
1710 nástroje dle doporučení IETF RFC 6349 je nutné vstupní parametry nastavit v souladu s částí
1711 1.6.1. definující vstupní parametry sekvence měření, kde je ovšem nutné si dávat pozor, na
1712 které vrstvě modelu ISO/OSI a pod jakým označením se do měřicího nástroje zadává vstupní
1713 parametr BB. V tomto případě musí platit vztah (30).

1714 Dalším klíčovým parametrem je kromě typu IP protokolu hodnota MTU. Hodnotu MTU měřené
1715 přenosové trasy NUT, pokud není známa, je doporučeno identifikovat pomocí dostupných
1716 testovacích nástrojů, např. programem pro zachytávání paketů Wireshark, nebo případně
1717 nástrojem pracujícím na základě doporučení IETF RFC 4821: *Packetization Layer Path MTU*
1718 *Discovery*. Výsledek určení hodnoty MTU odpovídá dalšímu vstupnímu parametru měřicího
1719 nástroje dle standardu ITU-T Y.1540 (35).

1720 Na základě nastavení vstupních parametrů měřících nástrojů, včetně intervalu měřicí
1721 sekvence, je možné provést samotný test dle zvolených kroků, nejlépe v doporučeném pořadí,
1722 jehož výsledkem jsou naměřené hodnoty souboru datových parametrů tvořících kritéria
1723 výkonnosti VHCN. Výsledky jednotlivých testů kategorie testB a kategorie testVHCN,
1724 se následně uloží v podobě reportů umožňující další strojové zpracování (HTML, CSV atd.) do
1725 výsledné podoby záznamu o měření.

1726 3.6. Vyhodnocení výsledku procesu měření

1727 Při vyhodnocování výsledků procesu měření dle přílohy č. 3, části testu kategorie testB
1728 a kategorie testVHCN, bude Úřadem sledováno dodržování definovaných prahových hodnot
1729 datových parametrů tvořící kritéria výkonnosti VHCN dle aktuálně platného znění Pokynů
1730 BEREK VHCN, pokud není stanoveno jinak, viz tab. 4, případně tab. 5, pokud je uvedeno.
1731 V případě kritérií výkonnosti VHCN je nutné posuzovat síť elektronických komunikací podle
1732 základního rozdělení na pevné VHCN sítě a bezdrátové VHCN sítě.

1733 V případě pevných nebo semi-pevných sítí elektronických komunikací bude měření datových
1734 parametrů tvořících kritéria výkonnosti VHCN bude výsledný proces měření kombinovat
1735 sekvenci tří základních testů kategorie testB vycházejících z doporučení IETF RFC 6349
1736 a jednoho testu výkonnosti VHCN kategorie testVHCN. Jeden test kategorie testB musí
1737 garantovat celkovou délku měření TCP propustnosti včetně časové náročnosti procesu
1738 zpracování výsledků měření splňující podmínku uvedenou ve vztahu (29), přičemž vstupní
1739 hodnota CIR měřicího nástroje odpovídá hodnotě maximální rychlosti služby dle vztahu (30).
1740 Při vyhodnocování výsledků procesu měření základního testu kategorie testB bude Úřadem
1741 považován vznik velkých odchylek výkonu služby od běžně dostupné rychlosti (BDR) jako
1742 nedodržení prahových hodnot rychlosti přenosu dat v daném směru, a tedy i nesplnění kritérií
1743 výkonnosti VHCN v případě posuzované pevné nebo semi-pevné sítě elektronických
1744 komunikací. Za velkou trvajícím odchylku od běžně dostupné rychlosti stahování dat (download)
1745 nebo vkládání dat (upload) se považuje taková odchylka, která vytváří souvislý pokles výkonu
1746 služby přístupu k internetu, tj. pokles skutečně dosahované rychlosti odpovídající měřením
1747 stanovené TCP propustnosti pod definovanou hodnotu běžně dostupné rychlosti v intervalu
1748 delším než 70 minut, a to během Úřadem prováděného měřicího procesu v časovém úseku
1749 90 minut. Pro velkou trvajícím odchylku tedy platí:

$$1750 T_{\text{BDR}} > 70 \text{ min}, \quad (40)$$

1751 kde T_{BDR} označuje délku intervalu překročení hodnoty běžně dostupné rychlosti odpovídající
 1752 času zahájení měřicího procesu, kdy výsledná hodnota skutečné přenosové rychlosti je nižší
 1753 než definovaná hodnota běžně dostupné rychlosti. Vzhledem k samotnému procesu měření
 1754 a jeho jednotlivým krokům bude považovat Úřad za vznik velké trvající odchylky případ, kdy
 1755 pro všechny výsledky testů kategorie testB stahování (download) nebo vkládání (upload) dat
 1756 bude platit podmínka $T_{BDR} < BDR$. Za velkou opakující se odchylku od běžně dostupné
 1757 rychlosti stahování dat (download) nebo vkládání dat (upload) se považuje taková odchylka,
 1758 při které dojde alespoň ke třem poklesům skutečně dosahované rychlosti odpovídající
 1759 měřením stanovené TCP propustnosti pod definovanou hodnotu běžně dostupné rychlosti
 1760 v intervalu delším nebo rovno 3,5 minutám v časovém úseku 90 minut při Úřadem prováděném
 1761 měřicím procesu. Pokud tedy označíme čas zahájení testu, při kterém byla překročena hranice
 1762 běžně dostupné rychlosti, v podobě t_x , kde $x \in \mathbb{N}^+$, a dále použijeme stanovenou délku
 1763 intervalu samotného testu T_{testB} , je možné tedy napsat, že pro velkou pravidelně se opakující
 1764 odchylku platí:

$$1765 \exists t_1, t_2, t_3: T_{BDR} > 3,5 \text{ min} \wedge (t_3 - t_1) \leq (90 \text{ min} - T_{testB}). \quad (41)$$

1766 Tab. 4: Prahové hodnoty výkonnosti 1: Pevné sítě elektronických komunikací

Pokyny BEREC	BoR (20) 165 od 1.10.2020 do 5.10.2023	BoR (23) 164 od 5.10.2023	BoR draft / ČTÚ od Q4 / 2025
VHCN datový parametr	Prahová hodnota	Prahová hodnota	Prahová hodnota
Rychlost přenosu dat (downlink)	IP TR _{down} ≥ 1000 Mb/s	IP TR _{down} ≥ 1000 Mb/s	TCP TR _{down} ≥ 1000 Mb/s
Rychlost přenosu dat (uplink)	IP TR _{up} ≥ 200 Mb/s	IP TR _{up} ≥ 200 Mb/s	TCP TR _{up} ≥ 200 Mb/s
Chybovost IP paketů	IPER ≤ 0,05 %	IPER ≤ 0,05 %	IPER ≤ 0,05 %
Ztrátovost IP paketů	IPLR ≤ 0,0025 %	IPLR ≤ 0,0025 %	IPLR ≤ 0,0025 %
Obousměrné zpoždění IP paketů	IPTD ≤ 10 ms	IPTD ≤ 10 ms	IPTD ≤ 10 ms
Kolísání zpoždění IP paketů	IPDV ≤ 2 ms	IPDV ≤ 2 ms	IPDV ≤ 2 ms
Dostupnost služby IP	IPAS ≥ 99,9 %/rok	IPAS ≥ 99,9 %/rok	IPAS ≥ 99,9 %/rok

1767

1768 Tab. 5: Prahové hodnoty výkonnosti 2: Bezdrátové sítě elektronických komunikací

Pokyny BEREC	BoR (20) 165 od 1.10.2020 do 5.10.2023	BoR (23) 164 od 5.10.2023	BoR draft / ČTÚ od Q4 / 2025
VHCN datový parametr	Prahová hodnota	Prahová hodnota	Prahová hodnota
Rychlost přenosu dat (downlink)	IP TR _{down} ≥ 150 Mb/s	TCP TR _{down} ≥ 350 Mb/s	TCP TR _{down} ≥ 350 Mb/s
Rychlost přenosu dat (uplink)	IP TR _{up} ≥ 50 Mb/s	TCP TR _{up} ≥ 50 Mb/s	TCP TR _{up} ≥ 50 Mb/s
Chybovost IP paketů	IPER ≤ 0,01 %	IPER ≤ 0,01 %	IPER ≤ 0,01 %
Ztrátovost IP paketů	IPLR ≤ 0,005 %	IPLR ≤ 0,01 %	IPLR ≤ 0,01 %
Obousměrné zpoždění IP paketů	IPTD ≤ 25 ms	IPTD ≤ 18 ms	IPTD ≤ 18 ms
Kolísání zpoždění IP paketů	IPDV ≤ 6 ms	IPDV ≤ 5 ms	IPDV ≤ 5 ms
Dostupnost IP služby	IPAS ≥ 99,81 %/rok	IPAS ≥ 99,9 %/rok	IPAS ≥ 99,9 %/rok

1769

1770 V případě testu výkonnosti VHCN kategorie testVHCN bude měření datových parametrů
 1771 probíhat při nastavení vstupního parametru CIR měřicího nástroje dle standardu ITU-T Y.1540

1772 rovno smluvně definované hodnotě běžně dostupné rychlosti (BDR) stahování dat (download)
1773 nebo vkládání dat (upload) služby přístupu k internetu, a to z důvodu eliminace možnosti
1774 zkreslení dosahovaných hodnot kvalitativních datových parametrů v podobě zpoždění IP
1775 paketů (IPTD), kolísání zpoždění IP paketů (IPDV), ztrátovosti IP paketů (IPLR), chybovosti IP
1776 paketů (IPER) a také dostupnosti IP služby (IPAS) dané NUT, pokud by měla síťová
1777 propustnost IP TR (CIR) během samotného procesu měření překračovat aktuální šířku pásma
1778 posuzované sítě elektronických komunikací. Takto definované nastavení poskytuje možnost
1779 ověření schopnosti dané NUT dosahovat požadovaných výkonnostních kritérií pro VHCN.
1780 Výsledné hodnoty měření datových parametrů tvořící kritéria výkonnosti VHCN budou
1781 porovnány se stanovenými prahovými hodnotami aktuálně platného Pokynu BEREC VHCN,
1782 viz tab. 4 (tab. 5, pokud je uvedeno). V případě, pokud nebudou splněny u kteréhokoliv VHCN
1783 datového parametru definované prahové hodnoty ve všech provedených sekvencích měření,
1784 nelze považovat posuzovanou pevnou síť elektronických komunikací za splňující kritéria
1785 výkonnosti VHCN (kritérium 3, eventuálně kritérium 4 dle Pokynů BEREC VHCN, pokud je
1786 uvedeno).

1787