

# Příloha č. 1 zadávací dokumentace

## Technická dokumentace

### Technická dokumentace a jiné požadavky týkající se předmětu plnění veřejné zakázky

Informace a údaje uvedené v jednotlivých částech této technické dokumentace vymezují závazné požadavky zadavatele na plnění veřejné zakázky. Tyto požadavky je uchazeč povinen plně respektovat při zpracování nabídky.

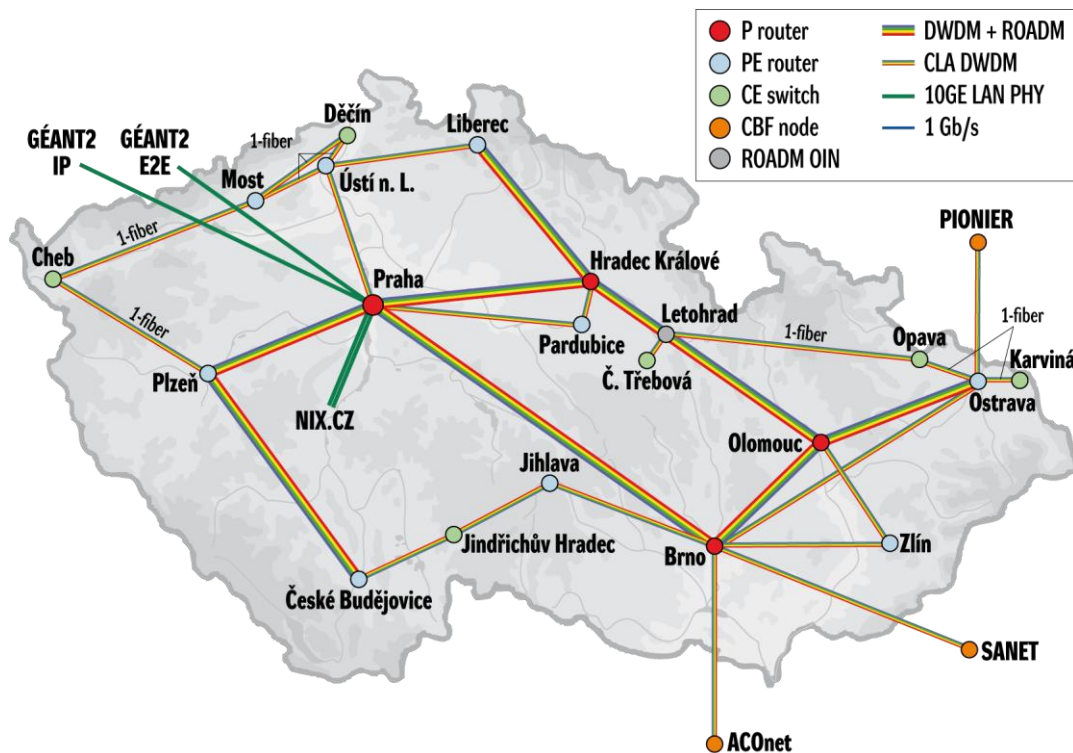
#### **1. Popis páteřní sítě CESNET2**

Základem páteřní sítě CESNET2 je infrastruktura pronajatých optických vláken odpovídajících standardu ITU-T G.652 osazených technologií DWDM (viz Obrázek 1), která umožňuje jak budování dostatečně propustné a spolehlivé IP/MPLS vrstvy sítě pro standardní internetovou komunikaci, tak vytváření vyhrazených kanálů či sítí pro potřeby náročných datových přenosů a nových aplikací (například komunikace s experimentálním vědeckým zařízením v reálném čase).

Optická přenosová vrstva DWDM využívá dva typy technologií s podporou optických přenosových kanálů o kapacitě 1-10 Gb/s:

- Hlavní optický transportní systém DWDM Cisco ONS15454 MSTP na dvouvláknových trasách;
- OpenDWDM systémy založené na programovatelných optických zesilovačích (Cesnet CzechLight family), který hlavní DWDM systém doplňuje. OpenDWDM systém využíváme na optických trasách, kde je potřeba malý počet optických přenosových kanálů a kde by velký DWDM systém byl neekonomický;

Připojení koncových zařízení (směrovače, prepínače) do optického přenosového systému DWDM je realizováno buď „šedým“ rozhraním (XENPAK-LR-1310, SFP, GBIC, XFP) s využitím transpondérů nebo „barevným“ DWDM rozhraním s využitím výměnné optiky DWDM s podporou DOM (DWDM Xenpak, DWDM GBIC, DWDM XFP, DWDM SFP se 100GHz rozestupem kanálů dle ITU-T), která je v těchto zařízeních přímo nainstalována. Terabitové směrovače CRS-1/16 v uzlech hlavního jádra IP/MPLS vrstvy sítě Praha I a Brno II rovněž využívají laditelná DWDM rozhraní (pásmo C, 50 GHz rozestup kanálů dle ITU-T), která umožňují přímé zakončení optických přenosových kanálů přímo ve směrovačích (tj. bez nutnosti použít transpondéry v DWDM systému).



Obrázek 1 Aktuální topologie optické přenosové vrstvy DWDM

### 1.1. Optická přenosová vrstva DWDM ONS15454 MSTP

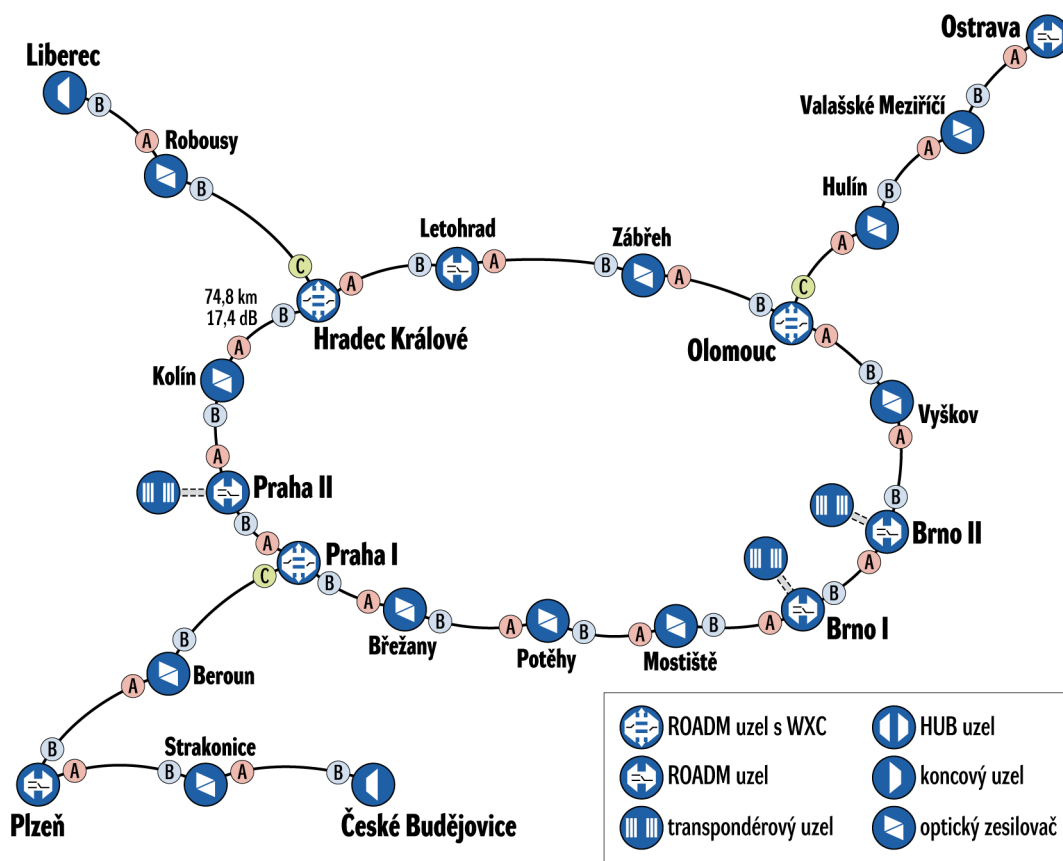
Hlavní jádro optické transportní sítě DWDM (viz. Obrázek 2) je vybudováno na technologii CISCO ONS 15454 MSTP a umožňuje flexibilní vytváření optických přenosových kanálů mezi jednotlivými ROADM uzly. Konceptně je hlavní jádro DWDM sítě postaveno jako ucelený optický transportní systém (optické přenosové kanály nevyžadují finančně náročnou OEO konverzi při průchodu systémem) s centrálním řídicím a dohledovým systémem. ROADM uzly, které zajišťují vkládání/odbočování/průchod optických kanálů, jsou umístěny v uzlech sítě CESNET2. Současná ROADM technologie je v síti používána od roku 2004 a umožňuje přenos až 32 přenosových kanálů v každém úseku mezi jednotlivými ROADM uzly. Optická transportní síť DWDM podporuje přenosové kanály Point-to-Point na L0-L1 vrstvě, L2/DWDM Point-to-Point a „Multi-Point protected“ okruhy. Rovněž umožňuje přenos „cizích“ optických přenosových kanálů, které začínají či končí mimo tento DWDM systém („alien“ wavelength support).

Vícecestnou ROADM funkcionalitu v uzlech Praha, Hradec Králové a Olomouc zajišťují speciální patch panely (15454-PP-MESH-4) a 15454-40-WXC-C (Wavelength Cross Connect) moduly, které umožňují propojení výhradně na optické úrovni (tj. bez nutnosti OEO konverze). V těchto uzlech rovněž využíváme multishelf management, kdy několik fyzických chassis je řízeno a dohledováno jako jediný logický celek.

DWDM síť obsahuje 22 uzlů ONS15454 MSTP (celkem 33 chassis):

- 3 three-way WXC uzly
- 3 terminálové uzly
- 5 ROADM uzlů (two-way)
- 11 OLA (zesilovací uzly)

Provozovaná verze SW je 9.0.0, v současné době se připravuje povýšení na novější verzi 9.2 nebo 9.3. Management sítě zajišťuje CTM (Cisco Transport Manager) verze 9.0. Celý DWDM systém je zároveň monitorován SNMP měřícím systémem G3 (včetně optických parametrů), který je rozvíjen v rámci výzkumných aktivit Cesnetu a je pro monitorování DWDM systému přizpůsoben.

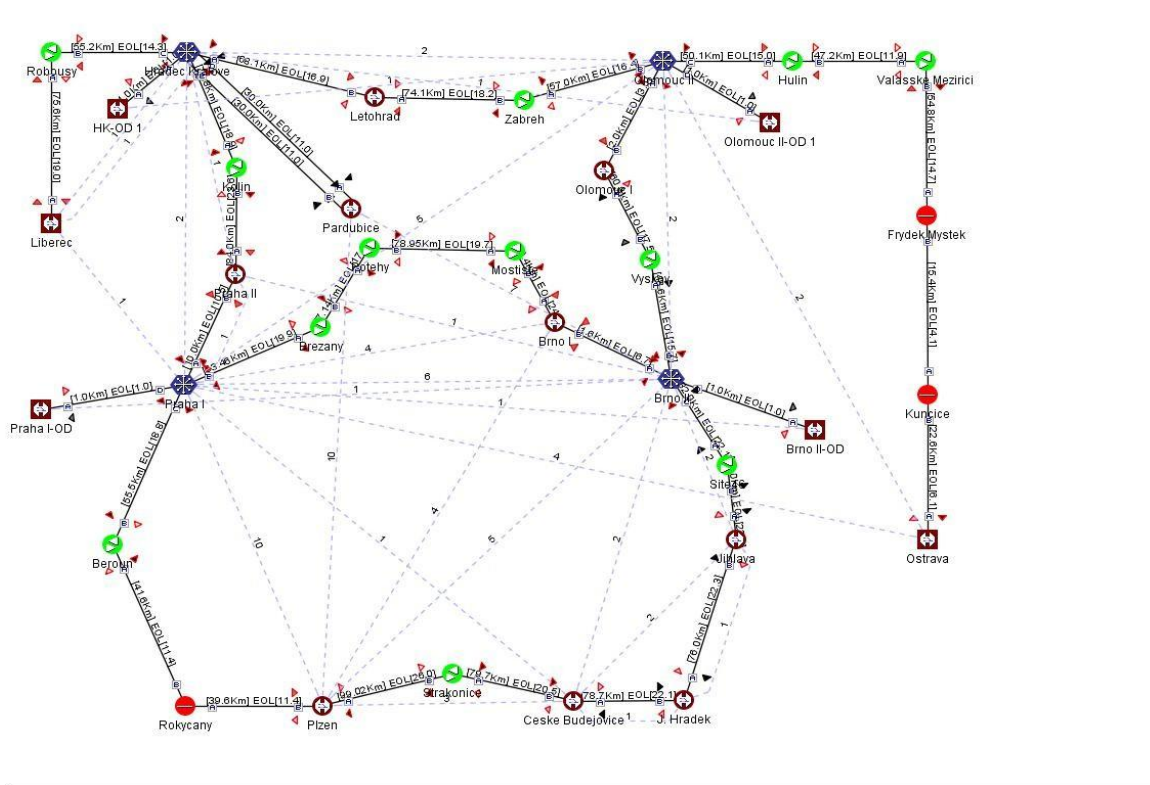


Obrázek 2 Optický přenosový systém DWDM ONS15454 MSTP

V rámci projektů eIGeR (OP VaVpI) a VI (Velká infrastruktura) je řešena celková rekonstrukce optického přenosového systému DWDM. Hlavním cílem rekonstrukce DWDM sítě je náhrada zastaralých a již nevyhovujících komponent technologicky pokročilejšími, které umožní rozšíření kapacity přenosového systému až na 80 přenosových kanálů s 50 GHz rozestupem o přenosových kapacitách 1-40 Gb/s.

Plán rekonstrukce a povýšení vychází z provedených simulací současně provozované DWDM sítě s využitím CTP 9.0 (Cisco Transport Planner). Simulace přestavby sítě vychází z těchto předpokladů (viz. Obrázek 3):

- Náhrada stávajících 40-WXC a 32-WSS 80-ti kanálovým řešením s 50 GHz rozestupem optických přenosových kanálů
- Rozšíření kapacity propojovacích uzlů Praha, Hradec Králové a Brno II ze 4 na 8 degrees
- Využití omnidirectional add/drop topologie v Praze, Hradci Králové a Brně (pro cca. 30% kapacity systému), která pro tuto část kanálů umožní flexibilní a směrově nezávislou konfiguraci
- Přenos kanálů o kapacitě 1-40 Gb/s v rámci celého systému (v případě IPoDWDM předpokládáme modulaci DPSK a pokročilejší)
- Projektovaná chybovost BER lepší než  $10E-15$ , délka přenosových kanálů do cca. 1500 km
- Nasazení 40G DPQSK MXP a TXP s E-FEC
- Podpora laditelných XFP (pásmo C, 50 GHz spacing)
- Maximální využití stávajících komponent při úpravách osazení optických tras (DCU jednotky, optické zesilovače) pro snížení celkových nákladů
- Využití všech používaných management systémů (CTM, G3 měřicí systém) bez nutnosti náhrady či větších úprav
- Optický přenosový systém DWDM je jednotným funkčním celkem na plně optické úrovni a umožňuje efektivní konfiguraci optických přenosových kanálů mezi libovolnými uzly DWDM sítě z centrálního management systému



**Obrázek 3** Plánovaná topologie DWDM sítě (výstup z CTP9.0)

Rekonstrukce a povýšení DWDM systému je rozdělena do několika etap. Rekonstrukce v regionech (mimo uzly Praha I a Praha II) je prováděna v rámci projektu eIGeR a navazující hlavní uzly Praha I a Praha II jsou rekonstruovány v rámci projektu VI. Rekonstrukce a povýšení hlavního přenosového okruhu DWDM Praha-Brno-Olomouc-Hradec Králové-Praha bude provedeno do konce roku 2011.

### 1.2. IP/MPLS vrstva sítě CESNET2

IP/MPLS vrstva sítě CESNET2 je v současné době postavena nad optickou přenosovou topologií a využívá část optických přenosových kanálů (viz.

Obrázek 4). Páteří směřovače hlavního jádra IP/MPLS sítě (v MPLS vrstvě sítě zastávají funkci P směrovačů) jsou umístěny v hlavních DWDM uzlech kruhové topologie optické přenosové sítě Praha, Brno, Olomouc a Hradec Králové. Na těchto směrovačích jsou zakončeny páteří 10 Gb/s okruhy (převážně optické přenosové kanály DWDM).

V ostatních uzlech sítě jsou umístěny přístupové směrovače (v IP/MPLS vrstvě sítě zastávají funkci PE směrovačů) pro připojování koncových účastníků a zajišťují veškeré služby páteří sítě (MPLS, EoMPLS, IPv4/IPv6 unicast a multicast směrování, NetFlow v9 statistiky).

Ve funkci P a PE/6PE směrovačů používáme CISCO OSR7609 a OSR7609-S s procesory SUP720-3BXL a RSP720-3CXL a 4portovými 10GE LAN PHY rozhraními (směřovače obsahují rovněž karty 1GE rozhraní a další nezbytné komponenty). Používaná 10GE LAN rozhraní nepodporují pokročilejší služby MPLS sítě jako je VPLS a mají i řadu HW omezení v oblasti QoS. Plnohodnotnou funkcionalitu poskytují Carrier Ethernet LAN/WAN 10GE rozhraní, která využíváme jen pro potřeby reálných projektů (např. MetaCentrum). V hlavních uzlech Praha I a Brno II, které jsou nedílnou součástí hlavního jádra IP/MPLS vrstvy sítě, již provozujeme nové terabitové směrovače CRS-1/16, které mají plnohodnotnou funkcionalitu a umožňují nasazení 40 Gb/s rozhraní v současné době a 100 Gb/s v budoucnosti. Do dalších uzlů hlavního jádra sítě Hradec Králové a Olomouc předpokládáme nasazení nových terabitových směrovačů typově shodných s CRS-1/16 ve funkci směrovačů hlavního jádra P i ve funkci PE směrovačů především z důvodů kompatibility se současně provozovanými systémy.

V menších uzlech, které nejsou přímou součástí IP/MPLS páteří části sítě a nepodporují IP/MPLS, jsou v provozu L2/L3 přístupové gigabitové přepínače Catalyst 3750 (zastávají funkci CE zařízení

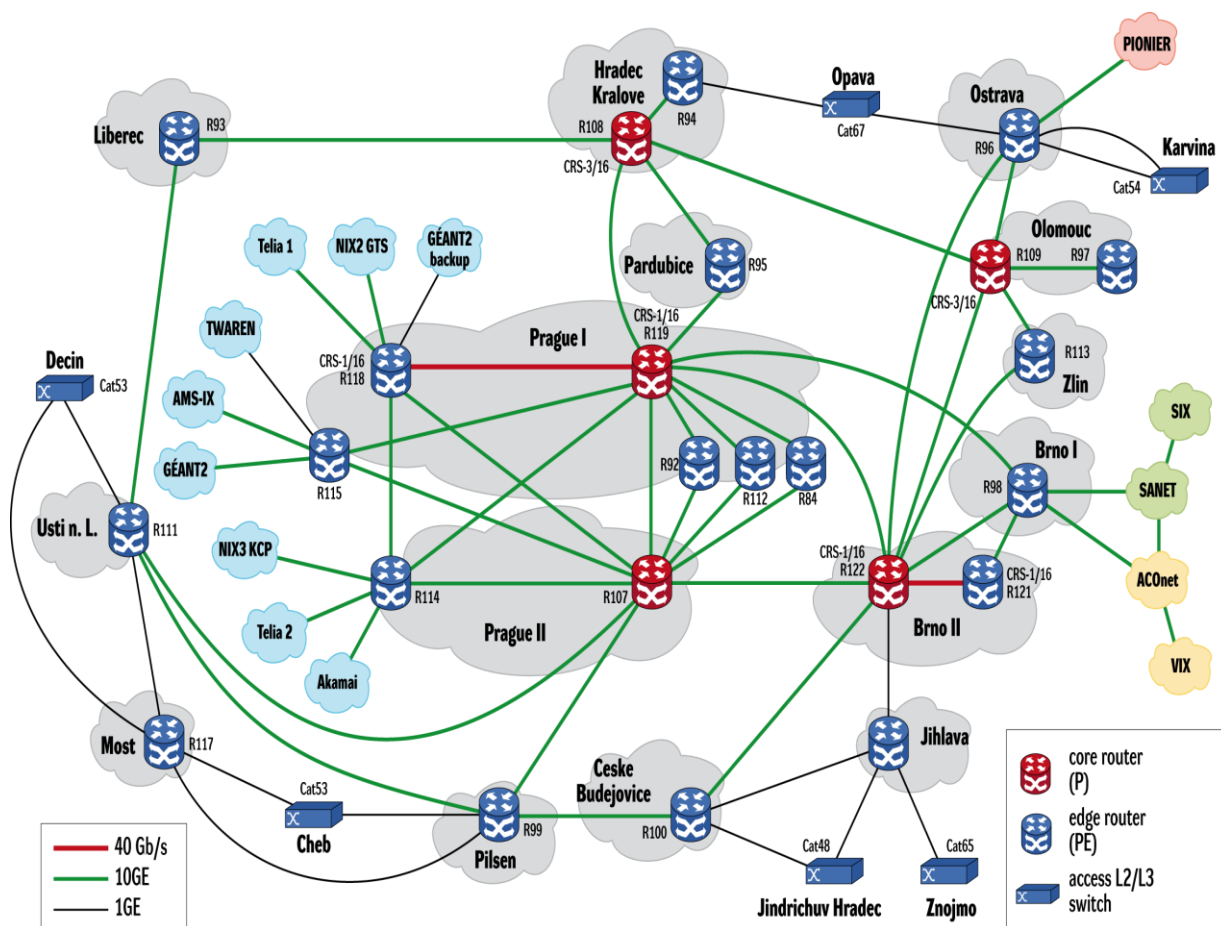
v MPLS vrstvě sítě). Mezi těmito přepínači a nadřazenými PE směrovači jsou používány VLAN se značkováním 802.1Q. Tyto VLAN jsou používány pro point-to-point propojení a rovněž i pro distribuci L2 Ethernet služeb koncovým účastníkům těchto malých uzlů (propojení páteřních EoMPLS tunelů do příslušných VLAN).

Jako interní směrovací protokol (IGP) v rámci IP/MPLS sítě zadavatel používá vyhrazený protokol OSPFv2, který je nakonfigurován na všech P a PE směrovačích. Vlastní směrování adresových bloků sítě účastníků zajišťuje interní BGP protokol (iBGP), který je aktivován mezi všemi přístupovými PE směrovači a využívá samostatné route-reflectory. Stejně route-reflectory využívá iMBGP (interní Multicast BGP) a rovněž i unicast IPv6 BGP protokol. Směrování IPv4 a IPv6 unicastu je zajišťováno přes MPLS (pakety obsahují MPLS značky) a směrovače jsou využívány v tzv. dual-stack režimu PE/6PE (současná podpora IPv4 a IPv6). Šíření IPv4/IPv6 multicastu (skupinově orientované vysílání) je zajišťováno bez MPLS značek.

V síti CESNET2 provozuje zadavatel architekturu QoS DiffServ domény typu "point-to-cloud" bez rozlišení cíle (destination unaware). Technika E-LSP (Exp-based Label Switched Path) nad páteřní IP/MPLS infrastrukturou v tzv. "short pipe" tunelovacím režimu IP/MPLS, v němž je při průchodu IP/MPLS páteří zachována původní hodnota DSCP transportovaných IP paketů (DSCP transparency).

Konfigurace IP/MPLS je založena na protokolu LDP (RFC 3036, RFC 3037 a RFC 3815). V rámci sítě CESNET2 provozuje zadavatel L2 VPN, point-to-point typu EoMPLS Ethernet services (port mode nebo VLAN based mode; RFC 4906 a typu VPLS multipoint Ethernet services (RFC 4762).

Pro zajištění superychlé konvergence síťových protokolů v redundantní páteřní IP/MPLS síti je využíván protokol BFD (RFC 5881, který podporuje v současné implementaci směrovací protokoly OSPF a BGP.



**Obrázek 4** Základní topologie IP/MPLS vrstvy sítě CESNET2

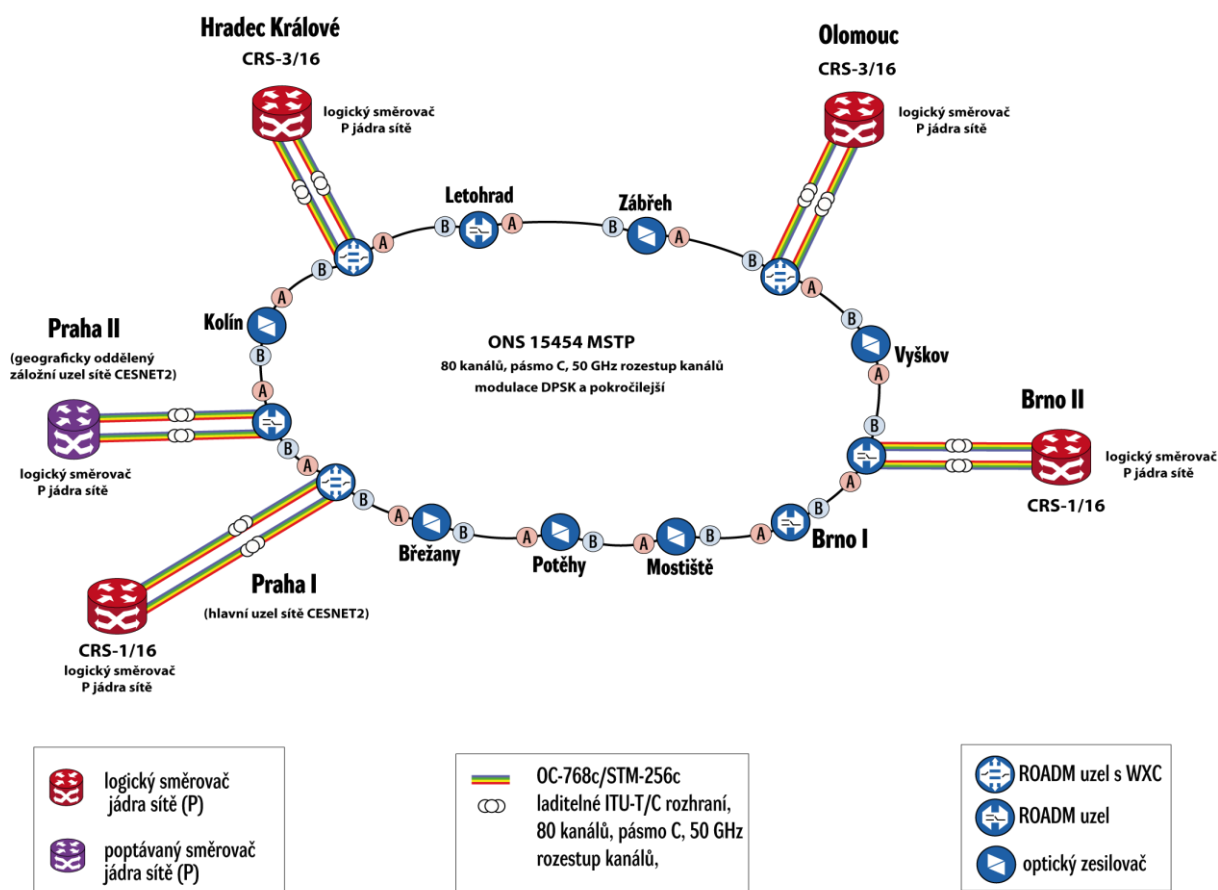
Základní management páteřní sítě zajišťuje systém HP OV NNM v9.0 (zahrnuje Extended Topology a Multicast Monitor SPI). Pro management směrovačů a přepínačů Cisco je využíván i CiscoWorks LMS3.2 (zálohování a správa konfigurací, aj.).

Monitoring a sledování dostupnosti jednotlivých služeb sítě CESNET2 (jako je DNS, mail, www, aj.) zajišťuje systém Nagios.

Pro sledování vlastní infrastruktury sítě (aktivních prvků, zátěže datových okruhů a další) využívá zadavatel vlastní měřicí systém G3, který je vyvíjen a rozvíjen v rámci výzkumných projektů. Základním zdrojem informací pro tento měřicí systém je SNMP protokol (SNMP v2/v3).

Sledování provozu sítě zajišťuje zadavatel vlastním systémem FTAS (Flow-based Traffic Analysis System). Tento systém zpracovává NetFlow v9 statistiky z 6PE/PE směrovačů páteřní sítě a provádí detailní analýzu interního a externího provozu sítě.

Náhrada již nevyhovujících směrovačů jádra sítě OSR7609 terabitovými směrovači CRS-1/16 byla zahájena v roce 2008 a tato technologie byla vybrána na základě otevřeného výběrového řízení. V současné době jsou nasazeny v hlavních uzlech Praha I a Brno II ve funkci P a PE směrovačů jádra sítě CESNET2. Poptávané terabitové směrovače musí umožňovat uplatňování nových technologických principů jako je IPoDWDM, podporující dostupná plně laditelná ITU-T DWDM rozhraní pro přenosové rychlosti 10 a 40 Gb/s (100 Gb/s rozhraní bude dostupné až v průběhu roku 2012). Na úrovni DWDM rovněž umožňují integraci management plánů směrovačů a DWDM uzlů. V tomto případě lze DWDM vrstvu rozhraní směrovače řídit a konfigurovat centrálním management systémem DWDM sítě jako nedílnou součástí DWDM systému (funkcionalita tzv. virtuálního transpondéru), zatímco tradiční IP/MPLS vrstva je řízena management systémem IP/MPLS sítě.



**Obrázek 5 Hlavní jádro IP/MPLS vrstvy sítě CESNET2**

V rámci projektu VI zadavatel plánuje nasazení základní sestavy terabitového směrovače do záložního uzlu jádra sítě (ve funkci P směrovače) Praha II, která bude v dalších etapách rozvoje sítě doplněna o 40 Gb/s IPoDWDM rozhraní. Pořízení tohoto směrovače dokončí rekonstrukci základního jádra IP/MPLS vrstvy sítě založeného na 40 Gb/s IPoDWDM rozhraních Praha-Brno-Olomouc-Hradec Králové-Praha. V pozdějších etapách projektu rozvoje páteřní sítě plánujeme

povýšení jádra sítě s využitím 100 Gb/s IPoDWDM rozhraní (s očekávanou modulací CP-DQPSK dle road-map výrobce stávajících směrovačů), které tyto směrovače musí v budoucnu podporovat.

Plánovaná topologie hlavního jádra IP/MPLS vrstvy sítě CESNET2 je uvedena na Obrázek 5 (na obrázku neuvádíme duálně připojené přístupové PE směrovače na jádro sítě ani další backup DWDM okruhy). Nový logický P směrovač jádra sítě musí být plně kompatibilní a interoperabilní jak s optickou přenosovou vrstvou DWDM, tak i na úrovni IP/MPLS vrstvy sítě se směrovači CRS-1/16 a pořizovanými směrovači CRS-3/16 v uzlech Hradec Králové a Olomouc. S ohledem na plány přechodu na 100GE v budoucnu je nutná vzájemná záměnnost rozhraní mezi směrovači jádra sítě pro další využití uvolněných komponent v rámci další přestavby a povýšení hlavního jádra sítě CESNET2.

Na úrovni optické přenosové vrstvy DWDM je důležitá plná kompatibilita a interoperabilita IPoDWDM rozhraní směrovačů, zejména při přenosových kapacitách 40 Gb/s a vyšších s plánovanými rozhraními 10C768-DPSK/C (modulace DPSK+, 50 GHz rozestup kanálů, E-FEC/FEC, pásmo C, laditelné přes všech 80 DWDM kanálů 1528.77-1563.86 nm) a 100GE DWDM s modulací CP-DQPSK ve směrovačích jádra sítě CRS-1/16 a CRS-3/16.

S ohledem na plánované změny jádra sítě v dalších etapách rozvoje sítě a potřebu bezproblémových změn logické topologie jádra sítě (zejména změny zakončení/přesuny přenosových DWDM kanálů mezi P směrovači jádra sítě v rámci přestavby) požadujeme, aby nabízené komponenty rozhraní (zejména DWDM) byly vzájemně zaměnitelné s již pořízenými komponentami v rámci jádra IP/MPLS vrstvy sítě CESNET2 (s ohledem na ochranu investic a hospodárnost využití stávajících a nově pořízených komponent v rámci změn a úprav topologie sítě CESNET2).

## **2. Požadavky na předmět plnění**

Předmětem plnění veřejné zakázky je:

- Dodávka, instalace a zprovoznění 1 ks základní sestavy terabitového směrovače do uzlu hlavního jádra IP/MPLS vrstvy sítě Praha II. Nabízená sestava musí být plně kompatibilní se směrovači CRS-1/16 a pořizovanými CRS-3/16 v uzlech hlavního jádra sítě CESNET2 Hradec Králové a Olomouc.
- Zajištění přímé podpory výrobce a servisu nabízených zařízení, jakož i další případná plnění vymezená v zadávací dokumentaci.

### **2.1. Požadovaná sestava terabitového směrovače do uzlu hlavního jádra sítě Praha II**

Předmětem dodávek podle odst. 4.2.2.2. zadávací dokumentace v rámci plnění veřejné zakázky je dodávka, instalace a zprovoznění (uvedení do řádného provozu) základní sestavy velkého terabitového směrovače do záložního uzlu jádra sítě CESNET2 Praha II. Základní požadované parametry a vlastnosti terabitového směrovače jsou:

- 1) Minimální propustnost 100 Gb/s na slot (tj. podpora 100GE rozhraní v době dodávky)
- 2) Dostupnost 10GE a 40Gb/s plně laditelného IPoDWDM rozhraní (pásmo C, u 40 Gb/s rozhraní požadována modulace DPSK+, 50 GHz rozestup kanálů, E-FEC/FEC) v době dodávky
- 3) Dostupnost 100GE IPoDWDM rozhraní nejpozději v roce 2013 (pásmo C, modulace CP-DQPSK, 50 GHz rozestup kanálů)
- 4) Podpora logických směrovačů v rámci systému
- 5) Možnost sdružování více chassis do výkonného směrovacího systému
- 6) Celkové maximální osazení musí umožnit současné používání až 40x 10GE, 8x 40Gb/s a 4x 100GE neblokujících rozhraní v jednom chassis
- 7) Plná kompatibilita se stávajícím provozovaným řešením hlavního jádra páteřní sítě CESNET2 na všech technologických vrstvách (optická DWDM, P směrovače hlavního jádra sítě a přístupové PE/6PE směrovače), které je popsáno v tomto dokumentu.

**Tabulka 1 Požadovaná základní sestava velkého terabitového směrovače do uzlu Praha II.**

Typ rozhraní	P směrovač (počet)
1GE	16
10GE	8
10GE IPoDWDM, 50 GHz grid	8
10GBASE-LR	8
1000BASE-SX	3
1000BASE-LX/LH	6
1000BASE-ZX	2
1000BASE-T	5

### 3. Další požadované parametry a vlastnosti terabitového směrovače

- 1) Redundance všech klíčových komponent (napájecí zdroje, větráky, přepínací matice); možnost výměny vadných komponent bez ovlivnění funkce systému.
- 2) Schopnost upgrade SW a HW za provozu bez výpadku provozu a schopnost aktivace záložních komponent při výpadku primárních (bez výpadku provozu).
- 3) Hardwarová podpora L3 přepínání/směrování protokolů IPv4 a IPv6 (unicast i multicast).
- 4) Správa konfigurací s možností návratu k předchozím verzím, která zahrnuje možnost editace, verifikace funkčnosti konfigurace a jejího potvrzení.
- 5) Plná interoperabilita se v současné době používanými směrovači jádra sítě CESNET2 CRS-1/16 a CRS-3/16 na úrovni všech provozovaných protokolů a služeb.
- 6) Filtering, policing a shaping v HW bez ovlivnění (snížení) propustnosti.
- 7) Replikace skupinového vysílání (multicast) plnou rychlostí (podpora v HW).
- 8) Neblokující architektura přepínacího/směrovacího subsystému (tzv. wire speed propustnost).
- 9) Podpora 10GE a 40Gb/s plně laditelného IPoDWDM rozhraní (pásmo C, u 40 Gb/s rozhraní požadována modulace DPSK+, 50 GHz rozestup kanálů, E-FEC/FEC) v době dodávky a úplná kompatibilita s již používanými rozhraními Cisco 4-10GE-ITU (laditelné 10GE DWDM rozhraní) a nově pořizovanými 10C768-DPSK/C (OC-768/STM-256c DPSK+ laditelné DWDM rozhraní).
- 10) Dostupnost 100GE rozhraní (standard IEEE 802.3ba) nejpozději v roce 2012.
- 11) Dostupnost 100GE IPoDWDM rozhraní nejpozději v roce 2013 (pásmo C, modulace CP-DQPSK, 50 GHz rozestup kanálů).
- 12) Úplná dostupnost a stabilita všech služeb sítě CESNET2 (IPv4 unicast/multicast, EoMPLS, VPLS) a úplná kompatibilita se stávající sítí včetně návaznosti na optický přenosový systém DWDM ONS 15454 MSTP dle popisu stávajícího hlavního jádra sítě.
- 13) Celkový převáděcí L2/L3 výkon přepínacího subsystému musí být pro IPv4 a IPv6 nejméně 700 milionů paketů za sekundu v neblokujícím módu.
- 14) Podpora monitorování IP (IPv4 a IPv6) datových toků formou exportu provozních informací o přenesených datech v (pseudo)reálném čase v členění minimálně: zdrojová/cílová IP adresa, zdrojový/cílový TCP/UDP port (či ICMP typ) - NetFlow nebo ekvivalent. Funkce monitorování musí být implementována bez negativních vlivů na zátěž a výkon řídicích procesorů. Uveďte, zda export NetFlow dat podporuje standard RFC 3954 a další funkce jako sampling.
- 15) Kontrola přípustnosti zdrojové IPv4 a IPv6 adresy na všech (fyzických i logických) L3 přepínacích/směrovacích rozhraních podle aktuální směrovací tabulky (antispoofingová kontrola ekvivalentní funkci RPF, reverse path forwarding check dle RFC 3704).



- 16) Hardwarová podpora bezstavové bezpečnostní filtrace provozu podle L2/L3/L4 atributů na úrovni linkové/síťové/transportní vrstvy aplikovatelná na úrovni L2/L3 fyzického i logického rozhraní.
- 17) Hardwarová podpora dlouhých ethernetových rámců (tzv. *jumbo frames*) délky alespoň 9000 B (datový obsah rámce – payload).
- 18) Podpora Ethernet 802.3ah OAM (minimálně Neighbor Discovery, Link Monitoring a Remote Fault Indication) a podpora Ethernet 802.1ag CFM.
- 19) Možnost výměny modulů (i redundantních napájecích zdrojů) za provozu (*hot-swap*) bez ovlivnění funkce zařízení jako celku.
- 20) Hardwarová podpora zajištění kvality služby (QoS) podle L2/L3/L4 atributů umožňující implementaci QoS podle modelu rozlišovaných služeb (DiffServ dle RFC 2474, 2475, 2597, 2598, 2697, 3270):
  - a. Klasifikace a reklasifikace rámců/paketů na vstupu i výstupu (IEEE 802.1p, IP DSCP, IP Precedence, EXP MPLS).
  - b. Omezování provozu (*policing*) na vstupu i výstupu (kompatibilita s RFC 2697 a/nebo RFC 2698), alespoň 8 výstupních front (jedna s absolutní prioritou) na každém rozhraní, konfigurovatelné mechanismy preventivní ochrany proti zahlcení.
- 21) Zařízení musí podporovat následující protokoly:
  - 1) Layer 3 směrovací protokoly včetně Multiprotocol Border Gateway Protocol Version 4 (BGPv4 minimálně dle RFC 2545, RFC 4271 a RFC 4893), Open Shortest Path First Version 2 (OSPFv2 dle RFC 2328), OSPFv3 (dle RFC 5340), Intermediate System-to-Intermediate System Protocol (IS-IS; dle RFC 2763, RFC 2966, RFC 2973, RFC 3277, RFC 3373, RFC 3567, RFC 4444).
  - 2) Duální podpora IPv4 a IPv6 (možnost současné konfigurace IPv4 a IPv6 adres na tomtéž fyzickém nebo logickém rozhraní, tzv. *dual-stack*).
  - 3) Možnost vytváření logicky oddělených instancí virtuálních směrovacích tabulek v rámci téhož L3 přepínače/směrovače pro tvorbu VPN.
  - 4) Podpora směrování IPv4/IPv6 multicastu.
  - 5) Přepínání/směrování multicastových paketů s podporou tzv. zdrojově orientovaných a sdílených distribučních stromů (source-based and shared distribution trees) a s podporou následujících protokolů:
    - Protocol Independent Multicast sparse mode (PIM-SMv2) dle RFC 4609
    - Bi-directional PIM (Bidir-PIM)
    - PIM Source Specific Multicast (PIM SSM) dle RFC 4607 a RFC 4608
    - Internet Group Management Protocol (IGMP) verze 1, 2 a 3 (dle RFC 2236 a RFC 3376)
    - Multiprotocol BGP (MBGP) včetně 6PE rozšíření dle RFC 4798 a multiprotocol extensions for BGP4 dle RFC 4760
    - Multicast Source Discovery Protocol (MSDP) dle RFC 3618
    - Anycast RP dle RFC 3446 a RFC 4610
    - Embedded RP dle RFC 3956
  - 6) Multiprotocol Label Switching Protocol (MPLS) :
    - MPLS Label Distribution Protocol (LDP) dle RFC 3031, RFC 3036, RFC 3037, RFC 3215, RFC 3468, RFC 3815, RFC 5036 a RFC 5443
    - MPLS load balancing, podpora RFC 3107
    - MPLS Fast Reroute, podpora RFC 4090
    - Resource Reservation Protocol (RSVP), RFC 2205, RFC 2747, RFC 3209, RFC 2961, RFC 3473, RFC 4090
    - Diffserv-aware MPLS TE, RFC 4124, RFC 4125, RFC 4127
    - MPLS Traffic Engineering Control Plane (RFCs 2702 and RFC 2430)
    - L2VPN (IETF PWE3 concept)
    - EoMPLS L2 VPN, RFC 3931, RFC 4905, RFC 4906, RFC 4447 a RFC 4448
    - EoMPLS Ethernet Remote Port Shutdown
    - QinQ pro EoMPLS
    - BGP/MPLS L3 VPN, RFC 2547, RFC 2842, RFC 2858, RFC 3107
    - VPLS, podpora RFC 4762
    - Point-to-Multipoint Traffic Engineering
  - 7) BFD pro IPv4/IPv6 BGP, OSPF a IS-IS dle RFC 5880 a RFC 5881.

22) Zařízení musí podporovat nejméně následující typy rozhraní:

- 100GE
- OC-768c/STM-256c Packet over Synchronous Optical Network (POS)
- OC-192c/STM-64c POS
- 10 Gigabit Ethernet (LAN-PHY)
- 1 Gigabit Ethernet
- 10GE Tunable WDMPHY (50 GHz spacing, full C-band)
- 40G Tunable DWDM POS (50 GHz spacing, full C-band, modulace DPSK+)

23) Zařízení musí podporovat následující vlastnosti a funkce:

- IP protokol
  - IPv4/IPv6 unicast/multicast (dual-stack)
  - IPv4/IPv6 load balancing
- IPv4 multicast
  - Multicast Reverse Path Forwarding (RPF)
  - Multicast Nonstop Forwarding (NSF)
  - Multicast Forwarding Information Base (MFIB)
- Forwarding
  - Access control lists (ACLs/xACLs)
  - Quality of service/class (QoS/CoS)
  - IP packet classification/marketing
  - Queuing (both ingress and egress)
  - Policing (both ingress and egress)
  - Hierarchical Shaping (egress)
  - Diagnostic and network management support
- MPLS
  - MPLS forwarding
  - MPLS load balancing
  - MPLS Fast Reroute
  - MPLS Traffic Engineering
  - EoMPLS Ethernet Remote port Shutdown
  - VPLS
  - Point-to-Multipoint MPLS Traffic Engineering
- Security
  - Control plane policing nebo obdobné funkce firewallu
    - Konfigurovatelné prostředky ochrany směrovače před útoky typu odepření služby (DoS), např. formou vhodného omezení frekvence určitých typů rámců/paketů, které jsou zpracovávány procesorem zařízení (Control Plane Policing nebo obdobný typ ochrany)
  - Podpora centrální autentizace uživatelů, autorizace a accountingu příkazů prostřednictvím protokolu TACACS+
  - Podpora Message Digest Algorithm (MD5) pro interní a externí směrovací protokoly
  - Secure Shell (SSHv2)

- Optical features
  - Tx and Rx optical power monitoring (DOM).

24) NSF (Non-stop Forwarding) pro protokoly OSPF, BGP, LDP a RSVP dle RFC 3623, RFC 5187, RFC 4724 a RFC 3478.

25) Network management:

- Možnost povýšení operačního systému zařízení po síti minimálně pomocí jednoho z protokolů TFTP, FTP, HTTP, SCP nebo SFTP
- Možnost nahrání/zálohování konfigurace zařízení po síti minimálně pomocí jednoho z protokolů TFTP, FTP, HTTP, SCP nebo SFTP
- Správa konfigurací s možností návratu k předchozím verzím, která zahrnuje možnost editace, verifikace syntaxe konfigurace a jejího potvrzení
- Podpora protokolů SNMPv2, SNMPv3 (včetně schopnosti generovat trapy při detekci významných událostí a s možností omezit oprávněné zdrojové IP adresy manažerských stanic) a syslog
- Podpora synchronizace času protokolem NTP, minimálně verze 3
- Vzdálený konfigurační přístup k zařízení protokoly Telnet a SSH (s možností omezit oprávněné zdrojové IP adresy manažerských stanic)
- Implementace 64bitových čítačů přenesených bytů/paketů pro jednotlivé relevantní entity síťových informací (typicky rozhraní, filtry apod.) přístupné přes příkazovou řádku a SNMPv2/v3
- Podpora monitorování IP (IPv4 a IPv6) datových toků formou exportu provozních informací o přenesených datech v (pseudo)reálném čase v členění minimálně: zdrojová/cílová IP adresa, zdrojový/cílový TCP/UDP port (či ICMP typ) - NetFlow nebo ekvivalent
- Podpora monitorování MPLS (IPv4 a IPv6) datových toků formou exportu provozních informací o přenesených datech v (pseudo)reálném čase v členění minimálně: zdrojová/cílová IP adresa, zdrojový/cílový TCP/UDP port (či ICMP typ) - NetFlow nebo ekvivalent
- Konfigurační soubory v čitelném formátu (např. ASCII, TXT, XML)
- Command-line interface (CLI)
- Podpora SNMPv2/v3 MIBs a traps
- Out-of-Band Management (EIA-232 konzole, vyhrazené Ethernet rozhraní).

#### **4. Související požadavky**

Uchazeč je dále povinen v nabídce uvést:

- Rozměry a hmotnost nabízených směrovačů/sestavy směrovače.
- Nároky na napájení a chlazení:
  - u nabízené sestavy;
  - u nabízených komponent (procesory, karty 1GE, 10GE a 40GE rozhraní, příp. další nezbytné komponenty).
- Další nezbytné požadavky a předpoklady na site planning a instalaci.
- Úroveň redundance nabízené sestavy směrovače (u všech aktivních komponent).
- Skutečný forwarding performance nabízených karet rozhraní (uvedte velikost oversubscription).
- Přehled všech typů podporovaných rozhraní a jejich hustotu (osazení v rámci 1 slotu).
- Maximální velikost media MTU pro 1GE, 10GE a 40G POS a způsob stanovení IP a MPLS MTU včetně uvedení encapsulation overheadu; minimálně pro 802.1Q/Ethernet 802.3, MPLS, VPLS a QinQ.
- Rezervy/možnosti rozšíření navrhovaného řešení.
- Výsledky výkonnostních testů provedené nezávislou laboratoří pro IPv4 a IPv6 protokoly.

## **5. Požadovaný popis vlastností a funkcí nabízeného zařízení**

Uchazeč je povinen v nabídce popsat základní vlastnosti a funkce nabízeného zařízení a všech jeho komponent.

Uchazeč je povinen v nabídce uvést předpokládaný rozvoj nabízeného zařízení, nových funkcí a vlastností, které výrobce plánuje implementovat, včetně časových horizontů (tzv. road-map). Požadujeme uvedení časových horizontů po dobu nejméně 3 let.

## **6. Související požadavky**

Součástí nabídky a plnění musí být i nezbytné licence programového vybavení.

Součástí dodávky zařízení a komponent musí být i nezbytně související vybavení pro zajištění řádné funkčnosti (rack mount kit, napájecí kabely a další).