

Analýza možností implementace 5G sítí ve městě Bílina

Připraveno pro Ministerstvo pro
místní rozvoj

9.2.2021



Historie změn

Verze	Změna	Autor	Datum
1.0	Vytvoření dokumentu	GTA	01.12.2020
1.1	Dodání připomínek	MMR	04.02.2021
1.2	Zpracování připomínek	GTA	05.02.2021
1.3	Zpracování finálních připomínek	GTA	24.02.2021

Obsah

1	Úvodní slovo	8
2	Manažerské shrnutí	10
3	Úvod	14
3.1	Úvod do Smart City a 5G	15
3.2	Technologické zajištění	15
3.2.1	<i>Optické sítě</i>	<i>16</i>
3.2.2	<i>5G síť</i>	<i>16</i>
3.2.3	<i>Rádiová bod-bod</i>	<i>17</i>
4	Popis postupu analýzy	18
4.1	Úvod.....	19
4.2	Předmět poptávky	19
4.3	Kapacita sítě	20
4.4	Segmentace.....	20
4.5	Analýzujeme současnou situaci (technologické zázemí)	20
4.6	Analýza možných technických řešení	20
4.7	Návrh optimálního řešení, včetně doplnění o cost-benefit analýzu a o vlastnosti sítě	20
5	Specifikace potřeb města Bílina – Současný stav	22
5.1	Úvod.....	23
5.2	Kontext města	23
5.2.1	<i>Smart City Bílina</i>	<i>24</i>
6	Specifikace potřeb města Bílina – Technologický popis města	26
6.1	Úvod.....	27
6.2	Konektivita	27
6.3	Současné technologické zajištění.....	30
6.3.1	<i>Mikrovlnné spoje bod-bod.....</i>	<i>30</i>
6.3.2	<i>Bezdrátové sítě</i>	<i>32</i>
6.3.3	<i>Fixní síť</i>	<i>36</i>

6.4	Městská síť	37
6.4.1	Kontext provozu současného řešení	37
6.4.2	Současný stav.....	38
6.4.3	Zhodnocení současného stavu.....	40
6.5	Kamerová síť	41
6.5.1	Kontext provozu současného řešení	41
6.5.2	Současný stav.....	41
6.5.3	Zhodnocení současného stavu.....	45
6.5.4	Zhodnocení pilotů	45
6.5.5	Benchmark.....	46
7	Specifikace potřeb města Bílina - Analýza plánované situace	48
7.1	Úvod.....	49
7.2	Městská síť	49
7.2.1	Governance model nastavení městské sítě	49
7.2.2	Implementační harmonogram.....	50
7.2.3	Zajištění městské sítě (Servis/Údržba).....	51
7.2.4	Koncept budoucího rozvoje	51
7.2.5	Plán rozvoje	52
7.2.6	Prioritizace/segmentace plánu.....	53
7.2.7	Doporučení budoucí implementace	53
7.3	Kamerová síť	54
7.3.1	Koncept budoucího rozvoje	54
7.3.2	Plán rozvoje	54
7.3.3	Doporučení budoucí implementace	55
8	Identifikace klíčových lokalit města, které je potřeba pokrýt - Kapacitní požadavky.....	56
8.1	Městská síť & Kamerová síť	57
8.1.1	Technologická východiska	58
8.1.2	Kapacitní požadavky služeb	58
9	Definice technologií pro pokrytí lokalit	60
9.1	5G síť	61
9.1.1	Technologický popis	61

9.1.2	Výhody a nevýhody.....	63
9.1.3	Náklady	64
9.2	Optické kabely	65
9.2.1	Technologický popis	65
9.2.2	Výhody a nevýhody.....	67
9.2.3	Náklady	67
9.3	Rádio bod-bod	68
9.3.1	Technologický popis	68
9.3.2	Výhody a nevýhody.....	70
9.3.3	Náklady	70
10	Analýza provozních vlastností včetně návrhu optimálního technologického řešení.....	71
10.1	Návrh optimálního technologického řešení: Městská síť & Kamerová síť.....	72
10.1.1	Postup tvorby optimálního technologického řešení sítě včetně identifikace vlastností služby v sektorech 73	
10.2	Analýza provozní charakteristiky v místě služby – specifikace optimální vlastnosti sítě.....	74
10.2.1	Sektor S – střed města	74
10.2.2	Sektor 1 - Pražské předměstí	75
10.2.3	Sektor 2 - Újezdské předměstí	76
10.2.4	Sektor 3 – Mostecké předměstí	76
10.2.5	Sektor 4 – Severní část Teplického předměstí.....	76
10.2.6	Sektor 5 – Východní část Teplického předměstí a sídliště Za Chlumem	77
11	Cost-benefit analýza realizace záměru	79
11.1	Cost-benefit analýza navrhovaného řešení	80
11.1.1	Shrnutí	80
11.1.2	CAPEX (Investiční náklady).....	80
11.1.3	OPEX (Provozní náklady).....	81
11.1.4	Předpoklady kalkulace	81
11.1.5	Nákladové položky a drivery.....	82
11.1.6	Alokace v rámci současného řešení	84
11.1.7	Výhody navrhovaného řešení	84
11.2	Rozdílová analýza alternativního řešení: Výstavba vlastní optiky.....	85

11.2.1	<i>Rozdílová analýza nákladů</i>	85
11.2.2	<i>Výhody a nevýhody výstavby vlastní optiky</i>	86
11.3	<i>Základní srovnání variant</i>	86
12	Stanovení základních technických požadavků a standardů pro 5G síť	88
12.1	<i>Úvod</i>	89
12.2	<i>Technické řešení 5G: Standalone vs. Non-Standalone</i>	89
12.2.1	<i>Non-Standalone (Option 3)</i>	89
12.2.2	<i>Varianty Non-Standalone (Option 3, 3a, 3x)</i>	90
12.2.3	<i>Standalone option 2</i>	90
12.3	<i>Minimální kvalita služeb 5G</i>	91
12.3.1	<i>MPO</i>	91
12.3.2	<i>ITU</i>	93
12.3.3	<i>3GPP</i>	94
12.3.4	<i>Implikace pro kamerový systém</i>	94
12.4	<i>Bezpečnost 5G sítí</i>	94
12.4.1	<i>Dodavatelé zařízení</i>	95
12.4.2	<i>Kyberbezpečnost a kritická informační infrastruktura</i>	95
12.4.3	<i>5G EU Toolbox</i>	95
12.4.4	<i>Kamerový systém a bezpečnost technologie 5G</i>	96
13	Analýza rizik MKDS	98
13.1	<i>Práce s riziky</i>	99
13.1.1	<i>Hrozby</i>	99
13.1.2	<i>Dopad</i>	99
13.1.3	<i>Zranitelnost</i>	99
13.1.4	<i>Systém řízení rizik</i>	100
13.2	<i>Klíčové oblasti rizik pro MKDS</i>	101
13.2.1	<i>Kamera a její stanoviště</i>	101
13.2.2	<i>Komunikační infrastruktura</i>	101
13.2.3	<i>Centrála kamerového systému</i>	103
13.2.4	<i>Uložiště kamerového systému</i>	103
14	Senzorická síť	104

14.1	Úvod.....	105
14.2	Technologické řešení senzorů.....	105
14.3	Legislativní požadavky.....	105
14.4	Technologické zajištění sítě.....	106
14.4.1	SCADA.....	106
14.4.2	WPAN	106
14.4.3	LPWAN	106
14.4.4	Srovnání doporučených IoT technologií pro využití v rámci Smart City.....	106
14.4.5	Příklady možných řešení	108
14.4.6	Možnosti zajištění IoT služeb.....	111
14.5	Integrační platforma a IoT integrace.....	112
14.5.1	Integrační platforma IS	112
14.5.2	Integrace IoT.....	112
14.6	Rámcové kroky implementace IoT řešení	115
14.6.1	Definice potřeb/zájmu města (Koncepce senzorické IoT sítě)	115
14.6.2	Návrh konkrétních možných řešení IoT platformy včetně vyhodnocení nejvhodnější varianty.....	115
14.6.3	Základní kritéria pro výběr konkrétního řešení/dodavatele	116
	Seznam zkratk	117
	Zdroje	119
	Seznam obrázků	120
	Seznam tabulek.....	122

1 Úvodní slovo

Tento projekt vznikl na základě smlouvy č. 6026 (<https://smlouvy.gov.cz/smlouva/14819317>) podepsané a účinné od data 9.12.2020. Tento projekt pro Ministerstvo pro místní rozvoj (dále jen „MMR“), připravený společností Grant Thornton Advisory s.r.o. (dále jen „GTA“), má za cíl sloužit jako podpůrný materiál pro města, která byla vybrána v rámci soutěže 5G pro 5 měst.

Tento podpůrný materiál bude sloužit městským řídícím orgánům pro přehled o veškerých možnostech uplatnění 5G technologií ať už jde o aktuálně využívané a implementované řešení v jiných evropských nebo světových metropolích (vyhledané case studies) nebo o současně nabízené technologie a služby, které mají městům pomoci přejít ke „smart“ řešením. Mezi taková řešení lze zařadit například bezpečné řízení dopravy, inteligentní odpadové hospodářství, chytré sítě s inteligentním měřením, inteligentní veřejnou dopravu a správu parkovacích míst či inteligentní veřejné osvětlení. Veškerá tato řešení, za použití 5G sítě a jiných technologií, vedou k úspornějšímu provozu měst a zlepšení životních podmínek pro bydlení nejen v regionálních metropolích.

Kromě výše zmíněných oblastech „smart city“ lze tyto řešení aplikovat také na e-government, vodohospodářství či krizové řízení. Vzhledem k rozvoji a šíření nových technologií (levnější a úspornější senzory, elektromobilita apod.) je třeba aby města měla přehled o tom, které řešení je pro ně nejvíce potřebné, vzhledem vůči jejich poloze, obyvatelům a dispozicím, na které se tak musí nejlépe připravit. V tomto dokumentu jsou rozebrány již zmíněné case studies a připraveny doporučení, jak k takovým řešením přistupovat.

Předmětem této části Veřejné zakázky je zpracování základní analýzy potřeb města Bílina a požadavků na nástroje, prostřednictvím nichž budou realizovány záměry města Bílina v oblasti 5G řešení, které jsou specifikovány ve Strategii Smart City města Bílina (2019) a v soutěžním návrhu do soutěže 5G PRO 5 MĚST.

Analýza bude podkladem pro přípravu města Bílina na testování využití sítě 5G v rámci městské datové a komunikační sítě, se zaměřením na rozvoj městského kamerového a dohledového systému.

Analýza bude obsahovat tyto části:

- a) specifikace potřeb města Bílina na datově-technologické přenosy, např. městská datová síť, senzorická síť, kamerová síť,
- b) identifikace klíčových lokalit města, které je potřeba pokrýt městskou sítí,
- c) definice nejvhodnější technologie pro pokrytí lokality (optické kabely, bezdrátová technologie),
- d) analýza provozní charakteristiky v místě služby – specifikace optimální vlastností sítě,
- e) návrh optimálního technologického řešení,
- f) zpracuje Cost – Benefit Analysis (CBA), a to pro variantu realizace záměru zaměstnanci města a pro variantu realizace záměrů na základě dodavatelsko-odběratelského vztahu,
- g) stanovení základních technických požadavků a standardů pro 5G síť včetně specifikace požadavků na kvalitu a technické parametry (přenosová kapacita, rychlost, bezpečnost sítě apod.).

Dodavatel musí při zpracování analýzy zohlednit Strategii Smart City města Bílina (2019), která je dostupná na webové stránce <https://www.bilina.cz/cs/mesto-bilina/strategicke-dokumenty-mesta/strategie-smart-city.html>.

Dále dodavatel musí při zpracování analýzy zohlednit, následující dokumenty, které mu budou poskytnuty po nabytí účinnosti smlouvy:

- scénáře využití kamerového systému a bezpečnostních technologií v dotčených lokalitách města,
- architekturu kamerového systému v dotčených lokalitách města,
- general veřejného osvětlení,
- mapové podklady k jednotlivým lokalitám města,

- *soutěžní návrh do soutěže 5G PRO 5 MĚST (tento dokument je možné pro účely sepsání nabídky poskytnout účastníku i na jeho žádost již v průběhu výběrového řízení).*

2 Manažerské shrnutí



Cílem tohoto projektu je navázat na moderní technické možnosti představené novou generací mobilních bezdrátových služeb 5G a napojit je na reálné možnosti využití v oblasti Smart cities. Koncept Smart cities je celosvětový trend umožňující digitalizaci jednotlivých odvětví. Tato digitalizace umožňuje velký počet individuálních využití v daných odvětvích. Doposud byl však tento koncept limitován/ohraňován dostupnou konektivitou, a to zejména z pohledu mobilních či odlehklých zařízení. 5G přináší nové možnosti zejména díky významnému posílení tří klíčových výkonnostních parametrů (kapacity, latence a počtu připojených zařízení).

Z pohledu města Bílina byl v prvním kroku analyzován současný kontext města za účelem vysvětlit jednotlivé geografické, demografické a další jevy, které mají vliv na vývoj města, a odhalit tak oblasti vhodné k digitalizaci a dalšímu rozvoji, stejně jako nalézt případná úskalí v daných oblastech. Mezi současné klíčové faktory patří zejména vyšší kriminalita, poptávka po Městské síti a zhoršená dopravní situace.

Městská síť a kamerová síť

Na základě těchto faktorů a strategických materiálů města Bílina se analýza dále soustředila zejména na dvě primární služby:

- Městská síť
- Kamerová síť

V navazující kapitole bylo město analyzováno z pohledu současné dostupné konektivity a celkového pokrytí jednotlivých technologií. Průzkum se zaměřil nejen na bezdrátová řešení, ale zároveň uvažoval i o pevných řešeních. Z průzkumu vyplývá, že v současné době jsou ve městě z pohledu pokrytí dominantní zejména bezdrátové sítě, zároveň je velká část města již pokryta NGA sítěmi. Rovněž z pohledu městské infrastruktury v současnosti existuje propojení tří institucí optickými kabely. Propojení kamerových bodů je z velké části zařízeno rádiovými spoji bod-bod. Z již realizovaných studií a analýz vyplývá, že současné nastavení kamerové sítě, respektive rádiových spojů, je kapacitně nedostatečné, a to zejména na úrovni páteřních spojů.

Součástí kapitoly bylo dále zmapování jednotlivých institucí a kamerových bodů pro identifikaci objektů a lokalit vhodných k připojení na městskou a kamerovou síť. K identifikovaným institucím byly následně přiděleny priority vyplývající z kapacitních potřeb. Mezi klíčové instituce patřila například nemocnice, a to především z pohledu bezpečnosti (popřípadě do budoucna telemedicíny), a připojení policejní stanice pro datový přenos všech kamerových záznamů.

Akčním a nejbližším krokem v rámci tematické oblasti datové sítě (zde jako rozvoj městské a kamerové sítě) je zejména vypracování detailní architektury městské sítě (detailní kroky jsou definovány níže či v příslušné kapitole dokumentu), přičemž základní pohled této sítě je definován v tomto dokumentu.

Z provedeného zmapování potřeb a jejich současného zajištění vychází následující akční kroky, které je zapotřebí realizovat před implementací později navrhovaného rámcového řešení vytvoření městské sítě pro účely připojení institucí (objektů) a kamerové sítě:

- Detailní zmapování výskytu optických kabelů, kolokačních možností a budoucích očekávaných staveb (s možností připojení optiky).
- Aktualizace potřeb rozvoje v čase, a to na základě nových dat o kriminalitě a vyhodnocení dopadu současného kamerového systému na prevenci.
- Vypracování detailního plánu renovace kamer či výstavby nových (podle preferencí města) v čase s případnou prioritizací (již existující součástí návrhové části MKDS).
- Zahájení pilotování provozu kamer na 5G síti partnera projektu O2 a testování nových P2P technologií na licencovaných pásmech pro připojení socioekonomických aktérů (závěrem by měla být zpráva zhodnocení možnosti využití obou technologií).
- Analýza rizik MKDS (provozu kamerové sítě) tak, aby bylo možné implementovat případná opatření a vytvoření návrhu bezpečnostních řešení datového provozu mobilní sítě (možnost definice SLA).
- Vytvoření detailní implementační roadmapy přechodu na optická a nová rádiová řešení v závislosti na předchozích bodech (očekávání zprovoznění tras optiky, vývoj výstavby/renovace kamer).
- Výsledkem předchozího bodu je zároveň identifikace lokalit bez očekávané možnosti pronájmu či připojení optiky (v těchto oblastech vznikne případný potenciál výstavby vlastní optické sítě, která může v některých místech dávat ekonomicky, resp. kapacitně význam).

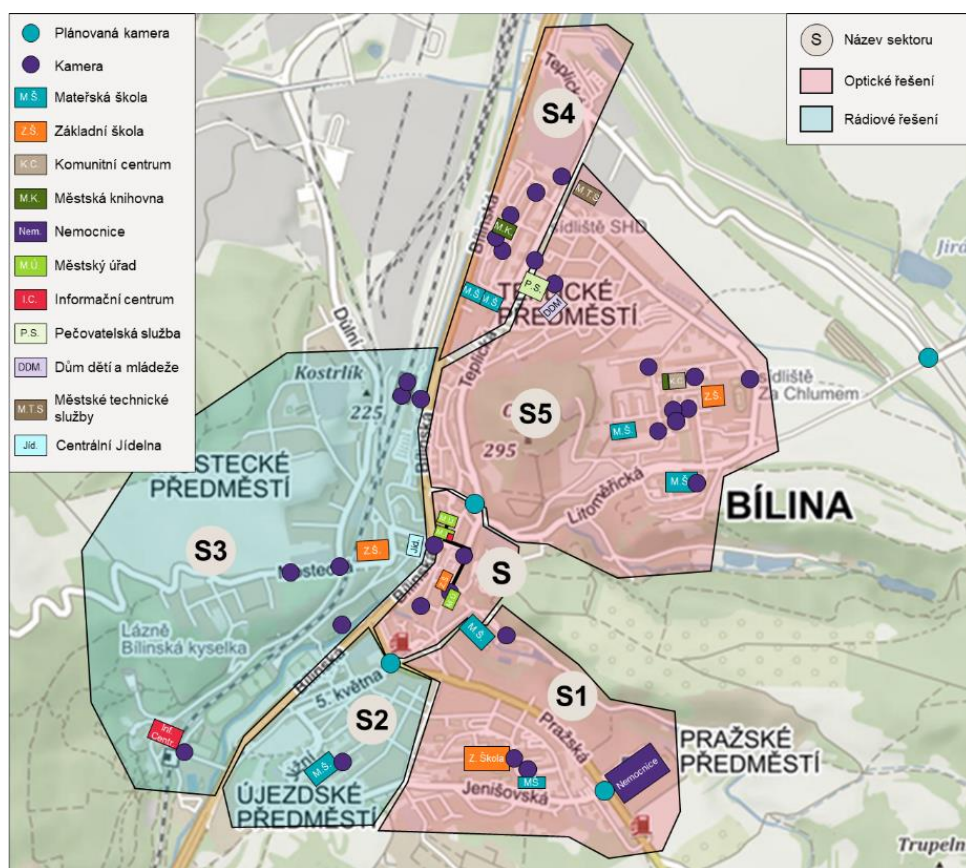
- Pro případ potřeby převodních cen pro účtování služeb mezi organizacemi by bylo vhodné vytvořit costingový model založený na principech typicky aplikovaných v telco oblasti.

Další částí analýzy byla identifikace klíčových lokalit s potřebou zajištění konektivity. Z tohoto rozdělení později vychází návrh řešení vyobrazený nadcházejícím obrázkem.

V navazující kapitole byly představeny jednotlivé technické aspekty řešení konektivity, zejména z pohledu výhod a nevýhod. Kapitola dochází k závěru, že i přes výrazný pokrok 5G, je optické připojení stále vhodnější z pohledu všech výkonnostních parametrů. Výrazným úskalím optické sítě je však ekonomický aspekt výkopu, a tak je optické řešení v rámci Smart cities optimálním pouze v případě možné kolokace či využití výkopu pro více účelů zároveň. Z druhého pohledu nabízí 5G více než dostatečné parametry, avšak stále čeká na dostatečnou míru pokrytí (jak geograficky, tak ve smyslu využitého spektra) a dostupnost zařízení. Poslední prozkoumanou technologií byla technologie rádiových spojů bod-bod, která může být případnou alternativou je-li správně implementována.

Na základě všech zmíněných zjištění vznikla následující segmentační mapa, v rámci které bylo město rozděleno do šesti sektorů. Rozdělení proběhlo na základě navržených technologií pro jejich pokrytí. Mapa zahrnuje městské kamerové body a městské instituce.

Obrázek 1: Návrh řešení [Zdroj: GTA]



Návrh jednotlivých technologií vznikl na základě studie podkladů firmy T-Mobile, která ve městě v současnosti buduje optické síť a nabízí možnost vložení mikro trubice do výkopu, což umožní dofouknutí optických kabelů. Na základě zjištění předešlé kapitoly uvádíme, že optická síť nabízí nejlepší výkonnostní parametry, a tak byly sektory na plánované trase T-Mobile označeny pro možné připojení na optickou síť.

Pro oblasti odlehle od budované sítě byly dále zvoleny možné alternativy, a to ve formě rádiových řešení. Pro tyto oblasti byla zvolena kombinace 5G (typicky pro kamerové body) a P2P (typicky pro vzdálené instituce s vyšší kapacitní potřebou).

Pro definované sektory byly zároveň stanovené kapacitní požadavky na základě počtu institucí a kamerových bodů. Pro instituce byla zvolena optimální rychlost 1 Gbit/s (viz cíle Evropské unie) a pro kamerové body rychlost 25 Mbit/s (Rychlost pro rozlišení 4K). Kapacitní požadavky byly porovnány s přenosovými rychlostmi technologií až na úroveň

samostatných vláken (typicky odhadována rezervní možnost využití vlákna pro rychlost 7-8 Gbit/s). Celkové kapacitní doporučení zahrnovalo i nutné rezervy v případě poruchy jednotlivých vláken či dalšího rozvoje.

Cost-benefit analýza

Na základě zkušeností s telekomunikačním trhem byly následně stanoveny odhadované ceny jednotlivých prvků sítě nutných pro zajištění navrhovaného řešení. Výsledkem je následující přehled, který zohledňuje jak vybudování Městské, tak Kamerové sítě v definovaném rozsahu z pohledu jak CAPEX (investiční náklady), tak OPEX (provozní náklady), a nabízí tak rámcový odhad ceny celkového zajištění. Navrhované modelové řešení počítá se „zafouknutím“ 6 000 metrů optických kabelů a provozem radiových služeb (5G a P2P), přičemž investiční náklady na danou infrastrukturu nutnou pro zajištění definovaných služeb jsou 3 665 tisíc Kč a provozní náklady této infrastruktury jsou 139 tisíc Kč měsíčně. Tyto náklady nezahrnují náklady na samotná snímací zařízení (kamery).

Tabulka 1: Náklady capex/opex [Zdroj: GTA]

Investiční náklad (capex)	Jednotka	
Celkem	3 665 000	Kč
Provozní náklad (opex)		
Celkem	138 800	Kč/měsíc

Senzorická síť – IoT síť

Součástí práce je dále i analýza využití senzorické sítě. Tato služba se však lišila zejména v prioritě a očekávání současného řešení, a tak je individuálně rozebrána z koncepčního pohledu v poslední kapitole. Analýza se zaměřuje na možné způsoby využití senzorů, jejichž využití je v rámci Smart cities rozsáhlé, a to zejména díky možnosti sběru a analýzy různých typů dat ve všech oblastech života. Detailně prozkoumán je například projekt Matilda, který se zaměřil na využití chytrých senzorů v rámci veřejného osvětlení. Závěrem vznikl i set základních kroků pro definici požadavků na IoT platformu (IoT řešení).

Akčním a nejbližším krokem v rámci senzorické sítě je zejména vypracování architektury senzorické sítě s rozpadem definovaném dále zejména na definici koncových potřeb a služeb a návazně návrh a výběr optimálního řešení všech vrstev sítě pro zajištění potřeb a služeb města.

3 Úvod



3.1 Úvod do Smart City a 5G

Podstatná část konceptu smart city je založena na internetovém připojení jednotlivých zařízení zlepšujících chod měst pomocí digitalizace, a je tedy přímo závislá na míře dostupné konektivity a souvisejícího zajištění daného města. Zde vstupuje řešení 5G, které, jak bude popsáno v následujících kapitolách, umožňuje za využití bezdrátového připojení zajistit konektivitu pro masivní množství zařízení v okruhu sítě, a zároveň nabízí výrazně vyšší kapacitní možnosti přenosu, což je ve městech klíčové například pro kamerové systémy, a to vše s výrazně nižší latencí než dříve.

Z pohledu zavedení 5G služeb, tentokrát tedy spíše komerčních, byla klíčová nedávaná aukce rádiových kmitočtů v pásmu 700 MHz a 3400-3600 MHz, která umožní operátorům vybudovat vlastní komerční síť a nabízet tak 5G služby jak jednotlivcům, tak soukromým subjektům, včetně měst (zde například funkcionality network slicing). Z druhé strany je pro budoucnost 5G klíčové zajištění dostatečného počtu zařízení schopných přijímat služby 5G tak, aby samotný provoz sítě byl co nejdříve rentabilní a adekvátně využíván.

V rámci již zmíněné aukce převzali dva operátoři závazek pronájmu kmitočtů pro průmyslové účely. V tomto závazku lze pronajmout od operátora kmitočty v pásmu 3400-3800 MHz a provozovat zde své lokální technologické řešení. Nutno podotknout, že pro stejný účel lze využít i jiných licencovaných či nelicencovaných pásem, které ČTÚ nabízí a jsou vhodná pro 5G služby (například 26 GHz).

Z pohledu telekomunikací však 5G není jediným řešením, a v závislosti na typu služeb, lze využít i například optického fixního připojení nebo například komunikačních protokolů IoT. Zavedení optického připojení a jiných fixních technologií je v dnešní době silným tématem, jak v České republice, tak v Evropské unii. Národním cílem, který vychází z cílů Evropské komise, je do roku 2025 splnit následující.

- Zajištění gigabitového připojení pro všechny socioekonomické hráče, respektive školy, transportní uzly, a jiné veřejné služby.
- Přístup k rychlosti alespoň 100 Mbps pro všechny domácnosti s možností upgradu na gigabitové připojení.
- Zajištění 5G připojení pro všechny městské oblasti a zároveň pro hlavní silnice a železnice.

Splnění těchto cílů umožní České republice plně implementovat koncept smart city a stát se tak moderní zemí schopné konkurovat ve všech oblastech, které jsou ovlivněny digitalizací. Mezi odvětví, která nejvíce využijí digitálních možností patří:

- Průmysl
- Energetika
- Doprava
- Multimédia
- Chod města
- Zdravotnictví

3.2 Technologické zajištění

V rámci vytvoření optimálního koncového řešení je důležité vymezit možné technologie a zároveň vysvětlit jejich výhody a nevýhody pro vyjasnění jejich využití či nevyužití v rámci koncového řešení. V této části textu se jedná pouze o rámcový popis technologií, respektive úvod, který bude rozšířen v kapitole níže, která se zabývá popisem jednotlivých kapacitních požadavků, v návaznosti právě na technologie. Z pohledu této analýzy byly definovány následující technologie:

- Optické sítě
- 5G síť
- Rádio bod-bod

3.2.1 Optické sítě

Zahrnutí této technologie spočívá v možnosti využití fyzických kabelů. Optická technologie je ze všech dostupných typů kabelů v současnosti z pohledu kapacity přenosu z daleka nejlepší.

Jednou z klíčových charakteristik optického připojení je vysoká investiční nákladnost, která je však balancována nízkými provozními náklady a vysoce kvalitním připojením. Přenesení nákladů z operačních na čistě investiční je relativně klíčové právě při výstavbě veřejných sítí, a to zejména kvůli typickému způsobu financování jednotlivých projektů.

Z Analýzy stavu rozvoje sítí NGA v ČR vyplývá fakt, že instituce obecně vnímají jako primární problém zavedení připojení náklady operační, nikoliv investiční. Zajištění investičních nákladů je mnohdy možné z dotačních programů, ať už národních či evropských, kdežto každodenní provoz samotných řešení je typicky starostí jednotlivých institucí.

Problematikou optického řešení je nutnost výkopu v oblastech připojení, což v porovnání s ostatními technologiemi znamená mnohem komplikovanější způsob implementace. Tato komplikovanost je mnohdy zhoršena tím, že optimální lokality pro zavedení těchto technologií se nachází v centrech měst, kde provedení výkopu je o to komplikovanější, ať už z pohledu množství budov, tak existence dopravy.

Z pohledu Bíliny (byť bude diskutováno a vyhodnoceno v detailu dále) se jedná o velice validní řešení, a to zejména z důvodu páteřního spojení jednotlivých kamerových úseků, které v současnosti dle strategických dokumentů kapacitně nevyhovuje.

3.2.2 5G síť

5G je nová generace mobilních komunikačních sítí, která plynule navazuje na předchozí technologie telekomunikačních sítí 3G a 4G a částečně s nimi sdílí základní infrastrukturu.

5G technologie poskytuje kvalitativně vyšší parametry pro poskytování datové konektivity, a tím i komunikačních služeb, zejména připojení k internetu. To je umožněno zejména efektivnějším využitím kmitočtových pásem a snížením vzájemné interference. Výsledkem jsou řádově vyšší parametry ve všech výkonnostních aspektech, které jsou uvedeny níže.

- Zvýšení přenosové rychlosti (až do gigabitových úrovní pro jednotlivé uživatele)
- Navýšení počtu koncových uživatelů (kapacita připojit stovky tisíc koncových uživatelů na kilometr čtvereční)
- Velmi nízká doba odezvy – latence (ovládání velkého množství zařízení v reálném čase)
- Aktivní antény umožňující dynamicky měnit intenzitu pokrytí signálem dle aktuální potřeby (téměř 100% pokrytí území signálem)
- Řádově nižší energetická náročnost na přenesený objem dat (až tisícinu energie na přenesený bit než 4G)
- Kombinací předchozích vlastností je docíleno vysoké robustnosti, spolehlivosti a flexibility datové konektivity 5G sítí

Celkově se tedy jedná o technologii přinášející kvalitnější a spolehlivější mobilní konektivitu, která umožňuje rozvoj širokého spektra digitálních služeb a aplikací spojených s vysokorychlostním přenosem dat a připojením k internetu. Přináší nejenom zásadní příležitosti v oblasti zlepšení stávajících aplikací a řešení, ale otvírá i zcela nové možnosti, které byly zatím nepředstavitelné.

Pro základní přehled typových aplikací lze využít 5G trojúhelník:

Obrázek 2: Výhody 5G [Zdroj: Grant Thornton Advisory]



3.2.3 Rádio bod-bod

Využití této technologie je v rámci komplexního řešení dáno zejména tím, že je tato technologie ve města Bílina již z velké části využívána pro připojení jednotlivých kamerových úseků.

Technologie rádio bod-bod je založena na dvou zařízeních schopných, jak vysílat, tak přijímat mikrovlnné spoje mezi sebou. Tato zařízení jsou umístěna v klíčových oblastech, jelikož datový přenos nemá na rozdíl od jiných bezdrátových řešení přesah do okolí. Z tohoto důvodu se jedná o řešení spíše přenosové, respektive umožňuje přenést určité objemy dat z jednoho bodu do druhého a zpět, ovšem neumožní celkové pokrytí oblasti a nezajistí tak připojení mobilních a jiných zařízení využívaných právě v konceptech Smart City.

Tato technologie může představovat relativně cenově nízké řešení, jelikož vyžaduje pouze zapojení dvou zařízení v těchto bodech a za využití nelicencovaných pásem nepožaduje žádný poplatek. Z pohledu provozních nákladů se nejedná o nejlevnější řešení, vzhledem k vysoké energetické spotřebě jednotlivých zařízení pro přenos dostatečných datových toků.

Z pohledu kapacitních se také nejedná o optimální řešení, byť tato technologie umožňuje relativně vysoké přenosy dat, je vždy závislá na šířce využitého pásma, což samo o sobě může být limitem, a široký pásmový přenos zároveň vyžaduje zařízení s daleko vyšším výkonem, čímž se výrazně zvyšují provozní náklady.

Z pohledu města Bílina se dle současné zkušenosti nejedná o optimální řešení, jelikož nesplňuje jejich současné nároky na přenosové kapacity a zároveň je vnímána jako velice nestabilní. Cílem této analýzy je právě i vyhodnocení současného řešení a případná identifikace uzlových oblastí, respektive důvody, proč je v současnosti tato technologie, která má své aplikační využití, vnímána negativně.

4 Popis postupu analýzy



4.1 Úvod

V návaznosti na zadání a požadavky konkrétních měst je analýza možnosti implementace 5G sítí ve městě Bílina upravena tak, aby vzhledem k danému zadání odpovídala adekvátně na požadavky města. V tomto ohledu je následující analýza rozdělena na dva kroky. Prvním krokem je definice požadavků (poptávky). Cílem je mít rámcový popis provozovaných služeb, potřebných kapacit a rozdělení města do adekvátních celků se zohledněním současné situace výskytu technologií. Současný výskyt technologií, tedy nabídka v tomto pojetí definuje zejména existující technologické řešení, jejich rozvoj do budoucna a návrh technologického řešení pro zajištění požadované poptávky služeb. V posledním kroku je provedena cost-benefit analýza daného navrhovaného technologického řešení.

Obrázek 3: Postup řešení projektu [Zdroj: GTA]

Poptávka



Nabídka



4.2 Předmět poptávky

Analýza možností implementace 5G sítí ve městě Bílina je provedena zejména s ohledem na využití následujících oblastí, ve kterých nabízí 5G možnosti vylepšení technologického profilu města a které mohou významnou měrou přispět k celkově efektivnějšímu řízení a fungování města:

- kamerová síť,
- senzorová síť,
- městská síť.

Využívání pokročilých a vzájemně komunikujících kamerových sítí je světovým trendem a populárním nástrojem podpory klíčových městských služeb a systémů. Jedná se o jeden ze základů chytrého řízení města, na jehož základě je možné budovat další části řídicí infrastruktury. Současný stav kamerových systémů, plány budoucího vývoje města v této oblasti a kontext daný možnostmi a preferencemi města jsou základními determinanty charakteru a výstupu analýzy možností implementace technologií ve městě.

Dalším základním pilířem funkčnosti chytrých systémů řízení města využívajících sítě 5G je pokročilá senzorická síť (která sice není závislá na technologii 5G, avšak může díky této technologii dosáhnout nových rozměrů). Šíře jejího pokrytí a komunikace s dalšími systémy přímo určuje průnik digitální infrastruktury do života města a její vliv do městských ekosystémů. Na základě současné situace ve městě a jeho plánů do budoucna je pracováno s možnostmi a potenciálně implementovatelnými návrhy řešení vybudování této infrastruktury.

Městské sítě jsou obecným a populárním trendem současnosti v řízení měst a obcí. Digitalizace většiny procesů využívaných pro efektivní řízení města nabízí široké možnosti, jak zvýšit efektivitu těchto procesů, jak eliminovat přílišná provozní, zdrojová a další rizika nebo jak optimalizovat městské procesy na mnoha úrovních s cílem minimalizovat nákladovost města nebo projev jeho zásahů do života svých obyvatel.

Součástí zadání je i analýza na úrovni senzorické sítě. S ohledem na požadavek zadavatele je tato kapitola zpracována separátně na konci dokumentu, tak aby nabízela kýžený vhled do problematiky a případně náměty možného využití.

Dále je analyzován současný plán fungování kamerové sítě a městské sítě, tak jak je navržena v dokumentu MKDS, popřípadě jiných dokumentech či představena hlavními stakeholdery města. Tento návrh je zde popsán a doplněn o plán budoucího rozvoje.

Nedílnou součástí je i pohled GTA a námět na případný rozvoj městské a kamerové sítě mimo zjištění z MKDS. Jde zejména o pokrytí měkkých cílů kamerovým systémem, respektive oblastí se zvýšenou koncentrací obyvatel, či oblastí se zvýšenou pravděpodobností kriminality (např. sportoviště, kulturní objekty, restaurační zařízení, nádraží a další).

4.3 Kapacita sítě

Na základě sumárního shrnutí očekávaného rozvoje služeb je provedena jejich definice vlastností v daných oblastech a nápočet potřebných kapacit dané jedné služby. Díky tomuto iniciálnímu výpočtu lze rozdělit město do homogenních celků, kde bude možné zajistit jednou technologií dostatečnou kvalitu požadovaných služeb. Podstatnou součástí je zvážit výhledové možnosti rozvoje a bezpečnostní kapacity tak, aby byl zajištěn bezpečný a nepřerušovaný provoz.

4.4 Segmentace

Návrh technologického řešení pracuje se segmentací, a tak je tedy město rozděleno do několika segmentů/oblastí, a v každé oblasti definován požadavek na danou technologii daný výskytem služeb.

4.5 Analyzujeme současnou situaci (technologické zázemí)

Pochopení současného stavu města z hlediska vybavenosti technologiemi a nástroji na jejich implementaci do chodu města, připravenosti města na uvedení nových řešení do provozu a současné fáze plnění strategických rozvojových plánů města je klíčové pro zasazení analýzy možností implementace 5G sítě ve městě Bílina do kontextu aktuálních podmínek a výhledu do budoucna.

Již existující řešení jsou analyzována tak, aby poskytla co nejdetailnější obraz současné skutečnosti. Ten je důležitý k pochopení fáze technologického vývoje, ve kterém se město v současnosti nachází, s ohledem na něj jsou navrhována řešení požadovaných okruhů uplatnění technologie a další možnosti jejich rozvoje a plánování s ohledem na možnosti a plány města. Současná situace do značné míry determinuje první kroky, které bude město činit v rámci implementace schválených řešení a v rámci obecného technologického rozvoje směrem k naplnění svých cílů. Tyto první kroky jsou klíčové pro rychlost, směr a šíři záběru vývoje, jaké bude město schopno dosáhnout v daných časových horizontech a za alokované zdroje. Proto je analýza současné situace, z níž bude město a doporučené kroky vycházet, klíčová.

4.6 Analýza možných technických řešení

Dále jsou analyzovány technické aspekty jednotlivých řešení, jejich výhody a nevýhody. Nedílnou součástí je i nákladovost jednotlivých řešení, tak aby bylo možné do budoucna provozovat velmi kvalitní a bezpečnou městskou síť s ohledem na ekonomičnost daného řešení.

Uvažovány jsou jak optické technologie, tak technologie rádiové. Zahrnutí optických technologií hraje zejména roli z důvodu požadavků daných městem (MKDS). Mez uvažované rádiové technologie patří P2P a zejména 5G jako jedna z technologií budoucnosti.

4.7 Návrh optimálního řešení, včetně doplnění o cost-benefit analýzu a o vlastnosti sítě

Závěrem je návrh adekvátního řešení městské sítě tak, aby byly zohledněny jak požadavky služeb (dané vlastností služby), tak technologické možnosti. Navržené optimální řešení zohledňuje lokální aspekty vlastností dané služby. Součástí je i rámcová cost-benefit analýza, která představí řádový odhad nákladů potřebných pro technologické zajištění fungování městské sítě a kamerové sítě.

Zároveň je v případě možnosti nabídnuta alternativa. Byl vytvořen nápočet cost-benefit analýzy pro realizaci vlastní optické sítě (vlastní výkop). V případech realizace P2P sítě je nabídnuto alternativní řešení, které je realizovatelné vzhledem k bezpečnostním a provozním požadavkům.

5 Specifikace potřeb města Bílina – Současný stav



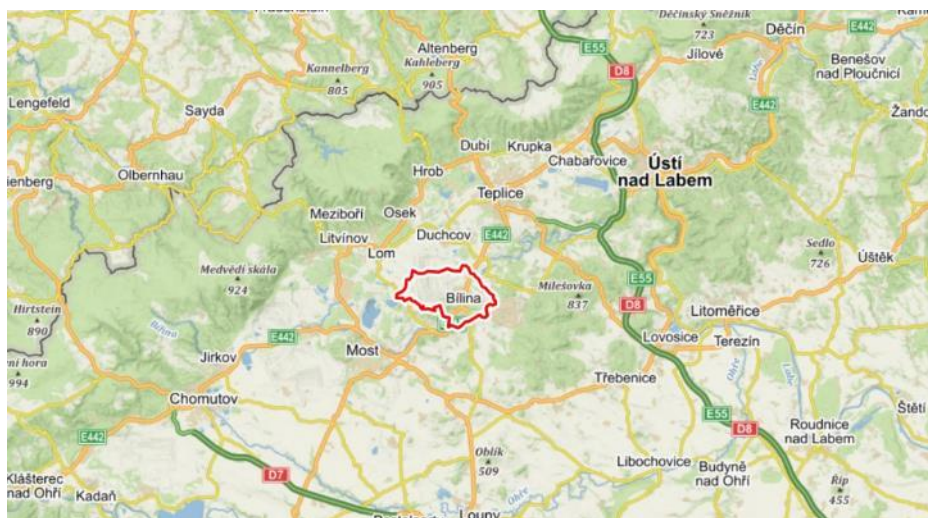
5.1 Úvod

V kapitole níže je definován kontext města tak, aby byly vymezeny základní proměnné parametry a charakteristiky potřeb města. Z popisu vyplývá zejména potřeba kamerového systému pro účel zvýšení bezpečnosti a omezení nadprůměrné kriminality. Zároveň je podstatný rozvoj městské sítě pro účely realizace záměrů Smart City, udržení tempa rozvoje a zajištění adekvátní konkurenceschopnosti města.

5.2 Kontext města

Město Bílina se nachází v severních Čechách, v Ústeckém kraji, okrese Teplice na stejnojmenné řece Bílině. Město má rozlohu 32,41 km² a žije zde zhruba 17 000 obyvatel. Je přirozeným centrem osídlení celé jihozápadní části teplického okresu. Poloha na hlavním silničním a železničním tahu mezi Mostem a Teplicemi činí z Bíliny jedno z hospodářských center Ústeckého kraje. Významnou součástí města jsou lázně Kyselka s udržovaným lesoparkem a nedalekým koupalištěm. V okolí se nachází jeden z největších povrchových hnědouhelných dolů a řada průmyslových podniků (elektrárna, sklárny a další).

Obrázek 4: Lokality města Bílina [Zdroj: Mapy.cz]



Území města je rozděleno na dvě základní funkční části – obytnou, rozprostírající se v údolích a na svazích dynamického terénu nad nimi, a výrobní, bezprostředně navazující na část obytnou na severu a severozápadě. Obdobně je město možné rozdělit do šesti částí obce: Bílina, Chudeřice, Mostecké Předměstí, Teplické Předměstí, Pražské Předměstí, Újezdské Předměstí. Dle typu výstavby a využití lze ve městě identifikovat celkem pět zón: historická, obytná, průmyslová, lázeňská a průjezdní komunikace.

Obrázek 5: Vyobrazení charakteristických zón ve městě [Zdroj: Koncepce rozvoje veřejného osvětlení ve městě Bílina]



5.2.1 Smart City Bílina

Vize Smart City města Bílina byla definována takto: „*Město Bílina kontinuálně rozvíjí kvalitu života svých občanů a rozvíjí pulsující, bezpečné město pro volný čas, kvalitní bydlení a podnikatelské prostředí s vysokým standardem služeb. Využívá moderních technologií a inovativních přístupů nejen pro rozvoj města, ale také pro rozvoj občanské společnosti – s ohledem na historii města a v souladu s tradicemi.*“¹

Na základě stanovené vize principů Smart City si město Bílina definovalo následující cíle:

- zvýšení bezpečnosti a oživení veřejného prostoru
- optimalizace dopravní situace ve městě
- efektivní implementace technologických řešení
- zvýšení kvality poskytovaných služeb města a městského úřadu
- zvýšení kvality veřejného prostoru pro trávení volného času obyvatel
- rozvíjení infrastruktury města
- zvýšení atraktivity města pro turisty i obyvatele
- posílení energetické efektivity a soběstačnosti města
- motivování obyvatelů participovat na veřejném dění a rozhodování
- vytvoření kvalitních podmínek pro bydlení
- podpora a rozvíjení místní ekonomiky a podnikatelského prostředí
- zvýšení bezpečnosti informací a datových toků.²

Pro postupné naplňování vize a cílů města bylo definováno celkem devět oblastí rozvoje: veřejná správa, infrastruktura, doprava, služby, životní prostředí, územní rozvoj, občanská společnost, bezpečnost a data. Na základě průzkumů a analýz byly následně vybrány čtyři prioritní: doprava, bezpečnost, veřejná správa a životní prostředí (energetika).

¹ <https://www.bilina.cz/cs/mesto-bilina/strategicke-dokumenty-mesta/strategie-smart-city.html>

² <https://www.bilina.cz/cs/mesto-bilina/strategicke-dokumenty-mesta/strategie-smart-city.html>

V rámci zde navrhovaných řešení městské a kamerové sítě dochází k přímému naplnění těchto bodů:

- zvýšení bezpečnosti a oživení veřejného prostoru – kamerový systém a dostatečná kapacita infrastruktury napomůže zvýšení bezpečnosti ve městě
- efektivní implementace technologických řešení – samotný výskyt městské sítě umožní efektivní implementaci technologických řešení včetně možnosti implementovat tato řešení do městských institucí (do napojených institucí)
- rozvíjení infrastruktury města – výstavbou městské sítě dojde k rozvoji jedné z druhů infrastruktur (informační/síťová)
- zvýšení bezpečnosti informací a datových toků – vytvoření jednotné a centrálně řízené městské sítě napomůže vzniku informačně a datově bezpečného prostoru města

Dále může nepřímo dojít k naplnění následujících:

- zvýšení kvality poskytovaných služeb města a městského úřadu – v rámci napojení městských institucí na jednotnou síť a případné propojení jednotnou interní sítí může dojít ke zvýšení kvality poskytovaných služeb, možnosti poskytování těchto služeb napříč městem a samotné zlepšení pozice města co do poskytování služeb občanům ve srovnání s ostatními městy v ČR/EU
- zvýšení kvality veřejného prostoru pro trávení volného času obyvatel – zvýšením bezpečnosti (snížení kriminality) a zavedením kapacitních sítí může dojít ke zlepšení veřejného prostoru pro trávení volného času
- vytvoření kvalitních podmínek pro bydlení – samotné zvýšení bezpečnosti může zlepšovat kvalitu bydlení ve městě

V rámci zřízení senzorické sítě může dojít k naplnění následujících cílů města:

- zvýšení bezpečnosti a oživení veřejného prostoru – vznikem senzorické sítě a nasazením adekvátních senzorů může dojít ke zvýšení nejen bezpečnosti, ale také k oživení samotného veřejného prostoru ve smyslu kvality prostředí
- optimalizace dopravní situace ve městě – některá senzorická řešení mohou napomoci řešení dopravní situace ve městě, a to jak na úrovni například parkování, tak například na úrovni snižování provozu či vyhodnocování bezpečnosti (bezpečné přechody a podobně)
- efektivní implementace technologických řešení – vznik jednotného interního IoT/senzorického ekosystému, který umožní variabilní přidávání aplikací/senzorů podle potřeby bez omezení technologií
- zvýšení kvality poskytovaných služeb města a městského úřadu – samotná senzorická síť, pokud je adekvátně aplikačně uchopena, umožní zvyšování druhu a kvality dodávaných služeb měst občanům (senzory osvětlení, kvalita ovzduší, parkovací senzory, dynamický/efektivní svoz odpadu a další řešení)
- rozvíjení infrastruktury města – vznikem senzorické sítě dojde k rozvoji jedné z druhů infrastruktur (informační/síťová)

6 Specifikace potřeb města Bílina – Technologický popis města



6.1 Úvod

Pro vytvoření koncového smart city řešení je z ekonomického pohledu klíčové nejprve identifikovat již existující řešení. Cílem této kapitoly je popsat současnou situaci města z pohledu jednotlivých technologií a zároveň z pohledu zařízení či budov, které musí být v rámci koncového řešení připojeny. Vytvoření tohoto přehledu nám umožní navázat, respektive zohlednit současné řešení při tvorbě budoucího doporučení. Druhým přínosem je zjištění současných kritických oblastí, a to zejména z kapacitního pohledu.

V analýze současného stavu se zaměřujeme zejména na Městskou a Kamerovou síť, které byly definovány ve strategických dokumentech města Bílina a představeny v předchozích kapitolách. Tato kapitola opomíjí senzorickou síť, jelikož je tato síť v dnešní době spíše konceptem budoucím. Koncept a doporučení senzorické sítě jsou samostatně rozpracovány v kapitole 13.

6.2 Konektivita

Na základě zmapování Stavů pokrytí NGA v ČR, které proběhlo na přelomu roků 2018 a 2019, byl vytvořen přehled konektivity ve městě Bílina, který umožní analyzovat současnou situaci místního trhu internetového připojení. Následující tabulka nabízí shrnující pohled na konektivitu lokálních ZSJ.

Tabulka 2: Shrnutí konektivity v Bílině [Zdroj: Veřejná konzultace]

Kategorie	Celkový počet ³
Celkem adresních míst (AM)	3220
Pokrytých adresních míst AM (PAM)	1496
Adresních míst v obytných budovách (OBAM)	1569
Počet bytů v OBAM	7095
Pokrytých adresních míst z OBAM (POBAM)	1219
Počet bytů v POBAM	6578

První zarážející informací je pokrytí pouze 1 496 adresních míst z 3 220 dostupných. Z pohledu pokrytí obytných adresních míst v obytných budovách (OBAM) je poměr výrazně lepší s tím, že 1 219 z 1 569 OBAM je pokrytých.

Dále byl proveden následující přehled jednotlivých ZSJ z pohledu počtu operátorů. Tento přehled nabízí částečný pohled na pokrytí jednotlivých základních sídelních jednotek jednotlivými technologiemi a zároveň poukazuje na určitou úroveň soutěživosti. Pro větší přehlednost byly zahrnuty pouze ZSJ s existujícím Adresním místem v obytných budovách (OBAM). Z těchto vynechaných ZSJ byla vybranými technologiemi pokryta pouze Elektrárna Ledvice, a to bezdrátovou sítí.

Tabulka 3: Poskytovatelé konektivity [Zdroj: Veřejná konzultace⁴]

ZSJ název	Provozovatelé celkem	Provozovatelé - Optická síť	Provozovatelé - Metalická síť (párové vodiče)	Provozovatelé - Metalická síť (koaxiální)	Provozovatelé - Bezdrátová síť
Bílina-střed	7	2	1	1	4
Chlum	4	0	1	1	2
Chudeřice	5	2	1	0	2
Doly Bílina-Břežanky	2	0	0	0	2
Hradiště	2	0	1	0	1
Lázně Kyselka	2	0	1	0	1

³ Data 2018

⁴ <https://www.verejnakonzultace.cz/verejna-konzultace-2019-2/mapa/>

ZSJ název	Provozovatelé celkem	Provozovatelé - Optická síť	Provozovatelé - Metalická síť (párové vodiče)	Provozovatelé - Metalická síť (koaxiální)	Provozovatelé - Bezdrátová síť
Mostecké Předměstí	7	1	1	1	4
Nádraží	5	0	0	0	5
Na Větráku	1	0	0	0	1
Na Výsluní	4	0	0	0	4
Pod Bořeněm	1	0	0	0	1
Pražské Předměstí	8	1	2	1	4
Srbsko	7	1	2	1	3
Teplické Předměstí	7	1	2	1	3
Újezd	8	1	1	1	5
U nádraží	5	1	1	1	3
Za Chlumem I	7	2	2	1	2
Za Chlumem II	5	1	1	1	2

Z tabulky vyplývá, že z vybraných technologií jsou dominantní právě bezdrátové sítě, které ve většině základních sídelních jednotek nabízí více než jeden provozovatel. V některých případech je poskytovatelů i více, s největším počtem 5 poskytovatelů v ZSJ Nádraží a ZSJ Újezd.

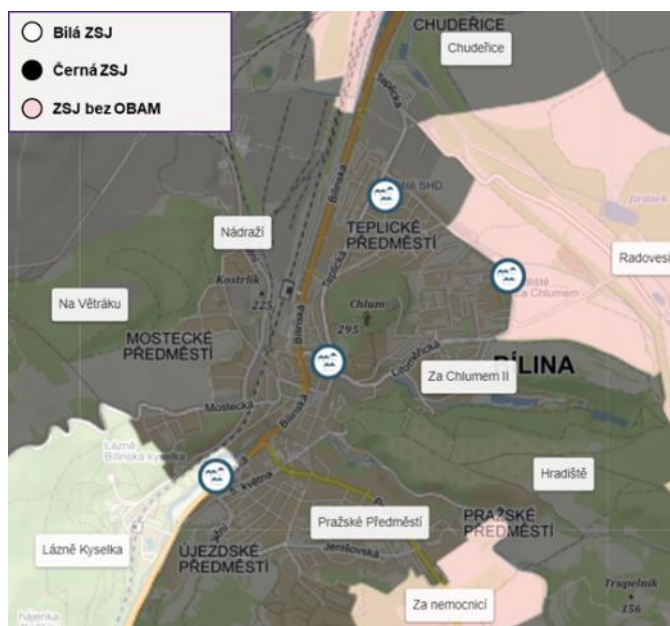
Kabelové sítě jsou z pohledu počtu poskytovatelů výrazně méně pokryté. V pěti základních sídelních jednotkách se dle průzkumu nenachází ani jeden provozovatel kabelových sítí. Nutno dodat, že v některých z těchto ZSJ je velice malé množství obytných adresních míst, jako například v ZSJ Doly Bílina-Břežánky, kde se nachází pouze 6 adresních míst. Ze všech kabelových technologií jsou nejvíce využity metalické párové vodiče, respektive technologie xDSL, typicky využívající existujících telefonních kabelů. Vzhledem k původnímu využití párových kabelů pro telefonní služby je tato technologie běžně nejvíce rozšířenou a nejedná se tak o zvláštní situaci.

Z pohledu koaxiálních a optických sítí, které typicky umožňují vyšší přenosové rychlosti než xDSL, je počet poskytovatelů nižší. U obou technologií platí, že žádné ZSJ není pokryto více než dvěma poskytovateli a zároveň nejčastěji ZSJ nepokrývá ani jeden poskytovatel.

V následující mapě jsou barevně zobrazeny úrovně pokrytí NGA sítěmi (New Generation Access) jednotlivých oblastí, nezávisle na technologii. Rozdělení do černých a bílých míst je metodou pro určení konektivity a zároveň konkurence v dané lokalitě. Zařazení provozovatele do kategorie poskytujících v dané lokalitě bylo podmíněno více než 50 % pokrytím dané ZSJ.

- Bílá místa označují ZSJ, které nepokrývá žádný poskytovatel.
- Šedivá místa označují ZSJ, které pokrývá pouze jeden poskytovatel.
- Černá místa označují ZSJ, které pokrývá více než jeden poskytovatel.

Obrázek 6: Mapa černých a bílých míst [Zdroj: Veřejná konzultace]

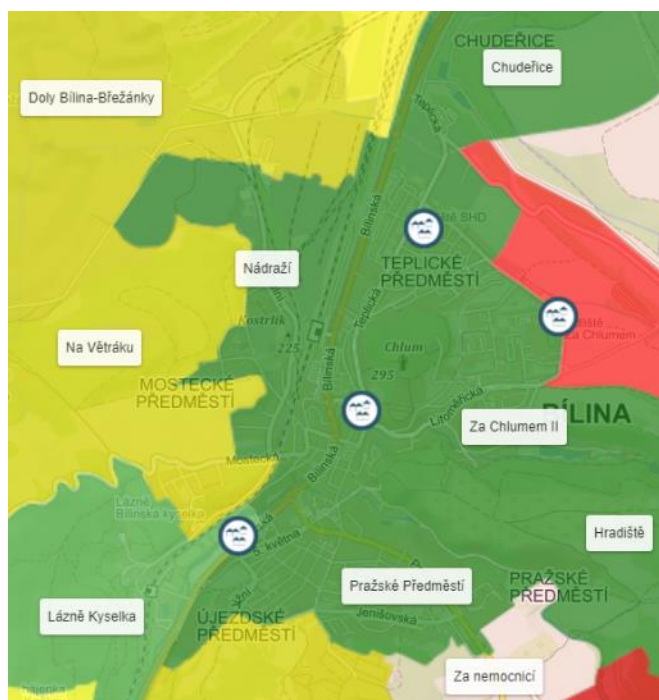


Obrázek jen dále potvrzuje a vizualizuje informaci, kterou jsme zjistili v tabulce výše, a tedy to, že veškeré oblasti s adresním místem jsou pokryty alespoň jedním provozovatelem.

Pokrytí jednotlivých lokalit bylo dále analyzováno i z pohledu přenosových rychlostí.

- Zelená: 100+ Mbit/s
- Žlutá: 30+ Mbit/s
- Červená: <30 Mbit/s

Obrázek 7: Konektivita dle rychlostí [Zdroj: Veřejná konzultace]



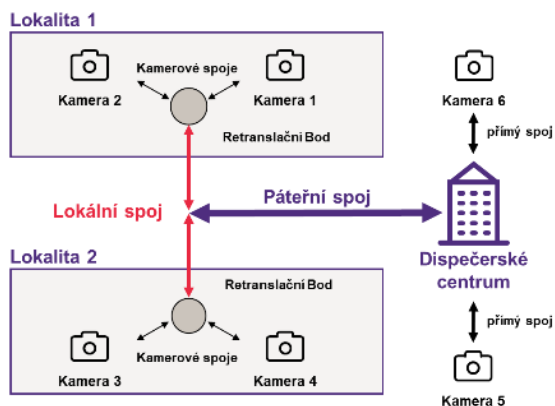
Z obrázku vyplývá, že velká většina obytných adresních míst je pokryta rychlostí alespoň 100 Mbit/s. Výjimkou je ZSJ Na výsluní v rámci Mosteckého předměstí, které v současnosti nabízí rychlosti pouze 30+ Mbit/s. Jedním z důvodů je právě nedostupnost kabelových technologií v této ZSJ, jak je vidět v úvodní tabulce.

6.3 Současné technologické zajištění

6.3.1 Mikrovlnné spoje bod-bod

V současné době je celý přenos kamerových systémů založen na technologii bod-bod. V tomto kamerovém systému jsou následující čtyři klíčové prvky sítě, které připojují jednotlivé kamery k dispečerskému centru.

Obrázek 8: Bod-bod řešení [Zdroj: GTA]



Páteřní spoj – Jedná se o čtyři primární spoje, které spojují veškeré ostatní prvky sítě k centrálnímu bodu, respektive k monitorovacímu centru. Tento spoj je tedy kapacitně nejnáročnější a zároveň je na těchto spojích závislý celý kamerový systém.

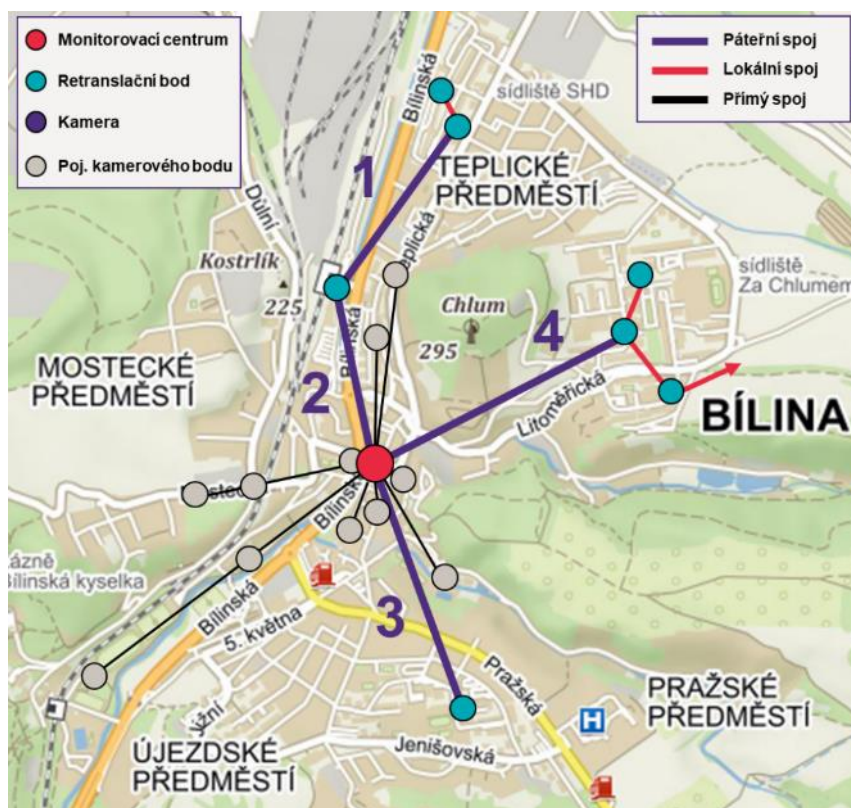
Lokální propoj – Jedná se o připojení více retranslačních bodů. Slouží k centralizaci dat z jednotlivých retranslačních bodů v lokalitě a umožňuje tedy koncový přenos veškerých dat přes páteřní spoj.

Retranslační bod – Tento bod centralizuje data kamer v lokalitě. Jedná se o předposlední prvek sítě, před koncovým připojením ke kameře.

Kamerový spoj – Jedná se o koncové připojení kamery, respektive spoj mezi posledním prvkem sítě a samotnou kamerou. Poslední prvek sítě je ve většině případů retranslační bod, ovšem některé kamery jsou zapojené i do vyšších prvků sítě.

Zmapování jednotlivých prvků point to point sítě je zobrazeno následujícím obrázkem.

Obrázek 9: Současné Bod-bod řešení [Zdroj: Studie rozvojového potenciálu MKDS Bílina + GTA]



Z pohledu potřebných kapacit jsou klíčové zejména páteřní sítě, které byly v rámci obrázku číselně označeny a jejichž technické specifikace jsou znázorněny níže.

Tabulka 4: Přehled Bod-bod spojů Bílina [Zdroj: Studie rozvojového potenciálu MKDS Bílina]

Páteřní síť	Trasa	Duplex	Pásmo	Kapacita
1	Teplická – Nádraží	Half – duplex	10,5 GHz	300 Mbps
2	Nádraží – MěÚ	Half – duplex	9 GHz	300 Mbps
3	Aléská – MěÚ	Half – duplex	9 GHz	300 Mbps
4	Za Chlumem – MěÚ	Full – duplex	17 GHz	850 Mbps

Z uživatelského pohledu jsou důležité zejména dva aspekty, a to duplexní typ a kapacita přenosu. V obou aspektech se od ostatních v těchto kategoriích liší pouze páteřní síť číslo 4, která umožňuje výrazně větší kapacitu přenosu (850 Mbit/s), a zároveň umožňuje takzvaný full-duplex, respektive obousměrný přenos dat ve stejný moment. Half-duplex využitý u ostatních páteřních sítí také umožňuje obousměrný přenos, avšak ne současně.

Využití full-duplexu, respektive současného přenosu dat oběma směry, může být klíčové zejména v situacích, kdy monitorující osoba sleduje živý obraz a zároveň dálkově ovládá směr kamery nebo přiblížení. Toto využití však není nutností, ale spíše vítaným benefitem, a tudíž z pohledu kamerového systému není full-duplex nutností. Základě pohledu rozvoje a inovací MKDS je v případě ponechání P2P radiové sítě preferován.

Z pohledu přenosových kapacit, které budou diskutovány v následujících kapitolách, je rychlost sítě 850 Mbit/s výrazně lepší možností.

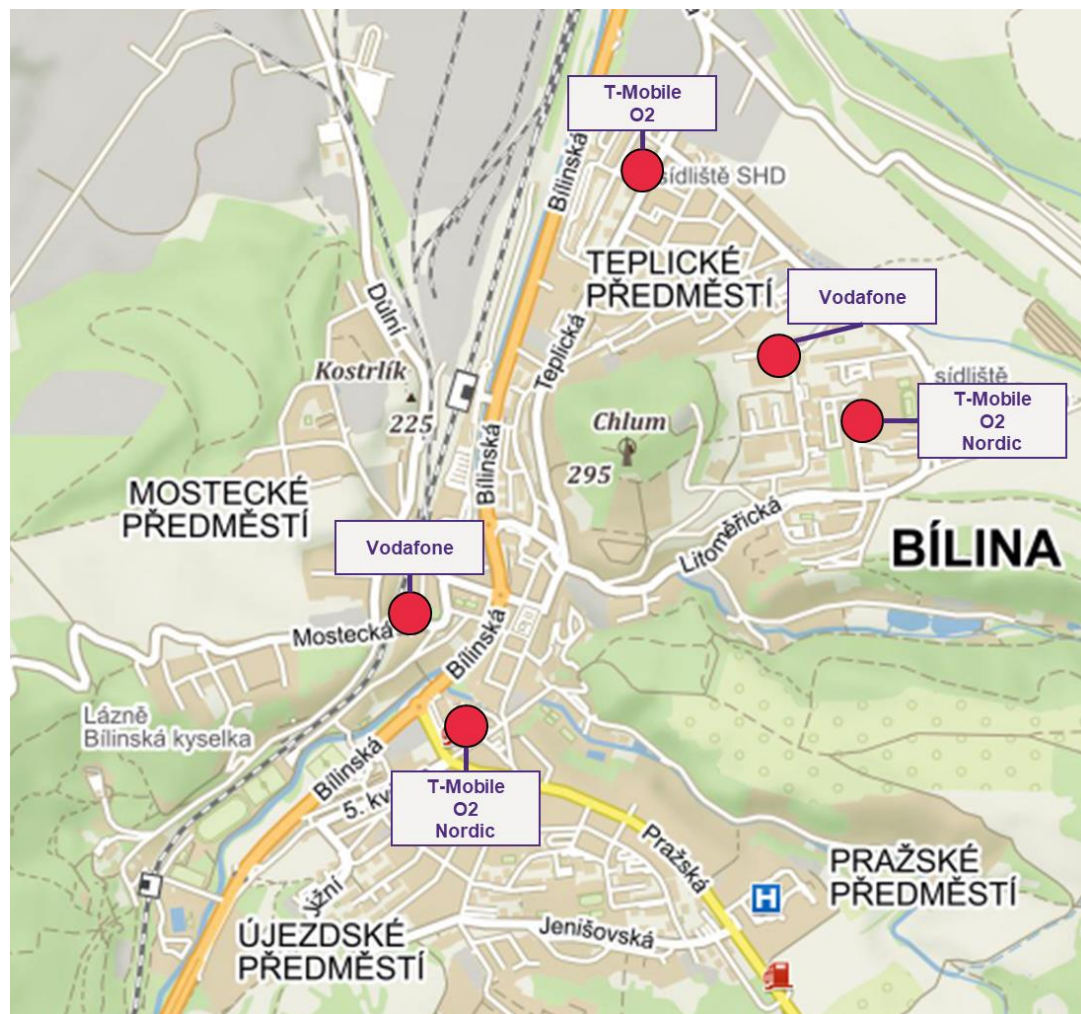
Vzhledem k tomu, že tato technologie nabízí pouze fixní služby, respektive služby pouze ve dvou vybraných bodech, jsou jiná než zmíněná využití omezená. V rámci senzorické sítě je využití této technologie závislé na jiných technologiích neboli pont to point může teoreticky sloužit pouze jako distribuční bod, ze kterého bude síť šířena do blízkého okolí například za využití 5G.

Aktuální stav města, s omezeným počtem vysokorychlostních mikrovlnných spojů a přeplněnými kapacitami, však reálně neumožňuje ani tento scénář. Kapacitní problémy by nastaly i při využití mikrovlnných spojů pro městskou síť, byť v tomto případě z pohledu pokrytí škol a jiných veřejných budov není síť závislá na jiných technologiích.

6.3.2 Bezdrátové sítě

V rámci zmapování jednotlivých dostupných technologií ve městě byl dále proveden průzkum pokrytí bezdrátových technologií. Na základě informací GSM webu byly následujícím obrázkem vyobrazeny lokální BTS (Base transceiver station), které umožňují vysílání bezdrátových technologií do okolí.

Obrázek 10: BTS pokrytí Bílina [Zdroj: GTA podle GSMweb.cz]



V rámci města Bílina se nachází pět BTS stanic, které umožňují plně pokrýt místní okolí. Tento fakt částečně potvrzuje informaci o poskytovatelích jednotlivých technologií v rámci kapitoly konektivity, kdy bylo zjištěno, že primární technologií, která je dostupná ve všech ZSJ s adresním místem, je bezdrátová, a to chápána jako FWA, tak jako FIX LTE.

Dosažené pokrytí bezdrátovými sítěmi, umožněné právě těmito vysílacími stanicemi, je znázorněno následujícím obrázkem, který byl získán na základě veřejné konzultace.

Obrázek 11: Bezdrátové pokrytí [Zdroj: Veřejná konzultace]



Z obrázku je patrné, že bezdrátové sítě plně pokrývají celé město.

Součástí města Bíliny je provoz veřejné bezdrátové sítě (WIFI) financované v rámci dotačního programu WiFi4EU. Samotný grant definoval minimální požadavky každého instalovaného přístupu, které je každý instalovaný přístupový bod povinen dle podmínek grantu splňovat:

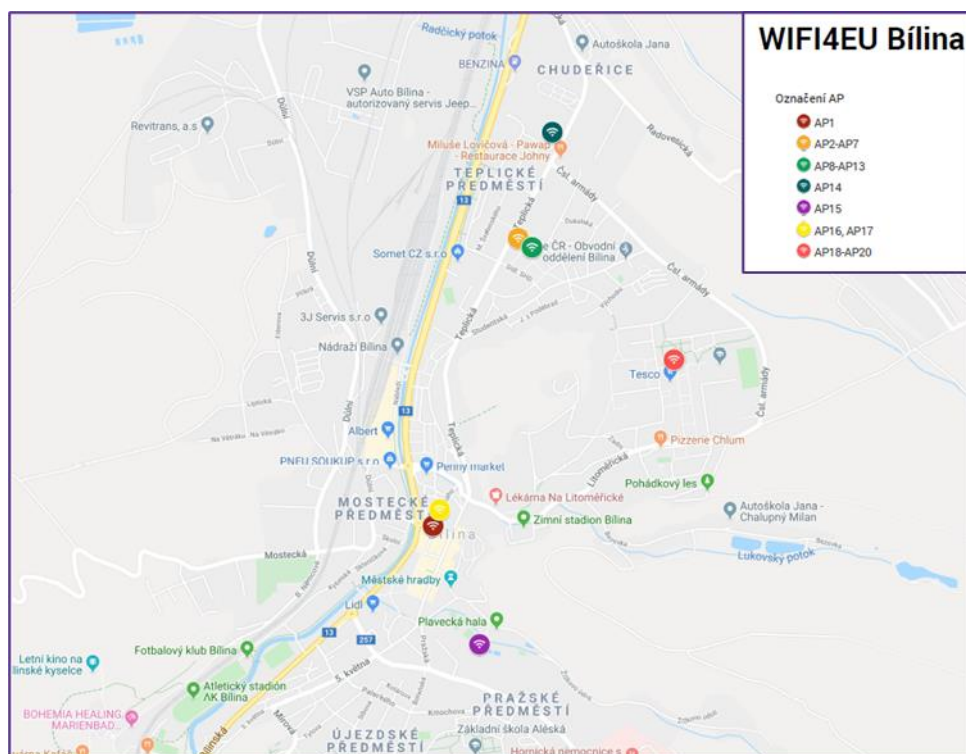
- Souběžné dvoupásmové (2,4GHz – 5GHz) připojení
- Podpůrný cyklus delší než 5 let
- Střední doba mezi poruchami v délce alespoň 5 let
- Souběžné připojení 50 uživatelů bez zhoršení výkonnosti
- Alespoň 2x2 MIMO které je potřeba plnit po dobu trvání projektu.
- Technicky pak musí řešení vyhovovat požadavkům norem IEEE 802.1x, IEEE 802.11ac Wave I, IEEE 802.11r, IEEE 802.11k, IEEE 802.11v, Hotspot 2.0 (certifikační program Passpoint sdružení Wi-Fi).

Nedílnou povinností je i provoz autentifikačního portálu přes která bude uživatel přesměrován do internetu.

V rámci výstavby byl za dodavatele (nejvýhodnějšího dodavatele veřejné zakázky) vybrána pro část A (dodávka a instalace zařízení vč. nastavení funkčnosti) společnost SOFTEX NCP, s. r. o., Most, a pro část B (zajištění internetového připojení na období 36 měsíců) společnost O2 Czech Republic, a. s., Praha.

Samotná WIFI síť byla soutěžena podle podmínek veřejné zakázky v oblastech (jak lze vidět i níže v mapě): Mírové náměstí (AP1), dům s pečovatelskou službou v ulici Havířská 582 (AP2-7), dům s pečovatelskou službou v ulici Havířská 583 (AP8-13), dětské hřiště v Teplické ulici (AP14), Zelená hala (AP15), Městské divadlo (AP16-17) a Kulturní dům Fontána (AP18-20).

Obrázek 12: WIFI4EU Bílina [Zdroj: Dokumentace veřejné zakázky města Bíliny na WIFI4EU]



V návaznosti na technologii 5G a Smart cities vznikla snaha zjistit současný stav právě 5G sítí. Partner projektu O2 spustil 5G síť v městě Bílina stejně jako například společnost Vodafone. Z webových stránek poskytovatelů vyplývá, že již dnes 5G sítí pokrývají významnou část města.

V rámci spolupráce s partnerem projektu společností O2 došlo k následujícím aktivitám, co se 5G týká:

- Pro první fázi pilotního ověření technického řešení bylo dohodnuto využití technologie WTTx, jednak s ohledem na již dostupné pokrytí v jedné z předmětných lokalit a jednak proto, že v daném okamžiku nebylo na trhu k dispozici odpovídající HW vybavení ve specifikaci 5G pro připojení kamer.
- Na konci listopadu byly spuštěny první vysílače plnohodnotného signálu 5G NR v pásmu 3700 MHz, kterým byly pokryty cca 2/3 Bíliny. Dne 4.12.2020 byla tato skutečnost oficiálně, za účasti zástupců MPO, MMR a MV, oznámena a předvedena představitelům města.
- Společnost O2 zpřístupnila síť 5G po jejím spuštění formou veřejně dostupné služby svým zákazníkům v souladu se svými obchodními podmínkami.

Obrázek pokrytí 5G sítí firmou O2 je znázorněn následujícím obrázkem.

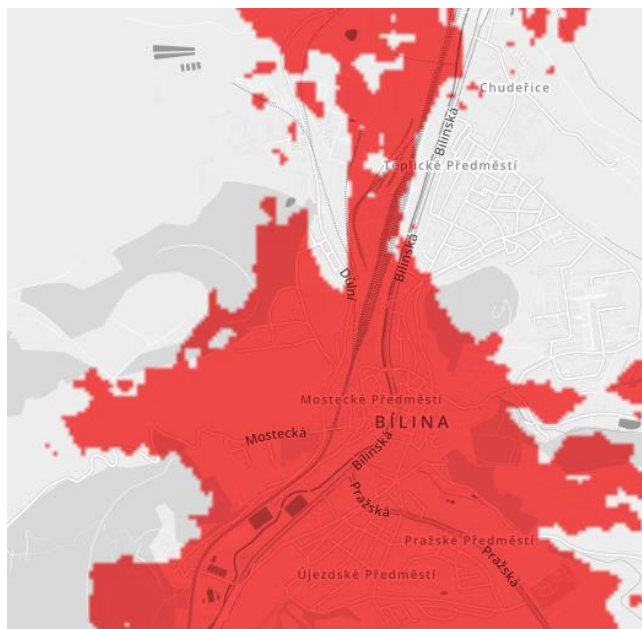
Obrázek 13: Pokrytí 5G O2 [<https://www.o2.cz/osobni/mapa-pokryti>]



Z obrázků vyplývá zejména nepokryté teplické předměstí, které však může být v budoucnosti bez významných komplikací pokryto, vzhledem k přítomnosti BTS stanice v relativní blízkosti (Viz obrázek výše ohledně BTS stanic). Možnost pokrytí lze vyčíst i z překrytí map pokrytí 4G technologií na zmíněném odkaze webu partnera projektu O2.

Podobné pokrytí nabízí, dle svých webových stránek, i společnost Vodafone. I v tomto následujícím obrázku vidíme nepokrytou východní část Teplického předměstí s tím, že severozápadní část města je v tomto případě z velké části pokryta. Nepokryté je pak v tomto případě Sídliště za Chlumem.

Obrázek 14: Pokrytí 5G Vodafone [Zdroj: <https://www.vodafone.cz/mapa-pokryti/>]



6.3.3 Fixní sítě

V neposlední řadě byly identifikovány fixní sítě, které byly rozděleny do dvou kategorií:

- optické sítě,
- metalické sítě.

Metalické sítě v tomto případě zahrnují jak koaxiální, tak párové varanty. Dále je nutné připomenout, že zmapování obou technologií proběhlo na základě jednotlivých základních sídelních, respektive jednotlivé ZSJ byly označeny, pokud splňovaly podmínku pokrytí alespoň 50 %. Z tohoto pohledu se informace o pokrytí může lišit, byť nepravděpodobně, až o 50 %.

Infrastruktura těchto technologií však narozdíl od technologie bod-bod není typicky (až na pár výjimek) ve vlastnictví města. Jedná se tak spíše o zmapování možností v rámci případné poptávky o služby poskytovatelů.

6.3.3.1 Optické sítě

V rámci informací veřejné konzultace byla vytvořena následující mapa zachycující pokrytí optickými sítěmi.

Obrázek 15: Optické pokrytí [Zdroj: Veřejná konzultace]

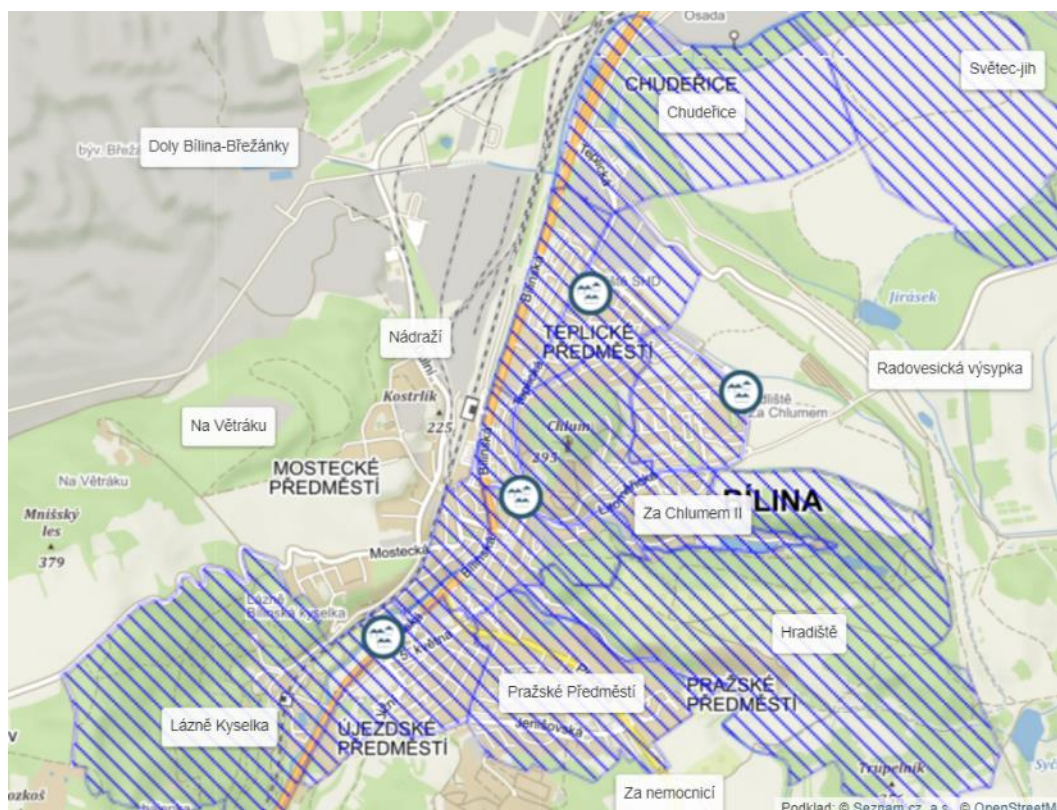


Z mapy vyplývá, že velká část města je již dnes v dosahu optického připojení. Výjimkou je Mostecké Předměstí a zbytek západní strany města, kde v rámci této dostupné informace optické připojení není k dispozici. Dle informací od zástupců města však v současnosti ve probíhá projekt výstavby firmy T-Mobile, která zde buduje optické sítě. Je tedy pravděpodobné, že v blízké budoucnosti se úroveň pokrytí více přiblíží 100 %, a to jak v již pokrytých oblastech, tak právě na Mosteckém Předměstí.

6.3.3.2 Metalické sítě

V neposlední řadě byl dále zjištěn stav metalických sítí, které v rámci optimálního řešení nenabízejí stejné parametry jako sítě optické, avšak stále nabízejí dostatečně vysoké rychlosti pro uspokojení nenáročné poptávky, a tak mohou být využity v rámci jednotlivých řešení, byť opět tato infrastruktura není pod vlastnictvím města a může se tak jednat pouze o řešení nákupu kapacit či služby.

Obrázek 16: Metalické pokrytí [Zdroj: Veřejná konzultace]



Mapa pokrytí metalických sítí je oproti optické technologii rozšířenější, a to zejména v oblasti ZSJ Lázně Kyselka a ZSJ Hradiště. I z této mapy však vyplývá nedostatečné pokrytí Mosteckého Předměstí a částečně i zbytku západní strany města.

6.4 Městská síť

6.4.1 Kontext provozu současného řešení

Městská síť v rámci kontextu města Bílina znamená připojení jednotlivých městských institucí, ať už úřadů, nemocnic, nádraží či škol na jednu propojenou síť, která umožní integraci veškerých systémů a vytvoří tak interní ekosystém vhodný právě v konceptu Smart City.

Seznam využití:

- naplnění cíle gigabitové společnosti – pro socioekonomické partnery;
- zvýšené možnosti kamerového systému;
- možnost zajištění dostatečného připojení nemocnic (Hornická nemocnice a Poliklinika Bílina) pro možnost realizace vzdálené diagnostiky, či dokonce operací na dálku;
- zajištění centralizované levné konektivity;
- možnost zálohování dat.

Současně tak městská síť může zajistit dostatečné připojení jednotlivých socioekonomických aktérů (městské úřady, základní školy, mateřské školky, informační/turistická centra a další) čímž se za využití optické technologie ve městě splní cíle Evropské unie připojit veškeré socioekonomické subjekty na alespoň gigabitové rychlosti (v případě poskytování konektivity).

Aplikace a výhody gigabitového připojení jsou individuální pro jednotlivé instituce, kdy zejména záleží na oblasti specializace dané instituce, respektive využití ve školách je jiné než například v nemocnicích. Jde ovšem plošně říct, že existují významná využití pro všechny socioekonomické instituce.

Z pohledu města Bílina může být městská síť klíčová zejména v rámci zlepšení edukace, respektive s využitím digitálních edukativních způsobů lze dosáhnout vyššího zájmu o studium, a lze tak přeneseně a dlouhodobě zabránit vzniku kriminality ve městě.

Druhým příkladem může být zdravotnictví, které za dostatečného připojení již dnes umožňuje dálkové operace, ať už pouze z expertního poradenského pohledu či provádění reálné operace pomocí robotických nástrojů dálkově napojených přes internetové připojení (které klade vysoký nárok na stabilitu a rychlost v kombinaci s kapacitou). Ačkoliv se může tato ambice zdát jako vize budoucnosti, postupnými kroky lze tímto způsobem zajistit pomoc expertních doktorů, kteří nemusí nutně cestovat, či bydlet ve městě Bílina a můžou nabídnout poradenství na dálku.

Jedním z dalších cílů je umožnit externí zálohování školám a jiným institucím, za využití městské sítě, které uloží data na centrálním serveru. V případě požáru, povodní či jiných katastrof se pak zajistí, že instituce nepřijde o žádná data.

Hlavní výzvy:

- identifikace primárních lokalit
- vybudování sítě
- rozšíření datového centra
- financování investice
- financování provozu
- integrace systémů.

6.4.2 Současný stav

6.4.2.1 Instituce

Z pohledu současnosti je klíčové nejprve identifikovat městské úřady a instituce, které by v rámci vybudování městské sítě bylo vhodné připojit na vysokorychlostní optické připojení. V současnost jsou již tři městské budovy mezi sebou propojeny městskou optickou sítí.

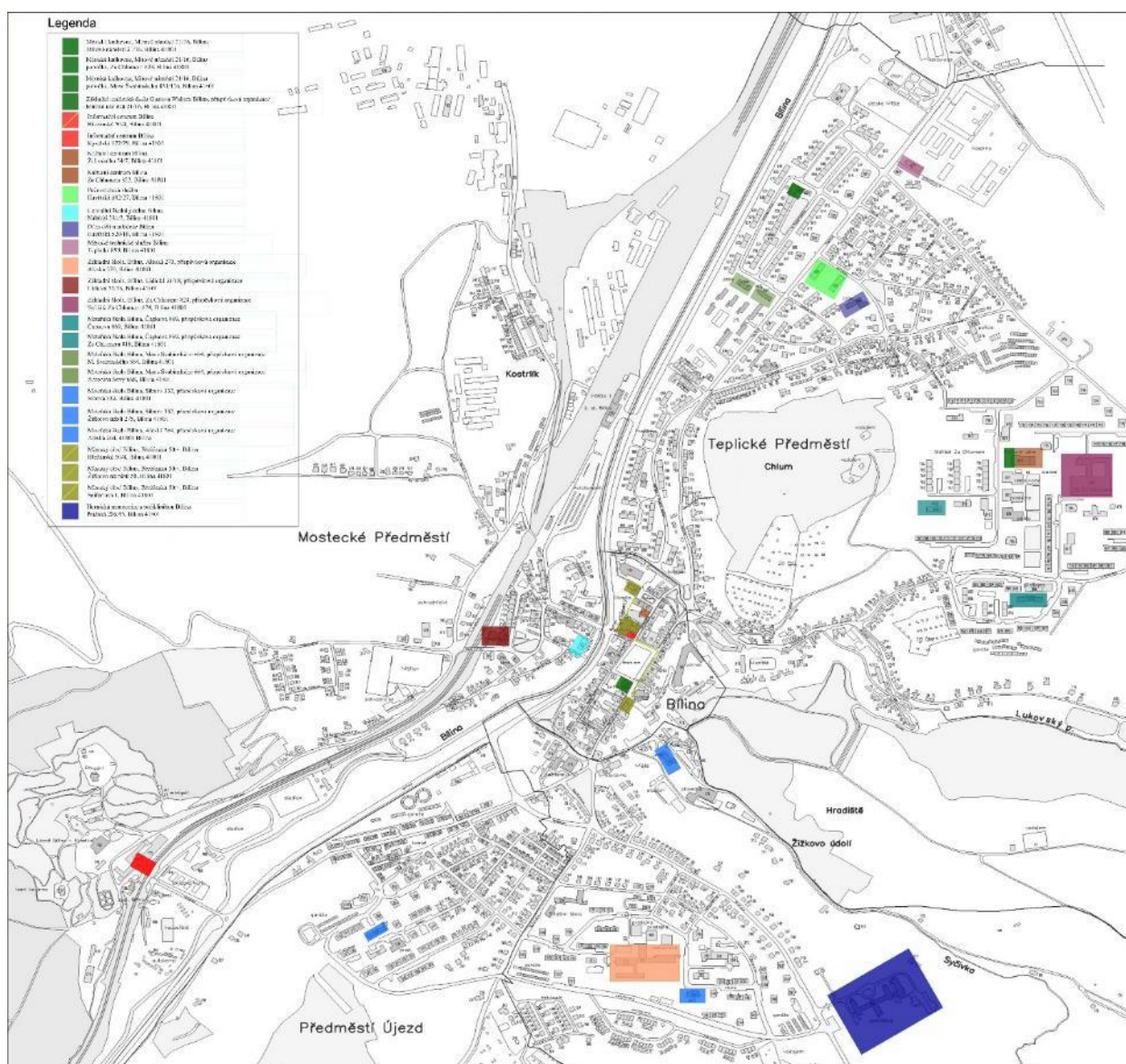
Mezi tyto tři budovy spadají:

- radnice,
- divadlo a
- živnostenský úřad.

V rámci Radnice je zároveň pokryto Informační centrum Bílina, které je centrálním bodem celé sítě. Ostatní instituce sídlící ve městě Bílina nejsou v současnosti připojené na městskou síť.

Zmapování jednotlivých institucí, včetně zahrnutí již existující městské optické sítě, je vyobrazeno následujícím obrázkem poskytnutým ze strany zadavatele.

Obrázek 17: Přehled institucí ve městě Bílina [Zdroj: Město Bílina]



Z pohledu využití služeb v současnosti neexistuje jedno komplexní řešení, respektive služby si instituce dnes řeší primárně individuálně s tím, že některé instituce mají v současnosti běžné uživatelské komerční připojení. Městské oddělení IT v současnosti neposkytuje skupinové služby institucím, spíše nabízí poradenství v rámci výběru technického řešení. Výjimkou jsou instituce jako dům dětí a mládeže, kde se jedná o malé počty zařízení, a tudíž je IT oddělení kapacitně schopné řešit jednotlivé technické požadavky fyzicky.

V nedávné minulosti se však městu podařilo vysoutěžit skupinové služby pro více institucí zároveň, a to primárně pro školy a školky. Skupinové zajištění služeb může být právě tím prvním krokem v rámci případné integrace jednotlivých systémů pro plnohodnotné zavedení městské sítě.

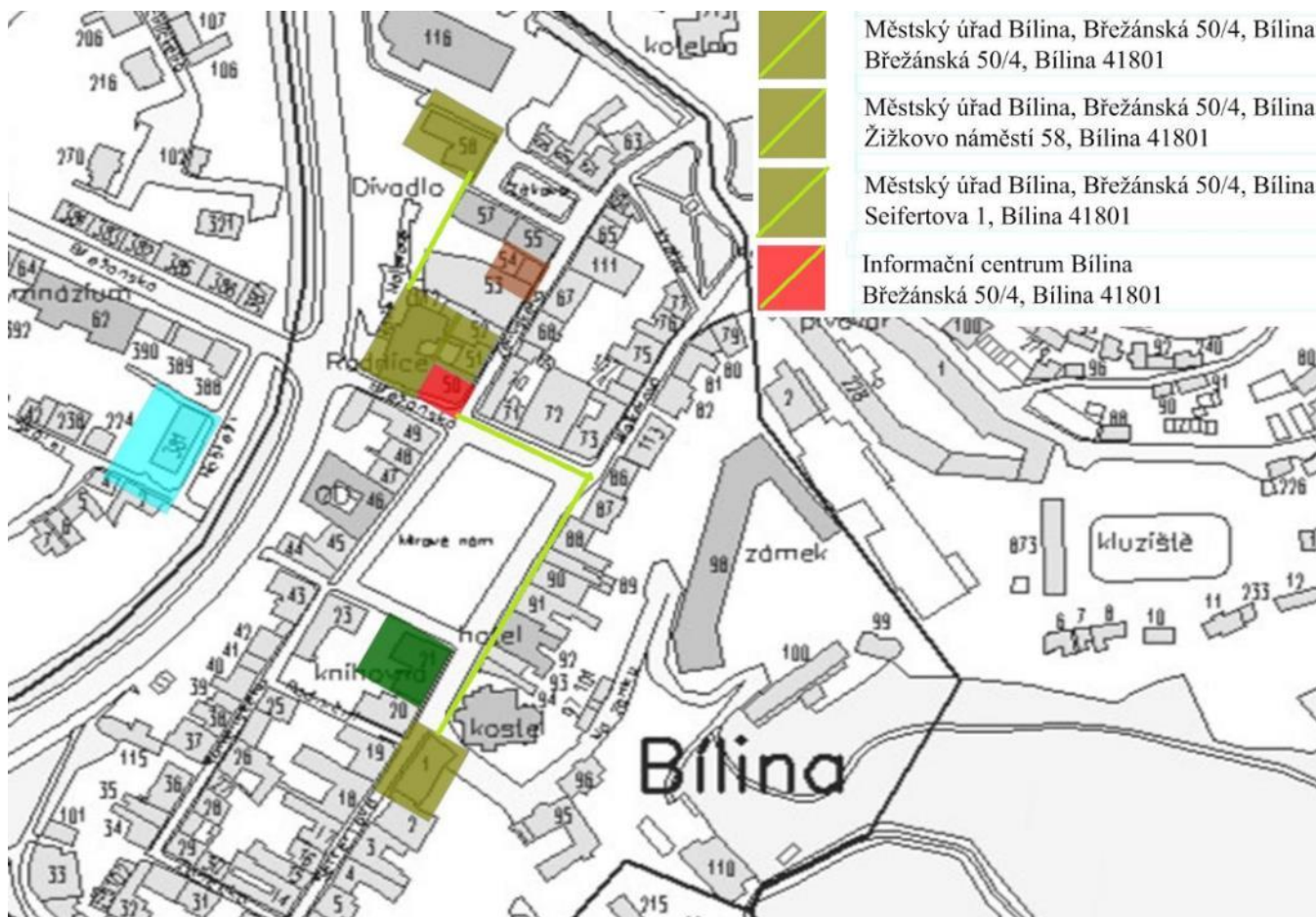
Z pohledu dodavatelů služeb jsou v současnosti využívány služby firmy O2 (připojení městských úřadů) a Softex (skupinově vysoutěžené připojení škol).

6.4.2.2 Datové centrum

Existující datové centrum se v současnosti nachází v rámci budovy Radnice pod správou Informačního centra Bílina. Serverovna je v současnosti plně klimatizována a napájena odděleným zdrojem. Zabezpečení je zajištěno nejen fyzicky, ale i prostřednictvím šifrování dat s tím, že přístup ke vnitřním datům nemají ani správci samotných serverů (tak jak je typické).

Datové centrum je v současnosti centrálním a zároveň koncovým bodem současné městské sítě, respektive optické trasy Divadlo – Radnice (Datové centrum) – Úřad. Trasa včetně datového centra je znázorněna na následující mapě.

Obrázek 18: Současná městská síť Bílina [Zdroj: Město Bílina]



V návaznosti na přechod kapitoly je nutné zmínit i datové centrum městské policie, které schraňuje primárně data kamerových systémů. Toto rozdělení do dvou datových center je v současnosti dáno legislativními požadavky vzhledem k citlivosti dat kamerových systému. V rámci zavedení městské sítě by však mohlo být relevantní a bude tak v rámci všech ostatních možností zhodnoceno v kapitole doporučení.

6.4.3 Zhodnocení současného stavu

6.4.3.1 Připojení institucí

Současné připojení třech veřejných budov není v realitě prakticky městskou sítí, ale jedná se spíše o pouhé zajištění služeb do daných institucí. Pro vybudování plnohodnotné městské sítě bude nutné propojit daleko větší počet institucí, čímž se umožní vytvořit integrované systémy pro vzájemné sdílení a zálohování dat. Z rozhovorů mezi oddělení IT a vybranými institucemi města vyplývá, že existuje zájem se v této oblasti dále rozvíjet.

6.4.3.2 Datové centrum

Serverovna je již v dnešní době dostatečně zabezpečena a plně klimatizována. Kapacity jak výpočetní, tak zálohové se v dnešní době také jeví jako dostatečné. V rámci vybudování městské sítě, integrace systémů a externího zálohování dat by však bylo nutné datové centrum rozšířit o více výpočetních a zálohovacích zařízení. Z pohledu prostoru se datové centrum jeví jako dostatečné i pro budoucí potřeby.⁵

⁵ Dle informací od oddělení IT

6.5 Kamerová síť

6.5.1 Kontext provozu současného řešení

Výchozím dokumentem pro koncepční rozvoj MKDS je Studie MKDS z roku 2020⁶, která popisuje současný stav kamerového systému ve Městě Bílina. Na tento dokument navazuje tato studie a dle zmíněných informací navrhuje adekvátní strukturu městské sítě, popřípadě v některých bodech rozšiřuje již prezentovaná zjištění o další informace či doporučení. Jak již bylo zmíněno, oblast bezpečnosti obyvatel patří mezi významné priority města. Hlavním prostředkem pro její zvýšení může být zejména rozvoj kamerového systému města. Konkrétněji je primárním návrhem vytvoření vhodného prostředí pro rozvoj kapacit situačního managementu jako vrcholové vrstvy kontroly, správy a řízení všech součástí Smart City. Tento návrh je spojen s plněním požadavků obyvatelů a cílů města Bílina v oblasti bezpečnosti a zkvalitňování veřejného prostoru. Zároveň se zaměřuje na vytváření kapacit pro kvalitní integraci a dodatečné využití konceptů Smart City. Z celkového pohledu se jedná o efektivní nástroj zaměřený na monitorování, analýzu a řízení provozu a rozvoje města. Cesta k dosažení tohoto návrhu je přepojena primárně s rozvojem městského kamerového a dohlížecího systému (MKDS).

Nasazení 5G technologie má značný potenciál efektivně řešit aktuální problémy s nedostačující mikrovlnnou konektivitou pro přenos dat z městského kamerového a dohlížecího systému. 5G zásadně zvýší kvalitu, rozsah a rozlišení obrazu, zjednoduší rozvoj kamerového systému a zajistí rychlejší komunikaci v terénu i s dispečinkem. Vytváří také vhodné podmínky pro další rozvoj nejenom tohoto systému, ale všech chytrých řešení. Obdobně vhodnou technologií je optické vlákno, které však s sebou nese nutnost výkopu a vyšší investiční náklady.

6.5.2 Současný stav

Městský kamerový a dohlížecí systém (MKDS) slouží při dohledu na místní záležitosti veřejného pořádku a k předcházení pouliční trestné činnosti a páchání přestupků. Využívá se také k záznamu protiprávního jednání přestupců či pachatelů. Základní charakteristikou provozování a využívání městského kamerového a dohlížecího systému je jeho preventivní funkce, tj. vytváření bezpečných zón v exponovaných lokalitách. MKDS plní významnou roli zdroje dat o veřejném prostoru a nástroje pro zajištění bezpečnosti, díky čemuž je považován za nejúčinnější nástroj prevence kriminality.

Základní funkce MKDS jsou tedy následující:

- preventivní – v místech s výskytem kamer klesá kriminalita;
- represivní – nepřetržitý monitoring umožňuje okamžitou reakci na narušení veřejného pořádku;
- informativní – záznamy jsou cenným důkazním materiálem při vyšetřování trestné činnosti.

Provozování městského kamerového a dohlížecího systému musí být v souladu s příslušnou legislativou (zákon o Policii České republiky, zákon o obecní policii, zákon o ochraně osobních údajů). Systémy musí monitorovat pouze veřejná prostranství a záznamy z MKDS využívá Policie České republiky.

Mezi hlavní výzvy a překážky rozvoje městského kamerového systému v Bílině patří:

- zvyšující se množství generovaných dat;
- přetíženost datových přenosů ve stávajícím rozsahu instalovaných kamer;
- požadavky na větší počet kamer;
- nedostatečná kapacita mikrovlnných spojů pro kvalitní připojení;
- vysoké nároky na personál.

6.5.2.1 Dohledové centrum

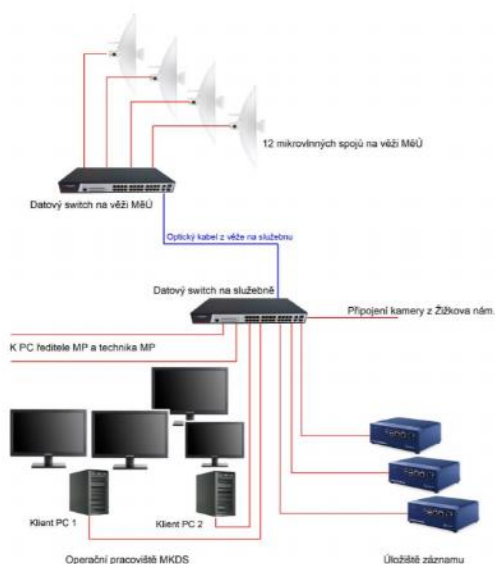
Městský kamerový a dohlížecí systém patří pod dohledové centrum městské policie, které se nachází v prostorách služebny Městské policie Bílina v Želivského ulici. Na pracovišti se kromě operačního pracovníka Městské policie nachází také operátor MKDS, který sleduje obrazové výstupy z kamer.

⁶ Studie rozvojového potenciálu MKDS Bílina

Přijem a přenos signálu umožňuje celkem 12 transceiverů mikrovlnných spojů na věži Městského úřadu, které jsou v prostorách věže zapojeny do 24 portového datového switchu. Optický kabel pak spájí tento switch s primárním switchem služebny Městské policie. Switch služebny je následně propojen se všemi zařízeními MKDS.

Servery se nacházejí v kanceláři operačního pracovníka. K záznamům jsou využívány tři zařízení Compact NVR-AS 4000. Každé zařízení umožňuje s kapacitou 4 TB ukládat data z celkem 20 kamer. Hlavní řídicí platformou a video management softwarem je Control Center od společnosti Indigo Vision. Mezi hlavní výhody Indigo Control Center patří zejména vysoká stabilita a spolehlivost, které zajišťuje decentralizovaná síťová architektura.

Obrázek 19: Schéma fungování dohledového centra [Zdroj: Studie rozvojového potenciálu MKDS Bílina]

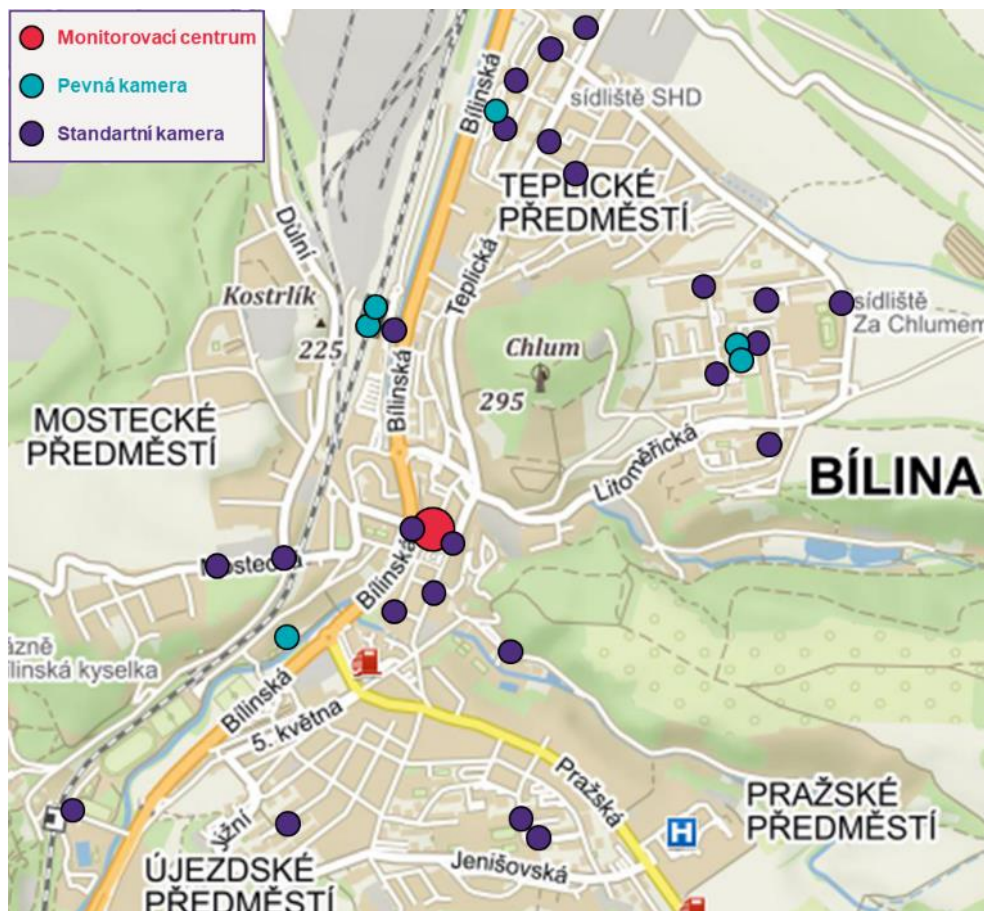


6.5.2.2 Aktuální stav kamerových bodů

Městský kamerový systém v Bílině je plně digitální (IP kamerový systém). Propojuje ho datová síť ethernet, která vznikla pomocí bezdrátových datových spojů a dvou datových switchů na centrálním pracovišti. Tato síť není v žádném bodě připojená k internetu.

Celkově je v aktuální situaci v městském kamerovém systému registrováno 34 kamerových bodů a 31 aktivních kamer. Dvě kamery čekají na instalaci a jedna je nefunkční. Ve městě je kromě kamer patřících do MKDS instalováno také 11 statických kamer na objektech pečovatelských domů, v budově městské policie a městského úřadu. Všech 11 statických kamer operuje v rámci autonomního systému. Na objektech pečovatelských domů se nachází celkem pět kamer, v budově městského úřadu jsou celkem čtyři kamery a v prostorách městské policie se nachází dvě kamery. Konkrétní rozmístění kamerových bodů MKDS se nachází na následujícím obrázku.

Obrázek 20: Aktuální rozmístění kamerových bodů Městského kamerového a dohlížečního systému v Bílině [Zdroj: Studie rozvojového potenciálu MKDS Bílina + GTA]



Podle rozdělení na digitální a statické kamery tvoří kamerový systém v Bílině 26 digitálních a 17 statických kamer. Až na výjimku několika statických kamer jsou všechny otočné v rozsahu 360 stupňů. Převážná většina kamer je starších než čtyři roky, přičemž některé i 10 a více let. V záruce jsou aktuálně pouze dvě kamery.

Na základě technologie nebo kmitočtového pásma je možné kamerové body rozdělit podle následující tabulky. Nejpočetnější jsou kamery s kmitočtovým pásmem 9 GHz, které jsou následovány kamerami s pásmem 5,8 GHz. Nejméně je kamer s pásmem 60 GHz. U kamer patřících mimo MKDS chybí informace.

Tabulka 5: Rozdělení kamerových bodů dle technologie / kmitočtového pásma [Zdroj: Studie rozvojového potenciálu MKDS Bílina + GTA]

Technologie / Kmitočtové pásmo	Počet kamerových bodů
P2P (5,8 GHz)	10
P2P (9 GHz)	11
P2P (10,5 GHz)	4
P2P (17 GHz)	4
P2P (60 GHz)	2
Metalika	3
Chybějící informace	11

Kamery je možné rozdělit také podle výrobců. V současné době se používají kamery od výrobců Panasonic, Hikvision, Indigo Vision, Grundig a AVTech (kamery mimo systém MKDS), které fungují v různých modelech.

Důležité je také dodat, že většina kamer dokáže plnit náročné funkcionality, avšak město v aktuální situaci nemá k dispozici dostačující licenci, konektivitu a hardware vybavení dohledového centra.

Kromě kamer patřících do MKDS a 11 statických kamer operujících v rámci autonomního systému jsou používány také tělové kamery, které ke každodenní pracovní činnosti využívají strážníci městské policie. V aktuální situaci je však využíván zastaralý model CEL-TEC mini DCR HD, který neplní požadavky na vysokou kvalitu, zabezpečení a snadnou integraci dat do VMS MKDS.

6.5.2.3 Plánované rozšíření kamerových bodů

Podle informací v návrhové části Strategie Smart City města Bílina⁷ jsou nové kamerové body instalovány ad-hoc podle lokalit s nejvyšší koncentrací problémových jevů. Často však bývá toto rozšíření omezeno okolním prostředím (zeleň zakrývající zorné pole apod.).

V aktuální situaci je podle městské policie plánováno rozšíření primárně do následujících oblastí:

- ulice Pražská – finalizace realizace se očekává 03/2021
- Pohádkový les (nový projektový záměr – aktuální informace 01/2021 - 4 kamery)
- Teplické Předměstí (probíhá příprava projektové dokumentace)
- sídliště Za Chlumem (probíhá příprava projektové dokumentace)

Kamerový bod na ulici Pražská se bude nacházet v důležité lokalitě v blízkosti Hornické nemocnice a polikliniky Bílina. Plánované rozšíření kamerových bodů do daných lokalit je zobrazeno na následujícím obrázku.

Obrázek 21 - Plánované rozšíření kamerových bodů podle lokality pásma [Zdroj: Studie rozvojového potenciálu MKDS Bílina + GTA]



⁷ <https://www.bilina.cz/cs/mesto-bilina/strategie-dokumenty-mesta/strategie-smart-city.html>

Nad rámec bylo podle MKDS plánováno rozšíření kamer do dalších lokalit (u Lidlu, Petra Bezruče, Pivovarské náměstí, Radovesická⁸), realizace byla buď zrušena či pozastavena.

6.5.3 Zhodnocení současného stavu

Dle Studie rozvojového potenciálu MKDS Bílina, která komplexně zhodnotila aktuální stav kamerové sítě, je možné konstatovat, že hlavní překážkou dalšího rozvoje městského kamerového systému je značná přetíženost datových přenosů již v aktuálním rozsahu instalovaných kamer. Problémem je také nastavení využití dat, které aktuálně umožňuje pouze manuální dozor městské policie. Toto nastavení je však neefektivní a náročné na kapacity.

Dále Studie rozvojového potenciálu MKDS Bílina identifikovala konkrétní nevyhovující části aktuálního systému a také části, které jsou použitelné pro další rozvoj.

Jako nevyhovující části byly identifikovány zejména: stárí kamer v systému, zobrazovací hardware dohledového centra, nedostatečné snímání prioritních lokalit (Teplické předměstí, sídliště za Chlumem), nedostatečný počet tělových kamer pro strážníky městské policie apod.

Naopak, mezi části použitelné pro další rozvoj kamerového systému patří podle zmíněné studie zejména: stav kamerových spojů, řídicí a video management software Indigo Vision Control Center, záznamová zařízení Compact NVR-AS 4000 s kapacitou 4TB apod.

6.5.4 Zhodnocení pilotů

V rámci spolupráce s partnerem projektu společností O2 na pilotování provozu kamerového dohledu na mobilní síti došlo k následujícím aktivitám:

- V listopadu 2020 bylo přistoupeno k první realizaci připojení kamer v lokalitě Teplické předměstí. Bohužel byla zjištěna nestabilita signálu z důvodu velké vzdálenosti od vysílače, proto bylo od této varianty odstoupeno.
- Vzhledem k tomu, že Teplické předměstí bohužel není signálem 5G momentálně pokryto, a protože stále nebyl k dispozici vhodný HW, bylo rozhodnuto o připojení kamer ve zkušebním režimu na signál LTE/4G s cílem ověřit/potvrdit správnost koncepce postavené na využití 5G. Cílem bylo i najít řešení pro možnost začlenění kamer připojovaných prostřednictvím veřejné mobilní sítě s vyhrazeným APN (Access Point Name) do jinak zcela uzavřené a oddělené IP sítě kamerového systému.
- Během následujících dní bylo ověřeno, že se při otáčení kamer a zaostřování obrazu projevuje omezení použité LTE/4G sítě – latence v určitých chvílích rostla až na 100 - 200ms, pravděpodobně kvůli velkému datovému toku. To způsobovalo zpoždění akcí od řídicího pultu až 3 s, byla vidět i drobná zkreslení obrazu.

Mezi zásadní zjištění projektu patří zejména:

- Bylo zjištěno nedostatečnost připojení pomocí 4G/LTE – kamery potřebují vysoký upload, docházelo k nárůstu latence (zpoždění kamer).
- Samotné nastavení HW kamer, jejich řetězení a nároky řídicího kamerového systému razantně ovlivňují nároky na datový přenos. Existuje zde potenciál pro „odladění“ celého systému.

Do budoucna po otestování adekvátního HW bude proveden pilotní provoz kamerového systému na síti 5G. Tento pilot na 4G/LTE technologii prokázala podstatnou potřebu 5G (potřeby zvýšených rychlostí a velmi nízké latence).

⁸ V lokalitě u Lidlu, Petra Bezruče, se nachází frekventovaná dopravní křižovatka, ve které dochází k dopravním nehodám. Pivovarské náměstí se nachází v důležité strategické lokalitě, která spájí Teplické předměstí a sídliště Za Chlumem. V lokalitě Radovesická je plánována instalace dvou pevných kamer, které si vyžádala rada města.

6.5.5 Benchmark

Aby bylo možné maximalizovat možnosti kamerového systému a vyhnout se možným úskalím, je třeba, aby instalaci a rozvoj následovaly osvědčené postupy, které konfiguruji síťovou infrastrukturu v rámci systému. Podle studie společnosti Allied Telesis⁹ je tyto osvědčené postupy možné rozdělit do čtyř širokých oblastí:

- minimalizace ztráty dat;
- zachování vysoké bezpečnosti;
- maximalizace flexibility;
- vytvoření sítě budoucnosti.

1. Minimalizace ztráty dat

V rámci kamerového systému může i krátkodobý výpadek mít ve špatnou chvíli za následek nezaznamenání důležitých důkazů, které pomůžou chytit zločince, nebo neupozornění bezpečnostních pracovníků, aby se zabránilo případnému trestnému činu.

Jedním z hlavních důvodů pro instalaci kamerových systémů je to, že poskytují nepřetržitou ostrážitost. Ztracená data tím pádem podkopávají primární účel systému. Cíl minimalizace ztráty dat je proto hnacím principem při navrhování kamerových systémů.

2. Zachování vysoké bezpečnosti

Kamery jsou často instalovány na veřejně přístupných místech a pokud by nebyla zachována vysoká ochrana, veřejnosti by bylo umožněno připojit se do datové sítě a ukrást data, respektive jiným způsobem znehodnotit kamerový systém. Switchům, ke kterým jsou kamery připojeny by proto měla být poskytnuta nejvyšší úroveň ochrany, kterou lze zabezpečit například prostřednictvím konfigurace vysoce zabezpečeného ověřování nebo konfigurace pro odesílání výstražných zpráv v případě nepovoleného odpojení kamery.

3. Maximalizace flexibility

Síťový design by měl být flexibilní a snadno přizpůsobitelný. Aby byla síť flexibilní a adaptabilní, musí být schopna přijat nové funkce a konfigurace s minimálním narušením. Pro všechny sítě (kromě těch nejmenších) může být provádění celo-síťových úkolů, jako je aktualizace softwaru, zlepšení konfigurace zabezpečení nebo zapnutí nových funkcí, problematické. Tyto procesy mohou být časově náročné a náchylné k chybám.

Použití inteligentního rámce pro správu sítě (network management framework) umožňuje automatizaci úkolů v celé síti. Síť lze poté efektivním způsobem s nízkým rizikem přizpůsobit měnícím se potřebám. Network management framework zjednodušuje a automatizuje také například zálohování konfigurací, shromažďování statistik sítě a mnoho dalších úkolů.

Zvýšení flexibility může být docíleno také prostřednictvím více-směrového vysílání. Data více-směrového vysílání jsou ze své podstaty schopna být doručena do více cílů. Aby nové zařízení mohlo začít přijímat streamy, musí se jednoduše zapojit do síťového signalizačního protokolu více-směrového vysílání a začít požadovat streamy. Síť automaticky replikuje streamy a začne doručovat nové kopie do nového umístění. Systém založený na více-směrovém přenosu je schopen přizpůsobit dynamické přesměrování video streamů. Poskytuje schopnost doručovat video streamy konkrétním monitorovacím stanicím v reálném čase, v reakci na konkrétní události.

4. Vytvoření sítě budoucnosti

Flexibilní design umožňuje jednoduché přeskupení fyzické topologie, dynamické přesměrování provozu, rekonfiguraci stávajících technologií a mnoho dalšího. Kvalitní síť budoucnosti dokáže využívat výhod nových technických pokroků. Je žádoucí, aby bylo možné využívat výhod nových schopností kamer, aniž by bylo nutné měnit celou infrastrukturu sítě a systému.

9

https://smartcitiescouncil.com/system/tdf/main/public_resources/Top_tips_Building_video_surveillance_networks_RevA.pdf?file=1&type=node&id=3265&force=1

6.5.5.1 Příklady z praxe

Podle analýzy nejvíce sledovaných měst od společnosti Comparitech se celosvětově používá celkem 770 milionů sledovacích kamer.¹⁰ Kamerový systém je přirozenou součástí moderních měst, jde o probíhající trend digitalizace a zajištění bezpečnosti občanů města. Samotný výskyt kamer je nutné chápat jako zvyšování bezpečnosti, což je primární záměr kamerového systému.

Polsko, Kielce

Jedním z konkrétních příkladů z praxe je město Kielce, které se nachází ve středním Polsku. V Kielcích byla na základě rozsáhlých průzkumů vytvořena mapa, která se stala základem pro plán nasazení kamer. Bylo rozhodnuto, že dohledové centrum bude umístěno v těsném sousedství policejní stanice. Dohledovému centru byl přidělen dostatek kvalifikovaného personálu, aby nedošlo k přetížení kapacit. Byly poskytnuty vhodné prostředky bezdrátové komunikace s hlídkami a telefonické spojení s policejními stanicemi, které byly umístěny v blízkosti míst umístění kamer.

USA, Belleueve

Druhým příkladem je americké město Belleueve, které využívá kamerový systém primárně pro monitorování dopravní situace. Celý kamerový systém tady funguje na síti s optickými vlákny. Kamery pokrývají více než polovinu dopravních signálů města a nejenže poskytují informace pracovníkům v centru řízení dopravy, prosazují také zákon. Motoristé mohou být pokutováni za překročení povolené rychlosti ve školní zóně, aniž by je zastavilo policejní auto. Systém je přístupný také široké veřejnosti. Obyvatele, které zajímá aktuální dění na silnicích, si mohou zkontrolovat stav dané křižovatky z okna internetového prohlížeče, kde statický obrázek aktualizovaný každou minutu nabízí snímek toho, co se aktuálně děje. I když kamerový systém města Belleueve zatím není postaven na hlubokém strojovém učení, je to příklad toho, jak město úspěšně investovalo, implementovalo a rozšířilo své schopnosti dohledu.

¹⁰ Rozvíjející se technologií ve velkých světových městech je zejména technologie rozpoznávání obličeje. V současném období pandemie se řada pracovníků spoléhá na kamery pro rozpoznávání obličeje, aby se pokusila potlačit ohniska nákazy.

7 Specifikace potřeb města Bílina - Analýza plánované situace



7.1 Úvod

V současnosti již existuje určitá vize a představa budoucího nastavení technického řešení. Nejedná se však o konkrétní aktivity či cíle, ale spíše o strategické a koncepční představy představené ve strategických dokumentech jako například ve studii MKDS, či ve Smart City strategii města. Zároveň od vzniku jednotlivých materiálů došlo k určitému časovému posunu, který má na tyto představy určitý vliv. Cílem této kapitoly je zmapovat a sloučit, jak plány strategických dokumentů, tak současné představy jednotlivých aktérů.

Kapitola je opět rozdělena dle jednotlivých primárních cílů, respektive vybudování městské a kamerové sítě.

7.2 Městská síť

7.2.1 Governance model nastavení městské sítě

Níže v rámci této kapitoly je nastíněn governance model městské sítě spolu s očekáváním budoucího rozvoje a detailním popisem některých náležitostí provozu. Samotný governance model se dělí na několik částí, tak aby byl popis navrhovaného řešení funkční a strukturovaný. Navrhovaná městská síť bude ve vlastnictví města, které bude zároveň provozovatelem. I v případě pronájmu sítě, dochází typicky k pronájmu pomoci legislativně ukotveného principu IRU. Pronájem bude na několik desítek let. V případě 5G sítě bude pronajímatel koncové služby dle daného definovaného SLA.

Typy infrastruktury

Mezi plánované typy infrastruktury patří zejména optická síť, která svou kapacitou a kvalitou znamená neoptimálnější řešení pro zvažované potřeby (kamerová síť a městská síť budov). Otázkou výstavby optické infrastruktury je zejména velmi vysoký investiční náklad spojený se samotným budováním. Proto lze konstatovat, že v některých místech je neoptimální z titulu investice/kapacit budovat optickou síť. Z toho důvodu jsou v některých lokalitách navrženy řešení pomoci bezdrátových technologií 5G a P2P. Zároveň je z titulu pozvolného přechodu nutné zachovat kontinuitu, a právě souběh provozování P2P a testování 5G pilotů kamerového řešení.

Servis/Údržba

Servis a údržba sítě se očekává ze strany stávajícího ICT oddělení města Bílina. Zároveň se v rámci návrhu očekává potřeba zvýšení kapacit o 1 FTE. Samotný fyzický dohled optické infrastruktury bude na pronajímateli chrániček, popřípadě lze tuto službu outsourcovat. Vzhledem k nutnosti 24/7 kapacit je méně nákladné řešení outsourcingem. Popis servisu a údržby je dále rozveden v následující kapitole.

Uživatelé služeb

Mezi uživatele služeb patří zejména MěP a městské instituce (městské úřady). Mezi další uvažované uživatele patří zejména školy, mateřské školy, turistická centra a další. Jedním ze subjektů je také nemocnice, kde se z důvodu bezpečnosti očekává dedikované optické vlákno. S uživateli se liší jejich kapacitní potřeby a využívané služby, toto je nutné zohlednit při návrhu sítě a dochází také k návrhu oddělených vláken pro uživatelsky specifické služby.

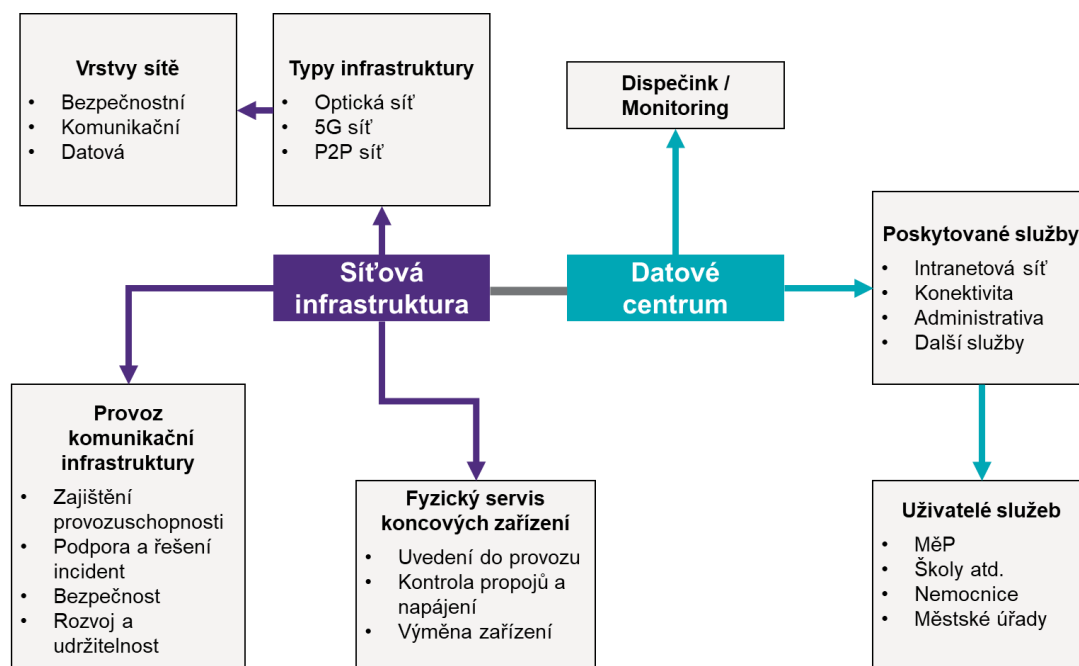
V dalších letech je možné rozšíření sítě na další městské subjekty či socioekonomické aktéry, jak jsou například dětské spolky, sportoviště a podobně. Samotné rozšíření sítě je poté možné i pro provoz veřejných wifi sítí nebo hotspotů. Momentálně uvažovaná kapacita optické sítě je schopná případné rozšíření zajistit (v lokalitách s navrhovanou optickou sítí).

Typy služeb

Prvním druhem služeb jsou služby pro MěP, které jsou svým charakterem a specifikem odlišné od ostatních uživatelů služeb a služby pro ostatní instituce. MěP bude využívat síť zejména pro provoz kamerové sítě. V tomto ohledu bude datový provoz kamerových bodů v datacentru agregován a zasílán do dispečerského centra. Do budoucna lze uvažovat poskytnutí například konektivity či jiných služeb pro MěP. Ostatním subjektům bude nabídnuta datová konektivita, možnost intranetu a IT servisu, který bude centralizovaný pod ICT oddělení města Bíliny.

Do budoucna je možné uvažovat centrální outsourcing dalších služeb, v tomto ohledu je myšlen zejména provoz podpůrných služeb, jako účetních, právních a podobně.

Obrázek 22: Governance model městské sítě [Zdroj: GTA]



7.2.2 Implementační harmonogram

Připravovaný návrh byl založen na základě předpokladu rozvoje sítě ze strany společnosti T-Mobile. Tento rozvoj bude trvat několik let, a proto je cílený stav nastaven pro rok 2025. V případě realizace navrhovaného záměru, bude samotný pronájem sítě ze strany města realizován pomocí veřejné zakázky podle zákona o zadávání veřejných zakázek, a proto nelze implikovat, že vybraným dodavatelem bude T-Mobile. Jeho návrh byl využit, protože je jednak celoměstský, a také lze očekávat, že ostatní operátoři budou uvažovat obdobnou komerční atraktivitu daných lokalit.

Nedílnou součástí budoucího projektového dokumentu výstavby městské sítě by měla být implementační roadmapa a plná studie proveditelnosti, která bude do detailu rozpracovávat přechod a implementaci zde navrhovaného řešení.

Rámcové body harmonogramu jsou následující:

- Detailní zmapování výskytu optických kabelů, kolokačních možností a budoucích očekávaných staveb (s možností připojení optiky)
- Aktualizace potřeb rozvoje v čase, na základě nových dat o kriminalitě a vyhodnocení dopadu současného kamerového systému na prevenci
- Vypracování detailního plánu renovace kamer či výstavby nových (podle preferencí města) v čase s případnou prioritizací (součástí návrhové části MKDS)
- Zahájení pilotování provozu kamer na 5G síti partnera projektu O2 a testování nových P2P technologií na licencovaných pásmech pro připojení socioekonomických aktérů (závěrem by měla být zpráva možnosti využití obou technologií)
- Detailní analýza rizik MKDS, tak aby bylo možné implementovat případná opatření a vytvoření návrhu bezpečnostních řešení datového provozu sítě (v rámci této studie byla provedena základní analýza rizik za oblasti, včetně indikace guidelines a vyhodnocení rizik infrastruktury)
- Vytvoření detailní implementační roadmapy přechodu na optická a nová radiová řešení v závislosti na předchozích bodech (očekávání zprovoznění tras optiky, vývoj výstavby/renovace kamer)
- Výsledkem předchozího bodu je zároveň identifikace lokalit bez očekávané možnosti pronájmu či připojení optiky (v těchto oblastech vznikne případný potenciál výstavby vlastní optické sítě, která může v některých místech dávat ekonomicky/kapacitně význam)
- Pro případ potřeby převodních cen pro účtování služeb mezi organizacemi by bylo vhodné vytvořit costingový model založený na principech typicky aplikovaných v telco oblasti

Samotný provoz do přechodu na optickou síť se očekává v rámci současného technologického zajištění (s přidáním testování 5G technologie pro kamery). V několika dalších letech (1-2 roky) lze očekávat dokončení výstavby severní

části optických tras a je možné uvažovat přepojení dosavadní dožívající technologie na novou optickou technologii. Dostavění jižní trasy se očekává později (2-4 roky), do té doby lze provozovat stávajícím způsobem, popřípadě přepojit dočasně na 5G řešení (kamery).

7.2.3 Zajištění městské sítě (Servis/Údržba)

V rámci tvorby návrhu řešení je podstatné si uvědomit spektrum aktivit nutných pro zajištění chodu celé komunikační sítě. V navrhovaném governance modelu se očekává, že tyto aktivity bude plnit současné ICT oddělení města Bílina. V rámci návrhu se očekává potřeba navýšení kapacit o jedno FTE. Samotná Strategie ICT města Bílina počítá s tím, že oddělení informatiky bude mít jednoho vedoucího a dva správce sítě. Lze očekávat, že kapacitně bude možné požadavky dané tímto návrhem pokrýt.

Mezi tyto klíčové aktivity spadá zejména správa infrastruktury, respektive její implementace, údržba a provoz. Do infrastruktury nezapadají pouze jednotlivé komunikační sítě, ale zároveň je nutné zajistit korespondující datové centrum (dostatečné kapacity a kvality) a zbylý hardware (modem, router, switch atd.).

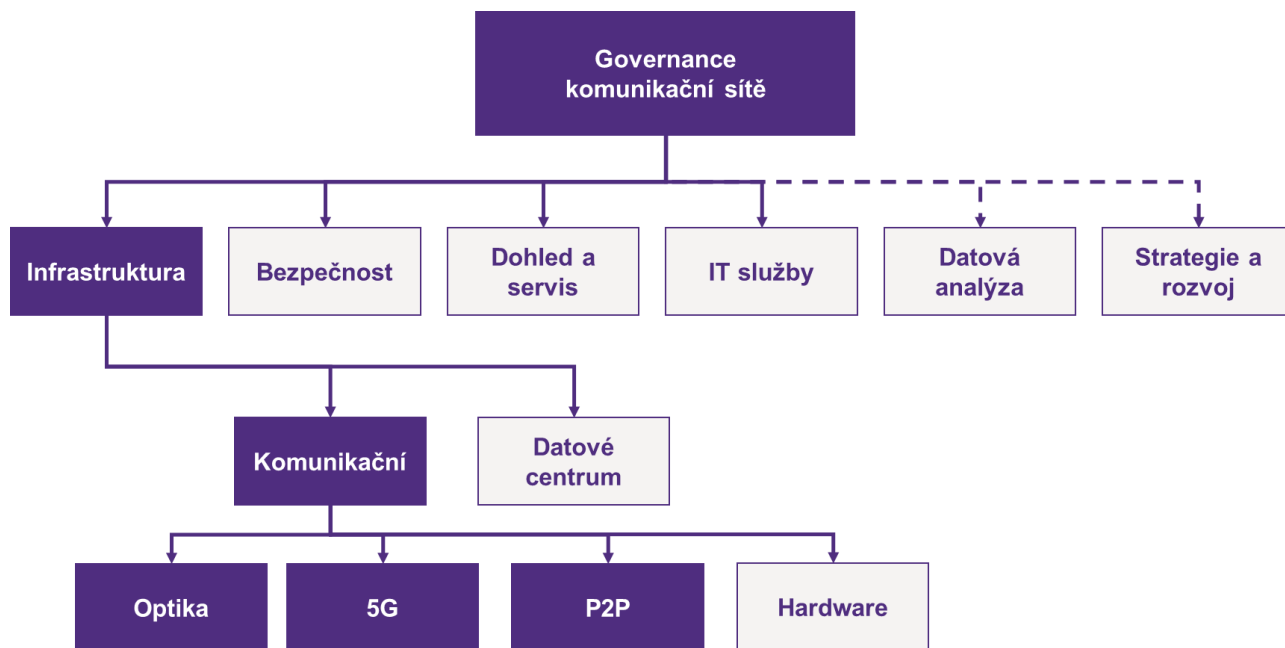
Dále je zapotřebí zajistit i následující aktivity:

- Bezpečnost sítě (Šifrování, fyzická ochrana vstupů do sítě atd.)
- Dohled a servis (Monitoring sítě; stabilita, poruchy, SLA atd.)
- IT služby (Nastavení LAN, uživatelský hardware atd.).

Mezi spíše koncepční aktivity dále spadají datová analýza, v případě že bude umožněno využití dat a strategie/rozvoj ICT infrastruktury (městské sítě). Tyto aktivity není z pohledu údržby sítě nutné provozovat, ale v rámci budoucí optimalizace služeb a koncepčního uvažování je potřeba ukotvit držitele těchto aktivit.

Celé schéma základních úkonů provozu komunikační sítě je znázorněno následujícím obrázkem.

Obrázek 23: Governance komunikační sítě [Zdroj: GTA]

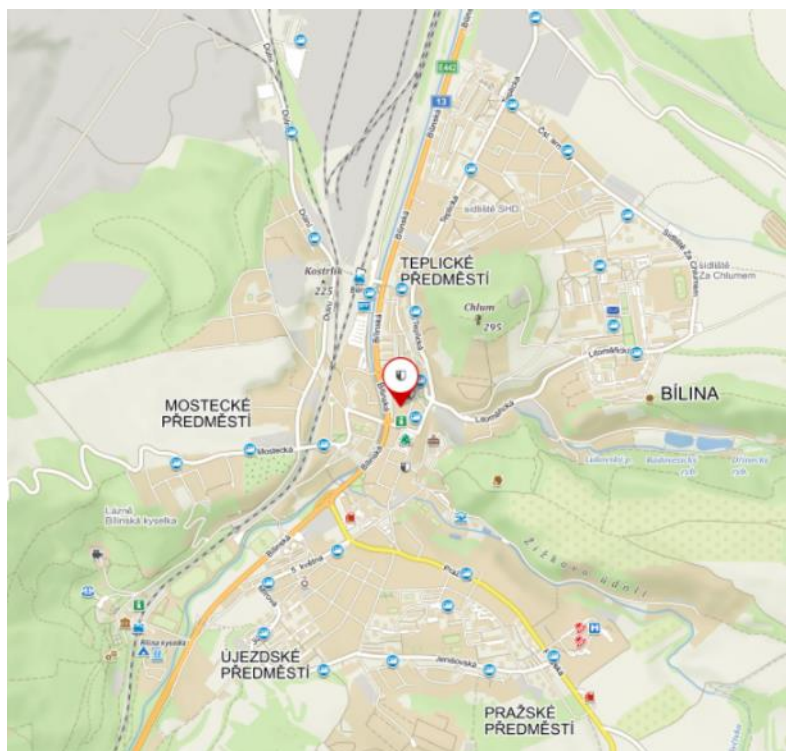


7.2.4 Koncept budoucího rozvoje

Základní vizí budoucího rozvoje je snaha připojit co největší možný počet institucí na optické připojení (či ekvivalentní službu propojenou do městské sítě). Důvodem volby této technologie a celkové vize je právě probíhající projekt firmy T-Mobile, která v současnosti pracuje na pokrytí města optickou sítí. V rámci projektu se tedy nabízí možnost využít této příležitosti a na základě vzájemné spolupráce opticky připojit vybrané instituce. Zároveň se operátor proaktivně nabídl prodloužit některé své plánované trasy za účelem pokrytí městských zájmů (kamerový systém, pokrytí socioekonomických partnerů). Uvažovanou alternativou je plná výstavba vlastní optické sítě,

dostavba chybějících tras, popřípadě spolupodílení se na výstavbě (investičně). Navrhovaný koncept je však časově omezený, jelikož samotný projekt budování sítě již začal, a to primárně v severní části města. Severní částí se rozumí oblast severně od Radnice, která je vyznačená na následující mapě. V rámci toho je nabídnuta alternativní varianta výstavby vlastní optické sítě v obdobném rozsahu.

Obrázek 24: Umístění radnice a středu městské sítě [Zdroj: Mapy.cz]



7.2.5 Plán rozvoje

7.2.5.1 Městská síť

Jak bylo zmíněno, právě probíhající budování optické sítě umožní určitou formu spolupráce. Současná vize této spolupráce je postavena na dlouhodobém pronájmu prázdných trubek, které chrání optická vlákna. Prázdné trubky sice neumožní městu připojit jednotlivé instituce na přímo, ale umožní městu pomocí zafukování optických vláken vybudovat vlastní infrastrukturu v momentě potřeby.

Tento způsob řešení umožní městu vlastní kontrolu nad sítí, čímž se výrazně zvýší samotná bezpečnost sítě, stejně jako flexibilita například v počtu potřebných vláken. Město si může zafouknout požadovaný počet vláken, přičemž bude v podstatě sdílet náklady výkopu s komerčními zákazníky infrastrukturního hráče.

Největší výhodou je však odstranění nákladů na výkop (sdílení v rámci nákladové orientace ceny), které jsou v rámci zajištění optické technologie nejvýznamnější a zároveň se tak při kolokaci zabrání například dvojímu omezování dopravy, nebo jiným negativním externalitám způsobeným výkopem.

Je samozřejmě žádané se nespolehat pouze na jedno řešení, a proto je nutné uvažovat alternativní řešení. Alternativou je v tomto případě využití této služby od jiných operátorů, případně výstavba vlastní optické sítě města (je možné využít očekávaných oprav cest a chodníků atd.). Výstavba vlastní optické sítě s sebou nese zejména vyšší investiční náklady, jak je uvedeno výše.

7.2.5.2 Datové centrum

Jak již bylo popsáno v kapitole současného stavu městské sítě, datové centrum v dnešní době disponuje jak dostatečnými kapacitami, tak dostatečnou výpočetní technikou. Datové centrum zároveň splňuje bezpečnostní požadavky a je zajištěno jak klimatizací, tak silovým připojením (externím připojením do sítě). Rozvoj této oblasti je tedy nutný pouze v případě implementace plánu rozvoje městské sítě a celkové zvýšené potřeby právě v oblasti ukládání dat či výpočetní techniky.

Nutno podotknout, kamerový systém, přesněji řečeno pořízení (velký upgrade) jeho DC, je v rozpočtu na letošní rok, tudíž je velký předpoklad jeho realizace. Toto DC slouží výlučně pro kamerový systém, bude umístěno v serverovně na MěP a bude napojeno na již existující optickou trasu do DC města.

Druhou oblastí je DC města pro napojení organizací, poskytování konektivity a sdílení služeb. Zde se požadavky na rozšíření odvíjí od poskytovaném spektru služeb. Obecně lze říci, připojení pro standardní služby pro malé organizace, typu mateřská školka, by bylo možno integrovat s minimálními nároky (lidské zdroje – dostačující, výkon DC – dostačující, sdílená konektivita – dostačující, diskový prostor – dostačující, softwarové licence – minimální náklady na rozšíření. Pro větší organizace (základní školy, nemocnice) by bylo nutné provést audit, jelikož se nabízí několik scénářů, např. že pokud nějaký HW a SW daných organizací je z hlediska výkonu/staří/kompatibility dostačující mohl by se integrovat do DC města. Každopádně platí, že pro tyto typy organizací, již současné DC nemusí disponovat volnou kapacitou HW ani SW a ani lidskými zdroji v souvislosti s realizací plného spektra očekávaných služeb.

Samotný návrh počítá i níže v cost-benefit analýze s nutností zlepšení kapacit serverů. Vyčíslení bylo provedeno řádově bez vyšší kvantifikace dedikovaných služeb.

Rozvoj datového centra může být vyřešen pouze přidáním nových zařízení či kapacit odpovídající nové poptávce s tím, že současné prostory Radnice, respektive datového centra jsou pro tento rozvoj dostatečné.

7.2.6 Prioritizace/segmentace plánu

Výběr institucí vhodných pro připojení bude probíhat na základě plánu budování sítí, jinými slovy výběr institucí bude muset zvážit pouze oblasti, ve kterých bude reálně probíhat výkop. V druhé fázi je potřeba stanovit si, jak kapacitní požadavky jednotlivých institucí, tak přesné ekonomické náklady pronájmu jednotlivých chráničků, včetně ceny vláken, zafukování a ostatních technických požadavků. Stanovení nákladů a potřeb umožní městu identifikovat optimální oblasti pro zapojení do městské sítě.

Nutné je však opět zmínit cíle Evropské unie, které očekávají připojení veškerých institucí na připojení alespoň 1 Gbit/s, a tudíž by bylo vhodné využít této situace a připojit tak co nejvíce institucí.

7.2.7 Doporučení budoucí implementace

V rámci zmapování jednotlivých institucí ve městě Bílina byl proveden subjektivní přehled priorit připojení jednotlivých institucí. Priority byly stanoveny zejména na základě potřeb či využití jednotlivých institucí. Z hodnocených institucí lze vyzdvihnout například Nemocnici, která může pomocí kvalitního připojení využívat video přenosů k dálkové léčbě, či v případě zapojení sanitek na 5G přijímat živý přenos a předem se připravit na operační zákrok. Zároveň je očekávané mít z podstaty bezpečnosti dedikované vlákno. Významné je pak připojení Obvodní Policie pro možnost přenosu veškerých kamerových záznamů ve městě.

Tabulka 6: Prioritizace institucí [Zdroj: GTA]

Instituce	Počet	Priorita	Odůvodnění/ Potřeba	Umístění
Kulturní centrum	2	1	Centrum nabízí digitální kino, může být potencionálně datově náročné.	V blízkém okolí knihovny a nedaleko Mateřské školky
Městské technické služby	1	2	Možnost sdílení dat, přístup k digitálním technickým mapám a další využití	Relativně odlehle v severní části města
Nemocnice	1	1	Možnost telemedicíny, dálkové operace, přenos videa	Relativně odlehle v jihovýchodní části
Pečovatelská služba	1	3	Nevýznamná	V blízkosti školek a domu dětí a mládeže, severní část
Informační centrum	2	1	Významná, informační centrum je hlavní kontakt města pro turisty	Velice odlehle, jihozápad
Jednotka hasičů	1	2	Možnost přenosu dat z kamer pro připravení na zásah	Sídlíště U Nového nádraží
Dům dětí a mládeže	1	2	Možnost využití videa k edukativním účelům či zabavení dětí	V blízkosti školek a pečovatelské služby, severní část
Základní školy	4	1	Možnost využití videa k edukativním účelům	Různé
Školky	7	3	Možnost využití videa k edukativním účelům či zabavení dětí	Různé

Instituce	Počet	Priorita	Odůvodnění/ Potřeba	Umístění
Knihovny	3	1	Možnost využití videa k edukativním účelům	Různé
Policie (ČR)	1	1	Sledování živých kamerových přenosů	Severní část
Městské úřady	3	1	Městské integrované systémy	Různé

V návaznosti na zhodnocení lze tedy doporučit, aby došlo k zaměření se primárně na připojení institucí s přiřazenou hodnotou priority 1. Toto doporučení však může být značně ovlivněno plánem výstavby jednotlivých optických tras, respektive některé prioritní lokality nebude v rámci této vize možné uskutečnit, a stejně tak některé instituce s menší prioritou bude možné za relativně jednoduchých možností připojit. Pro oblasti, které nebude v rámci projektu možné připojit, je vždy možnost alternativních způsobů zajištění připojení, například pronájem vláken na již existujících optických spojích, popřípadě provoz P2P spoje v adekvátním pásmu (60 GHz P2P například).

7.3 Kamerová síť

7.3.1 Koncept budoucího rozvoje

V rámci kamerové sítě je koncept budoucího rozvoje rozdělen do několika částí (definice proběhla v rámci Studie MKDS). Konkrétně se jedná zejména o rozvoj městského kamerového a dohlížecího systému, využití pokročilých analytických platform, ochranu měkkých cílů, rozvoj monitoringu dopravy a případně vytvoření navigačního systému pro podporu parkování.

Rozvoj městského kamerového a dohlížecího systému zahrnuje jeho rozšíření, zajištění odpovídající konektivity a implementaci inovativních nástrojů pro využití potenciálu získávaných obrazových dat.

Využití pokročilých analytických platform s podporou umělé inteligence zautomatizuje proces dohledu a vyšetřování, čímž se vyřeší neefektivita stávajícího systému, který je zaměřen na manuální dozor a je náročný na zdroje. Princip vytěžování dat z kamerových systémů prostřednictvím pokročilých analytických platform spočívá ve strojové kvantifikaci a automatizované analýze obsahu obrazových dat. Tyto platformy umožňují rozpoznání a monitorování osob, předmětů i vozidel a doplňují nebo dokonce nahrazují lidského operátora. Data vyhodnocují v reálném čase i zpětně. Důležité je také připomenout, že pokročilé platformy pro vytěžování záznamů dokážou data zpracovávat tak, že nedochází k porušování ochrany osobních údajů.

Samotný nárok na případnou konektivitu je nutné rozdělit do dvou rovin. V případě požadavku na zvýšení rozlišení kamer může dojít k nutnosti navýšení datového toku a může dojít k identifikování úzkého hrdla v některých P2P přenosech města. V úvaze samotné analýzy, ta bude probíhat na místě MěP v daném informačním systému.

S rozvojem kamerové sítě lze částečně spojit také cíl zvýšení bezpečnosti v okolí měkkých cílů. Měkké cíle jsou místa s vysokou koncentrací osob a nízkou úrovní zabezpečení, která jsou potenciálním terčem násilných útoků.

Potřeba dat pro efektivní rozhodování a řízení platí také pro dopravu. Nejpokročilejší řešení sběru dat přináší speciální kamery, které jsou schopné monitorovat průjezd vozidel a také pohyb chodce nebo cyklisty. V aktuální situaci má město na svém území instalované dvě dopravní kamery. Data z nich město aktuálně nesbírá a nevyužívá. V rámci rozvoje je však plánováno data z dopravních kamer aktivně sbírat a využívat.

7.3.2 Plán rozvoje

Klíčovým plánem rozvoje kamerové sítě je zaměření prioritně na schopnost plnohodnotně zpracovávat získávaná obrazová data prostřednictvím implementace pokročilé analytické platformy do stávajícího kamerového systému, a současně instalace nových kamerových bodů napojených na tento nový software.

1. Plánované kamerové body

Jak už bylo zmíněno v kapitole Analýza současné situace, aktuálně je plánováno rozšíření kamerového systému prostřednictvím nových kamerových bodů v následujících oblastech:

- ulice Pražská – finalizace výstavby se očekává 03/2021
- Pohádkový les - příprava projektu

Kamera na ulici Pražská bude snímat okolí Hornické nemocnice a polikliniky Bílina.

Kromě lokalit s aktuálně plánovaným rozšířením kamerových bodů je potřebné zmínit také další lokality, které byly identifikovány jako prioritní, a to sídliště Teplického Předměstí a sídliště za Chlumem + ulice Čapkova. Jedná se o lokality s dlouhodobými problémy s dodržováním veřejného pořádku, kde negativní jevy přispívají ke snižování kvality života místního obyvatelstva. Městský kamerový a dohlížečský systém v aktuální situaci nedisponuje kapacitami monitorovat veškeré významné oblasti a prostor zmíněných lokalit není kamerami kvalitně pokryt. Do budoucnosti je však plánem tyto lokality monitorovat kvalitněji a předcházet tak negativním jevům.

Za zmínku stojí také plán revitalizace/výměny tělových kamer strážníků městské policie, které přispívají k zajištění bezpečnosti občanů a strážníků a plní důležitou roli při zvyšování transparentnosti úkonů městské policie. Tato plánovaná aktivita MKDS je již v řešení ze strany města Bílina.

2. Technické zajištění

Kromě hlavní překážky rozvoje MKDS z pohledu technického zajištění (přetíženost datových přenosů v již stávajícím rozsahu instalovaných kamer, patří do plánu rozvoje technického zajištění také další aspekty.

Z důvodu stárání kamer v rámci kamerových bodů (v záruce jsou pouze dvě kamery) je esenciální důkladná kontrola funkčnosti všech kamer a případná výměna těch, které nesplňují technické požadavky.

Podstatnou částí rozvoje, jak je již definováno a řešeno v rámci Návrhové části studie MKDS, je také výměna zobrazovacího hardwaru v dohledovém centru, ve kterém se aktuálně nacházejí staré počítače a nedostatečný počet monitorů. Nevyhovující je také umístění zobrazovacího hardwaru a záznamových zařízení a sdílení jedné místnosti operátory MKDS s operačním pracovníkem městské policie. Ideálním stavem by byla možnost oddělení a umožnit tak práci operátorů MKDS s pokročilou analýzou dat. Tento rozvoj je již nyní zakomponován v rozpočtu města.

3. Pokročilé analytické platformy

Významnou součástí plánovaného rozvoje kamerové sítě je využití pokročilého analytického softwaru, který umožní automatizaci nepřetržitého monitorování dat ze všech kamer současně. Z pohledu rozvoje MKDS a kamerové sítě je důležité vyzdvihnout, že analytické platformy značně doplňují, případně i nahrazují práci operátora dispečinku. Mezi hlavní funkcionality těchto platforem patří mapování mobility, rozpoznávání kriminální aktivity a zajištění pokročilé úrovně bezpečnostního dohledu.

7.3.3 Doporučení budoucí implementace

Z pohledu implementačního doporučení v rámci rozvoje kamerového systému lze konstatovat, že lokality plánovaného rozšíření kamerových bodů byly vybrány správně a adekvátně. Jedná se o místa, která buď plynule navazují na již umístěné kamerové body a doplňují pokrytí sítě, nebo jsou strategicky významná a důležitá. Důležité je zaměřit se také na zvýšení bezpečnosti v okolí měkkých cílů. Jedním z hlavních prostředků zvýšení bezpečnosti v okolí měkkých cílů je samozřejmě rozvoj kamerového systému. Pokud to bude možné, doporučujeme přidání kamerových bodů také ke kulturním a zdravotním objektům, na veřejná prostranství, na sportoviště, na hřbitov a na vytížené dopravní uzly.

Z pohledu technického zajištění jednoznačně souhlasíme se vším zmíněným, tj. s kontrolou aktuálního stavu kamer, výměnou nevyhovujících kamer, výměnou zobrazovacího hardwaru v dohledovém centru apod.

8 Identifikace klíčových lokalit města, které je potřeba pokrýt - Kapacitní požadavky



8.1 Městská síť & Kamerová síť

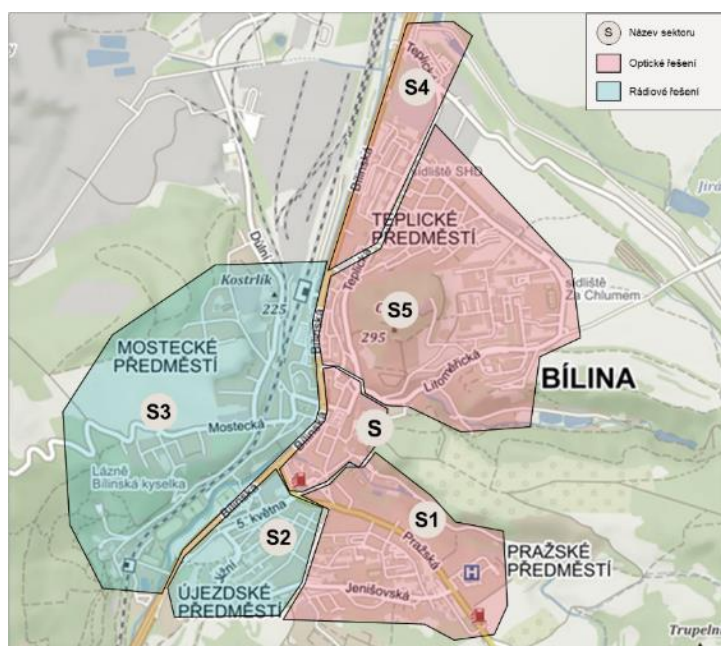
V rámci návrhu koncového řešení bylo město rozděleno na 6 sektorů. Rozdělení do těchto jednotlivých sektorů proběhlo na základě dostupných informací ohledně umístění jednotlivých objektů, plánu umístění budoucí optické sítě, již existujících technologií a dalších. K jednotlivým sektorům byla poté v rámci návrhu přiřazena nejvhodnější technologická řešení.

Primárním cílem celého návrhu bylo zajistit připojení 2 klíčových služeb:

- Městské sítě
- Kamerové sítě

Jednotlivé sektory jsou zobrazeny bez významného detailu následujícím obrázkem. Detail jednotlivých sektorů, včetně odůvodnění jednotlivých řešení, bude prezentován v nadcházející kapitole.

Obrázek 25: Rozdělení sektorů [Zdroj: GTA]



Technologické zastoupení v jednotlivých sektorech je následující:

Tabulka 7: Technologické zastoupení v lokalitách [Zdroj: GTA]

Zkratka	Oblast	Kamery	Budovy
S	Střed města	Optika	Optika
S1	Pražské předměstí	Optika	Optika
S2	Újezdské předměstí	Rádio (5G)	Rádio (P2P)
S3	Mostecké předměstí + Lázně Bílinská kyselka	Rádio (5G)	Rádio (P2P)
S4	Severní část Teplického předměstí	Optika	Optika
S5	Východní část Teplického předměstí + sídliště Za Chlumem	Optika	Optika

V rámci navrhování jednotlivých technologií byly zváženy jednotlivé dostupné trasy tak, aby nebylo zapotřebí vytvářet individuální řešení a přímé spoje pro dané sektory zvlášť. Využití možných tras vzniklo zejména na základě podkladů od firmy T-Mobile, která projektovému týmu umožnila prostudovat materiály plánovaných optických tras. Vzhledem k přenosovým rychlostem optických kabelů, nízkým provozním nákladům a možné kolokaci byla optika v rámci návrhu upřednostňována a doporučena ve všech oblastech, kde její zavedení bylo za rozumných nákladů možné.

Mezi alternativní řešení pak byly zařazeny Rádiové sítě. Pro kamerové body byly, v případě nedostupnosti optiky, zváženy zejména 5G sítě, případně 4G sítě (v oblastech bez 5G). Pro instituce bylo z rádiových řešení vybráno spojení P2P (optimálně v licencovaných pásmech).

8.1.1 Technologická východiska

Technologie optického vlákna

Optické vlákna nabízejí z daleka nejvyšší přenosové rychlosti ze všech dostupných technologií. Jedno optické vlákno typicky dosahuje přenosových rychlostí až okolo 7-8 Gbit/s (technologicky je udáváno až 10 Gbit/s, pro účel této analýzy uvažujeme nižší). V rámci umístění pak lze do země vložit mnohem více než pouze jedno optické vlákno. Z pohledu diskutovaného řešení, tedy za využití mikro trubíček, lze typicky vložit 7 vláken a dosáhnout tak teoreticky až 56 Gbit/s (v rámci této analýzy, podle technologického popisu by to bylo 70 Gbit/s). Při vytváření robustnějších řešení lze samozřejmě využít větších HDPE trubek a dosáhnout tak i daleko vyšších přenosových rychlostí.

Z pohledu počtu potřebných vláken byly jednotlivé sektory, ke kterým bylo přiřazeno optické řešení, analyzovány dle jejich kapacitních potřeb. U všech řešení byly dále zváženy potřebné rezervní kapacity, ať už v případě výpadku či zvýšené kapacitní potřeby. Počet potřebných vláken byl vždy vypočítán individuálně pro městskou a kamerovou síť, tak aby trasy mohli plně plnit své dedikované určení.

Rádiová technologie

Zmíněnou alternativou je připojení skrze bezdrátové rádiové sítě. V rámci připojení kamer se jeví jako ideální řešení připojení 5G, které umožní dostatečné přenosové rychlosti, stabilitu, latenci a zároveň oproti ostatním zmíněným technologiím dokáže pokrýt více zařízení v dané oblasti na rozdíl od fixních řešení. Pro velký počet kamerových bodů rozmístěných v různých lokalitách je tak 5G správným řešením.

Z pohledu kapacitních možností lze dle 3GPP Release 16 dosáhnout rychlostí až 20 Gbit/s. Jedná se spíše o maximální rychlosti jejíž plné dosažení nelze očekávat, avšak i v případě výrazně nižších rychlostí by přenosové kapacity měli být dostatečné pro desítky kamer. Při připojení kamer je však nutné zajistit zejména rychlost nahrávání, respektive tedy směrem od kamery. Dá se očekávat optimální agregace na úrovni 1:1, tedy na jednu kameru budeme očekávat jeden „modem“ a připojení do sítě. Neuvažujeme tedy agregaci provozu kamer před tím, než je provoz přenášen pomocí 5G technologie.

Pro připojení budov jsou z pohledu rádiových sítí vhodnější P2P řešení. Výhodou řešení je koncentrace vysílání jedním směrem, což umožňuje kapacitně vyšší přenosy. Zároveň se jedná o vlastní řešení nezávislé na službách operátora, čímž se zvyšuje zejména bezpečnost a zároveň flexibilita. V některých případech lze uvažovat i o multipoint řešení. Řešení je již využíváno, a tak se zde zároveň nabízí možnost využití stávající techniky a ušetřit tak náklady. Nutné opět připomenout, že pro zajištění maximální stability je žádané využít licencovaných pásem.

8.1.2 Kapacitní požadavky služeb

Na kapacity je nutné se podívat i z druhé strany, a to ze strany poptávky. Poptávka je definována dle zmíněných služeb.

Městské instituce

V rámci cílů Evropské Unie je zapotřebí připojit veškeré instituce na rychlost alespoň 1 Gbit/s. Tato rychlost je tedy respektována a v návrhu brána jako cílová. V případě připojení na optické technologie však lze zvažovat i vyšší rychlosti, tak aby byly uspokojeny i budoucí potřeby.

Samotné napojení institucí je technologicky možné jak na optickou technologii, tak je vhodnou technologií také P2P rádiová technologie.

Kamera

V případě kamer je důležité zejména rozlišení záznamu. Z pohledu budoucího lze uvažovat o využití 4K rozlišení, které v současnosti typicky vyžaduje přenosovou kapacitu okolo 25 Mbit/s, a to jak v uploadu, tak downloadu.

Snímací zařízení (kameru) je možné napojit jak na standardní P2P rádiové řešení, tak na technologii 5G veřejné mobilní sítě. Připojení na optickou technologii je samozřejmě také možné, je potřeba dodatečný modem/router

popřípadě kamera s integrovaným propojem na optický kabel. Samotné napojení na optický kabel může znamenat nutnost dodatečného prodloužení trasy optiky do lokace kamery. V tomto ohledu jsou v CBA analýze počítány vícenáklady, technologicky je to možné a jde o standardní postup. Samozřejmě můžou existovat výjimky, kde bude vyžadována složitější trasa ke kameře bez narušení opláštění budovy (zejména u historických budov).

Nemocnice

Z bezpečnostních důvodů je adekvátní připojení institucí jako nemocnice separátním vláknem (kritická infrastruktura).

Záložní kapacity optických vláken

Nad rámec zmíněných potřeb jednotlivých služeb doporučujeme realizovat kapacitní, provozní a bezpečnostní zálohu.

Jednak jde o velmi nízký náklad nad rámec potřebného počtu vláken, zároveň v případě zafouknutí již není možné dofouknutí dalších optických kabelů. Proto je vhodné uvažovat vždy možné rozšíření kapacitních potřeb v rozumné míře.

V rámci kapacitní/provozní zálohy navrhujeme předpokládat až zdvojnásobení počtu institucí a kamer. U kamer lze zároveň uvažovat i o budoucím zvýšení rozlišení (například na 8K) a tím zvýšení kapacitních nároků kamer.

Zároveň musí existovat bezpečnostní záloha pro případ, že se v rámci provozu něco pokazí (1-2 vlákna). Není to příliš standardní, aby se poškodilo optické vlákno, nicméně k tomu dochází a bez realizace zálohy by mohlo jít o velmi nákladnou opravu zafouknutí nových kabelů do chrániček/mikrotrubiček.

Při provozu kritických informačních infrastruktur jsou některá vlákna dedikována pouze pro účely bezpečnosti (dohledu), tak aby bylo možné monitorovat a kontrolovat případné poškození infrastruktury (například překopnutím).

9 Definice technologií pro pokrytí lokalit



9.1 5G sítě

9.1.1 Technologický popis

9.1.1.1 Nová generace mobilních služeb

Sítě 5G jsou bezdrátové komunikační technologie přenosu dat využívající rádiových frekvencí. 5G je novou generací již existujících technologií 3G a 4G a přináší významný pokrok v rámci výkonnostních parametrů. Dle 3GPP Rel.16, respektive jednoho z prvních kompletních technických standardů pro 5G, má tato nová generace splňovat technické požadavky zobrazené následujícím obrázkem.

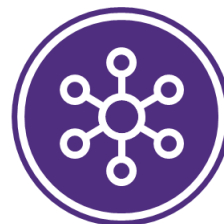
Obrázek 26: Parametry 5G [Zdroj: Samsung 3GPP Release 16 Whitepaper¹¹]



**Maximální rychlost
stahování až 20 Gbps**



**Vysoká stabilita a super
nízká latence 1 m/s**



**Možnost připojení až
milión zařízení na km²**

Mezi klíčové parametry patří nová zvýšená stahovací rychlost až 20 Gbps, respektive až 20násobek současných 4G sítí. Nové vysoké rychlosti umožní daleko vyšší využití datově náročných služeb, nejběžněji přenosy videí i v rozlišení 4K či 8K.

Druhým parametrem je super stabilní připojení spolu s výrazně nižší latencí pouhých 1ms. Release 16 zmiňuje například autonomní vozidla pro které tento upgrade znamená významný reakční rozdíl z 1 m na pouhých 10 cm při rychlosti až 100 Km/h. Super nízká latence a vysoká stabilita umožní daleko více využití, jako dále například dálkově řízené operace.

V neposlední řadě 5G umožní připojit významný počet zařízení, specificky až 1 miliónu zařízení na 1 km čtvereční. Tento aspekt je významný zejména z pohledu IoT zařízení. Senzory a jiné IoT zařízení přináší spoustu nových využití, a to ať už se jedná o sběr dat v rámci například počítání lidí na náměstích či správy odpadu.

9.1.1.2 Využití frekvencí

Jednou z nevýhod 5G a všech jiných bezdrátových technologií je závislost na šířce frekvenčního spektra. Problémem je omezený počet spektra, které je využíváno pro mnohem více účelů než čistě 5G. Důvodem omezenosti spektra je vzájemné rušení. Pro zabránění rušení je pásmo rozdělováno a případně přidělováno pomocí aukcí Českým telekomunikačním úřadem, často na základě mezinárodní harmonizace, která zabraňuje i přeshraničnímu rušení. Pro 5G je dle ETSI doporučeno využívat minimálně 100 MHz spektra.

Z pohledu 5G byly v současnosti (nedávno) vydražena tři pásma a to následující:

Tabulka 8: Vyhrazená 5G pásma [Zdroj: GTA]

Název pásma	Kmitočty (MHz)
700 MHz	703-733/758-788
3.5 GHz	3400-3600
3.7 GHz	3600-3800

¹¹ <https://images.samsung.com/is/content/samsung/p5/global/business/networks/insights/white-papers/3gpp-release-16-shifting-gears-to-increase-5g-speeds-on-multiple-network-highways/Samsung-3GPP-Release-16-Whitepaper.pdf>

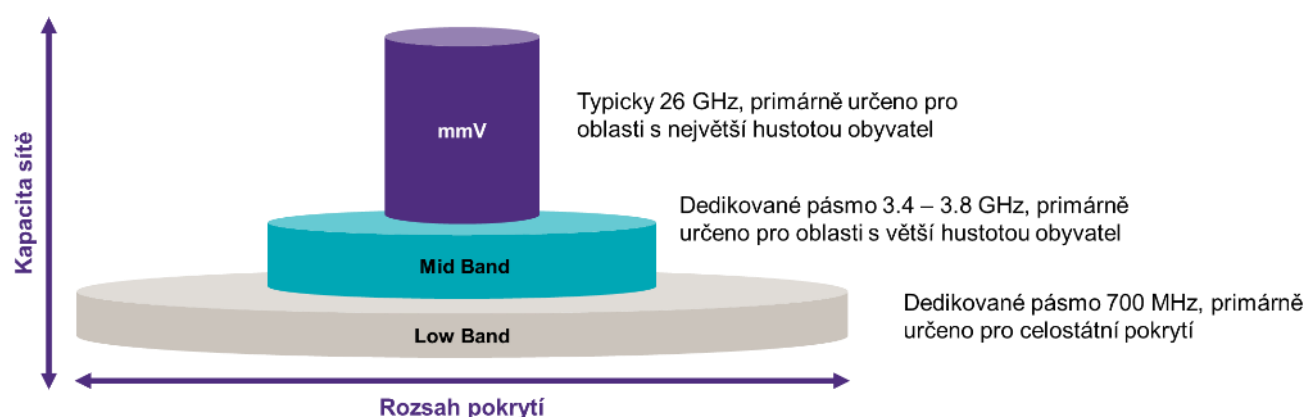
V rámci budoucího vývoje se na základě světového benchmarku využití pro služby 5G dá očekávat zpřístupnění i dalších pásem, a to následujících:

Tabulka 9: Očekávaná 5G pásma [Zdroj: GTA]

Název pásma
700 MHz (SDL ¹²)
1.4 GHz
2.1 GHz
2.3 GHz
26 GHz (částečně dostupné)

Relevance využití jednotlivých pásem je znázorněno následujícím obrázkem:

Obrázek 27: Typy pásem [Zdroj: GTA]



Limitovaný počet dostupných frekvencí v dedikovaných pásmech (700 MHz a 3.4-3.8 GHz) tak omezuje možnosti vysílání 5G s tím, že již zmíněné dedikované kmitočty jsou přiřazeny konkrétním operátorům a nemohou tak být jednoduše využívány pro soukromé, městské či individuální účely. Z této informace vyplývá, že pokud město plánuje využít 5G sítě v těchto pásmech, bude muset využít služeb operátorů s již přidělenými kmitočty a nebude moci čistě vybudovat vlastní řešení 5G. Možnou alternativou je pásmo 26 GHz, ve kterém ČTÚ uvolnilo až 1 GHz pásma pro experimentální účely 5G s tím, že o využití pásma si město může požádat právě na ČTÚ.

9.1.1.3 Připojení do sítě

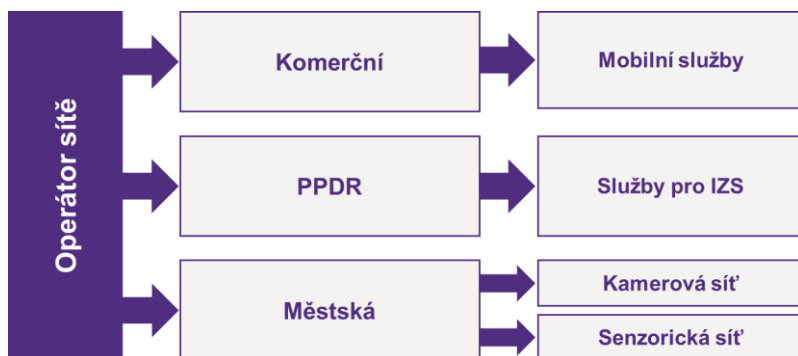
V rámci zajištění 5G služeb od operátorů existují dva možné typy zákaznických modelů. První možností je pronájem jednotlivých SIM karet, kdy každé zařízení má vlastní SIM kartu pro připojení na síť. Zařízení se v tomto scénáři připojuje na běžnou komerční síť pod správou operátora (5G nabízí mnoho možností zpoplatnění viz dále).

Druhou možností je takzvaný network slicing definovaný v rámci 3GPP Rel.16 pro 5G, který navazuje na problematiku frekvenčních pásem. Cílem tohoto druhého modelu je zajištění nekomerční sítě (vrstvy), plně pod kontrolou města. Network slicing umožní využít již vybudované 5G sítě soukromých operátorů a dynamicky, či pevně rozdělit jednotlivé frekvenční kanály pro různá využití. Výhodou tohoto rozdělení je možnost optimálně technicky nastavit jednotlivé části sítě dle potřebného využití (různá SLA).

Celou lokální 5G síť tak jde rozdělit na více prvků s tím, že město si může část sítě, respektive „slice“ pronajímat a libovolně využívat. V rámci služby si pak může město rozdělit síť například na kamerovou a senzorickou síť tak, aby technické parametry odpovídaly jak pro kamerové, tak senzorické využití. Příklad rozdělení sítě je vyobrazen následujícím obrázkem.

¹² 738-758 MHz supplemental Downlink

Obrázek 28: Příklad Network slicing [Zdroj: GTA]



Network slicing tak nabízí významnou flexibilitu vhodnou právě pro optimální Smart City řešení. Rozdělení sítě však znamená, že je využita část spektra, která by jinak mohla být operátorem využita pro nabízení komerčních služeb, a tudíž může být samotná služba daleko nákladnější, než běžné zapojení SIM karet jednotlivých zařízení do komerční sítě.

Současným problémem je zároveň nezkušenost trhu s těmito službami, a tudíž samotní operátoři dosud nemají představu konkrétní koncové ceny za tyto typy služeb pro 5G.

9.1.2 Výhody a nevýhody

9.1.2.1 Výhody

Primární výhodou všech bezdrátových technologií je, že není zapotřebí zajišťovat rozsáhlé výkopy (výstavbu), které jsou jak nákladné, tak mohou v rámci města vytvářet určité komplikace, ať už z pohledu dopravy či jiných. 5G jako nová generace těchto technologií dále nabízí spoustu nových výhod oproti předešlým generacím.

Mezi tyto výhody patří zvýšené rychlosti, respektive kapacity s tím, že v porovnání například s optickými kabely se nejedná čistě o výhodu, avšak v porovnání s ostatními bezdrátovými technologiemi se jedná o velký posun. Další výhodou je velmi nízká latence, která je opět v porovnání s předešlými generacemi na výrazně lepší úrovni. Počet zařízení je v rámci výstavby Smart cities obrovskou výhodou, a to nejen díky číslu 1 milion zařízení na km², ale zejména z pohledu flexibility, jelikož ostatní zkoumané technologie, tedy optické sítě a mikrovlnné spoje bod-bod, mohou připojit pouze zařízení ve vybraném bodě a přechod na jiný bod je přinejmenším složitý či nemožný.

Další výhodou 5G je zmíněná možnost Network slicing, který umožňuje výraznou flexibilitu v rámci většího počtu využití sítě, respektive umožňuje optimalizaci pro jednotlivé typy požadavků služeb.

9.1.2.2 Nevýhody

Mezi nevýhody patří v současnosti omezené spektrum, které je sice dostupné například v pásmu 26 GHz či v pásmu 3.5 GHz za využití kmitočtů určených pro průmysl 4.0, ale jedná se o významné omezení plánuje-li město stavět vlastní 5G síť. Zároveň to znamená, že počet operátorů nabízejících 5G služby je limitovaný vzhledem k nutnosti vlastnictví přidělu v dedikovaných pásmech. Pásmo 700 MHz, vhodné právě pro celoplošné pokrytí, má v současnosti pouze tři operátory s přidělem.

Další nevýhodou je, že 5G je v současnosti stále určitou vizí do budoucnosti, respektive technologie není doposud běžně využívána, což přináší určité komplikace v rámci využití této sítě, obzvláště z pohledu nízkého pokrytí, či například neexistujících cenových balíčků pro služby typu Network slicing.

Významnou nevýhodou je zároveň finančně náročné budování a provozování sítě. Dále je v současnosti limitovaný počet uživatelských zařízení schopných přijímat 5G s tím, že počet těchto zařízení samozřejmě postupně roste. Poslední nevýhodou je určitá negativní obava části populace z technologie 5G, která je milně způsobena očekáváním škodlivosti záření 5G, ačkoliv je technologie provozována na již historicky využívaných a celoplošně používaných kmitočtech.

9.1.3 Náklady

Nákladová kalkulace bude ovlivněna zejména následujícími drivery, které budou mít zásadní vliv na způsob využití (potřeby daného řešení) a případnou cenovou kalkulaci daného řešení. Zásadní vliv bude mít zejména potřeba bezpečnosti, privátnosti, počtu zařízení, kapacity a její dynamiky a popřípadě samotné kvality služeb (potřeb SLA). V tomto ohledu jde zejména o existenci několika možných řešení, přičemž mezi významné v řešení 5G pro potřeby měst lze uvést následující:

- Network slicing
- Pronájem kmitočtů
- Nákup „komerčních“ služeb (IoT)

Network slicing

Network slicing nabízí adekvátní řešení právě pro potřeby dostat se k části spektra, a přitom nemuset dělat nákladnou výstavbu. Typicky poskytuje řešení operátor a klient si může napojit dle domluvy svá zařízení, popřípadě využít část sítě (slice) pro své potřeby. Vzhledem k tomu, že teprve došlo k vydražení relevantních kmitočtů a samotné řešení network slicing se tedy pravděpodobně rozšíří do značné části České republiky až v dalších letech, je současná propozice operátorů nejasná. Momentálně nejsou veřejně k dispozici nabídky, popřípadě dohledatelné kontrakty s podrobnou specifikací podmínek.

V tomto ohledu však v rámci standardizace dochází k zásadním krokům vstříc zajímavým cenovým modelům. V rámci 3GPP Release 15 bylo představeno například Session Management Function (SMF) and Policy Control Function (PCF) čímž se nabízí možnosti novému zpoplatnění (nová politika ze strany operátorů). SMF umožňuje například zpoplatnění sledování filmu, i když v průběhu dojde k přerušení a dosledování filmu na jiném zařízení (tablet, mobil).

Dalším krokem jsou představy zmíněné v 3GPP Release 16 s ohledem na systém zpoplatnění 5G. Nově bude systém umožňovat například: Access & Mobility Management Function (AMF) dovolující získat podstatné informace pro zpoplatnění jako lokaci, ID zařízení a podobně ještě před zahájením zpoplatněné události; Network Exposure Function (NEF) umožňuje výměnu informací mezi operátorem a poskytovatelem obsahu tak, aby bylo možné upravovat způsob zpoplatnění podle konkrétního využití; Network Data Analytics Function (NWDAF) umožňuje zpoplatnění služeb na základě požadovaných SLA a jiných analytik dané události; Network Slice Management Function (NSMF) umožňuje operátorům platit za „slice“; Access Traffic Steering, Switching and Splitting (ATSSS) umožňuje souběžné fungování WI-FI a mobilního signálu zároveň během jedné relace, a spolu s tím umožňuje flexibilní zpoplatnění.

Typickým ukázkovým řešením je nabídka vysílání několika vrstev (slice). První může sloužit pro klasický provoz sítě (komerční provoz), ostatní mohou být určeny pro komunikační účely konkrétních IoT řešení nebo například privátní sítě v podniku. Výhodou je zejména nastavení vrstev podle konkrétních potřeb uživatelů a s tím spojit konkrétní cenovou politiku (zpoplatnění konkrétního SLA).

Pronájem kmitočtů

V rámci 5G Aukce v roce 2020 vznikl v České republice některým operátorům závazek pronájmu kmitočtů pro průmyslové účely. V tomto ohledu jde zejména o lokální přístup (tedy nutnost lokalizace na vlastní pozemek), kdy v rámci tohoto pozemku je operátor oprávněn provozovat na pronajatých kmitočtech vlastní síť. Samozřejmostí je plnění podmínek nerušení okolních sítí. Samotné zpoplatnění je nastaveno pevně podmínkami tak, jak je prezentováno níže.

8.5.3 Cenové podmínky
Cena za pronájem rádiových kmitočtů na základě tohoto Závazku pronájmu rádiových kmitočtů účtovaná Povinným pronajímatelem bude stanovena následovně:

1. Jednorázová cena za zřízení služby je 50.000 Kč bez DPH;
2. Roční cena pronájmu bude vypočtena následovně:

$$\text{Roční cena služby (Kč)} = \frac{m}{12} \times 1000 \times V \times a$$

kdy:

- m je počet měsíců pronájmu za kalendářní rok,
- V je pronajatá šířka úseku spektra v MHz,
- a je označení pro skutečnou rozlohu pozemku v km².

Oprávněný zájemce musí žádat o minimální šířku kanálu 10 MHz, maximální šířka kanálu je omezena celkovým přidělem Povinného pronajímatele v pásmu 3400-3800 MHz, přičemž požadovaná šířka kanálu musí být v násobcích 10 MHz.

Skutečnou rozlohou se rozumí velikost pozemků v km², přičemž pro účely výpočtu ceny se vždy za skutečnou rozlohu (velikost) pozemků, kterých se týká pronájem kmitočtů, považuje rozloha (velikost) celého pozemku uvedená v katastru nemovitostí.

Samotné řešení pronájmu kmitočtů pro průmysl nabízí možnost realizace vlastních privátních sítí, a to bez nutnosti použití Network slicing, který je stále ve vývoji (pevné ukotvení a další dodefinování v následujícím 3GPP Release). Zároveň je tento závazek z aukce platný pro široké spektrum žadatelů, a je tedy vhodnou alternativou před dostatečnou technologickou penetrací. Některým zájemcům může nabídnout vyšší požadovanou míru kontroly z titulu vlastnictví dané sítě.

Nejde tedy pouze o náklady spojené se samotným pronájem kmitočtů, ale žadatel/zájemce nese náklady na zprovoznění a údržbu dané sítě.

Nákup „komerčních“ služeb 5G připojení k internetu (IoT)

Velmi blízko službě Network slicing může být služba datových SIM (IoT nebo M2M simkaret). Základním principem může být nákup datových SIM od operátora a využití pro účely chytrých senzorů či modemů přenášejících data z těchto senzorů. V tomto ohledu lze najít veřejné ceníky operátorů na jejich webových stránkách.

Ekvivalentem je služba pevného/mobilního internetu přes mobilní síť. Zde se ceny pohybují v rozmezí od 400 do 900 Kč (v závislosti na rychlosti 20-1000 Mbps a na typu služby – fixní nebo mobilní). Samozřejmě lze očekávat zřizovací poplatky a požadavek na případný pronájem modemu či potřebných zařízení od zřizovatele služby. Na trhu jsou k dispozici i levnější tarify v závislosti na daném poskytovateli. Nutno podotknout, že samotná cena se bude značně lišit podle účelu užití, SLA a kvalitativních parametrů.

Tato abstrakce možné ceny přenosu dat pomocí současných datových tarifů umožní vyčíslit případný limit výstavby konektivity jiným řešením (do jaké vzdálenosti dává smysl vystavět optický kabel a kde je poté ekonomičtější provozovat obdobné řešení pevného mobilního připojení). Pro případ bezpečnostních kamer lze tedy uvažovat měsíční náklad v tomto rozmezí pro zajištění dostatečného přenosu dat v podstatě odkudkoliv. Je tedy podstatné dopočítat pouze v případě relevantní doby odpisu očekávanou vzdálenost, pro kterou dává smysl stále uvažovat ekvivalentní technologii optického kabelu. Samotné srovnání narůstá na komplexitě v případě více zařízení a řetězení lokalit.

9.2 Optické kabely

9.2.1 Technologický popis

Optické kabely jsou ze všech způsobů zajištění konektivity schopné přenášet bezkonkurenčně největší objemy dat. Optické kabely nabízí zároveň vysokou stabilitu a nízkou latenci. Tyto parametry umožňují optice být optimálním řešením v rámci výstavby páteřních sítí.

Optické trasy se skládají z několika optických vláken umístěných v ochranné trubce, typicky v mikro trubičkách či HDPE trubkách. Počet vláken v trubce určuje celkovou přenosovou kapacitu sítě s tím, že kabely mohou teoreticky obsahovat až tisíce vláken a přenášet tak rychlosti větší než terabyte za sekundu.

Základní problematikou optických sítí je potřeba výkopu (výstavby) pro uložení kabelů. Optické kabely jsou vzhledem ke svým bezkonkurenčním výkonostním parametrům ve velké většině případů zajištění fixního připojení optimálním řešením, jelikož jejich pořízení je relativně levné, respektive pohybuje se okolo 1-5 Kč / m / vlákno a zároveň i provozní náklady jsou v porovnání s bezdrátovými technologiemi výrazně nižší. Cena optického řešení však výrazně vzroste právě v případě potřeby výkopu (výstavby položením do země).

V rámci výstavby nových domů, kam je zapotřebí dotáhnout i silové sítě a vodní přívod, je výkop země samozřejmostí a instalace optických kabelů je tudíž z daleka nejlepším řešením (nutností je mitigace rušení s elektrickým vedením). Z pohledu již existujících budov však výstavba optických sítí není pro operátory vždy rentabilní, jelikož již dnes mohou uživatelům v těchto lokalitách nabízet připojení pomocí jiných fixních či bezdrátových technologií, typicky však pomocí variant technologií xDSL.

Optické kabely se dělí do několika kategorií dle jejich vzdálenosti od koncového uživatele. Zkratka těchto jednotlivých typů optiky je FTTX, anglicky Fiber to the X, respektive Optické připojení do bodu (x). Koncové připojení z bodu X až k uživateli je rozvedeno pomocí alternativních, typicky metalických řešení.

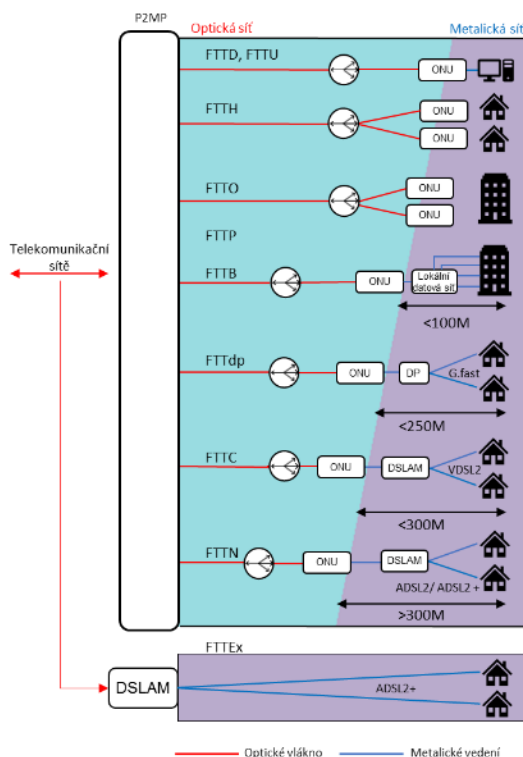
Mezi jednotlivé typy patří:

Tabulka 10: Typy FTTx [Zdroj: GTA]

Zkratka	Koncový bod	Vysvětlení
FTTH	Home	Optika ukončena v uživatelské zásuvce
FTTO	Office	Ukončena ve firemních IT prostorech
FTTB	Building	Optika ukončena v budově
FTTC	Cabinet	Optika ukončena v nejbližším rozvaděči do vzdálenosti 300 m
FTTN	Node	Optika ukončena v nejbližším rozvaděči nad vzdálenost 300 m
FTTEx	Exchange	Optika ukončena v lokální ústředně
FTTdb	FTTdb	Optika ukončena v distribučním bodě

Jednotlivé typy jsou graficky znázorněny následujícím obrázkem.

Obrázek 30: Typy FTTx [Zdroj: GTA, publikováno v Analýze rozvoje sítí NGA pro MPO]



Jak bylo zmíněno, budování optických sítí je velmi závislé na příležitostech výkopu. Běžnou praktikou je v dnešní době takzvané zafukování, které umožní vložit optické kabely do již připravených trubek. Těto metody lze primárně využít v případě, že nejsou předem jisté kapacitní požadavky dané sítě či pro zanechání rezervy na budoucí vývoj potřeb. V rámci výkopu jsou tedy do země vloženy buďto mikro trubičky či HDPE trubky, které mohou být v budoucnosti zafouknuty či dofouknuty optickými vlákny (počítá se u nich s budoucím rozvojem).

Rozdíl mezi mikrotrubičkami a HDPE trubkami je právě v možnosti dofukování vláken, jelikož u HDPE trubek, které nejsou nikterak rozděleny, je tento proces velice komplikovaný. Je-li prostor HDPE trubek již využíván existujícím vláknem, pak by dofukování nových vláken mohlo poškodit jak stará, tak nová vlákna. Mikrotrubičky jsou však rozděleny na individuální články, respektive jedna trubka obsahuje větší počet trubiček pro jednotlivá vlákna. Při využití mikrotrubiček tak lze relativně jednoduše dofukovat vlákna do nevyužitých článků a zvýšit tak přenosovou kapacitu.

Další možností je nenasvícení předem vložených vláken, které jsou uloženy v trubce v případě budoucí kapacitní potřeby, ale nejsou aktivně využívány, a tudíž nezvyšují provozní náklady. Využitím této metody se sice zvyšují investiční náklady o daný počet nenasvícených vláken, ovšem dá-li se předem s relativní jistotou očekávat, že se budoucí kapacitní potřeba sítě zvýší, v momentě této potřeby je pak pouze potřeba vlákna nasvítit, čímž se ušetří náklad na dofukování, který však není významný. Zásadní úspora je poté na projektové dokumentaci, která se nemusí tvořit vícekrát.

9.2.2 Výhody a nevýhody

9.2.2.1 Výhody

Největší výhodou optických kabelů je bezkonkurenční kapacita přenosu spojená s výbornou stabilitou a latencí. Tyto výhody jsou dále posíleny dlouhodobou životností kabelů. Dlouhodobá životnost a nízké provozní náklady spojené s výkonnostními parametry, které s největší pravděpodobností dokážou uspokojit kapacitní požadavky i za několik desítek let znamenají, že optika je z dlouhodobého hlediska optimální technologií.

Další výhodou optických sítí je možnost využít technologii pouze pro páteřní sítě. Páteřní sítě spojují velký počet lokalit, čímž se agreguje veškerá datová potřeba, a tudíž tento přenos musí být zajištěn technologií, která umožní vysoké kapacitní přenosy na dlouhé vzdálenosti. Z tohoto pohledu je optika opět optimální technologií.

Jak bylo popsáno v předchozí kapitole, existují různé typy FTTx, které lze libovolně využít do konkrétního bodu a v daném bodě navázat alternativní technologií, například i 5G sítěmi pro připojení velkého počtu zařízení v lokalitě ať už mobilních či fixních.

Optika jako i další kabelové technologie odolává povětrnostním a jiným vlivům způsobeným počasím, čímž nabízí zvýšenou stabilitu oproti bezdrátovým technologiím (samotná životnost optických kabelů je v desítkách let).

9.2.2.2 Nevýhody

Primární nevýhodou je právě mnohokrát zmíněná potřeba výkopu země, která výrazně zvyšuje nákladnost celé implementace. Výkop vytváří i další komplikace, jelikož požaduje stavební povolení a zároveň je ovlivněn věcným břemenem. Celkový proces implementace je tedy výrazně komplikovanější než relativně jednoduché zapojení bezdrátového vysílače.

9.2.3 Náklady

Technologie optické infrastruktury nabízí několik možností, jak může do procesu zajištění služeb instituce či město vstoupit. V tomto ohledu lze realizovat výstavbu městské optické sítě samostatně, popřípadě využít některého z produktů hráčů na trhu. Při srovnání nabídky velkých infrastrukturních hráčů lze najít řešení od pouhého pronájmu „chráničky“ či mikro-trubičky až po pronájem fungující linky spolu s danou konektivitou. Pro účel výstavby městské sítě lze tedy uvažovat několik možností:

1. Vlastní výstavba
2. Pronájem vlákna
3. Pronájem „mikrotrubičky“

V tomto ohledu je možné uvažovat i skládačkové řešení, kdy v případě existence infrastruktury je možné pronajmout, a případná místa bez existující infrastruktury zajistit na vlastní náklady, nebo jinou technologií přenosu

dat. Zároveň je nutné zahrnout veškeré náklady například „zafouknutí“ optického kabelu k samotné ceně pronájmu a adekvátně rozpočít.

Vlastní výstavba

U vlastního výkopu, a tedy realizace celé optické infrastruktury na vlastní náklad, jde o velmi nákladné řešení a s tím spojenou investici. Samotný náklad na výkop je na úrovni cca 1 000 Kč za metr výkopu včetně příslušenství¹³. V tomto ohledu jde o průměrnou hodnotu, samozřejmě je tento náklad silně ovlivněn lokalitou, cenou věcného břemene a případně náklady spojenými s projekční činností.

Pronájem vlákn

Možným řešením je poptání přímo konkrétního vlákna, které může v případě dispozice volných kapacit nabídnout operátor k dispozici pro využití městské sítě. Podstatným faktem je konkrétní struktura sítě a výskyt v daném městě tak, aby nedocházelo ke zbytečnému prodlužování tras a řešení bylo optimální. Řešením tedy může být pronájem nenasvícených vláken (dark fiber) z bodu A do bodu B, kde město či instituce převezme a dále vybuduje svou síť na dané infrastruktuře. Typická je pro tento model spolupráce dlouhodobá smlouva na několik desítek let. V ceně pronájmu je typicky servis, to znamená v případě přerušení optického kabelu je operátor povinen infrastrukturu opravit (svařit).

Samotná cena za pár vláken je typicky na úrovni cca 1 000-2 000 Kč za kilometr/měsíc nenasvícených páru kabelů (dark fiber). Cena je tedy orientačně cca 1-2 Kč za metr pronajatého páru vláken.

Pronájem „mikrotrubičky“

Dalším řešením, podobnému předchozímu, je pronájem infrastrukturu od operátorů. Operátoři pronajímají nejen nenasvícená vlákna, ale jsou schopni mnohdy nabídnout i například pronájem volného místa v „chrániče“ nebo mikrotrubiče“. Druhým extrémem by bylo nabídnutí konektivity (v podstatě velkoobchodní přeprava klasické služby).

Samotný náklad na pronájem mikrotrubičky je na úrovni 5 000-6 000 Kč za km/měsíc. Zde je tedy cena cca 5-6 Kč za metr/měsíc. V tomto ohledu je nutno podotknout, že je nutné se nejen na infrastrukturu napojit, ale očekává se i „zafouknutí“ optického kabelu na náklad instituce či města (odběratele). Samotný optický kabel tvoří vysokou položku – cca 1-2 Kč metr. K této položce je však nutné připočítat samotný náklad zafouknutí, se kterým je spojeno vypracování projektové dokumentace a samotný proces zafouknutí. Cena zafouknutí včetně relevantního vypracování dokumentace je poté na úrovni 200 Kč za metr. Možné synergie lze nalézt v realizaci záměru v partnerství s operátorem, který bude zároveň síť budovat.

Nad rámec řešení je potřeba uvažovat přepojení optického kabelu na ethernetový, přičemž zařízení pro tento účel se může pohybovat v rozmezí od 1500 do 3000 Kč podle výkonu, vlastností a specifikací. Jedná se o jednorázovou investici.

9.3 Rádio bod-bod

9.3.1 Technologický popis

Rádio bod-bod je bezdrátová technologie mikrovlnných spojů využívající rádiových kmitočtů přenosu dat z jednoho fixního bodu do druhého. Oproti ostatním bezdrátovým technologiím jako 5G, umožňuje bod-bod připojení pouze dvou lokalit, respektive neumožňuje šířit signál do okolí pro například mobilní zařízení. Hlavní využití této technologie nastává v případě, že je zapotřebí spojit dvou konkrétních lokalit s tím, že vytvářet výkop pro vložení kabelů není v dané situaci možné, či ekonomicky výhodné.

Velký vliv na výkonost daných spojů mají technické parametry vybraného řešení. V rámci této technologie lze totiž využít rozsáhlý počet pásem, mezi které spadají například:

¹³ Na základě informací uvedených v dokumentu Analýzy rozvoje sítí NGA v ČR připraveném pro Ministerstvo průmyslu a obchodu.

Pásmo

5,8GHz

9GHz

10,5GHz

17GHz

60GHz

Jednotlivá frekvenční pásma nabízejí různé výkonnostní parametry, respektive čím vyšší pásmo, tím širší je spektrum, a tím více dat lze v daném pásmu přenést. Zároveň však ve vyšších pásmech klesá efektivní vzdálenost. Dále záleží na typu vybraného vysílacího zařízení s tím, že výkonnější zařízení typicky umožňují využít širší spektrum a nabízí tak vyšší přenosové rychlosti.

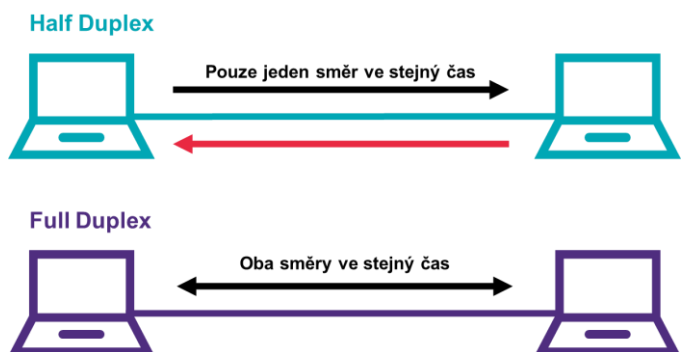
V rámci využití různých rádiových kmitočtu je možné využít dvou typů pásem, a to licencovaných a nelicencovaných. Licencovaná pásma, jak název napovídá, vyžadují přidělenou licenci od Českého telekomunikačního úřadu. Přidělení licence není typicky problematické za předpokladu, že vybranou část pásma v dané lokalitě nevyužívá jiný subjekt, jelikož by mohlo docházet k vzájemnému rušení. Přidělení licencí tak částečně omezuje počet subjektů využívající pásmo, ale primárně umožňuje pásmo organizovat a sledovat, ve kterých částech pásma se kdo pohybuje, čímž se výrazně omezí vzájemné rušení.

Druhou možností je využití nelicencovaných pásem, která jsou volně využívána. V těchto pásmech může docházet k významnému rušení, jelikož je počet subjektů využívajících pásmo významně vyšší a zároveň nejsou kmitočty organizovány a jednotlivé subjekty tak mohou využívat libovolné kmitočty a případně i v průběhu času libovolně změnit na jiné kmitočty. Z tohoto pohledu může být využití těchto pásem velmi nestabilní a mít tak velice negativní vliv na připojení, což je nejvíce viditelné při sledování živých dat, například při sledování živých kamerových záznamů. Zásadní vliv mají povětrnostní podmínky a u vyšších mmWave i fyzikální vlastnosti molekul.

Bezdrátové sítě jde dále rozdělit na dva typy komunikace mezi dvěma body, a to dle schopnosti vzájemné komunikace. Z pohledu městských sítí je klíčové, aby obě zařízení umožnila obousměrnou komunikaci s tím, že existují dva typy. Prvním typem je Half Duplex, který sice umožňuje obousměrné komunikace, ale pouze s časovým rozdělením, respektive umožňuje pouze jeden směr přenosu ve stejný čas. Druhým typem je Full Duplex, který umožňuje přenos obou směrů ve stejný čas. Z pohledu přenosu živých informací je optimální řešení Full Duplex s tím, že pro jiné účely může být Half Duplex dostatečný.

Jednotlivé duplexy jsou zobrazeny následujícím obrázkem.

Obrázek 31: Rozdíl mezi Half a Full Duplex [Zdroj: GTA]



9.3.2 Výhody a nevýhody

9.3.2.1 Výhody

Mezi hlavní výhody patří flexibilita řešení z pohledu zapojení, respektive vybudování spoje není závislé například na výkopu země a zjednodušeně stačí napojit bez omezení dva vybrané body. V nelicencovaných pásmech je proto implementace celé sítě relativně jednoduchou záležitostí, alespoň v porovnání s ostatními technologiemi.

9.3.2.2 Nevýhody

Využití nelicencovaných pásem může mít velice negativní efekt na provoz celé sítě zejména z pohledu stability, a to kvůli vyššímu počtu uživatelů pásma bez vzájemné koordinace. Stabilita může být dále snížena i nepřívětivým počasím. Využití licencovaných pásem ve většině případů znamená zabránění rušení, což stabilitu zvýší, ale zároveň přináší určité komplikace v rámci implementace sítě, jelikož získání licence může být časově náročné a může vyžadovat poplatek. Negativním aspektem je i například řetězení kamer v rámci delší P2P trasy.

9.3.3 Náklady

V rámci technologie P2P existuje na trhu velmi mnoho dodavatelů. Je tak dáno zejména rozšířeností této technologie a její delší existencí na trhu. Ceny se různí zejména podle kvality a vlastností konkrétního zařízení. Odhadovanou cenou je cca 50 tisíc až 80 tisíc Kč za zařízení (typicky pár – P2P). Odpis takového zřízení se podle kvality odvíjí mezi 3 až 7 lety. Zařízení se dají na trhu pořídit i za řádově nižší desítky tisíc, otázkou potom zůstává kvalita těchto zařízení, typicky mají nižší SLA a nedisponují tak kvalitním záručním servisem.

Další podstatnou položkou je zejména režim provozování, tedy jaký typ pásma je využit. V případě provozování v bezlicencovém pásmu nevznikají dodatečné provozní náklady, jde však o pásmo s větší pravděpodobností rušení. V případě provozu v režimu licencovaného pásma lze očekávat další náklady z titulu hrazení ročního poplatku. Ten se pohybuje v rozmezí od nízkých jednotek tisíc po 20-40 tisíc podle parametrů (za rok).

10 Analýza provozních vlastností včetně návrhu optimálního technologického řešení



10.1 Návrh optimálního technologického řešení: Městská síť & Kamerová síť

Návrh optimálního technologického řešení je uvozován zejména k roku 2025, kdy lze očekávat jednak dostatečný rozvoj 5G technologie, ale především dostatečné pokrytí optickou sítí tak, jak je plánováno ze strany investora především T-Mobile.

Realisticky lze očekávat pozvolný přechod v momentě kdy bude určitá část optické sítě postavena a bude umožněno napojení institucí či kamer. Dalším driverem změny bude zastarávání současných řešení a případný výskyt poruch jak na koncovém zařízení (kameře), tak na technologii přenosu (P2P).

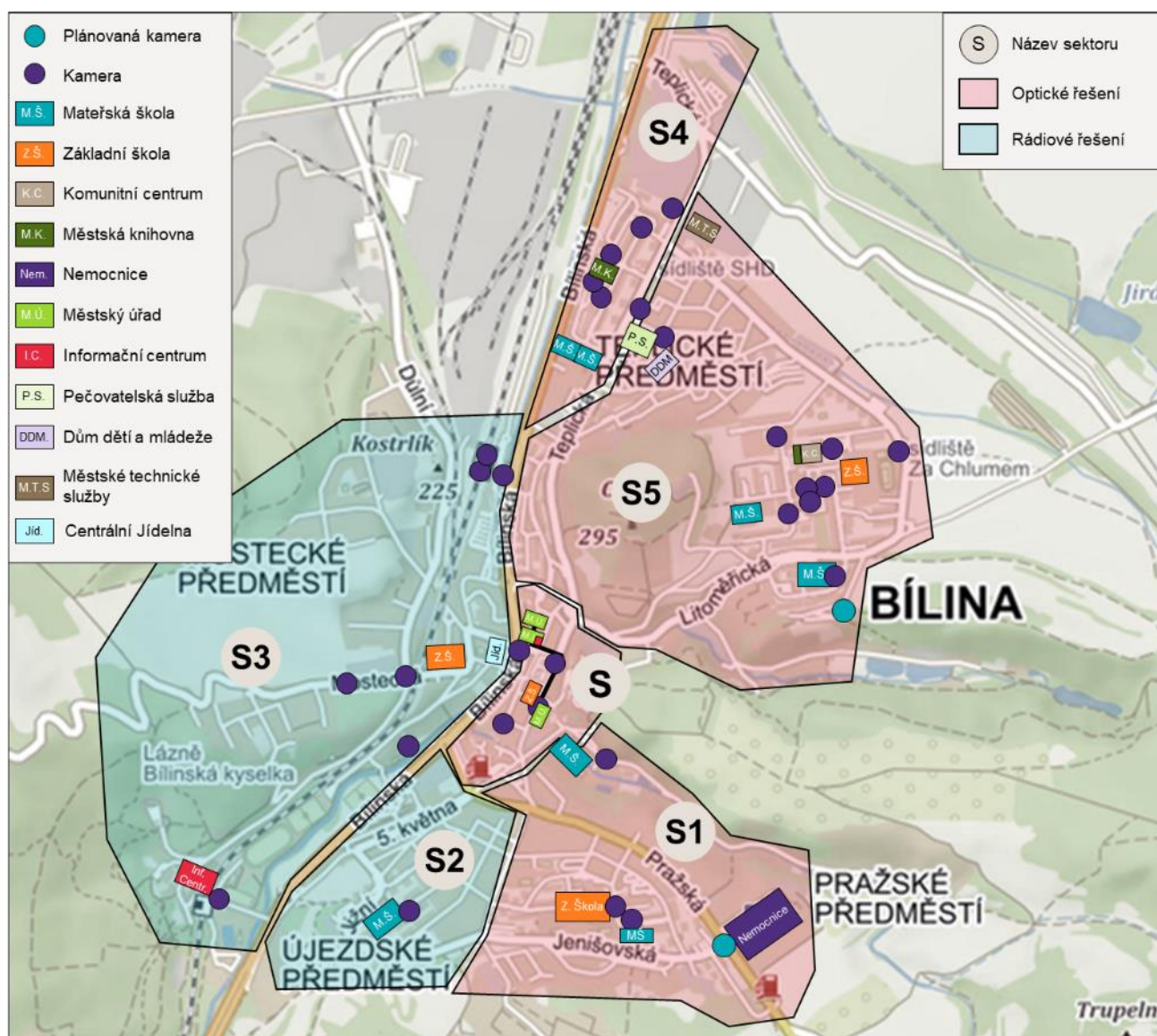
Cílem této kapitoly je tedy popis konečného stavu optimálního technologického řešení, včetně definice konkrétních oblastí (rozděleno na sektory) a potřeb daného sektoru (provozní charakteristiky v místě služby). V rámci návrhu optimálního řešení městské sítě a kamerové sítě je tedy využito dvou technologií: optická technologie a radiová technologie. Radiová je dále dělena podle využití (vlastnosti provozované služby) na P2P rádiové spoje pro vyšší potřebné kapacity a 5G technologii pro kamery s potřebou nižší kapacity (ve srovnání s P2P) avšak vysokou stabilitou a nízkou latencí.

Alternativně lze samozřejmě v některých oblastech, místo P2P služby využít připojení institucí, komerčních služeb konektivity, od dostupných operátorů a provoz VPN tunelu pro virtuální napojení do městské sítě. Jde však o alternativu, cílem konceptu je napojení do městské dedikované sítě tak, aby byla na maximum zajištěna realizace benefitů vlastní sítě.

U optické sítě je uvažován pronájem mikrotrubiček za měsíční poplatek a zafouknutí vlastních optických vláken. Pronájem je typicky realizován na desítky let tak, aby byla zohledněna životnost optických vláken a zajištěna rozumná návratnost investice města. Optická síť je využita jak pro městskou síť, tedy budovy a instituce, tak pro napojení kamerových bodů, jak je popsáno níže.

Do budoucna lze očekávat plnou dostupnost sítě 5G na celém území města. V současnosti existuje oblast bez připojení 5G od partnera. V této oblasti je momentálně k dispozici pouze 4G technologie, do budoucna však lze očekávat zapnutí 5G sítě. Další operátor pokrývá plně město sítí 5G.

Obrázek 32: Návrh řešení [Zdroj: GTA]



10.1.1 Postup tvorby optimálního technologického řešení sítě včetně identifikace vlastností služby v sektorech

V rámci tvorby návrhového řešení implementace připojení jak městské, tak kamerové sítě, byly zmapovány jednotlivé kamery a budovy nutné k připojení do městské sítě. Toto zmapování umožnilo určit klíčové oblasti z pohledu hustoty koncových zařízení, a tedy celkové poptávky v dané lokalitě. V návaznosti na informace ohledně projektu firmy T-Mobile, která v rámci tvorby tohoto návrhového řešení umožnila přístup ke svým plánovaným optickým trasám, byly zohledněny jednotlivé možnosti připojení konkrétních oblastí, a to včetně již existujících řešení v rámci města, jako například nově vzniklá 5G síť či dlouho existující bod-bod spoje.

Základním předpokladem celého procesu výběru jednotlivých technologií pro dané lokality je, že optická technologie nabízí výrazně nejvyšší výkonnostní parametry, ať už z pohledu kapacity přenosu, latence či stability. V optimálním případě by tak byla veškerá městská a kamerová síť připojena za pomoci optických kabelů.

Finanční a projektová náročnost výkopu však znamená, že je toto řešení významnou investicí, která je návratná pouze s určitým počtem koncových zařízení (při srovnání je adekvátní vybudování pouze nízkých desítek metrů optických kabelů, než dosáhneme bodu, kdy je výhodnější aplikace 5G). V rámci dříve zmíněné spolupráce s firmou T-Mobile, lze využít vznikajícího výkopu a ušetřit tak významné náklady. Na základě této informace vznikla první část návrhu, která spočívala v identifikaci lokalit, ať už kamerových bodů či městských budov, které se nacházejí v dostatečné blízkosti vznikající optické sítě tak, aby bylo ekonomicky možné zajistit připojení. Tímto krokem vznikla

první skupina budov a kamer, které by dle návrhu měly být připojeny pomocí optické sítě. Vzhledem k jejich celkové hustotě, očekáváme pozitivní ohlas a umožnění napojení těchto kamer a budov do sítě i v lokalitách, které jsou řádově desítky metrů od plánovaných optických tras.

V druhém kroku se uvažovalo o způsobu připojení zbylých lokalit za pomoci alternativních řešení. Tato alternativní řešení zahrnovala ostatní technologie popsané v technické kapitole. Zejména je plánováno využití radiových technologií, respektive 5G sítě, sítě bod-bod a dříve také sítě 4G (pilotní provoz však prokázal limitace této možnosti). Výběr těchto technologií vznikl na základě individuálních situací jednotlivých lokalit, které jsou popsány v následujících podkapitolách.

Koncové sektory byly rozděleny na šest oblastí:

Tabulka 12: Rozdělení koncových sektorů do jednotlivých lokalit [Zdroj: GTA]

Zkratka	Oblast	Hlavní budovy
S	Střed města	Radnice, serverovna, monitorovací centrum
S1	Pražské předměstí	Nemocnice
S2	Újezdské předměstí	Mateřská škola
S3	Mostecké předměstí + Lázně Bílinská kyselka	Informační centrum
S4	Severní část Teplického předměstí	Městská knihovna, mateřské školky
S5	Východní část Teplického předměstí + sídliště Za Chlumem	Školy, školky, knihovna, kulturní centrum

10.2 Analýza provozní charakteristiky v místě služby – specifikace optimální vlastnosti sítě

Provozní charakteristika je dána zejména požadavky koncové služby a zároveň je definována danou technologií. U optické technologie je dále definován minimální počet vláken pro zajištění služby. Bílina je dle hustoty poptávky služeb a dispozice sítě rozdělena na šest sektorů, přičemž u čtyř očekáváme optiku, u dvou segmentů očekáváme potřebu zapojení radiové sítě (ať už P2P tak 5G).

10.2.1 Sektor S – střed města

Hlavním bodem tohoto sektoru je Radnice, v rámci které je v současnosti umístěno monitorovací centrum. V prostorách radnice se dále nachází serverovna, na kterou je napojena již existující městská síť. Tato optická síť propojuje i další dva městské úřady a zároveň v tomto sektoru dle poskytnutých informací vzniká v současnosti optická síť.

Všechny tyto informace znamenají, že zajištění optického řešení je zde proveditelné, a tudíž v rámci návrhu byla oblast označena červeně, respektive oblast vhodná pro připojení na optickou síť.

V sektoru se dle dostupných informací v současnosti nachází alespoň čtyři kamerové body s tím, že se všechny nachází v relativně blízké vzdálenosti od již existující městské sítě a mohou tak být v rámci projektu připojeny na optickou síť. Dále se v sektoru nachází základní škola, která v současnosti není na městskou síť připojena, byť se nachází na rohu ulice s městským úřadem. Napojení je tedy více než možné a rovněž i doporučené. V neposlední řadě se v sektoru nachází kulturní centrum¹⁴, které se opět nachází v dosahu již existující městské sítě a může tedy být v rámci řešení připojeno na optické řešení.

Úvaha o potřebných kapacitách sítě a potřebného počtu optických vláken v rámci sektoru je znázorněna v následující tabulce.

¹⁴ Neoznačeno na mapě pro překrytí objektů v rámci vybraného měřítka

Tabulka 13: Požadavky na kapacitu sítě v rámci Sektoru S [Zdroj: GTA]

Kategorie	Kamerová síť	Městská síť
Počet objektů	4	2
Potřebná kapacita objektu	25 Mbit/s	1 Gbit/s
Celková kapacita přenosu	100 Mbit/s	2 Gbit/s
Přenosová kapacita jednoho vlákna	7-8 Gbit/s	
Minimální počet optických vláken	1	1
Minimální provozní rezerva	1	1
Celkem potřebných vláken	4	

V rámci koncového řešení je tedy potřeba alespoň čtyř optických vláken pro připojení sektoru Střed.

Výpočet vychází z kapacitních požadavků jednotlivých objektů. Pro jednotlivé Kamery byla zvolena potřebná rychlost 25 Mbit/s, která je typická pro přenos videa v kvalitě 4K. Reálný přenos dat se však může individuálně odvíjet od nastavení jednotlivých kamer a může se tak částečně lišit. Z pohledu Městských budov byla zvolena rychlost 1 Gbit/s, která umožní veškeré aplikační využití jednotlivých institucí a zároveň tak splní evropské cíle napojit socioekonomické aktéry na gigabitové připojení.

V rámci řešení byla dále zahrnuta provozní rezerva, která nabízí stabilitu v případě zvýšené poptávky či v případě technické výpadku prvního vlákna. V případě problému v průběhu implementace se v tomto sektoru také nachází pokrytí 5G, které může nabízet případné alternativní řešení.

10.2.2 Sektor 1 - Pražské předměstí

V rámci sektoru 1, primárně zasazeného v Pražském předměstí, se nachází Hornická nemocnice a Poliklinika Bílina. V rámci vybudování chytrého města je klíčové tyto instituce připojit, a to vzhledem k možným využitím v oblasti telemedicíny. Zároveň dle plánu výstavby v této oblasti bude vznikat optické připojení, a tak se v tomto případě optické řešení jeví jako optimální. Mezi další instituce v rámci sektoru patří Základní škola a dvě Mateřské školy. Připojení těchto institucí je také žádoucí vzhledem k novým možnostem vzdělávání za pomoci videí a dalších technologií. I tyto instituce se nachází v blízkosti výstavby optické sítě, a tak jejich napojení není významně problematické. Jedna z mateřských škol se navíc nachází nejen na potřebné trase k nemocnici, ale zároveň se nachází na okraji se sektorem střed a je tak v blízkém dosahu již existující městské sítě.

V oblasti se dále nachází tři kamerové body s jedním plánovaným. Všechny tyto kamerové body se nachází v blízkosti zmíněných institucí a jejich připojení na optickou síť je tak více než možné.

Přehled sektoru a kapacitních potřeb je znázorněn následující tabulkou.

Tabulka 14: Požadavky na kapacitu sítě v rámci Sektoru 1 [Zdroj: GTA]

Kategorie	Kamerová síť	Městská síť
Počet objektů	4	4
Potřebná kapacita objektu	25 Mbit/s	1 Gbit/s
Celková kapacita přenosu	100 Mbit/s	4 Gbit/s
Přenosová kapacita jednoho vlákna	7-8 Gbit/s	
Minimální počet optických vláken	1	1
Minimální provozní rezerva	1	1
Celkem potřebných vláken	4	

I v tomto sektoru se tedy jeví optické řešení jako optimální, vzhledem k využití, potřebné kapacitě a vznikající výstavbě. I v tomto sektoru se ale nachází pokrytí 5G, které může v případě problému sloužit i zde jako náhradní řešení.

10.2.3 Sektor 2 - Újezdské předměstí

Tento sektor je z vybraných oblastí z pohledu institucí a existujících kamer výrazně nejmenší. V rámci sektoru se totiž nachází pouze jedna mateřská škola a jeden kamerový bod. Nevýhodou této oblasti je, že vznikající optická síť se nenachází v blízkosti vybraných objektů. Popřípadě by připojení pouze nízkých jednotek bodů nedávalo ekonomicky smysl.

Z tohoto pohledu není tedy výstavba optických sítí, vzhledem k finanční náročnosti výkopů, optimální možností. V rámci alternativních řešení se tedy nabízí možnost připojení objektů na 5G síť, která je v rámci této oblasti v současnosti již dostupná. Řešení 5G v tomto případě umožní dostatečnou přenosovou rychlost a stabilitu umožňující jak stahování, tak nahrávání dat, důležité zejména pro nahrávání kamerových záznamů.

Pro účel připojení objektů (institucí) do městské sítě by se mohlo jevit připojení pomocí 5G jako nevhodné a je tedy modelově počítáno jako připojení pomocí P2P rádiového spoje. Možnou alternativou by kromě 5G mohlo být i využití komerčních služeb připojení k internetu od místních operátorů (dostupných nabídek). V tom případě lze vytvořit VPN tunel pro zapojení instituce do sítě.

Tabulka 15: Požadavky na kapacitu sítě v rámci Sektoru 2 [Zdroj: GTA]

Kategorie	Kamerová síť	Městská síť
Počet objektů	1	1
Potřebná kapacita objektu	25 Mbit/s	1 Gbit/s
Celková kapacita přenosu	25 Mbit/s	1 Gbit/s

10.2.4 Sektor 3 – Mostecké předměstí

Sektor 3 pokrývá zbytek západní strany města, na které se v současnosti nachází, z pohledu diskutovaných objektů, spíše kamery. V rámci sektoru lze nalézt sedm kamerových bodů, s tím že v sektoru jsou pouze tři instituce. Tyto instituce zahrnují informační centrum, jižně od Lázní Bílinská kyselka, dále základní školu v ulici Lidická a v poslední řadě centrální školní jídelnu.

Z pohledu konektivity se pouze centrální školní jídelna nachází v dostatečné vzdálenosti k budované optické síti, což ale neznamená, že její připojení neznamená dodatečné náklady. Vzhledem k účelu školní jídelny zde dle našeho názoru nevzniká dostatečná potřeba pro připojení na optické kabely, a tak byla tato instituce také zahrnuta do sektoru 3. Z tohoto pohledu se bavíme primárně o připojení dvou vzdálených institucí a o kamerových bodech. Připojení těchto dvou institucí je vzhledem k tomu, že se jedná o fixní připojení, optimální za využití korektně provedeného bod-bod řešení, či za využití současného řešení.

Využití bod-bod řešení, za předpokladu využití licencovaných pásem, umožní vysoké kapacitní přenosy s relativní stabilitou až ke gigabitovým rychlostem, čímž se zajistí internetové potřeby jednotlivých institucí.

Připojení kamer je realizováno pomocí 5G technologie. Ta se jeví jako dostatečná a vhodná vzhledem k možnostem.

Tabulka 16: Požadavky na kapacitu sítě v rámci Sektoru 3 [Zdroj: GTA]

Kategorie	Kamerová síť	Městská síť
Počet objektů	7	2-3
Potřebná kapacita objektu	25 Mbit/s	1 Gbit/s
Celková kapacita přenosu	175 Mbit/s	2-3 Gbit/s

10.2.5 Sektor 4 – Severní část Teplického předměstí

Sektor 4 zahrnuje relativně malou oblast, ovšem s velkým počtem objektů. V rámci sektoru se nachází tři instituce, a to městská knihovna, mateřská škola a jesle. Dále je v sektoru až šest kamerových bodů. Při pohledu na mapu

Lze identifikovat, že tyto subjekty zahrnuté v rámci sektoru 4, jsou v relativní blízkosti od sousedního sektoru 5, který je také dle obrázku připojen na optickou síť.

Důvod proč tato hranice vznikla uprostřed tohoto klastru, je právě vzdálenost od budované optické sítě a zároveň dostupnost alternativního řešení, respektive 5G. Budovy a kamery v sektoru 4 se sice nenachází v oblasti plánovaného výkopu, avšak nachází se v dostatečné blízkosti k ostatním budovám, a tudíž je zde vytvoření optické sítě možné a ekonomicky výhodné.

Připojení objektů k síti lze řešit i alternativně, ovšem v této oblasti vzniká v současnosti úskalí, kterým je nepřítomnost pokrytí 5G (viz mapa pokrytí partnera O2). Druhým alternativním řešením je generace 4G, která nabízí výrazně horší parametry než síť 5G. V případě nedostatečných kapacit však lze kombinovat připojení 4G s již existujícím bod-bod řešením. Toto řešení je v současnosti, obzvláště v této lokalitě, sice kapacitně nedostatečné, ale v případě napojení druhé části Teplického předměstí na optické kabelky lze očekávat určité uvolnění kapacit.

Zároveň je nutné upozornit, že v okolí se nachází BTS stanice, která by dokázala v případě potřeby umožnit přenos 5G, a tudíž lze v případě potřeby v budoucnosti připojit i tento sektor na 5G síť. Do budoucna lze očekávat spuštění 5G sítě i v této lokalitě.

Pro cost-benefit analýzu je uvažováno připojení těchto kamer pomocí optické sítě, stejně jako budov v této oblasti.

Tabulka 17: Požadavky na kapacitu sítě v rámci Sektoru 4 [Zdroj: GTA]

Kategorie	Kamerová síť	Městská síť
Počet objektů	6	3
Potřebná kapacita objektu	25 Mbit/s	1 Gbit/s
Celková kapacita přenosu	150 Mbit/s	3 Gbit/s
Přenosová kapacita jednoho vlákna	7-8 Gbit/s	
Minimální počet optických vláken	1	1
Minimální provozní rezerva	1	1
Celkem potřebných vláken	4	

Tento sektor tedy lze (a je doporučeno) připojit na optické síť s tím, že však existují i alternativní řešení.

10.2.6 Sektor 5 – Východní část Teplického předměstí a sídliště Za Chlumem

Sektor 5 se nachází v oblasti, která bude v rámci plánovaného řešení připojena na optické kabely. Z tohoto pohledu je tedy optimální připojit místní objekty na optickou technologii.

V rámci sektoru se nachází devět kamerových bodů a dále dvě mateřské školy, jedna základní škola, komunitní centrum (včetně divadla a digitálního kina), městská knihovna, dům dětí a mládeže, pečovatelské služby a v neposlední řadě městské technické služby. Všechny tyto instituce mají svá využití pro významný upgrade v rámci konektivity.

V lokalitě se nachází i možnosti pokrytí 5G, které může sloužit k pokrytí případných nepokrytých objektů. Příkladem takového objektu je plánovaná kamera v Pohádkovém lese. Připojení této kamery je tedy možné zajistit pomocí bezdrátových technologií, případně tedy za pomoci 5G, 4G, či bod-bod technologií.

Tabulka 18: Požadavky na kapacitu sítě v rámci Sektoru 5 [Zdroj: GTA]

Kategorie	Kamerová síť	Městská síť
Počet objektů	10	8
Potřebná kapacita objektu	25 Mbit/s	1 Gbit/s
Celková kapacita přenosu	250 Mbit/s	8 Gbit/s
Přenosová kapacita jednoho vlákna	7-8 Gbit/s	
Minimální počet optických vláken	1	2
Minimální provozní rezerva	1	1
Celkem potřebných vláken	5	

11 Cost-benefit analýza realizace záměru



11.1 Cost-benefit analýza navrhovaného řešení

11.1.1 Shrnutí

Na základě předchozích zjištění studie je dále navrhována Cost-benefit analýza realizace záměru vybudování městské sítě a kamerového systému ve městě Bílina. Níže jsou prezentované konkrétní investice (CAPEX) a provozní náklady (OPEX). V tomto ohledu je nutno upozornit, že v rámci realizace této kalkulace došlo k definici předpokladů (kap. 10.1.4), které mohou ovlivňovat tuto Cost-benefit analýzu.

Modelovým předpokladem je vybudování kompletní sítě v jednom roce v momentě, kdy je zároveň k dispozici rozsáhlá optická infrastruktura plánovaná společností T-Mobile (viz předpoklady). Na základě kalkulace lze tedy v roce 2025 očekávat investiční náročnost, při budování celé sítě v tomto roce a napojení všech relevantních objektů (budovy, kamery), na úrovni 3,6 mil. Kč. Zároveň lze očekávat měsíční náklady na úrovni 139 tisíc Kč.

Tabulka 19: Náklady capex/opex [Zdroj: GTA]

Investiční náklad (capex)	Jednotka	
Celkem	3 665 000	Kč
Provozní náklad (opex)		
Celkem	138 800	Kč/měsíc

Při kalkulaci průměrných investičních nákladů (CAPEX) se čisté náklad na zajištění infrastruktury pro připojení kamery¹⁵ pohybuje okolo 33 tisíc Kč a náklad na připojení budovy okolo 75 tisíc Kč. (viz níže)

Měsíční provozní náklady (OPEX) jsou pak v průměru 1 822 Kč na připojení a provoz sítě jedné kamery a 1 625 Kč na připojení a provoz sítě jedné připojené budovy. (detail viz níže, provozní náklady jsou průměrné podle poměru modelovaných technologií)

Tabulka 20: Náklad na kamery a budovy [Zdroj: GTA]

Investiční náklad (capex)	Jednotka	
Poměrově na kameru	32 636	Kč
Poměrově na budovu	74 435	Kč
Provozní náklad (opex)		
Poměrově na kameru	1 822	Kč/měsíc
Poměrově na budovu	1 625	Kč/měsíc

11.1.2 CAPEX (Investiční náklady)

Investiční náklady lze pro přehlednost dělit na náklady městské sítě, náklady připojení budov a náklady kamerové sítě. Nejvyšší náklad představuje samotná výstavba optické infrastruktury a nákup patřičného rozšíření hardwaru do centrálního bodu sítě.

Náklady městské sítě obsahují zejména náklady zafouknutí mikrotrubiček, projektové dokumentace městské sítě, vytvoření 5G prostředí a mimo jiné i náklad rozšíření centrálního bodu (rozšíření kapacit centrálního bodu o 2 ks 10G serverů).

¹⁵ Viz níže v kapitole předpokladů, jde o náklady bez investice do samotného snímacího zařízení (kamery).

Mezi náklady kamerové sítě patří zejména náklady na hardware pro přechod z ethernetu na optiku, úprava rozvodů ke kameře, její konfigurace a přivedení elektrické přípojky v případě nové kamery. V kalkulaci nejsou zahrnuty ceny kamer a ceny analytického systému, případně revitalizace dispečerského pracoviště.

Mezi hlavní náklady napojení budov patří zejména náklady koncového zařízení v budově, kapacitně a bezpečnostně dražšího zařízení v budově nemocnice, financování dostavby rozvodů a konfigurace optické sítě pro připojení budov. U budov bez možnosti připojení optiky bude probíhat pomocí P2P technologie v licencovaném pásmu. Kalkulace počítá s nákupem nových zařízení.

V rámci zde navrhovaného řešení pro účely městské sítě dochází k vybudování a využití cca 6 000 m optických kabelů (tras), napojení 53 kamer a 26 budov a vybudování 5G prostředí od operátora pro provoz přenosu 5G signálu kamer.

Tabulka 21: Náklad jednotlivých záměrů (capex) [Zdroj: GTA]

Investiční náklad (capex)	Jednotka	
Městská síť	1 505 000	Kč
Kamerová síť	720 000	Kč
Napojení budov	1 440 000	Kč

11.1.3 OPEX (Provozní náklady)

Provozní náklady městské sítě lze rozdělit zejména do dvou kategorií. První významnou kategorií je platba za pronájem mikrotubiček a druhou významnou kategorií je náklad spojený s novým přijatým FTE. Náklad na samotný provoz městské sítě je cca 83 tisíc Kč měsíčně.

Dalším významným nákladem je dokoupení potřebné kapacity na 5G. V tomto ohledu máme na mysli zejména provoz kamer. Náklad se zde pohybuje na úrovni 41 tisíc Kč (provoz 13 kamer).

Dalším nákladem je pak provoz P2P řešení připojení budov do městské sítě. Tento náklad je měsíčně na úrovni 15 tisíc Kč a jedná se o přepočtený poplatek za licence. Možností úspory je zde realizace alternativně komerčního internetového připojení v dostatečné kapacitě a vytvoření VPN prostředí městské sítě.

Tabulka 22: Náklad jednotlivých záměrů (opex) [Zdroj: GTA]

Provozní náklad (opex)		
Městská síť	82 800	Kč/měsíc
Kamerová síť	41 000	Kč/měsíc
Napojení budov	15 000	Kč/měsíc

11.1.4 Předpoklady kalkulace

Kalkulace je provedena jako ilustrativní jednorázová akce výstavby a přechodu do navrhovaného technologického řešení v jeden okamžik (předpokladem je, že tento moment nastane po dokončení výstavby optické infrastruktury ve městě). Na základě způsobu výstavby sítě může dojít k zapojení první severní části dříve, a zbylé jižní části města v řádu 1-3 let.

Současné městské IT oddělení se svou vizí a zkušenostmi dále pokračuje v provozování městské sítě a bude rozšířeno viz níže. Náklady současného IT oddělení nejsou započteny, jde o náklad, který by vznikl za každých okolností.

Energie a kolokační náklady jsou zanedbány, jelikož budovy jsou v majetku města. Energie neuvažujeme, jelikož jde o menší nákladovou položku. Se změnou technologie se neočekává nárůst provozních nákladů a z titulu dohledů se neočekává razantní nárůst potřeb FTE (očekává se vznik nové FTE pozice, která je započtena v provozních nákladech).

K propojení segmentů bude podle odhadů využito cca 6 000 metrů optických kabelů tak, aby byla napojena severní a východní část města (směrem k nemocnici). Jde o jeden z parametrů, který je v rámci konkretizace návrhu do budoucna možné upravit.

Změna technologie nezvyšuje provozní náklady, stejně jako nárůst počtu zařízení nezvyšuje náročnost dohledu/provozu, z podstaty centrální vzdálené správy zařízení (při centrální vzdálené správě je nárůst pracnosti nezávislý na nárůstu počtu zařízení).

Náklady byly vyčísleny bez nákladů na konkrétní kamery, ICT vybavení napojených budov, modernizaci/revitalizaci dohledového dispečinku a podobně. Vyčíslení nákladů zahrnuje čistě náklad na výstavbu městské sítě, optické a rádiové části P2P a 5G pro zajištění provozu služeb, a to podle toho, jak bylo nadefinováno v předchozích kapitolách.

Předpokladem je, že u existujících kamer není potřeba přivádět elektrickou přípojku. U kamer, které budou nově vybudované, byl vytvořen odhad vybudování deseti nových kamer, u kterých je kalkulován odhad nákladů na přívod elektrické přípojky.

V rámci studie jsou všechny lokality ve velmi blízké či poměrně blízké vzdálenosti od optiky a dle plánu výstavby společnosti T-Mobile považovány za připojené a s možností provozu optické infrastruktury. Ostatní lokality jsou napočteny pomocí rádiového řešení podle typu služby (městská či kamerová).

11.1.5 Nákladové položky a drivery

Optická síť

Výstavba optické sítě je v tomto návrhu technologického řešení očekávána z pohledu poskytovatele infrastruktury. Následná spolupráce bude na bázi pronájmu mikrotrubičky (měsíční nájem je odhadován na 5 Kč za metr). Většinovým nákladem bude potřeba zafouknutí mikrotrubičky optickými vlákny, kdy je odhadovaná tržní cena cca 200 Kč za metr optické chráničky, včetně optických vláken. Optická vlákna tvoří minoritní náklad, jak je již zmíněno výše. Ačkoliv dojde-li k výstavbě optické sítě, je očekávána také výstavba (dokop) potřebné infrastruktury na úrovni 5 až 20 tisíc Kč podle typu připojeného zařízení.

Součástí je také očekávání potřeby vypracování adekvátní projektové dokumentace. Očekávaný náklad projektové dokumentace je na úrovni 100 000 Kč.

Mezi očekávané náklady patří také rozšíření centrálního koncového bodu v systému. Očekává se náklad 100 000 Kč za primární zařízení a 100 000 Kč za sekundární zařízení. Historická zařízení budou stále zapojena jako záložní. Hlavním důvodem rozšíření je zejména potřeba zvýšení kapacity na 10G.

Nedílnou součástí je potřeba rozšíření ICT týmu. S nárůstem agendy a přechodem agendy správy ICT pod centrální správu, vznikne potřeba rozšíření týmu ICT oddělení o cca 1 FTE. Nákladově je odhadována superhrubá mzda cca 52 800 Kč měsíčně.

Zároveň je potřeba při změně technologie zajistit změnu koncových bodů v objektech nebo u bezpečnostních kamer. Očekává se náklad cca 3 000 Kč na koncové zařízení u kamery a cca 10 000 Kč na koncové zařízení u napojené budovy, s výjimkou nemocnice, kde se z bezpečnostních důvodů očekává větší zařízení s odhadem ceny cca 50 000 Kč. Součástí nových zařízení bude i potřeba konfigurace v odhadované hodnotě cca 5 000 Kč až 10 000 Kč jednorázově.

U nových kamer vznikne potřeba vždy vybudovat elektrickou přípojku. Odhad nákladu na elektrickou přípojku je na úrovni 20 000 Kč za přípojku. Tento náklad je nezávislý na technologií provozovaného řešení (optika vs 5G).

Tabulka 23: Rozpad nákladů [Zdroj: GTA]

Optická síť	Typ nákladu	Jednotka	Poznámka
Optika (metry, odpis 20 let)	Driver	6 000	
Cena pronájmu mikrotrubičky (kč, metr/měsíc)	Opex	5	
Cena zafouknutí vlákna (kč, metr, včetně vláken)	Capex	200	
Optika-Ethernet router kamera (kč, cena kus, životnost 4 roky)	Capex	3 000	
Optika-Ethernet router budova (kč, cena kus, životnost 4 roky)	Capex	10 000	
Rozšíření centrály (kč/ks)	Capex	100 000	
Záložní zařízení (kč/ks)	Capex	100 000	
Koncové zařízení nemocnice (kč/ks)	Capex	50 000	
Konfigurace kamera na optice (kč/ks)	Capex	5 000	
Konfigurace budova na optice (kč/ks)	Capex	10 000	
Projektová dokumentace městské sítě (kč/ks)	Capex	100 000	
IT oddělení, zvýšení stavu o 1 FTE (kč včetně odvodů)	Opex	52 800	
Úprava rozvodů kamera (kč/ks)	Capex	5 000	
Úprava rozvodů budova (kč/ks)	Capex	20 000	
Nové kamery - elektrické rozvody (kč/ks)	Capex	20 000	

Služba 5G

Služba 5G bude dodávána jako komerční služba operátorem. Vzhledem k využití pouze pro účely zapojení kamer a nízké míře penetrace těmito kamerami (řádově desítky kamer), je ideální využití mobilní sítě jednoho z MNOs. Alternativně lze do budoucna uvažovat využití takzvané služby network slicing, ta však není v tento moment provozována na sítích operátorů a není tedy možné odhadnout její náklady adekvátním způsobem.

Z titulu bezpečnosti přenosu kamerových záznamů na síti mobilních operátorů, je provoz na síti mobilních operátorů vhodný a neomezuje.

Standardně se za zřízení služby operátora účtuje jednorázový poplatek, a poté při využití služeb obdobným účelem jako je M2M, tedy s nárůstem počtu zařízení, můžeme očekávat degressi ceny poskytování služeb. Jednorázový poplatek za zřízení prostředí odhadujeme na cca 5 000 Kč. Za provoz sítě pro kamery, včetně zajištění dostatečné konektivity a bezpečnostních aspektů přenosu signálu (VPN/APN) očekáváme cenu v průměru cca 3 až 4 tisíce Kč.

Pro účel Cost-benefit analýzy byl náklad odhadnut na 5 000 Kč za první napojené zařízení. S každým dalším zapojením jde o opakování stejného způsobu a očekáváme tedy cenu cca 3 000 Kč za napojení každé další kamery. Odhad byl proveden na základě nabídky partnera projektu O2 pro provoz pilotních kamer na technologii 5G v roce 2021, proto lze očekávat do budoucna snížení ceny. V tomto ohledu představuje tento výpočet horní hranici možných nákladů.

Tabulka 24: Náklady 5G napojení [Zdroj: GTA]

5G	Typ nákladu	Jednotka	Poznámka
Konfigurace prostředí (kč/jednorázově)	Capex	5 000	
Pronájem konektivity včetně bezpečnosti (Kč/ks/m - první kus)	Opex	5 000	
Každá další kamera (kč/ks/m - každý další)	Opex	3 000	

P2P technologie

Budovy, které nejsou v blízkosti optického vlákna, bude nutné připojit jiným způsobem. V navrhovaném technologickém řešení vidíme potenciál zejména pro připojení pomocí rádiového spoje, tj. P2P řešení. Použitelnou technologií je samozřejmě i point-to-multipoint, avšak pro zjednodušení a současnou zkušenost s touto technologií navrhuje využití zejména P2P technologie.

V rámci benchmarku trhu lze najít zařízení mnoha cenových kategorií s různou kvalitou. Velmi kvalitní P2P řešení je možné koupit v ceně od 50 do 90 tisíc Kč za spoj (pár zařízení). Pro účel modelu je využita střední hodnota 70 tisíc Kč. Provozním nákladem je u takto kvalitního zařízení zejména náklad na licenci kmitočtového pásma od ČTÚ. V tomto případě uvažujeme horní hranici, tj. 30 000 Kč ročně za licenci.

Tabulka 25: Náklad P2P [Zdroj: GTA]

P2P	Typ nákladu	Jednotka	Poznámka
Cena radia pro napojení budovy (kč/ks)	Capex	70 000	
Poplatek (kč, rok)	Opex	30 000	

11.1.6 Alokace v rámci současného řešení

Cost-benefit analýza počítá současně se zapojením stávajících kamer a zároveň s rozvojem dalších kamer podle plánu. Pro ukotvení je v modelu počítáno se zapojením navíc dalších 10 kamer. Na technologii optické sítě budou napojeny 4/5 kamer a zbylá 1/5 kamer bude připojena na 5G technologii.

Do budoucna budou připojeny všechny budovy do městské sítě, přičemž část na optickou infrastrukturu a část na P2P spoje.

Níže je k dispozici tabulka s ilustrativním nápočtem a alokací kamer podle technologií (s vazbou na definované oblasti/sektory). Hodnoty jsou zvýšeny, v rámci modelování v roce 2025 očekáváme nárůst počtu kamer a budov současného stavu a zároveň definujeme možný budoucí plán přenesený do tohoto roku.

Tabulka 26: Rozpad dle technologií a služeb [Zdroj: GTA]

Alokace				
	Optika	P2P	5G	Celkem
Současné				
Kamera	35		8	43
Budova	20	6		26
Budoucí				
Kamera	5		5	10

11.1.7 Výhody navrhovaného řešení

Tato varianta přináší zejména přijatelné investiční náklady v roce výstavby (CAPEX). Zároveň lze v tomto řešení očekávat synergie z titulu spolupráce s infrastrukturním hráčem s komerčními zájmy v rámci budování infrastruktury ve městě Bílina. Důsledkem bude vybudování robustní městské sítě s vysokou kapacitou a rychlostí za relativně nižší náklady.

Z titulu synergii lze očekávat dva typy úspor. První potenciální synergií je možnost poskytovat kromě komerčních služeb i služby městu, čímž vzniká vyšší utilizace na nákladech a služby je tedy možné poskytovat levněji. Druhou možnou synergií lze realizovat v rámci budování sítě, zejména z titulu zafouknutí. Samotný proces zafouknutí bude muset realizovat i daný operátor, čímž je možné realizovat úspory na zafouknutí například z titulu pouze jednoho výjezdu k lokacím a tvorby pouze jedné projektové dokumentace.

Pozitivem spolupráce na úrovni pronájmu mikrotrubiček od operátora je fakt, že součástí pronájmu je většinou určitá úroveň fyzického dohledu a servisu (například překopnutí sítě), tím pádem není nutné mít dedikované pracovníky na tuto službu.

V rámci nastavení sítě lze realizovat úspory v lokalitách, kde je navrženo P2P připojení, a to v případě, kdy by bylo možné nakoupit komerčně konektivitu s vysokou rychlostí a provozovat zde VPN Tunel, který umožní vytvoření virtuální městské sítě. Tato úspora je poté na úrovni investice do P2P rádiového spoje a poplatku licence, naopak vznikne náklad na nákup připojení k internetu a nákup licence dostatečně kvalitního a bezpečného SW pro vytvoření VPN virtuální městské sítě.

11.2 Rozdílová analýza alternativního řešení: Výstavba vlastní optiky

Níže je popsán dopad rozdílu v případě nerealizace navrhovaného řešení a realizace alternativního řešení, jak je prezentováno výše. Navrhováno (doporučené řešení) je zejména realizace pronájmu volných kapacit a zafouknutí vlastní optikou. Z důvodu nabídnutí alternativní možnosti městu je dále analyzována i možnost realizace vybudování vlastní optické sítě.

11.2.1 Rozdílová analýza nákladů

Nákladově je rozdíl zejména v investici (CAPEX), kdy si město postaví vlastní síť v nákladech cca 1 000 Kč za metr výkopu vlastní sítě. V této ceně je také zafouknutí. Dochází tedy zejména k nárůstu investičních nákladů (CAPEX), a poté k poklesu měsíční platby z titulu eliminace pronájmu mikrotrubiček (OPEX). Při srovnání těchto rozdílů je návratnost bez zohlednění úrokové míry a inflace cca 13,5 roku. Samotná životnost optické infrastruktury je daleko za touto hranicí.

Ostatní náklady jsou totožné a nedochází zde ke změně.

Níže jsou ke srovnání tabulky hodnot CAPEX, OPEX, a poklesu průměrného nákladu. Náklady na investici vzrostou o 4,8 mil. Kč, oproti tomu je pokles provozních nákladů o 30 tisíc Kč měsíčně.

Tabulka 27: Celkový rozpad capex a opex [Zdroj: GTA]

Investiční náklad (capex)			Jednotka
Městská síť	6 305 000	Kč	
Kamerová síť	720 000	Kč	
Napojení budov	1 440 000	Kč	
Celkem	8 465 000	Kč	
Provozní náklad (opex)			
Městská síť	52 800	Kč/měsíc	
Kamerová síť	41 000	Kč/měsíc	
Napojení budov	15 000	Kč/měsíc	
Celkem	108 800	Kč/měsíc	
Poměrově na kameru	93 395	Kč	
Poměrově na budovu	135 195	Kč	
Poměrově na kameru	1 442	Kč/měsíc	
Poměrově na budovu	1 245	Kč/měsíc	

11.2.2 Výhody a nevýhody výstavby vlastní optiky

Ačkoliv tento scénář vykazuje vyšší investiční náklady, lze spatřit výhodu ve vlastnictví celé infrastruktury, a tím i zvýšené míry bezpečnosti. Fyzické oddělení může přinášet kýženou míru bezpečnosti. Na druhou stranu však jde o investičně nejnáročnější řešení, pokud bude výkop realizován pouze pro jeden účel.

Dochází k úspoře na provozních nákladech z titulu nepronajímání si mikrotrubiček. Tato úspora způsobí návratnost cca za 13 let. Životnost optického kabelu je o hodně vyšší než zmíněná doba návratnosti.

Navýšení nákladů může vznikat v případě realizace nehody, překopnutí či jiného poškození fyzické infrastruktury. V tomto modelu vlastnictví je náklad servisu plně v režii města.

11.3 Základní srovnání variant

preferovaná je varianta pronájmu mikrotrubiček a zafouknutí optických kabelů ve vlastnictví města. Tato varianta představuje dostatečnou míru kontroly s nižším investičním nákladem a větším potenciálem úspory nákladů.

Tabulka 28: Srovnání hlavní a alternativní varianty [GTA]

	Hlavní varianta pronájmu mikrotrubičky	Alternativní varianta vlastního výkopu
Správa	+ Správa a dohled pasivní infrastruktury je realizována ze strany poskytovatele mikrotrubiček. Nevnikají kapacitní potřeby na vykrytí 24/7 dohledu - Možný vznik konfliktu v rámci řešení poruchy (nemožnost přímé lokalizace SW/HW podstaty poruchy) - Vzniká složitější vztah vlastnictví, dlouhodobého pronájmu a v případě různého napojení i konglomerát několika dodavatelů	+ Plná správa a kontrola nad celým profilem městské sítě + Výstavba maximálně podle očekávání města - Zvýšené náklady z titulu nutnosti zajištění vlastního dohledu (alternativně možnost outsourcingu)

Investice (CAPEX)	+ Nižší investiční náklady než výstavba + Menší míra zodpovědnosti během výstavby + Lze očekávat větší potenciál úspory nákladů (využití know-how dodavatele) - Závislé na výstavbě (struktura sítě) dodavatele - Prodloužení tras, či napojení může být komplikovanější	+ Vlastnictví sítě umožňuje provoz podle sebe (nižší SLA, pokud pro město dostatečné) + Možný design rozsahu sítě a tras podle očekávání města + Město může do jisté míry ovlivnit výši nákladů vzhledem očekávání jiných staveb a tím snížit efektivně náklady „připojení“ optiky - Vyšší investiční náklady (návratnost rozdílu cca 13 let, ve srovnání s možnou úsporou provozních nákladů) - Nerealizace některých synergií, které lze očekávat v případě společné koordinaci s již etablovaným subjektem na trhu (výstavba sítí, projektová dokumentace atd)
Provozní náklady (OPEX)	- Vznikají vyšší provozní náklady z titulu dlouhodobé pronájmu, jde však o nižší desetitisíce Kč + Lze realizovat synergii v rámci dohledových a ostatních službách typicky poskytovaných v ceně pronájmu od dodavatele	+ Náklady ve srovnání s variantou pronájmu jsou provozně nižší z titulu pronájmu - Lze očekávat možné zvýšení nákladů z titulu nutnosti zajištění služeb dohledu a údržby fyzické vrstvy sítě
Bezpečnost	+ Existuje dostatečná míra bezpečnosti na síti + Možnost přenesení know-how a good practice od dodavatele sítě - Může vznikat požadavek na plnění excesivních bezpečnostních podmínek	+ Síť je ve vlastnictví města a je tedy v maximální míře bezpečná - Město samo realizuje bezpečnost sítě a nemůže těžit ze zkušeností provozovatelů sítí
Financování	- V případě realizaci z programu podpory, typicky je možné si sáhnout zejména na příspěvek na investiční náklady + Při realizaci čistě z finančních zdrojů města představuje tento model nižší investiční náklady	+ Pokud by bylo možné čerpat z programu podpory je možné financovat větší část CAPEX a dojde tak k menším provozním nákladům pro město - Vysoká iniciální investice může být náročná pro městský rozpočet

12 Stanovení základních technických požadavků a standardů pro 5G síť



12.1 Úvod

V rámci této kapitoly jsou popsány a definovány základní technické požadavky a výzvy při budování 5G sítí. Technologie 5G, jako každá jiná, dostává své standardizaci a harmonizaci na mezinárodní úrovni se zapojením nejen mezinárodních standardizačních a harmonizačních společností, ale také s příspěvkem názorů samotných dodavatelů mobilních technologií, a to jak na straně rádiové, tak na straně koncových zařízení. Mezi zásadní témata technologie 5G, a s ní spojené standardizace a harmonizaci, patří zejména:

- Technické řešení 5G: Standalone vs. Non-Standalone
- Minimální kvalita služeb
- Bezpečnost 5G sítí

Vznik a implementace 5G sítí je zároveň spojena s několika otázkami (výzvami), na které je potřeba najít odpověď:

- Bezproblémový (plánovaný) přechod mezi technologiemi, a to včetně přechodu z Non-Standalone na Standalone řešení sítí páté generace.
- Návrh řešení New Generation Radio Access Network.
- Otázka dynamického sdílení spektra, respektive kombinace 4G a 5G v rámci jednoho pásma, a potenciál tohoto řešení pro efektivní využití spektra.
- Vydefinování business modelů a způsobu účtování jednotlivých služeb, které nabízí právě technologie 5G.
- Způsob efektivního využití zdrojů, včetně strategie umožnění přístupu k síti a jejím funkcím ve smyslu sdílení sítí.
- Vývoj zařízení, včetně zajištění kompatibility a technických parametrů, možnost řešení pomocí OpenRan.

12.2 Technické řešení 5G: Standalone vs. Non-Standalone

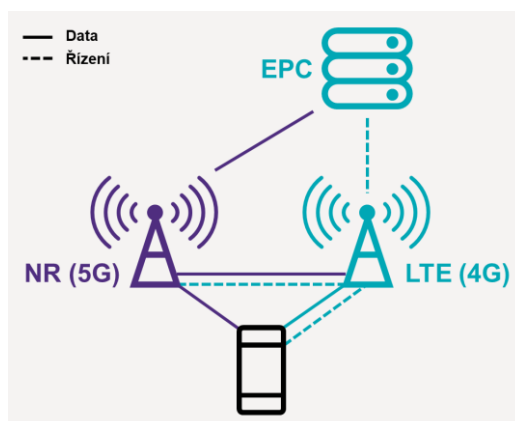
Samotnou technologii 5G lze implementovat pomocí dvou řešení. Tato řešení se liší na základě kombinace 5G technologie s již provozovanými technologiemi 4G (LTE), či nasazením samostatného 5G (Standalone). Současné nastavení 5G v ČR je zejména pomocí řešení Non-Standalone, přičemž je tak učiněno zejména z důvodu evoluce technologie (možnost implementovat hned) a také z důvodu, že 5G bylo implementováno dříve, než bylo vydraženo relevantní pásmo 700 MHz.

12.2.1 Non-Standalone (Option 3)

Prvním z nabízených řešení je takzvané Non-Standalone řešení. Již ze samotného překladu vyplývá, že jde o nesamostatné řešení. Klíčovou podstatou tohoto řešení je připojení 5G technologie, na již existující EPC (Evolved Packet Core), respektive core systému sítě LTE. Využití této možnosti umožňuje použití stávajících systémů a zároveň tak nabízet 5G bez značných investic. Positivem je možnost zahájení provozu 5G relativně rychle. Toto řešení je typicky spojeno s vypínáním 3G sítě a využití spektra 1800 MHz nebo 2100 MHz. 4G/LTE síť slouží jako link pro 5G síť, díky tomu nevznikají potíže a provoz se obejde bez zásadních handoverů. V případě rozvoje SA 5G síť může docházet v lokalitách, kde není plynulé pokrytí SA 5G k problémům s handoverem.

V rámci celé implementace je zapotřebí pouze mírně modifikovat současný 4G systém a zajistit zařízení podporující NR (New Radio). Ve srovnání možných řešení se tak jedná o nejrychlejší způsob přechodu ze současného 4G na 5G. Řešení je zobrazeno následujícím obrázkem. Samotné Non-Standalone řešení nabízí tři možnosti implementace (Option 3, 3a, 3x).

Obrázek 33: NSA 3 [Zdroj: GSMA¹⁶]

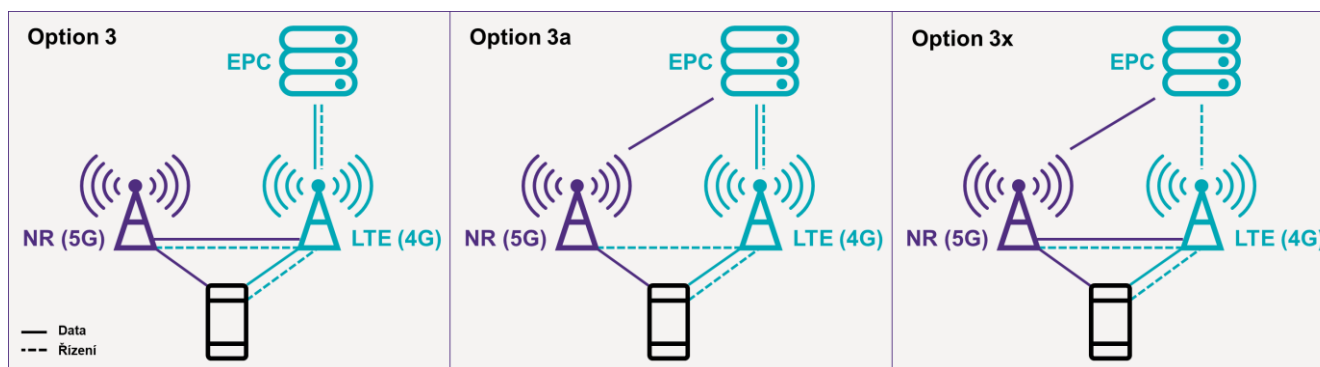


Výraznou nevýhodou je nevyužití 5GC, respektive jádrového systému 5G, který umožňuje optimalizaci právě extra funkcionality 5G jako například network slicing. V rámci tohoto nastavení, respektive za využití pouze EPC, je vhodné využít 5G pouze pro klasické mobilní služby.

12.2.2 Varianty Non-Standalone (Option 3, 3a, 3x)

Non-Standalone řešení lze implementovat třemi způsoby, jak je zobrazeno níže v ilustraci. Primárním rozdílem je způsob zajištění Datových a Řídících toků.

Obrázek 34: Typy NSA 3 [Zdroj: GSMA]



Non-Standalone Option 3

V rámci tohoto způsobu implementace vzniká významný kapacitní provoz v úseku mezi 5G NR a LTE vysílačem. Takto vysoký přenos dat vyžaduje vyšší přenosové rychlosti pro splnění výkonnostních požadavků.

Non-Standalone Option 3a

V tomto nastavení je na trase 5G NR a LTE pouze řídicí přenos, čímž se celkový přenos výrazně minimalizuje. Přenos dat v tomto nastavení jde přímým směrem individuálně, a to jak od 5G NR, tak LTE.

Non-Standalone Option 3x

Poslední nastavení umožňuje přenos dat jak v rámci trasy NR a LTE, tak přímým spojem od 5G k EPC. Tento způsob se v současnosti využívá nejčastěji, jelikož je přenos dat přes LTE výrazně nižší a má tak minimální dopad na celou síť.

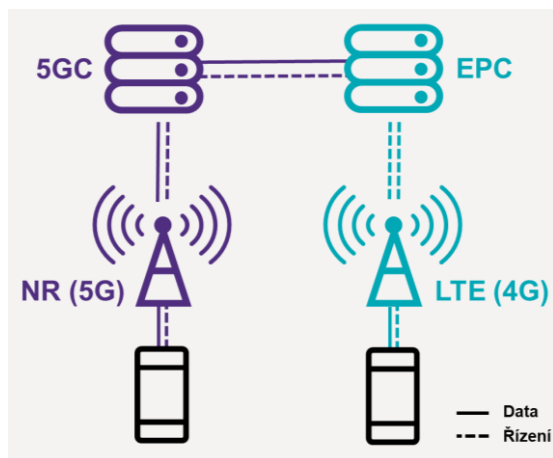
12.2.3 Standalone option 2

Tento způsob implementace využívá jak zmíněného EPC (Core systému 4G LTE), tak 5GC (Core systému 5G). Jednotlivé core systémy (EPC 5GC) jsou však vzájemně propojeny jak pomocí datového, tak pomocí kontrolního

¹⁶ <https://www.gsma.com/futurenetworks/wp-content/uploads/2019/03/5G-Implementation-Guideline-v2.0-July-2019.pdf>

propojení. Výhodou řešení je právě možnost využití plné funkcionality 5GC, a současně využívat již existujícího 4G systému pro podporu zařízení bez možnosti připojení na 5G NR (New Radio). Řešení je zobrazeno následujícím obrázkem.

Obrázek 35: SA 2 [Zdroj: GSMA]



Nevýhodou řešení je právě potřeba vybudování 5GC, což není v rámci NSA (Option 3) zapotřebí. Toto vybudování znamená zvýšené náklady z pohledu operátora a celkově se tak prodlouží celý proces implementace. Zařízení zároveň musí v rámci připojení na 5G umožňovat jak protokol NR (New Radio), tak protokoly pro 5GC. Přesun uživatelů k novým zařízením umožňujícím tyto funkcionality, bude znamenat další zdržení, vzhledem k potřebě dostatečného počtu zákazníků pro ekonomicky rentabilní implementaci. Implementace SA 5G na druhou stranu umožní plné využití funkcionalit, které jsou typicky spojovány s 5G.

12.3 Minimální kvalita služeb 5G

Očekávaná kvalita služeb je zde interpretována ze tří pohledů, a to jak národních, tak nadnárodních institucí. Níže jsou prezentována vyjádření ke kvalitě parametrů 5G služeb následujícími institucemi:

- Ministerstvo průmyslu a obchodu České republiky
- ITU (samotné vyjádření instituce k parametrům 5G služeb)
- 3GPP (vyjádření k parametrům 5G služeb)

12.3.1 MPO

Ministerstvo se k parametrům služeb vyjadřuje v rámci svého dokumentu Implementace a rozvoje sítí 5G v České republice¹⁷, kde definuje následující parametry 5G sítě, a to na základě definovaných požadavků Mezinárodní telekomunikační unie.

MPO zmiňuje čtyři klíčové funkcionality, mezi které patří zejména možnost zvýšených přenosových kapacit na základě využití širších pásem, a to zejména milimetrová pásma, která umožňují až jednotky GHz. Zmíněná je dále možnost detailního rozdělení pásma s přesností až na kbit/s (viz kapitola Network sharing) pro různé druhy aplikací jako například IoT apod. Dalším zmíněným faktorem je možnost virtualizace funkcí sítě za využití cloudu, což umožní zlepšení latence v rámci fragmentace sítě.

Detailní parametry, jak jsou interpretovány ze strany MPO, jsou zmíněny níže:

1. Pokročilě mobilní vysokorychlostní síť (Enhanced Mobile Broadband - eMBB)

- Všeobecně dostupná data v kteroukoliv dobu
- Mobilita cca 500 km/h

¹⁷ https://www.mpo.cz/assets/cz/e-komunikace-a-posta/elektronicke-komunikace/koncepce-a-strategie/narodni-plan-rozvoje-siti-nga/2020/1/Material-5G_13-12-2019.pdf

- *Maximální rychlost přenosu dat 10 - 20 Gbit/s*

2. Vysoce spolehlivé komunikace s nízkým zpožděním (Ultra-Reliable and Low Latency - URLLC)

- *Zpoždění na rádiovém rozhraní do 1 ms*
- *Zpoždění mezi koncovými body do 5 ms*
- *Spolehlivost 99,9 % v rozsahu datových rychlostí 50 kbit/s – 10 Mbit/s*

3. Masivní komunikace mezi stroji/zařízeními (Massive Machine-Type Communication - mMTC)

- *Miliardy propojených „věcí“, nízká cena propojení, nízká spotřeba energie*
- *Řádově až milion zařízení na 1 km²*
- *Přenosová rychlost 1 – 100 kbit/s na zařízení*
- *Napájení zařízení pomocí baterie, jejíž životnost se odhaduje až na 10 let.*

MPO dále cituje doporučení dokumentu ITU-R M.2083-0, kterým pro systémy 5G definuje následující:

Základní parametry:

- *Maximální rychlost (odhadovaná) přenosu dat: desítky Gbit/s*
- *Přenosová (běžně dostupná) rychlost: 100 Mbit/s až 1 Gbit/s*
- *Hustota připojení: 1 milion připojení na km²*
- *Zpoždění mezi koncovými zařízeními: řádově milisekundy*
- *Hustota provozu: 10 Mbit/s na 1 m²*
- *Mobilita: do 500 km/h*

Důležitá je dále také takzvaná konvergence, která se s příchodem 5G využívá čím dál častěji ve věci kombinace technologií pevných a bezdrátových.

12.3.2 ITU

Detailní popis parametrů služeb, ze kterého MPO čerpalo, je k dispozici níže v tabulce s rozpadem na jednotlivé typy služeb (eMBB, mMTC, URLLC) s rozdělením na Urban a Rural (městské a venkovské) geotypy. V rámci IMT-2020 (Mezinárodní mobilní telekomunikace 2020) byly sepsány následující technické parametry, které byly v roce 2015 vydány Mezinárodní telekomunikační unií.

Obrázek 36: Technické požadavky na provoz IMT-2020 včetně hodnotících kritérií [Zdroj: IMT-2020 Radio interface standardization trends in ITU-R¹⁸]

Table 2 IMT-2020 radio interface technical performance requirements, required values and evaluation methodology

	Test environment	Indoor Hotspot-eMBB	Dense Urban-eMBB	Rural-eMBB	Urban Macro-mMTC	Urban Macro-URLLC	Evaluation methodology
1	Peak data rate	Downlink: 20 Gbps, Uplink: 10 Gbps			–	–	Analytical
2	Peak spectral efficiency	Downlink: 30 bps/Hz, Uplink: 15 bps/Hz			–	–	Analytical
3	User experienced data rate	–	Downlink: 100 Mbps Uplink: 50 Mbps	–	–	–	Analytical for single band and single layer cell layout Simulation for multi-layer cell layout
4	5 th percentile user spectral efficiency	Downlink: 0.3 bps/Hz Uplink: 0.21 bps/Hz	Downlink: 0.225 bps/Hz Uplink: 0.15 bps/Hz	Downlink: 0.12 bps/Hz Uplink: 0.445 bps/Hz	–	–	Simulation
5	Average spectral efficiency	Downlink: 9 bps/Hz Uplink: 6.75 bps/Hz	Downlink: 7.8 bps/Hz Uplink: 5.4 bps/Hz	Downlink: 3.3 bps/Hz Uplink: 1.6 bps/Hz	–	–	Simulation
6	Area traffic capacity	10 Mbps/m ²	–	–	–	–	Analytical
7	Latency	User plane	4 ms		–	1 ms	Analytical
		Control plane	20 ms		–	20 ms	Analytical
8	Connection density	–	–	–	1,000,000 device/km ²	–	Simulation
9	Energy efficiency	Shall have the capability to support a high sleep ratio and long sleep duration.			–	–	Inspection
10	Reliability	–	–	–	–	1·10 ⁻⁵ success probability of transmitting a layer 2 PDU (protocol data unit) of 32 bytes within 1 ms	Simulation
11	Mobility	Normalized traffic channel link data rates of 1.5 bps/Hz at 10 km/h in the uplink	Normalized traffic channel link data rates of 1.12 bps/Hz at 30 km/h in the uplink	Normalized traffic channel link data rates of 0.8 and 0.45 bps/Hz at 120 and 500 km/h, respectively, in the uplink	–	–	Simulation
12	Mobility interruption time	0 ms			–	0 ms	Analytical
13	Bandwidth	At least 100 MHz Shall support bandwidths up to 1 GHz for operation in higher frequency bands (e.g. above 6 GHz).					Inspection

¹⁸ Viz také zde: https://www.nttdocomo.co.jp/english/binary/pdf/corporate/technology/rd/technical_journal/bn/vol19_3/vol19_3_007en.pdf

12.3.3 3GPP

V rámci specifikace TS 22.261 definovalo 3GPP minimální standardy kapacitních přenosů 5G sítí. Definované standardy jsou založené jak na kapacitách na km², tak na hustotě obyvatel v daném geotypu/oblasti a dávají celkový přehled o disponibilních rychlostech pro koncové uživatele. Tento přehled je znázorněn následující tabulkou, která sumarizuje nejpodstatnější minimální standardy služeb.

Tabulka 29: Kapacitní požadavky 3GPP [Zdroj: GSMA]

Oblast/geotyp	Uživatelská rychlost		Kapacitní pokrytí (/km ²)		Hustota obyvatel (/km ²)
	Stahování	Nahrávání	Stahování	Nahrávání	
Městská	50 Mbps	25 Mbps	100 Gbps	50 Gbps	10 000
Venkovská	50 Mbps	25 Mbps	1 Gbps	500 Mbps	100
Vnitřní hotspot	1 Gbps	500 Mbps	15 Tbps	2 Tbps	250 000
Městská – S vysokou hustotou	300 Mbps	50 Mbps	750 Gbps	125 Gbps	25 000
Vysokorychlostní vozidlo	50 Mbps	25 Mbps	100 Gbps	50 Gbps	4 000

12.3.4 Implikace pro kamerový systém

Z tabulek a shrnutí lze vyčíst významné rychlosti, které má 5G síť nabízet. Tyto rychlosti jsou plně schopny zajistit provoz bezpečnostních kamer ve 4K rozlišení, přičemž v některých geotypech i rozlišení vyšší. Zároveň je nutné podotknout, že jde o minimální požadavky a výsledná rychlost sítě může být i několikanásobně vyšší podle konkrétní výstavby. Potřebné rychlosti jsou rekapitulovány v následující tabulce, nutno podotknout kapacitní nárok je zejména na straně uploadu a je silně závislý na počtu snímků za sekundu (FPS) a kompresi obrazu (H.265, H.264, MPEG4, JPEG/MJPEG). V rámci provozu je nutné vždy zvažovat limitaci na straně HW, který může způsobovat další zdržení ve smyslu latence. Jde zejména o synchronizaci celého systému zařízení anebo například způsobu šifrování.

Tabulka 30: Kapacitní požadavky přenosu videí jako příklad spotřeby [Zdroj: GSMA]

Rozlišení	Kapacitní nárok (symetricky)
720P	1.5 Mbps
1080P	4 Mbps
2K	10 Mbps
4K	25 Mbps

Tyto kapacitní požadavky jsou pokryté všemi rychlostmi definovaných geotypů, respektive rozlišení 8K by mělo být dle těchto standardů dostupné jak v nejhustších lokalitách, tak v lokalitách venkovských. V současnosti se primárně používá 1080P (Full HD). Z toho vyplývá, že požadované rychlosti pokryjí veškeré současné a nejspíše i budoucí potřeby.

Samotná kvalita 5G služeb je definována zejména očekáváním potřeby koncové služby. Tedy v případě některých typů měření není významná rychlá odezva, ale zejména přenos z několika set zařízení záraz, oproti tomu u autonomní dopravy je podstatná velmi nízká latence a vysoká dostupnost služby. Je sice možné obecně definovat minimální požadavky 5G služeb, příhodnější je však definovat napřed služby a jejich požadavky, podle kterých se budou sítě 5G rozvíjet.

12.4 Bezpečnost 5G sítí

Samotnou bezpečnost 5G lze definovat v několika rovinách od bezpečnosti zařízení až po kyberbezpečnost provozu 5G sítí. Následně jsou rozebrány a dále probírány některá témata 5G sítí a s nimi spojenou bezpečností. Mezi tato témata patří:

- Dodavatelé zařízení;
- Kyberbezpečnost a KII;

- 5G EU Toolbox.

Na závěr jsou tyto zjištění implikovány pro specifikum provozu kamerového systému ve městě Bílina pomocí technologie 5G.

12.4.1 Dodavatelé zařízení

Jedním ze zásadních témat dnešní doby je právě riziko spojené s dodavateli zařízení pro 5G sítě. Ve světě dochází k razantním krokům jako například ve Velké Británii, kde došlo k striktnímu omezení dodavatelů síťových prvků. Pro výstavbu nové 5G sítě zakázali použití zařízení od společnosti Huawei a zároveň nařídili do budoucna odstranění od této společnosti již instalovaných zařízení ze sítě.

K podobné iniciativě směřuje i jeden se strategických bodů 5G EU Toolboxu, který jasně vyzývá k vydání nejvyššího politického stanoviska ke svém opatření SM03 ohledně rizikových dodavatelů. Samotné stanovisko je nutné předložit Bezpečnostní radě státu a jak uvedl pan Karel Řehka (ředitel Národního úřadu pro kybernetickou a informační bezpečnost): „Některé varianty vyžadují i změnu legislativy. Dokud ale nebude návrh hotov, nechci zacházet do podrobností.“¹⁹

S problematikou úzce souvisí jak inovativní řešení OpenRan, tak celá tematika okolo takzvaného Vendor Locku, tedy spolupráce pouze s jedním dodavatelem a nutnost následovat striktně jeho trendy. S tím úzce souvisí opatření SM05 z 5G EU Toolboxu. Právě toto opatření zdůrazňuje strategickou podstatu spolupráce s několika dodavateli pomocí „multivendor“ strategie. OpenRan je iniciativa, která napomáhá rozpadu RAN sítě do několika stavebních bloků tak, aby bylo právě zastoupení několika dodavatelů možné (jak na stejných, tak na různých součástech sítě – RU, DU, CU).

12.4.2 Kyberbezpečnost a kritická informační infrastruktura

Jedním z podstatných aspektů je plnění povinností daných zákonem o kybernetické bezpečnosti (181/2014 Sb.) a vyhláškou (č. 82/2018 Sb.). O to podstatnější je fakt daný prohlášením v souvislosti s kritickou informační infrastrukturou. Na základě prohlášení, které lze opětovně spatřovat například v rozhovoru s panem ředitelem Řehkou²⁰ lze očekávat vnímání 5G sítě jakožto sítě kritické informační infrastruktury. Ve spojitosti s definováním správce a provozovatele KII (typicky pomocí OOP vydané relevantní institucí) lze očekávat zvýšené požadavky na plnění kybernetické bezpečnosti (jak z titulu zákona, tak vyhlášky kybernetické bezpečnosti).

12.4.3 5G EU Toolbox²¹

Relevantním dokumentem na úrovni EU je zejména dokument *EU toolbox on Cybersecurity*, který si klade za cíl koordinovaný přístup EU ke kyberbezpečnosti ve spojení zejména se sítěmi 5G. Dokument identifikuje hlavní rizika jak na úrovni strategické, tak technické a dále nabízí vedení pro výběr a prioritizaci opatření mitigace rizik na národní a EU úrovni. Cílem je zavedení robustní a adekvátní kyberbezpečnosti napříč EU ve spojení s 5G. Dokument má osm strategických opatření a jedenáct technických opatření.

Mezi hlavní cíle patří například:

- Zpřísnění bezpečnostních požadavků na mobilní sítě (pro MNOs). To znamená například zpřísněná kontrola přístupu, pravidla bezpečného provozu a monitoringu, limitace sub dodávání specifických funkcionalit a tak dále.
- Analyzovat a vyhodnotit potenciální riziko dodavatelů (rizikový profil dodavatele), s případným vyloučením některých dodavatelů za účelem omezení rizika. Toto rozhodnutí se může týkat například hlavních (core) prvků KII.

¹⁹ Zdroj: https://www.lidovky.cz/domov/nemocnice-se-museji-lepe-chronit-rika-sef-uradu-pro-kybernetickou-bezpecnost-rehka.A201218_220630_In_domov_lihem

²⁰ Zdroj: https://www.lidovky.cz/domov/nemocnice-se-museji-lepe-chronit-rika-sef-uradu-pro-kybernetickou-bezpecnost-rehka.A201218_220630_In_domov_lihem

²¹ Celý 5G EU Toolbox je k dispozici zde: https://ec.europa.eu/newsroom/dae/document.cfm?doc_id=64468

- Zajistit, aby napříč operátory (MNOs) byla aplikována multi-vendor strategie, a tedy nedocházelo k významné závislosti na jednom dodavateli, popřípadě dodavatelích se stejným rizikovým profilem. Řešením je zároveň vyšší interoperabilita zařízení.

Mezi hlavní strategické aspekty patří zejména těchto osm opatření:

- SM01 Posílení role národních regulátorů;
- SM02 Vykonávání auditu mezi operátory a požadování informací;
- SM03 Vyhodnocení rizikových profilů dodavatelů a případně vydání omezení těchto dodavatelů v rámci budování sítí, pokud bude vznikat přílišné riziko;
- SM04 Kontrola přístupu takzvaného Managed Service Providers (MSPs), a to až do úrovně subdodavatelů (3. stran) dodavatelů zařízení;
- SM05 Zajistit různorodost dodavatelů jednotlivých MNOs pomocí multivendor strategií;
- SM06 Zvýšení odolnosti na národní úrovni;
- SM07 Identifikace klíčových aktiv a podpora rozmanitého a udržitelného ekosystému 5G v EU;
- SM08 Udržování a budování rozmanitosti a kapacit EU v budoucích síťových technologiích.

Následujících 11 opatření se týká zejména technických aspektů provozu 5G sítí:

- TM01 Zajištění uplatňování základních bezpečnostních požadavků (návrh a architektura zabezpečené sítě);
- TM02 Zajištění a hodnocení implementace bezpečnostních opatření ve stávajících standardech 5G;
- TM03 Zajištění přísné kontroly přístupu;
- TM04 Zvyšování zabezpečení virtualizovaných síťových funkcí;
- TM05 Zajištění bezpečné správy, provozu a monitorování sítě 5G;
- TM06 Posílení fyzické bezpečnosti;
- TM07 Posílení integrity softwaru, aktualizace a správa oprav;
- TM08 Zvyšování bezpečnostních standardů v procesech dodavatelů prostřednictvím robustních podmínek nákupu;
- TM09 Využívání certifikace EU pro síťové komponenty 5G, vybavení zákazníků a / nebo procesy dodavatelů;
- TM10 Využívání certifikace EU pro jiné produkty a služby ICT specifické pro 5G (připojená zařízení, cloudové služby);
- TM11 Posílení plánů odolnosti a kontinuity.

12.4.4 Kamerový systém a bezpečnost technologie 5G

Podstatná je implikace zmíněných fakt pro účely provozu kamerového systému ve městě Bílina. V rámci navrhovaného řešení bude provoz některých kamer zajištěn v rámci technologie 5G. V plánovaném pilotním testování dojde k provozu kamerového systému na mobilní síti společnosti O2. Samotný provoz kamerového systému v rámci navrhovaného plánu MKDS očekává zvýšené požadavky na bezpečnost z titulu očekávaného přenosu kamerových záznamů pro účely MěP.

S ohledem na zmíněné lze očekávat naplnění všech potřebných aspektů bezpečnosti. Provoz 5G sítí bude v rámci zařazení do KII podléhat přísným pravidlům na provoz, a to zejména z titulu kyberbezpečnosti. Právě daný minimální standard NUKIB zajistí dostatečné minimum bezpečnosti provozu kamer MěP.

Žádané je samozřejmě ze strany odběratele služeb:

- Vytvořit analýzu rizik;
- Definovat minimální požadavky;
- Přenést minimální požadavky do specifikací na podmínky služeb (SLA).

Již v současnosti jsou využívány sítě operátorů pro provoz služeb spadající pod kritickou informační infrastrukturu, a to zejména pro tuzemské DSO. Tento provoz je realizován na klasické mobilní síti operátora. Stejně tak jsou operátoři dodavatelé služeb pro MV v rámci krizové komunikace složek IZS České republiky. Ve vztahu k těmto příkladům lze očekávat možnost provozu tohoto typu komunikace na veřejné mobilní síti bez omezení a obtíží.

Do budoucna se zároveň očekává provoz celorepublikových PPDR služeb (public protection, disaster relief) pro složky IZS na sítích mobilních operátorů. Lze tedy implikovat, že mobilní sítě nabízí dostatečnou bezpečnost z titulu kyberbezpečnosti a jiných hrozeb.

13 Analýza rizik MKDS



13.1 Práce s riziky

Pro práci s hrozbami je typická práce s rizikem, přičemž riziko je definováno několika proměnnými a typicky řízeno uceleným komplexním Systémem řízení rizik. Riziko lze definovat jako kombinaci tří faktorů:

- Zranitelnost
- Hrozba
- Dopad

Přičemž riziko je vyjádření pravděpodobnosti, že daná hrozba právě díky určité míře zranitelnosti aktiva či souboru aktiv způsobí dopad, který má pro správce a/nebo uživatele aktiv typicky podobu škody, přičemž takový dopad může mít vliv také pro organizaci jako celek. Právě riziko realizace hrozby a následný vznik dopadu, typicky v podobě škody na aktivech (ať v jakékoliv formě) hraje klíčovou roli při zhodnocování a nasazování uceleného systému řízení rizik. Typicky dochází mimo jiné také ke klasifikaci aktiv tak, aby bylo možné určit stupeň ochrany aktiva a rozdělit tedy aktiva do skupin.

13.1.1 Hrozby

Hrozbou je jakákoliv aktivita či událost (typicky uváděno i jako síla či technologie), která v daný okamžik má nepříznivý vliv na bezpečnost jakéhokoliv aktiva. Typicky zneužívá zranitelnosti aktiva a způsobuje bezpečnostní problémy (události či incidenty).

Zároveň lze klasifikovat do několika ucelených skupin:

- Přírodní hrozby;
- Technická selhání;
- Technické selhání systémů fyzické ochrany;
- Lidský faktor – organizační selhání;
- Lidský faktor – ohrožení fyzické povahy;
- Lidský faktor – terorismus;
- Logické hrozby;
- Komunikační hrozby;
- Závady zařízení;
- Chyby;
- Fyzické hrozby.

13.1.2 Dopad

Dopad je definován většinou jako negativní následek vzniklé hrozby v závislosti na zranitelnosti aktiva. Dopad může být definován v několika rovinách:

- Provozní
- Reputační;
- Finanční;
- Ekonomický;
- Právní.

13.1.3 Zranitelnost

Zranitelnost je definována jako slabé místo aktiva. Jde o místo, které umožní napadnutí či selhání některého z aktiv. Typicky se jedná o nevhodnou bezpečnostní architekturu, nedostatečně stanovená bezpečnostní pravidla, nezabezpečení ať fyzické či kybernetické prostředí, nevhodné nastavení přístupových oprávnění a jiné. Současně je potřeba uvést, že některé komunikační a informační systémy mají také své zranitelnosti „by design“, přičemž takové zranitelnosti jsou nativní součástí takových komunikačních a informačních systémů.

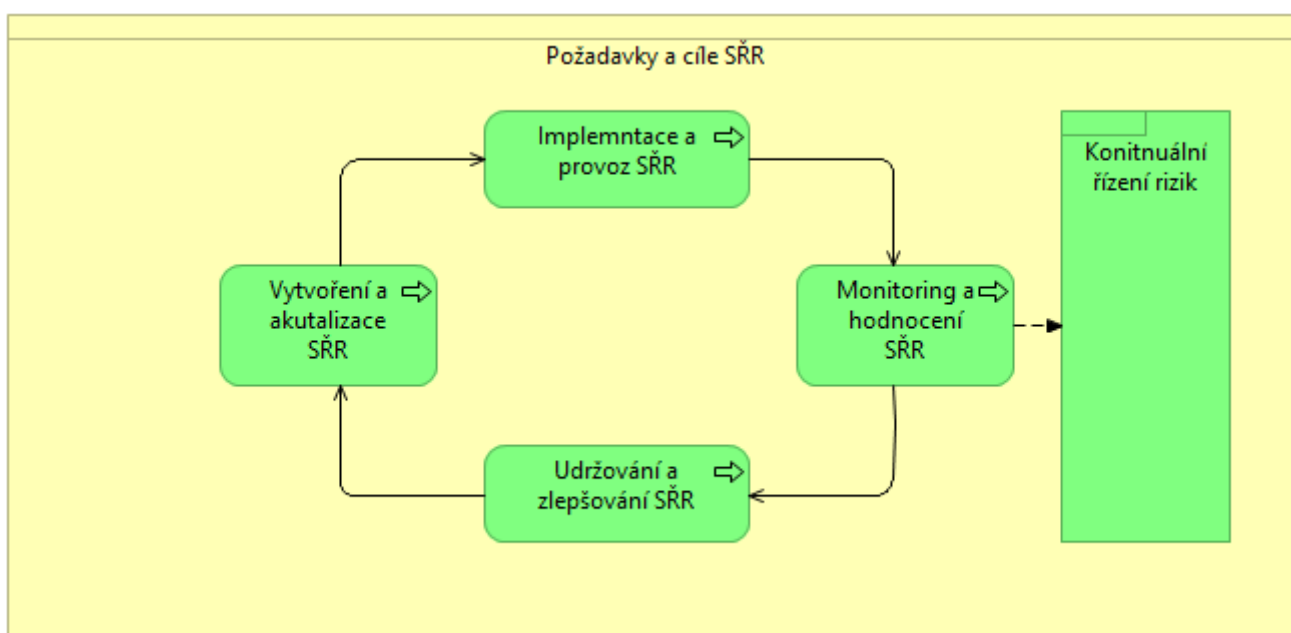
13.1.4 Systém řízení rizik

Systém řízení rizik (SŘR) je vitální a neoddělitelnou součástí komunikační infrastruktury (která může charakterem naplňovat prvky KI či KII). Součástí je propojení oblastí bezpečnosti a rizik pomocí řízeného procesu nasazení a zdokonalování právě systému řízení rizik. Cílem je ochrana definovaných aktiv komunikační infrastruktury (formou předběžných opatření či obnovou dopadů). Výstupem tohoto procesu je kontinuální ochrana v definovaných oblastech spolu s neustálým zlepšováním SŘR jakožto metodického systému.

Kroky procesu SŘR lze zobrazit jako cyklický proces s neustálým zlepšováním jehož vstupy jsou požadavky (cíle) SŘR a výstupem je služba kontinuálního řízení rizik. Mezi základní prvky cyklického procesu patří:

- Vytvoření a aktualizace SŘR (plan);
- Implementace a provoz SŘR (realize);
- Monitorování a hodnocení SŘR (control);
- Udržování a zlepšování SŘR (act).

Obrázek 37: Systém řízení rizik [Zdroj: GTA]



13.2 Klíčové oblasti rizik pro MKDS

Kamerový systém jako celek má několik částí, které je z hlediska bezpečnosti nutné samostatně ošetřit. Mezi tyto části patří zejména:

- Kamera a její stanoviště
- Komunikační infrastruktura
- Centrála kamerového systému / dispečink / obsluha
- Uložiště dat z kamerového systému

Návrh systému vč. jeho jednotlivých parametrů a jeho iniciálního uvedení do provozu, konfigurace a servisu většinou zajišťuje specializovaná firma (dodavatel), která by vždy měla zohlednit konkrétní požadavky na systém a garantovat jeho udržitelnost.

Samotný provoz, jednoduchý servis a konfiguraci systému ovšem velmi často zajišťuje částečně či dokonce plně skupina/tým vlastníka kamerového systému. Vzhledem k neustále vznikajícím bezpečnostním hrozbám by tým měl být kontinuálně školen tak, aby byl schopen zajistit chod systému.

13.2.1 Kamera a její stanoviště

Provoz kamer je definován v první rovině samotnou kamerou a jejím stanovištěm. V tomto ohledu rozlišujeme dvě základní rizika.

Rizika související zejména s fyzickou bezpečností:

- Bezpečné umístění kamery
- Ochrana lokality a kamery před odpojením z elektrické sítě
- Ochrana lokality a kamery před odpojením od datového připojení

Zároveň však rizika související i s kybernetickou bezpečností:

- Přístupová hesla ke konfiguraci
- Zabezpečení vzdálené správy/ovládání kamery
- Šifrování firmware
- Zabezpečení kamerových portů

Nedílnou součástí je uvažování samotné úrovně služeb (SLA), tedy nároky dostupnosti služby. V případě extrémních nároků na funkčnost lze zvažovat i záložní připojení k elektrické síti, nebo využití záložní baterie s předem definovanou délkou nahrazení výpadku. Podstatné může být zajištění záložního (nezávislého) datového připojení lokality (viz dále).

13.2.2 Komunikační infrastruktura

Rizika v rámci komunikační infrastruktury kamerového systému souvisí jednak se zajištěním funkčních parametrů připojení (například rychlost stahování, ale také odesílání dat, míra latence a jitter), tak zároveň s možností a kvalitou end-to-end šifrování komunikace. Obecně platí, že kamerový systém by měl být připojen přes veřejnou internetovou síť (neměl by mít však veřejnou IP adresu).

Existuje několik základních metod šifrování přenosu E2E nebo E2EE, v tomto ohledu je podstatné uvažovat také jejich náročnost na datový přenos, kdy každé šifrování zvyšuje potřeby přenosu různě. Samotný videozáznam se typicky zvětšuje procesem šifrování.

Využívané technologie připojení a jejich preference:

- **Optický datový okruh** – Ideální technologické řešení ve všech ohledech. Právě vytvořením okruhů lze zvýšit samotnou dostupnost služby a zvýšit bezpečnost.
- **Bezdrátový P2P/RR datový okruh** – Technologicky lze považovat za velmi dobrou možnost zajištění potřeb. Pro eliminaci rušení lze doporučit využití licencovaných kmitočtových pásem.
- **Využití veřejných mobilních sítí** – Všeobecně lze technologii mobilních veřejných sítí doporučit. Technologie 5G (síť 5G) je jednoznačně preferována (lze dosáhnout dostatečné rychlosti/latence/spolehlivosti). Technologii 4G (popřípadě 3G) vzhledem k rozlišení a požadavku na

šifrování nedoporučujeme (problém se zpožděním a rychlostí uploadu – tzn. problém s přenosem kvalitního a dostatečně šifrovaného videa).

V případě realizace konektivity je vždy nezbytné použít end-to-end (E2E) šifrování přes neveřejné okruhy s připojením do centrálního dispečinku, resp. s obsluhou přes APN.

Níže je k dispozici obecný výčet potenciálních rizik spojených s jednotlivými technologiemi. K jednotlivým technologiím byly v následující tabulce přiřazeny identifikované úrovně rizik, a to dle klíčových provozních oblastí. Hodnoty významu rizik se však mohou lišit na základě vybraného koncového řešení.

Obrázek 38: Rozdělení rizik

	Optická technologie	P2P/RR nelicencované spektrum (rádiová technologie)	P2P/RR licencované spektrum (rádiová technologie)	5G (rádiová technologie)
Správa	Nízké riziko + Lze realizovat tak, aby byla vlastní kontrola nad sítí maximální	Nízké riziko + Lze realizovat tak, aby byla vlastní kontrola nad sítí maximální, často však řešeno dodavatelským vztahem se zřizovatelem (instalace + provoz/servis)		Nízké riziko - Správa a kontrola nad sítí vždy částečně až plně v rukou operátora (dle domluvených SLA)
Náklady	Nízké riziko - Vysoké investiční náklady (řádově je investice v milionech Kč) + Nižší provozní náklady (provozní náklady jsou minimální, životnost optiky je několik desítek let) + Lze uvažovat možnost financování z programů podpory či v rámci synergií výstavby	Nízké riziko - Vyšší provozní náklady (zejména z titulu častější poruchovosti a nutnosti servisu/výměny) + Menší investiční náklady	Nízké riziko - Vyšší provozní náklady (zejména z titulu častější poruchovosti a nutnosti servisu/výměny) - Vznikají dodatečné provozní náklady za licence daného kmitočtového pásma + Menší investiční náklady	Střední riziko - Vysoké provozní náklady + Minimální investiční náklady (jde zejména o zřízení služby)
Bezpečnost	Nízké riziko + Vysoká míra bezpečnosti, provoz na vlastní či pronajaté optické trase, složitá realizace „odposlechu“	Nízké riziko + Dostatečná míra bezpečnosti		Nízké riziko + Dostatečná míra bezpečnosti
Dostupnost	Nízké riziko + Vysoká míra dostupnosti služby, omezena pouze fyzickým přerušením, lze zajistit dostatečným SLA, popřípadě vytvořením okruhů	Střední riziko - V nelicencovaném pásmu může docházet k častému a nekontrolovatelnému rušení (lze eliminovat přechodem do licencovaných pásem) - Řešení je často závislé na přírodních podmínkách, změna počasí může ovlivňovat kvalitu přenosu	Nízké riziko + V licencovaném pásmu je omezen výskyt rušení (popřípadě je zde jednoduchá identifikace zdroje rušení) - Řešení je často závislé na přírodních podmínkách, změna počasí může ovlivňovat kvalitu přenosu (například 60 GHz pásmo)	Nízké riziko - Může docházet k rušení signálu, lze eliminovat požadavkem na dostatečné SLA jako například v případě poskytování služeb KI a KII (operátoři mají zkušenost s touto úrovní SLA) + U 5G technologie se očekává nezávislost na lokaci – služba bude široce dostupná ve všech bodech města – operátoři jsou povinováni rozvojovými kritérii
Kapacita	Nízké riziko + Neomezená kapacita pro specifikované účely, lze realizovat výstavbu dle potřeb	Střední riziko - Kapacita definována technologií, velmi omezen škálovatelnost podle daného zařízení - V případě šifrování, a tedy nárůstu kapacitních potřeb může dojít k jednoduchému překročení limitů technologie		Střední riziko - Může dojít ke kapacitnímu omezení při provozu vysokých desítek kamer z jednoho bodu, kapacitně závislé na dodavateli (operátoři)

13.2.3 Centrála kamerového systému

Součástí každého kamerového systému je centrální kamerový systém (též chápáno jako obsluha, centrální dispečink nebo například dohledové centrum). Ideálním technologickým řešením je přenos datového toku pomocí optické technologie. V případě mobilní sítě lze realizovat přenos pomocí APN přes optiku.

Podstatnou součástí je profesionální a vyškolená obsluha celého systému. V tomto ohledu je adekvátní realizovat obsluhu vlastními kapacitami. Možností je zajištění využití pokročilé analytiky nad kamerovým systémem (rozeznávání tváří, upozorňování na „podezřelé“ situace atd.). Je podstatné zajistit kybernetickou bezpečnost celého systému, ošetřit vlastnictví záznamu (v případě cloudového řešení) a soulad se zákonnými povinnostmi (například GDPR). Samotné zajištění těchto rizik je zejména na dodavateli SW, popřípadě HW a jeho prokázání souladu.

Riziková bývá současně samotná adekvátní konfigurace celého systému integrující jak přenos, tak ukládání či vyhodnocování záznamů. Podstatnou součástí je i správa přístupů.

13.2.4 Uložiště kamerového systému

V případě kamerového systému často dochází k ukládání záznamu pro dodatečné analýzy či sledování ex-post. Podstatné je zmapovat lokality výskytu uloženého média. Často dochází k ukládání do samotných kamer, popřípadě analytických programů napřímo. V tomto ohledu je podstatné případný záznam vždy šifrovat, a to jak v centrále, tak v případě uložení do paměti jednotlivých kamer. Podstatné je případné zabezpečení uložení jak ve fyzické rovině, tak v rovině možných kybernetických útoků.

Podstatné riziko je způsobeno i ztrátou záznamu (ať úmyslně či neúmyslně). Pro tento účel je vhodné mít záložní uložení a zabezpečení vůči povětrnostním vlivům (voda, vlhkost, požár, teplota prostředí atd.). Implicitně v terminologii datacenter jde o takzvané „Tier“, které v úrovni I-IV úroveň dostupnosti mimo jiné například na základě existence záložního zařízení.

14 Senzorická sít'



14.1 Úvod

Senzorická síť je žádanou součástí městské/metropolitní sítě. Jde o relativně jednoduché napojení senzorů, které generují datové toky, a ty jsou dále analyticky vyhodnocovány a používány různými způsoby a různými zařízeními. Mezi nejzákladnější řešení patří:

- City management
- Waste management
- Dopravní přestupky
- Chytré řízení dopravy
- Chytrý přechod
- Environmental management
- Předcházení kriminality a její monitoring
- Parkovací senzory

14.2 Technologické řešení senzorů

V rámci konceptu vytvoření senzorické sítě ve Městě Bílina byla zpracována detailní analýza jednotlivých technologií umožňujících monitoring dat jako například počet chodců, cyklistů, vozidel a další. V tomto textu je rozebrána zejména podrobná analýza chodců/občanů, obdobné řešení pak existuje pro zmíněné cyklisty, vozidla a další. Jednotlivé identifikované technologie lze rozřadit na 3 typy, a to následovně:

- využití WI-FI senzorů v kombinaci s GSM senzory a senzory měřícími demografii
- využití senzorů na bázi infratechnologie, laserových technologií a indukčních smyčkách
- skrze pokročilou analýzu kamerových záznamů.

Do jednotlivých typů spadají následující technologie:

- WIFI
- GSM
- pyroelektrická
- infratechnologie
- laserová technologie
- indukční smyčky

14.3 Legislativní požadavky

Z pohledu GDPR je nutné v případě instalace jakéhokoliv řešení plnit požadavky dané v nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2016/679 ze dne 27. 4. 2016 o ochraně fyzických osob v souvislosti se zpracováním osobních údajů a o volném pohybu těchto údajů a o zrušení směrnice 95/46/ES.

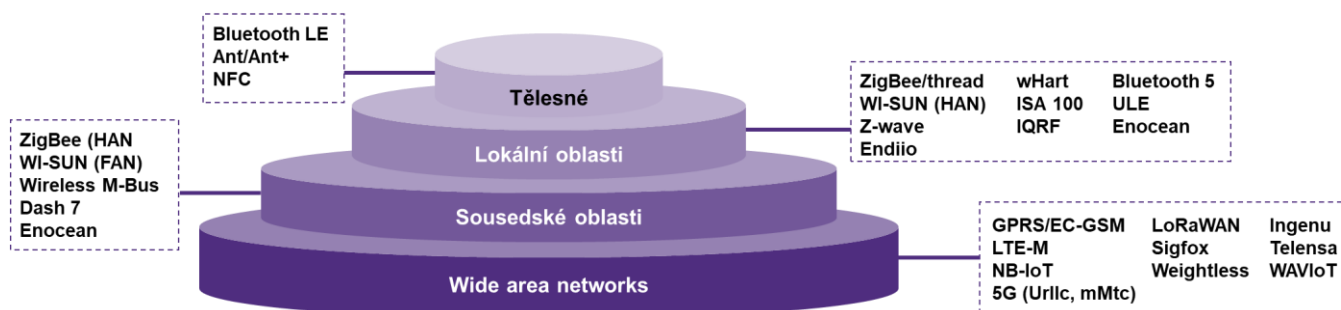
Nad rámec výše zmíněného je podstatné pro samotný proces instalace, aby firma instalující dané řešení, popřípadě dodavatel zařízení, měla platnou vyhlášku k práci na elektrických zařízeních, a to konkrétně vyhlášku č. 50/1978 Sb. Současně je nutné mít pro instalaci odborně zaškolené pracovníky (povinnost dodavatele) od výrobce technologie a pracovníci musí splňovat legislativní požadavky, které výrobce technologie požaduje. Další otázkou by bylo řešení instalované přímo v památkové zóně. V tom případě je nutné mít vyjádření relevantního zodpovědného subjektu (památkové orgány apod.). V případě omezení dopravy (instalace pomoci plošin) je nutné zajistit oprávnění pro vjezd vozidel do dané lokality.

V případech, kdy je nutný zásah do komunikací (např. cesta, chodník apod.) pro výstavbu zařízení (např. pro osazení sloupu, rozkopání silnice), bude nutné provést všechny úkony k získání stavebního povolení, a to včetně vyjádření všech dotknutých organizací (provozovatel soustavy pro dodávku plynu, elektřiny, vody, telekomunikačních sítí atd.). Pro upřesnění legislativních nároků je nutné přesně definovat konkrétního výrobce, místo a druh instalace.

14.4 Technologické zajištění sítě

Samotné technologické zajištění pro účely IoT/senzorické sítě je silně závislé na způsobu využití a požadavcích na periodicitu přenosu dat, kapacitu přenosu a rozsah samotného řešení ve smyslu dosahu sítě. Základní rozřazení technologií podle rozsahu je k dispozici níže v obrázku.

Obrázek 39: Technologie dle dosahu [Zdroj: GTA podle 5G smart cities whitepaper - China Unicom & Deloitte]



Hlavní součástí každé Smart City je právě technologické zajištění fungování celého ekosystému (v tomto kontextu myšleno komunikační/infrastrukturní vrstva). Navržená síť je mnohdy přirovnávána k páteři, která umožňuje fungování různých senzorů, propojuje uživatele a umožňuje pokročilou analýzu dat. Existuje několik technologických řešení pro široké pokrytí města pro účely Smart City, kdy mezi nejznámější patří SCADA, WPAN, LPWAN.

14.4.1 SCADA

Mezi známou, často se vyskytující platformu pro senzory (senzorickou síť) napříč odvětvími je právě síť SCADA. Název SCADA je zkratkou pro „Supervisory Control And Data Acquisition“. Jedná se tedy o systém pro dispečerské řízení a sběr dat. Typickým příkladem využití systému SCADA je zejména odvětví utilit, vodárenství, odpadovém hospodářství nebo energetické sítě (zde zejména využití s PLC). Moderní zařízení na bázi SCADA lze připojit k IP síti napřímo, oproti dřívější verzi, kdy bylo potřeba IP Gateway za účelem propojení.

14.4.2 WPAN

Dalším známým technologickým řešením je WPAN. Zkratka WPAN je pro „Wireless Personal Area Network“. Tato technologie je navržena pro připojení zařízení s nízkou až střední přenosovou rychlostí fungujících na bateriový zdroj typicky s dosahem na krátkou vzdálenost (tj. 10 až 20 metrů). Tuto vzdálenost lze prodloužit „propojením“ s dalšími zařízeními WPAN. Mezi příklady technologií WPAN patří IrDA, bezdrátové USB, Bluetooth a Zigbee. Technologie WPAN jsou užitečné v aplikacích krátkého dosahu, jako jsou ty v „inteligentní budově“ s blízkým dosahem.

14.4.3 LPWAN

Další technologií je LPWAN, zkratka je pro „Low-Power Wide Area Network“. Tyto technologie jsou navrženy pro připojení zařízení s nízkou přenosovou rychlostí fungujících pomocí baterie, jako jsou senzory, na dlouhé vzdálenosti. Mezi příklady technologií LPWAN patří Lora / LoRaWAN, Sigfox a NB-IOT. Tyto technologie jsou užitečné při nasazování na dlouhou vzdálenost s nízkou hustotou zařízení.

14.4.4 Srovnání doporučených IoT technologií pro využití v rámci Smart City

LoRa/LoRaWAN

V rámci popisu této technologie je klíčové nejprve rozlišit termíny LoRa a LoRaWAN. LoRa (Long Range) je technologie za pomoci, které je vyslán nízko pásmový signál na vrstvě fyzické (respektive technologie vysílání). LoRaWAN je na druhou stranu komunikační protokol, který stanovuje architekturu celé sítě.

LoRa využívá nízko pásmový přenos dat (v Evropě 863-870 MHz, v Americe 915 MHz), což jí umožňuje přenášet data na dlouhé vzdálenosti (5-10km), a disponuje tak relativně vysokým pokrytím. Výraznou nevýhodou LoRaWAN je velice nízká přenosová kapacita. Technologie je totiž optimalizována, podobně jako ostatní technologie LPWAN, na co nejmenší energetickou spotřebu. Tato velice nízká spotřeba energie umožňuje připojeným zařízením využívat

komunikační technologie za využití baterie, kterou není potřeba pravidelně vyměňovat. Baterie v rámci tohoto řešení vydrží až několik let.

Další výhodou LoRaWAN je flexibilní možnost implementace této technologie, vzhledem k tomu, že se technologie využívá v bezlicencových pásmech. Řešení je zároveň oproti například technologii 5G více než několikanásobně levnější. Vytvoření vlastní sítě tak není nijak podmíněno a může být v rámci městské sítě relativně jednoduše implementováno.

Využití této technologie je však založené zejména na otázce, je-li pro koncové využití zapotřebí vysokokapacitních přenosů v reálném čase. V případě, že cílem senzoru je pouze reportovat datově neobjemné informace v pravidelném intervalu, pak je LoRaWAN naprosto dostačující.

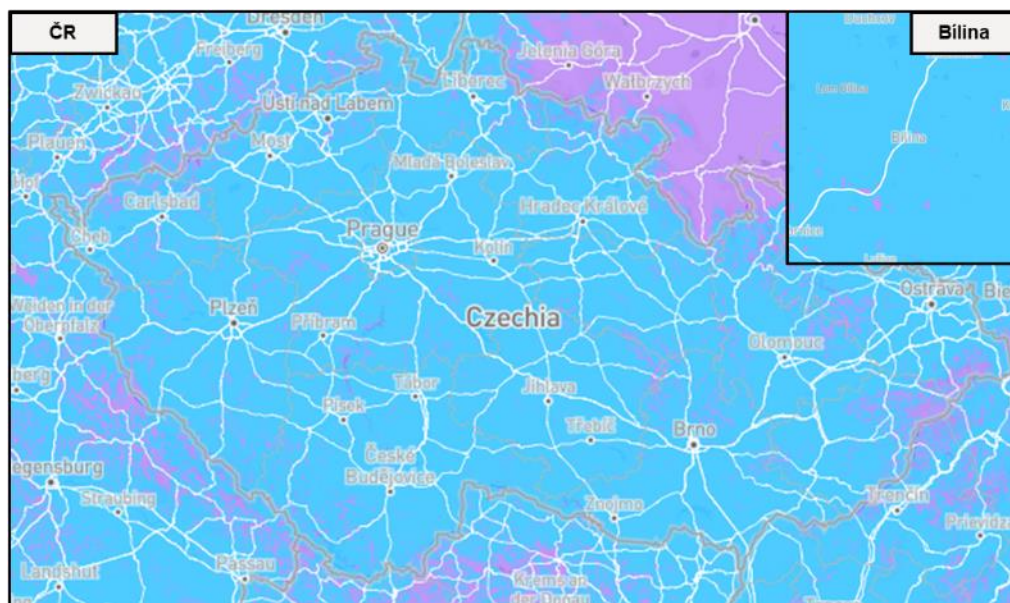
Příkladem tohoto typu využití jsou chytré popelnice, které za pomoci senzoru změří naplnění popelnice a v případě jejího naplnění do definované hranice, vyšle upozornění, které využije absolutní minimum dat. Jednotlivé senzory je zároveň velice obtížné připojit na elektrickou síť, a tudíž je baterie mnohdy nutností. Pravidelně vyměňovat baterie je neefektivní a neekonomické, a tak je LoRaWAN v rámci tohoto typu využití optimálním řešením.

SigFox

Tato technologie je velice podobná technologii LoRa, jelikož se také jedná o typ LPWAN. Technologie taktéž nabízí obdobné výkonnostní parametry, respektive nízkou spotřebu elektřiny, nízkou přenosovou kapacitu a rozsáhlý dosah (dokonce až 50 km). Technologie využívá pásma 868 MHz a nabízí nízké rušení.

Primárním rozdílem mezi SigFox a LoRa je možnost využití, jelikož SigFox je ve své podstatě globální operátor, který vybudoval vlastní infrastrukturu pro přenos této technologie. Pomocí této infrastruktury tak nabízí komerční služby s tím, že pokrytí České republiky je až na 96 % (Viz obrázek).

Obrázek 40: Pokrytí SigFox [Zdroj: <https://www.sigfox.com/en/coverage>]



Využití této technologie je tedy závislé na využití služeb firmy SigFox, která má tuto technologii patentovanou. Služba připojení jednoho zařízení stojí 335 Kč/rok a v rámci tarifu lze posílat 140 zpráv denně²².

V porovnání s LoRa tak záleží čistě na volbě využití vlastního řešení či externích služeb.

Detailní srovnání jednotlivých bodů je zobrazeno následujícím obrázkem

²² <https://buy.sigfox.com/buy/offers/CZ>

			
Nízká pořizovací cena	●	●	●
Prodloužená životnost baterie	●	●	●
Míra pokrytí oblastí	●	●	●
Široké pokrytí vnitřních prostorů	●	●	●
Šířka pásma 868 MHz	●	●	●
Obousměrná komunikace	●	●	●
Vytvoření vlastní sítě	●	●	●
Upgrade vlastní sítě	●	●	●
Celulární zabezpečení	●	●	●
Roaming	●	●	●
Funkčnost bez SIM karty	●	●	●

5G technologie

V rámci IoT řešení 5G nabízí mnohonásobně vyšší výkonnostní parametry, zejména oproti zmíněným LPWAN technologiím. Jak bylo zmíněno v předchozích kapitolách, 5G umožňuje vysoké přenosové rychlosti, nízkou latenci a velké množství zařízení. Z pohledu komunikačních potřeb IoT se tak jedná o ideální výkonnostní parametry. Problémem však může být zmíněná energetická spotřeba, která je u 5G mnohonásobně vyšší. Koncové řešení tak vyžaduje pravidelnou výměnu baterií, či přímé napojení zařízení do elektrické sítě.

Využití 5G je tak optimální v případě potřeby přenosu vysokých objemů dat a v reálném čase (ostatní zmíněné technologie neumožňují) v případě možnosti zajištění elektřiny a pokrytí 5G.

14.4.5 Příklady možných řešení

Příkladem využití a implementace komplexního end-to-end IoT řešení je projekt Matilda financovaný v rámci Horizon 2020 provedený v Rumunsku. Cílem tohoto projektu bylo za využití 5G a network slicing umožnit systém chytrého osvětlení.

Celý projekt zahrnoval jak implementaci komunikačních prvků, zejména teda z pohledu optimalizace sítě pro network slicing (nastavení pro veřejné osvětlení), tak vytvoření aplikační vrstvy. Uživatelská aplikace je schopná ovládat jednotlivé lampy zobrazené v aplikaci. Chytré osvětlení dále zahrnuje i 3 kamery schopné využívat video analýzy k optimálnímu využití osvětlení.

Podstatná je koncepce jednoho řešení, do kterého je možné zapojovat více prvků (IoT řešení), a tak tvořit rozsáhlý ekosystém několika technologií a desítek aplikačních využití, ke kterým je možné přistupovat dálkově podle typu uživatelů.

Celý systém je unikátní zejména ve využitých technologiích přenosu, jelikož používá až 3 různé technologie. Mezi využitá technologie spadají:

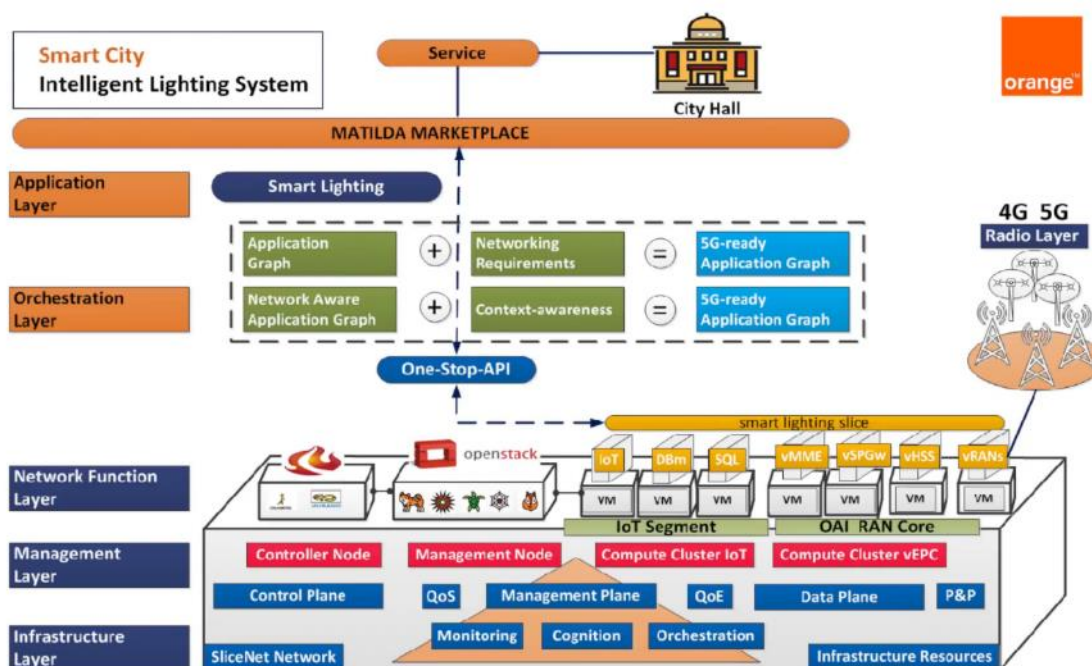
- LoRaWAN
- LTE-M
- 5G

Jak bylo zmíněno v předchozí kapitole, jak LoRaWAN, tak 5G mají odlišná využití v rámci IoT řešení, a tak jejich kombinace je optimální pro zajištění veškerých služeb. Součástí projektu byla právě integrace těchto dvou sítí, a to nejen z pohledu integrace sběru dat, aplikační vrstvy, ale také z pohledu postupného přesunu (migrace) z LoRaWAN na 5G, bez ztráty funkcionality a větších komplikací.

²³ https://www.elkoep.cz/media/files/solution/item/files-22/Smart_City_CZ_2019_view.pdf

Celý navržený systém je znázorněn následujícím obrázkem.

Obrázek 42: Projekt Matilda [Zdroj: <https://www.matilda-5g.eu/>]



Celý systém je rozdělen na dvě primární vrstvy, respektive na vrstvu aplikační a komunikační. Z pohledu aplikační vrstvy celý systém začíná v bodě služby, respektive v městském úřadě, který disponuje kontrolou a celým systémem. Z pohledu úřadu je vidět pouze aplikační část, respektive koncová uživatelská aplikace. Aplikace je vymyšlena právě pro potřeby chytrého osvětlení, tak aby byla snadno ovladatelná. Jednotlivé lampy mají v designu aplikace své vlastní grafické zobrazení, a jsou tak jednoduše individuálně ovladatelné.

Zajištění této koncové funkcionality je však nutné skrze další část aplikační vrstvy. Touto částí je definice požadavků nutných pro dosažení koncového řešení, včetně požadavků sítě, aplikace a jiných. Na základě definovaných požadavků vzniká API, respektive informační požadavek od jednotlivých zařízení, čímž se za pomoci síťové infrastruktury přenesou vybraná data.

Z pohledu komunikační části systému je nutné nejprve zajistit dostatečnou infrastrukturu schopnou provádět datový přenos. V rámci projektu se tedy jednalo o zajištění pokrytí 5G, LTE-M, LoRaWAN a zajištění hardwaru schopného přijímat a odesílat za využití těchto technologií.

Celá infrastruktura je dále operována v rámci kontrolní vrstvy, do které spadají například zajištění provozu, monitoring, servis atd. V neposlední řadě se dostáváme do bodu network slicing, kde je část dostupného spektra rozdělena dle využití. Jak bylo detailněji popsáno v kapitole o 5G, rozdělení sítě umožní optimalizovat jednotlivé části pro vybrané účely. Projekt tedy za pomoci SliceNet Network využil část spektra pro veřejné osvětlení.

V tento moment se setkávají obě vrstvy, respektive tedy komunikační a aplikační a dochází tak k plné funkcionalitě celého systému. Výsledkem je úspora elektřiny na úrovni až 70 %, umožňuje detekovat závady a měnit intenzitu osvětlení dle potřeby.

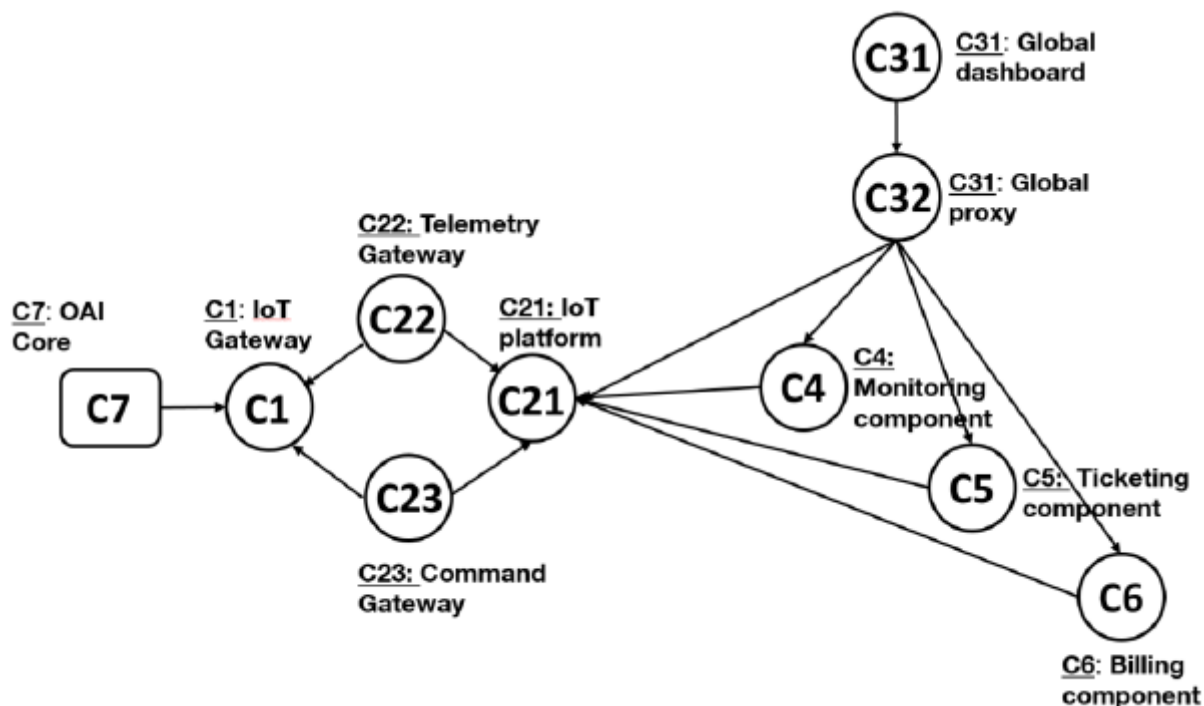
Celá infrastruktura je založená na třech primárních komponentech, mezi které patří následující:

- RAN a Core část sítě – komponent, který zajišťuje konektivitu od světelných sloupů do koncového bodu IoT Middlewaru pomocí řešení OpenAirInterface a technologií RAN (USRP x310 a vRan) a u Core sítě (vMME, vEPG, vHSS)
- IoT agregátor – jehož úkolem je zajistit bezpečný přenos dat mezi sloupy a koncovým bodem za využití technologie BigIP Load balancer a platformy IoT connector,
- IoT Middleware – je koncovým komponentem sítě, který zahrnuje virtuální servery, jenž hostují následující jednotlivé aplikační a softwarové prvky

- Manažerský síťový uzel za (H2020-server1) za využití OpenStack technologie VIM
- Kontrolní síťový uzel zahrnující OSMv5
- Větší počet virtuálních počítačů, které zajistí processing a uložení získaných dat
- Hostující počítačový cluster vEPC

Aplikační komponent se dále dělí na více jednotlivých prvků, které jsou včetně vztahů zobrazeny následujícím obrázkem.

Obrázek 43: Aplikační komponenty Matildy [Zdroj: Technické specifikace Matilda]



Mezi aplikační komponenty tedy patří:

- **OAI Core** - Jádro sítě, které připojuje RAN síť a vstupní bod do IoT platformy.
- **IoT Gateway** - Je proxy mezi telemetry Gateway a zbytkem sítě. Komponent agreguje data a posílá je dále.
- **Telemetry Gateway** – Získává data od IoT Gateway o jednotlivých chytrých lampách, které následně ukládá do PostgreSQL databáze.
- **Command Gateway** – Řídící prvek, který na základě definovaného časového parametru posílá žádost o data z jednotlivých lamp.
- **IoT platform** – Umožňuje využít funkcionalit chytrého osvětlení, jako například využít nastavení stmívání lamp. Příkaz je posílán skrze ThinkBoard interface za využití MQTT protokolu
- **Global dashboard** – Je centrální koncovou aplikací, která umožňuje množství funkcionalit, a umožňuje tak přehled o jednotlivých lampách, či pro adminy nabízí i kontrolní prvky
- **Monitoring Component** – Kontroluje status jednotlivých částí infrastruktury, tak aby umožnil alarm v případě poruch
- **Ticketing component** – Umožňuje sledovat celý provoz sítě a v případě poruch tak identifikovat, kde vznikl daný problém, případně navázané uživatele
- **Billing component** – Umožňuje sledovat počet uživatelů, typy zařízení a další informace o uživatelském využití.

Výsledkem těchto komponentů by měla být celková služba schopná zajistit následující výkonnostní parametry přenosu a počtu zařízení.

Tabulka 31: Výkonnostní parametry Matilda [Zdroj: Technický popis projektu]

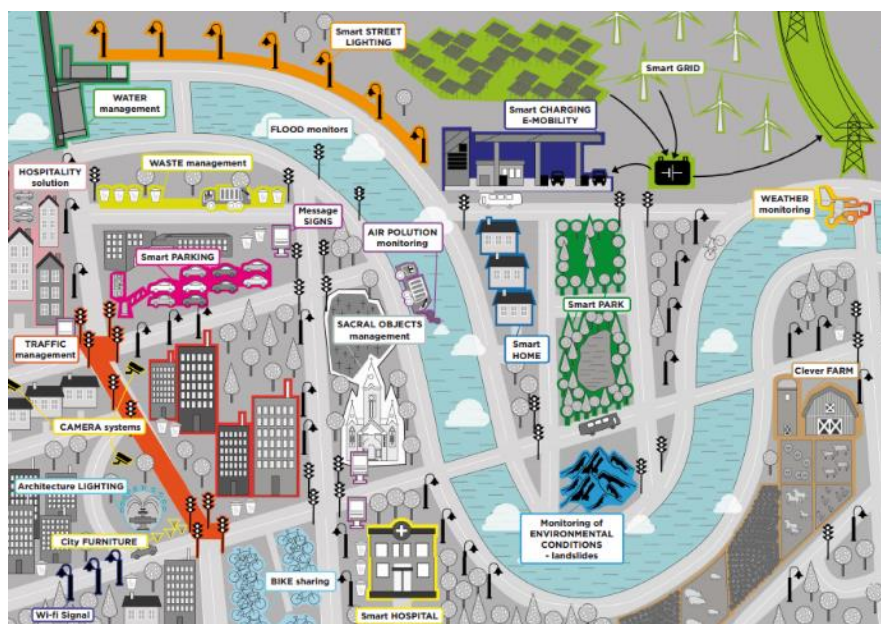
Klíčové ukazatele	Popis	Minimální požadavek
Dostupnost	Časová dostupnost sítě, měřena v procentuálním vyjádření maximální možné dostupnosti	>99.99 %
Zařízení	Počet zároveň napojených senzorů	56 chytrých senzorů
Dostupnost služby	Časová dostupnost služby, měřena v procentuálním vyjádření maximální možné dostupnosti	>99.99 %
Koncová Latence	Měří dobu trvání přenosu jedné pakety z chytré lampy do IoT platformy a zpět	<300 msec
Jitter	Variace latence, a tedy stabilita připojení	Cca 100 msec
Packet loss	Měří procentuální ztrátovost přenášených paketů na trase mezi lampou a IoT platformou	<0.1%
Kapacita pásma	Vyjadřuje objem přenesených dat v daný moment jednoho zařízení	Cca 0.1 Mbps
Celková kapacita pásma	Vyjadřuje objem přenesených dat v daný moment všech připojených zařízení	Cca 100 Mbps

Jednou z primárních výhod tohoto projektu je implementace výstupu projektu Slicenet, který umožňuje automatizaci škálování zdrojů virtuální infrastruktury a zároveň plánování rádiového využití. Výsledkem je takzvaná zero-touch síť, tedy plně automatizovaná operativní síť v rámci jak implementace, tak provozu životnosti sítě. Pro podpoření této automatizace byly vytvořeny monitorovací aplikační prvky, které umožní sledovat výkonost virtuálních a rádiových zdrojů. V rámci jak automatizace provozu sítě, tak monitoringu výkonu, je síť přizpůsobena případným problémům v momentě, kdy síť využívá takzvaný „hlasitý soused“, respektive uživatel, který využívá velké množství dat (např. HD Video). Síť tedy umožňuje sebe rozdělení na více částí (viz popis Network Slicing 9.1.1.3) pro jednotlivá využití, tak aby byly vždy dostupné kvalitativní parametry pro chytré osvětlení stanovené předchozí tabulkou.

14.4.6 Možnosti zajištění IoT služeb

Na českém trhu již v současnosti existují firmy nabízející komplexní řešení. Příkladem takového poskytovatele je česká firma ELKO. Nutné dodat, že se jedná pouze o ukázkou možných služeb a existují i jiní poskytovatelé služeb. Firma za pomoci pospaných technologií LoRaWAN, Sigfox a také NB-IoT k nahrávání datových informací na jejich cloud. Na základě potřebného využití pak lze s daty libovolně nakládat, jako například data posílat na vybraná zařízení (smartphone, PC atd.). Využití platformy je dle firmy energeticky nenáročné, nízko nákladové a optimalizované pro IoT.

Využitím platformy ELKO umožňuje kooperaci systému (včetně varovných opatření a jiných oznámení), monitoring (včetně sledování jednotlivých zařízení na mapě) a celkový reporting včetně spotřeby, informace o poruchách a servisním stavu. Příklady využití v jednotlivých odvětvích jsou znázorněny následujícím obrázkem.



14.5 Integrovaná platforma a IoT integrace

Konečným řešením je zřízení rozsáhlé integrované platformy nad celou ICT sítí města, která bude zajišťovat propojení všech Standardních IS města, IoT platformy, centrálního úložiště a externího prostředí. Výsledkem je možnost nabízet široké spektrum služeb a aplikací pro uživatele dané platformy.

Základním principem je jednotná správa datové komunikace jednotlivých IS, včetně zajištění bezpečnosti komunikace, autentizace a autorizace přístupů. Integrovaná platforma je základní prvek pro budování města 21. století, protože jednoznačně definuje vazby jednotlivých procesů, které díky využití moderních technologií v prostředí ICT značně přibývá a je nutné je efektivně řídit.

V prostředí města vznikaly informační systémy historicky postupným vývojem a mohou být částečně heterogenní a informace mohou chybět. V případě obměny nějakého systému za jiný může být náročné vydefinovat stávající vazby na okolní systémy a náhrada se může stát téměř nereálnou (nebo finančně velmi náročnou).

14.5.1 Integrovaná platforma IS

Tabulka 32: Základní popis aspektů integrované platformy IS [GTA]

Pozitiva	Negativa	Přínosy
- Jednotná platforma pro všechny integrace systémů a technologií napříč celým městem - Monitoring a řízení datové komunikace - Moderní přístup k řízení architektury IT - Zavedení procesního řízení a pravidel	- Nutné analyzovat a pospat stávající stav, definovat budoucí stav a navrhnout plán přechodu na integrovanou platformu – vytvořit strategii přechodu - Nákladná prvotní investice, ale v dlouhodobém horizontu značně levnější správa ICT	- Transparentnost IT oddělení, omezení vendor lock-in, podpora elektronizace veškeré dokumentace - Úspora nákladů za integrace nových systémů a technologií - Zvýšení úrovně bezpečnosti - Standardizace na bázi mezinárodních, komunikačních a IoT formátů

14.5.2 Integrace IoT

IoT integrace je nutná součástí každého moderního (smart) města. Tato část zahrnuje i IoT platformu (ověřuje identity a řídí přístupy k zařízení, platformě a datům, prostřednictvím API umožňuje integrovat zařízení aplikace a platformy 3. stran, obsahuje komplexní BigData vrstvu a nástroje pro práci s daty a reporting, obsahuje neomezený počet business aplikací), Univerzální IoT bránu (umožňuje připojit jakékoli zařízení prostřednictvím kterékoli sítě, a

to jak v případě, kdy se jedná o technické zařízení, samotné IoT zařízení, či zařízení 3. stran), Integraci se 3. stranami (business aplikace, systémy, platformy či různé rozšiřující služby). IoT platforma musí být otevřená, pro-integrační a škálovatelná tak, aby bylo možné kdykoli v čase integrovat nová zařízení, systémy či celá řešení. Díky těmto vlastnostem nedochází u IoT integrační části k časovému opotřebení.

Níže jsou prezentovány zásadní poznatky (pozitiva, negativa, přínosy, základy integrace a požadavky na instalaci) z práce na strategii integrace IoT v rámci jiného oborově podobného projektu možnosti využití IoT.

Tabulka 33: Základní popis aspektů integrace IoT [GTA]

Pozitiva	Negativa	Přínosy
- Architektura IoT integrační části na základě všech světových standardů - Otevřenost a pro-integrace - Škálovatelnost - Flexibilita - Efektivita nákladů „Umbrella systém“ – všechny systémy i data na jednom místě	- Náročnější příprava v začátcích implementace IoT integrace - Vyšší investice na počátku, avšak v dlouhodobém horizontu se jedná o velmi nákladově efektivní řešení - V případě, kdy by docházelo k zajištění funkcionality všech systémů separátně, cena by byla značně vyšší a bez benefitu tzv. „Umbrella systému“	- Nadčasové technologické zázemí pro IoT - Jednotná správa a práce s daty – pokročila datová analytika a bezpečnost dat - Interdisciplinarita – integrace jednotlivých systémů na jednom místě umožňuje nový automatizovaný přístup k řízení (událost detekovaná kamerou může nastavit osvětlení, klimatizaci a další)
Integrace	Požadavky na instalaci	Reference řešení
- IoT integrace zabezpečuje všechnu komunikaci, data a bezpečnost v oblasti IoT, zařízení a dat - Pro vytvoření vazby s ostatními městskými systémy postačí její integrace s integrační platformou	- Definice střednědobé a dlouhodobé ICT městské strategie - Revize existujících zařízení - Prověření možností hostování v Cloude z důvodu bezpečnosti a nákladové efektivity (v této části se nachází citlivá data)	Podobnou architekturu jsme objevili v několika městech a obcích na Slovensku i v České republice, stejně jako v několika lokalitách v zahraničí

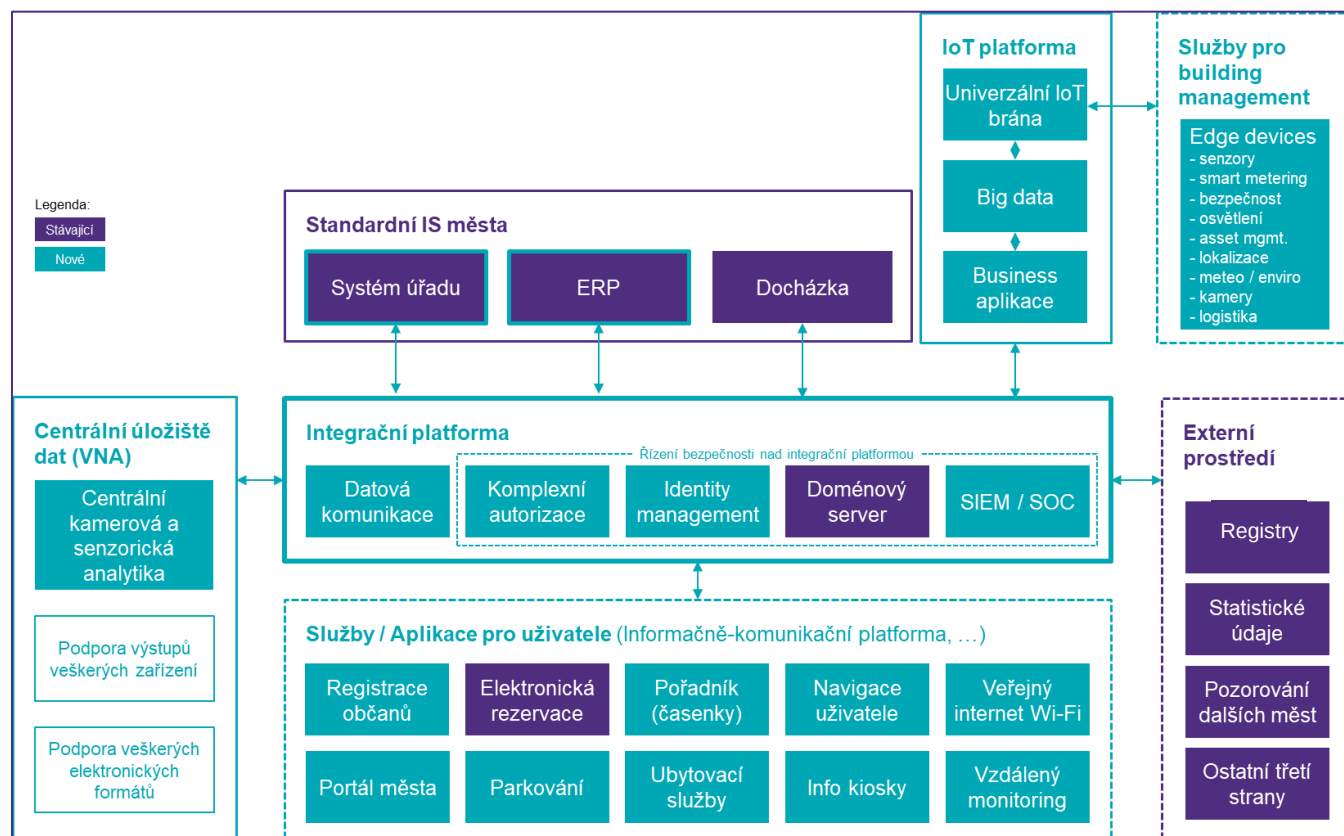
Popis principu fungování

Podstatnou součástí je samotná otevřenost platformy co do vhodnosti technologií a aspekty životnosti navrhovaného řešení integrační platformy smart city. Níže je vizualizován celý navrhovaný integrační architektonický návrh, který je upraven pro účel obecného prezentování propojení systémů.

Tabulka 34: Popis principů fungování IoT integrace

Vhodnost technologie	Životnost technologie	Servisní interval
- Otevření a pro-integrační platforma systému umožňuje připojení s jakýmkoli jiným systémem či zařízením - IoT brána může komunikovat v síti LoRa, Sigfox i NarrowBand (5G)	- Díky otevřenosti a škálovatelnosti je životnost prakticky neomezená - Zároveň je možné integrovat nové technologie a současně inovovat	Zahrnuje běžnou správu ostatních IT systémů

Obrázek 45: Integrační platforma a IoT integrace – ukázkový příklad [Zdroj: GTA]



14.6 Rámcové kroky implementace IoT řešení

Pro vytvoření chytrých IT systémů byly rámcově shrnuty potřebné kroky pro definici systému a implementace, včetně doporučení při výběru dodavatelů vybraných služeb. Samotné řešení spočívá zejména v definování základních potřeb a zájmů města, na které je návazně potřeba navrhnout konkrétní rámcové řešení IoT platformy.

Samotný rozvoj senzorické sítě (v tomto kontextu také IoT síť) je jedním z cílů města Bílina pro rok 2020 s osazováním v roce 2021 (tematická oblast IN1 dokumentu Bílina Smart City Návrhové části, s rozpadem na úkoly IN1.1 a IN1.2). Nejbližším cílem města je tedy návrh architektury senzorické sítě s následným průběžným osazováním.

14.6.1 Definice potřeb/zájmu města (Koncepce senzorické IoT sítě)

Mezi základní kroky, které je potřeba v rámci fáze definice potřeb a zájmu města definovat patří:

- Identifikace relevantních stakeholderů a vytvoření pracovní skupiny
- Identifikace rámcové představy koncových služeb a potřeb s výhledem do budoucna
- Definice možných koncových zařízení a aplikační vrstvy pro potřeby sledování, řízení a vizualizace
- Definovat možnosti/potřeby napojení do existujících IoT platform či IT systémů (celková integrace)
- Konkrétní popis očekávaných služeb a potřeb vizualizace v daných letech rozvoje

14.6.2 Návrh konkrétních možných řešení IoT platformy včetně vyhodnocení nejvhodnější varianty

Mezi základní kroky, které je potřeba v rámci této fáze definovat, patří:

1. Navržení architektury celého řešení včetně definice vlastností vrstev

- Aplikační vrstva
 - Definice minimální sumy aplikací, jejich použití a scénářů včetně očekávání budoucích požadavků rozvoje (viz předchozí fáze), počet očekávaných přístupů a jejich využití pro sledování/řízení
- Integrovaní rozhraní
 - Definice možností/potřeb napojení do existujících IoT platform či IT systémů (celková integrace)
 - Definice minimálních požadavků na rozhraní vzhledem k potřebám a stakeholderům (vstupy do rozhraní, napojení na zdroje a vizualizace)
 - Definice minimálních limitů pro provoz všech definovaných aplikací a zařízení (maximální očekávaný počet zařízení)
- Konektivita
 - Vyhodnocení požadavků aplikační vrstvy na konektivitu a potřebnou kapacitu sítí vzhledem k možnostem IoT platformy
 - Definice potřeb konektivity jednotlivých senzorů ve smyslu velikosti přenášené informace, periodicity (real-time, nebo jednou za x minut apod.) a směru přenosu informací (zpětné řízení)
- Senzory
 - Na základě první fáze je cílem vydefinovat s ohledem na možné lokality a aplikační využití adekvátní senzory tak, aby byly naplněny potřeby města

2. Definice kritérií pro výběr nejvhodnějšího dodavatele pro jednotlivé vrstvy

- Definice sumy kritérií pro výběr (základní etalon viz níže)
- Definice minimálních požadavků pro daná kritéria

3. Výběr dodavatele daného řešení

- End-to-end řešení od jednoho dodavatele (pokud je to možné a vhodné)
- Více dodavatelů jednotlivých vrstev a typů služeb/senzorů (pravděpodobnější varianta)

4. Uvedení do provozu

- Výstavba
- Pilotní provoz, testování
- Napojení na IT systémy (pokud je řešeno)
- Postupné připojování dalších požadovaných řešení

14.6.3 Základní kritéria pro výběr konkrétního řešení/dodavatele

Níže jsou prezentována některá z kritérií, které doporučujeme využít jako penzum kritérií pro výběr nejlepšího řešení/dodavatele.

- **Flexibilita a možnost rozšíření**
 - Je možné do budoucna s rozšířením senzorické IoT sítě napojit další řešení do IoT platformy?
 - Počítá platforma s možností budoucího přechodu na novější technologie?
- **Politika zpoplatnění**
 - Je nabídnutý model zpoplatnění vyhovující?
 - Neexistují limity počtu zařízení, doby odezvy či počtu uživatelů, která vyplývají z daného modelu zpoplatnění?
- **Bezpečnost**
 - Nabízí platforma možnost šifrování provozu?
 - Jak jsou dodavatelem ošetřena rizika?
 - Existuje zde mechanismus ověřování uživatelů, aplikací a zařízení?
- **Implementační doba**
 - Jaká je doba potřebná pro vývoj IoT platformy a její implementace?
- **Vizualizace dat a datová analýza**
 - Je samotná vizualizace dat uživatelsky přívětivá?
 - Lze datovou analýzu a vizualizaci personalizovat či do ní samostatně zasahovat a vyvíjet ji?
- **Možnost napojení na stávající řešení**
 - Je možné do IoT platformy napojit stávající senzory města?
 - Existuje možnost interoperability (integrační vrstva) obou řešení?
- **Interoperabilita/open data**
 - Nabízí IoT platforma volný přístup k datům?
 - Lze aplikovat široký okruh uživatelů pro maximální využití sbíraných dat?
- **Atraktivnost a jednoduchost prostředí**
 - Je prostředí pochopitelné a uživatelsky přívětivé?
- **Možnosti migrace**
 - Je do budoucna zajištěna možnost migrace na jinou IoT platformu/jiné řešení?
- **Přenosové kapacity**
 - Nabízí dané řešení/dodavatel dostatečné přenosové kapacity?
 - Nebude docházet k rušení/sdílení kapacit s jiným zařízením?
- **Stabilita/kvalita řešení**
 - Má tento dodavatel dobrou reputaci na trhu?
 - Existují kladné reference a ukázky jeho obdobné práce?

Seznam zkratek

Zkratka	Význam
5G	Pátá generace mobilní sítě
5GC	5G Core
APN	Access point name
BB-PPDR	Broadband public protection and disaster relief
BCO	Broadband competence office
BEREC	Body of european regulators for electronic communications
BTS	Base transceiver station
CATV	Cable television
ČTÚ	Český telekomunikační úřad
EK	Evropská komise
EPC	Evolved packet core
ES	Evropská směrnice
E2E	End to end
E2EE	End to end encryption
FTE	Full time equivalent
FTTx	Fiber to the X
FWA	Fixed wireless access
GDPR	General data protection regulation
GHz	Gigahertz
GSD	General station description
GSM	Global System for Mobile
GTA	Grant Thornton Advisory
GTA	Grant Thornton Advisory
ICT	Informační a komunikační technologie
IOT	Internet of things
KI	Kritická infrastruktura
KII	Kritická informační infrastruktura
LPWAN	Low-Power Wide Area Network
LTE	Long term evolution
M2M	Machine to machine
MěP	Městská policie
Mbps	Megabits per second

Zkratka	Význam
MHz	Megahertz
MKDS	Městská kamerová dohledová síť
MNO	Mobile network operator
MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu
NGA	New Generation Access
NR	New radio
NUKIB	Národní ústav kybernetické bezpečnosti
OBAM	Adresní místa v obytných budovách
PPDR	Public protection disaster relief
P2P	Point to point, Bod – bod spoj
RR	Rádio-reléové spoje
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition
SIM	Subscriber identity module
SLA	Service level agreement
VHCN	Sítě s velmi vysokou kapacitou
WACC	Weighted average cost of capital
WiFi	Wireless fidelity
WPAN	Wireless personal area network
xDSL	x Digital subscriber line
ZSJ	Základní sídelní jednotka

Zdroje

Název	Odkaz
5G EU Toolbox	https://ec.europa.eu/newsroom/dae/document.cfm?doc_id=64468
Analytická část Studie potenciálu rozvoje MKDS Bílina, 2020	
Analýza rozvoje sítí NGA v ČR	https://www.mpo.cz/cz/e-komunikace-a-posta/elektronicke-komunikace/koncepce-a-strategie/narodni-plan-rozvoje-siti-nga/analyza-stavu-rozvoje-siti-nga-v-cr---252745/
Český telekomunikační úřad	https://www.ctu.cz/
Generel veřejného osvětlení	
GSMA	https://www.gsma.com/futurenetworks/wp-content/uploads/2019/03/5G-Implementation-Guideline-v2.0-July-2019.pdf
GSMweb.cz	https://gsmweb.cz/
iNELS smart city	https://www.elkoep.cz/media/files/solution/item/files-22/Smart_City_CZ_2019_view.pdf
ITU	https://www.itu.int/en/Pages/default.aspx
Kamerové systémy - Best Practice	https://smartcitiescouncil.com/system/tdf/main/public_resources/Top_tips_Building_video_surveillance_networks_RevA.pdf?file=1&type=node&id=3265&force=
Koncepce rozvoje veřejného osvětlení ve městě Bílina	
Mapové podklady Mapy.cz	https://en.mapy.cz/zakladni?x=13.7699494&y=50.5527645&z=14
NGA sítě, MPO	https://www.mpo.cz/assets/cz/e-komunikace-a-posta/elektronicke-komunikace/koncepce-a-strategie/narodni-plan-rozvoje-siti-nga/2020/1/Material-5G_13-12-2019.pdf
Pokrytí 5G O2	https://www.o2.cz/osobni/mapa-pokryti
Pokrytí 5G Vodafone	https://www.vodafone.cz/mapa-pokryti/
Projekt Matilda	https://www.matilda-5g.eu/
Samsung 3GPP Rel. 16 Whitepaper	https://images.samsung.com/is/content/samsung/p5/global/business/networks/insights/white-papers/3gpp-release-16-shifting-gears-to-increase-5g-speeds-on-multiple-network-highways/Samsung-3GPP-Release-16-Whitepaper.pdf
SigFox	https://www.sigfox.com/
Soutěžní návrh do soutěže 5G PRO 5 MĚST	
Strategie ICT města Bílina	https://www.bilina.cz/cs/mesto-bilina/strategicke-dokumenty-mesta/strategie-ict.html
Strategie Smart city Bílina	https://www.bilina.cz/cs/mesto-bilina/strategicke-dokumenty-mesta/strategie-smart-city.html
Studie rozvojového potenciálu MKDS Bílina	
Veřejná konzultace - Pokrytí NGA	https://www.verejnakonzultace.cz/verejna-konzultace-2019-2/mapa/
Whitepaper - China Unicom & Deloitte	
WIFI4EU	https://wifi4eu.ec.europa.eu/#/home

Seznam obrázků

Obrázek 1: Návrh řešení [Zdroj: GTA]	12
Obrázek 2: Výhody 5G [Zdroj: Grant Thornton Advisory]	17
Obrázek 3: Postup řešení projektu [Zdroj: GTA]	19
Obrázek 4: Lokalita města Bílina [Zdroj: Mapy.cz]	23
Obrázek 5: Vyobrazení charakteristických zón ve městě [Zdroj: Koncepce rozvoje veřejného osvětlení ve městě Bílina]	24
Obrázek 6: Mapa černých a bílých míst [Zdroj: Veřejná konzultace]	29
Obrázek 7: Konektivita dle rychlostí [Zdroj: Veřejná konzultace]	29
Obrázek 8: Bod-bod řešení [Zdroj: GTA]	30
Obrázek 9: Současné Bod-bod řešení [Zdroj: Studie rozvojového potenciálu MKDS Bílina + GTA]	31
Obrázek 10: BTS pokrytí Bílina [Zdroj: GTA podle GSMweb.cz]	32
Obrázek 11: Bezdrátové pokrytí [Zdroj: Veřejná konzultace]	33
Obrázek 12: WIFI4EU Bílina [Zdroj: Dokumentace veřejné zakázky města Bíliny na WIFI4EU]	34
Obrázek 13: Pokrytí 5G O2 [https://www.o2.cz/osobni/mapa-pokryti]	35
Obrázek 14: Pokrytí 5G Vodafone [Zdroj: https://www.vodafone.cz/mapa-pokryti/]	35
Obrázek 15: Optické pokrytí [Zdroj: Veřejná konzultace]	36
Obrázek 16: Metalické pokrytí [Zdroj: Veřejná konzultace]	37
Obrázek 17: Přehled institucí ve městě Bílina [Zdroj: Město Bílina]	39
Obrázek 18: Současná městská síť Bílina [Zdroj: Město Bílina]	40
Obrázek 19: Schéma fungování dohledového centra [Zdroj: Studie rozvojového potenciálu MKDS Bílina]	42
Obrázek 20: Aktuální rozmístění kamerových bodů Městského kamerového a dohlížecího systému v Bílině [Zdroj: Studie rozvojového potenciálu MKDS Bílina + GTA]	43
Obrázek 21 - Plánované rozšíření kamerových bodů podle lokality pásma [Zdroj: Studie rozvojového potenciálu MKDS Bílina + GTA]	44
Obrázek 22: Governance model městské sítě [Zdroj: GTA]	50
Obrázek 23: Governance komunikační sítě [Zdroj: GTA]	51
Obrázek 24: Umístění radnice a středu městské sítě [Zdroj: Mapy.cz]	52
Obrázek 25: Rozdělení sektorů [Zdroj: GTA]	57
Obrázek 26: Parametry 5G [Zdroj: Samsung 3GPP Release 16 Whitepaper]	61
Obrázek 27: Typy pásem [Zdroj: GTA]	62
Obrázek 28: Příklad Network slicing [Zdroj: GTA]	63
Obrázek 29 - Cenové podmínky pronájmu kmitočtů pro průmyslové účely [Zdroj: Český telekomunikační úřad] ..	65

Obrázek 30: Typy FTTx [Zdroj: GTA, publikováno v Analýze rozvoje sítí NGA pro MPO]	66
Obrázek 31: Rozdíl mezi Half a Full Duplex [Zdroj: GTA]	69
Obrázek 32: Návrh řešení [Zdroj: GTA]	73
Obrázek 33: NSA 3 [Zdroj: GSMA]	90
Obrázek 34: Typy NSA 3 [Zdroj: GSMA]	90
Obrázek 35: SA 2 [Zdroj: GSMA]	91
Obrázek 36: Technické požadavky na provoz IMT-2020 včetně hodnotících kritérií [Zdroj: IMT-2020 Radio interface standardization trends in ITU-R]	93
Obrázek 37: Systém řízení rizik [Zdroj: GTA]	100
Obrázek 38: Rozdělení rizik	102
Obrázek 39: Technologie dle dosahu [Zdroj: GTA podle 5G smart cities whitepaper - China Unicom & Deloitte]	106
Obrázek 40: Pokrytí SigFox [Zdroj: https://www.sigfox.com/en/coverage]	107
Obrázek 41: Porovnání SigFox, LoRa a NB-IOT [Zdroj: iNELS]	108
Obrázek 42: Projekt Matilda [Zdroj: https://www.matilda-5g.eu/]	109
Obrázek 43: Aplikační komponenty Matildy [Zdroj: Technické specifikace Matilda]	110
Obrázek 44: Příklady využití IoT [Zdroj: iNELS smart city]	112
Obrázek 45: Integrační platforma a IoT integrace – ukázkový příklad [Zdroj: GTA]	114

Seznam tabulek

Tabulka 1: Náklady capex/opex [Zdroj: GTA]	13
Tabulka 2: Shrnutí konektivity v Bílině [Zdroj: Veřejná konzultace]	27
Tabulka 3: Poskytovatelé konektivity [Zdroj: Veřejná konzultace]	27
Tabulka 4: Přehled Bod-bod spojů Bílina [Zdroj: Studie rozvojového potenciálu MKDS Bílina]	31
Tabulka 5: Rozdělení kamerových bodů dle technologie / kmitočtového pásma [Zdroj: Studie rozvojového potenciálu MKDS Bílina + GTA]	43
Tabulka 6: Prioritizace institucí [Zdroj: GTA]	53
Tabulka 7: Technologické zastoupení v lokalitách [Zdroj: GTA]	57
Tabulka 8: Vyhrazená 5G pásma [Zdroj: GTA]	61
Tabulka 9: Očekávaná 5G pásma [Zdroj: GTA]	62
Tabulka 10: Typy FTTx [Zdroj: GTA]	66
Tabulka 11: Příklady P2P pásem	69
Tabulka 12: Rozdělení koncových sektorů do jednotlivých lokalit [Zdroj: GTA]	74
Tabulka 13: Požadavky na kapacitu sítě v rámci Sektoru S [Zdroj: GTA]	75
Tabulka 14: Požadavky na kapacitu sítě v rámci Sektoru 1 [Zdroj: GTA]	75
Tabulka 15: Požadavky na kapacitu sítě v rámci Sektoru 2 [Zdroj: GTA]	76
Tabulka 16: Požadavky na kapacitu sítě v rámci Sektoru 3 [Zdroj: GTA]	76
Tabulka 17: Požadavky na kapacitu sítě v rámci Sektoru 4 [Zdroj: GTA]	77
Tabulka 18: Požadavky na kapacitu sítě v rámci Sektoru 5 [Zdroj: GTA]	78
Tabulka 19: Náklady capex/opex [Zdroj: GTA]	80
Tabulka 20: Náklad na kamery a budovy [Zdroj: GTA]	80
Tabulka 21: Náklad jednotlivých záměrů (capex) [Zdroj: GTA]	81
Tabulka 22: Náklad jednotlivých záměrů (opex) [Zdroj: GTA]	81
Tabulka 23: Rozpad nákladů [Zdroj: GTA]	83
Tabulka 24: Náklady 5G napojení [Zdroj: GTA]	84
Tabulka 25: Náklad P2P [Zdroj: GTA]	84
Tabulka 26: Rozpad dle technologií a služeb [Zdroj: GTA]	84
Tabulka 27: Celkový rozpad capex a opex [Zdroj: GTA]	86
Tabulka 28: Srovnání hlavní a alternativní varianty [GTA]	86
Tabulka 29: Kapacitní požadavky 3GPP [Zdroj: GSMA]	94
Tabulka 30: Kapacitní požadavky přenosu videí jako příklad spotřeby [Zdroj: GSMA]	94

Tabulka 31: Výkonnostní parametry Matilda [Zdroj: Technický popis projektu]	111
Tabulka 32: Základní popis aspektů integrační platformy IS [GTA]	112
Tabulka 33: Základní popis aspektů integrace IoT [GTA]	113
Tabulka 34: Popis principů fungování IoT integrace	113



Grant Thornton
An instinct for growth™

www.grantthornton.cz

© 2021 Grant Thornton Advisory s.r.o., Grant Thornton Valuations, a.s. All rights reserved.

Grant Thornton Advisory s.r.o. je členská firma Grant Thornton International Ltd. (Grant Thornton International). Grant Thornton Valuations, a.s. je dceřinou společností Grant Thornton Advisory s.r.o. Odkazy na Grant Thornton se vztahují ke Grant Thornton International nebo ke členským firmám. Grant Thornton International a členské firmy nejsou mezinárodním partnerstvím. Služby jsou nezávisle poskytovány jednotlivými členskými firmami.