

# Využití satelitní komunikace pro 5G – koexistence a kooperace pozemních a satelitních sítí

Připraveno pro Ministerstvo  
Průmyslu a Obchodu

[Červen 2025]



**Národní  
plán  
obnovy**

## Obsah

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Seznam zkratk a vysvětlivek</b> .....  | <b>4</b>  |
| <b>Manažerské shrnutí</b> .....   | <b>6</b>  |
| <b>Management summary</b> .....   | <b>7</b>  |
| <b>1 Úvod</b> .....   | <b>8</b>  |
| 1.1 Cíle studie .....   | 8         |
| 1.2 Regulační stanoviska.....   | 9         |
| 1.2.1 <i>ITU</i> .....  | 9         |
| 1.2.2 <i>BEREC</i> .....  | 9         |
| <b>2 Architektura a technologie družicové komunikace 5G</b> .....   | <b>11</b> |
| 2.1 Způsoby začlenění družicového spoje do 5GS (RAN), přehled uvažovaných architektur družicového segmentu 5GS .....  | 11        |
| 2.1.1 <i>Non-Terrestrial Network (NTN)</i> .....  | 11        |
| 2.1.2 <i>Network Function Virtualization (NFV) a Slicing</i> .....  | 13        |
| 2.1.3 <i>Direct Satellite Access</i> .....  | 14        |
| 2.2 Druhy družic podle výšky oběžné dráhy a jejich parametry klíčové pro začlenění do 5GS .....   | 15        |
| 2.3 Přehled pásem využívaných družicovou technologií 5G a jejich možné vzájemné ovlivňování s pásmy pozemní komunikace, konkrétní situace s přidělem v ČR ..... | 17        |
| 2.4 Další technologie RAN, kombinované s družicovým přenosem – podmínky a výhody.....   | 19        |
| 2.4.1 <i>Multi-konektivita zahrnující NG-RAN technologie založené na NTN</i> .....  | 19        |
| 2.4.2 <i>Multi-orbitální přístup</i> .....  | 20        |
| <b>3 Technologický vývoj družicového 5G</b> .....   | <b>21</b> |
| 3.1 Přehled aktivit (studií) k družicové komunikaci v 3GPP (Rel 15–17–19), ETSI a ITU-R a stanovisko EU ..  | 21        |
| 3.1.1 <i>Aktivity 3GPP v oblasti družicové komunikace</i> .....   | 21        |
| 3.1.2 <i>Aktivity ETSI v oblasti družicové komunikace</i> .....   | 23        |
| 3.1.3 <i>Aktivity ITU-R v oblasti družicové komunikace</i> .....  | 24        |
| 3.1.4 <i>Postup v rámci EU</i> .....  | 24        |
| <b>4 Služby a využití družicového 5G</b> .....  | <b>25</b> |
| 4.1 Režimy komunikace, pro které má družicová komunikace výhodné vlastnosti.....  | 25        |
| 4.1.1 <i>Enhanced Mobile Broadband (eMBB)</i> .....   | 25        |
| 4.1.2 <i>Massive Machine-Type Communications (mMTC)</i> .....   | 25        |
| 4.1.3 <i>Komunikace s vysokou spolehlivostí přes družici (HRCs)</i> .....   | 26        |
| 4.2 Příklady využití NTN v 5G sítích .....  | 26        |
| 4.2.1 <i>Broadcast a multicast vysílání s družicovým překryvem</i> .....  | 26        |
| 4.2.2 <i>IoT s využitím družicových sítí</i> .....  | 27        |
| 4.2.3 <i>Dočasné použití družicových sítí</i> .....   | 27        |

|          |  |  |
|----------|--|--|
| 4.2.4    | <i>Optimální směrování nebo řízení přes družici</i>  | 27                                     |
| 4.2.5    | <i>Kontinuita přeshraničních družicových služeb</i>  | 27                                     |
| 4.2.6    | <i>Globální družicové překrytí</i>   | 28                                     |
| 4.2.7    | <i>Nepřímé připojení prostřednictvím družicové přístupové sítě 5G</i>                          | 28                                     |
| 4.2.8    | <i>Pevný Backhaul 5G mezi NR a jádrem 5G</i>   | 29                                     |
| 4.2.9    | <i>Pohyblivá platforma 5G Backhaul</i>   | 29                                     |
| 4.2.10   | <i>5G to Premises</i>  | 29                                     |
| 4.2.11   | <i>Méně relevantní příklady využití v kontextu ČR</i>  | 29                                     |
| 4.2.12   | <i>Příklady využití NTN v 6G sítích</i>  | 29                                     |
| 4.2.13   | <i>Autonomní kontrola elektrického vedení pomocí dronů</i>                                     | 31                                     |
| 4.2.14   | <i>Městská letecká doprava</i>   | 31                                     |
| 4.2.15   | <i>PPDR a dočasné akce s prudkým nárůstem provozu</i>  | 32                                     |
| 4.2.16   | <i>Připojení uživatelských zařízení a určování polohy v odlehlých oblastech</i>                | 32                                     |
| 4.2.17   | <i>Nepřetržitý obousměrný datový tok ve vysoké mobilitě</i>                                    | 33                                     |
| 4.2.18   | <i>Přímé připojení koncových uživatelů</i>   | 33                                     |
| 4.2.19   | <i>Pokrytí námořních oblastí pro pátrací a záchranné operace pobřežní stráže</i>               | 33                                     |
| 4.3      | <b>Příklady B2C využití</b>  | 34                                     |
| 4.3.1    | <i>Praktické využití non-terestriálních 5G sítí</i>  | 34                                     |
| 4.3.2    | <i>Pilotní projekty a testovací programy družicové komunikace a jejich výsledky</i>            | 36                                     |
| 4.3.3    | <i>IoT v neterestriálních sítích</i>   | 37                                     |
| 4.4      | <b>Benchmark</b>   | <b>Chyba! Záložka není definována.</b> |
| 4.4.1    | <i>Ofcom</i>   | 38                                     |
| 4.4.2    | <i>FCC</i>   | 38                                     |
| 4.4.3    | <i>CRTC</i>  | 39                                     |
| 4.4.4    | <i>MIC</i>   | 40                                     |
| 4.4.5    | <i>MSIT</i>  | 41                                     |
| <b>5</b> | <b>Dostupnost a ekonomické parametry družicového 5G v ČR</b>                                   | <b>42</b>                              |
| 5.1      | <i>Přehled poskytovatelů družicové komunikace, specializace jejich služeb, dostupnost v ČR</i> | 42                                     |
| 5.2      | <i>Aplikace družicového přenosu pro řešení situace v ČR</i>                                    | 43                                     |
| <b>6</b> | <b>Závěr a doporučení</b>  | <b>45</b>                              |

# Seznam zkratk a vysvětlivek

|                   |   |
|-------------------|---|
| BEREC             | The Body of European Regulators for Electronic Communications – Sdružení evropských regulačních orgánů v oblasti elektronických komunikací                |
| CEPT              | European Conference of Postal and Telecommunications Administrations – Evropská konference správ pošt a telekomunikací                                    |
| CGC               | Complementary ground component – Doplnková pozemní komponenta   |
| CHO               | Conditional handover – Podmíněné předání  |
| CRTC              | Canadian Radio-television and Telecommunications Commission – Kanadská komise pro rozhlasové a televizní vysílání   |
| DSA               | Direct Satellite Access – Přímý přístup k družicové službě  |
| ECS               | Environmental control system – Systém kontroly prostředí  |
| eMBB              | Enhanced Mobile Broadband – Rozšířená širokopásmová a vysokorychlostní mobilní komunikace   |
| e / mMTC          | Enhanced / Massive Machine-Type Communications – Rozšířená / Masivní komunikace strojového typu   |
| ESA               | European Space Agency – Evropská vesmírná agentura  |
| ETSI              | European Telecommunications Standard Institute – Evropský ústav pro telekomunikační normy   |
| FCC               | Federal Communications Commission – Federální komunikační komise  |
| FDD               | Frequency Division Duplex – Duplex s kmitočtovým dělením  |
| GEO               | Geostationary Earth Orbit – Geostacionární oběžná dráha   |
| GES               | Gateway Earth Station – Pozemní stanice   |
| GNSS              | Global Navigation Satellite System – Globální družicový polohový systém   |
| GPS               | Global Positioning System – Globální polohový systém  |
| GSO               | Geosynchronous/Geostationary Orbit – Geosynchronní/Geostacionární oběžná dráha  |
| HAPs              | High Altitude Platforms – Výškové platformy (Systémy umístěné ve vysokých výškách)  |
| HARQ              | Hybrid Automatic Repeat reQuest - Hybridní automatický požadavek na opakování   |
| HFT               | High Frequency Trading – Vysokofrekvenční obchodování   |
| HRC               | High Reliability Communication – Komunikace s vysokou spolehlivostí   |
| HTS               | High Throughput Satellites – Družice s vysokou propustností   |
| IMT               | International Mobile Telecommunications - Mobile Satellite Service (IMT-MSS) – Stávající mobilní družicová služba   |
| IRIS <sup>2</sup> | Infrastructure for Resilience, Interconnectivity and Security by Satellite – Infrastruktura pro odolnost, propojenost a bezpečnost prostřednictvím družic |
| ISED              | Innovation, Science and Economic Development Canada – Kanadský ústav inovací, vědeckého a ekonomického rozvoje  |
| ISL               | Inter Satellite Link – Mezdružicový spoj  |
| ITU               | International Telecommunication Union – Mezinárodní telekomunikační unie  |
| MANO              | Management, automation and network orchestration – Správa, automatizace a síťová organizace   |

|        |   |
|--------|---|
| MEO    | Medium Earth Orbit – Střední oběžná dráha   |
| MIoT   | Mobile Internet of Things – Mobilní Internet věcí   |
| mMTC   | Massive Machine-Type Communications – Masivní komunikace strojového typu                          |
| MSS    | Mobile Satellite Service – Mobilní družicová služba   |
| M2M    | Machine-to-Machine – Zařízení typu Stroj-se-Strojem   |
| NB-IoT | Narrowband Internet of Things – Úzkopásmový Internet věcí   |
| NIDD   | Non-IP Data Delivery – Doručení non-IP dat  |
| NFV    | Network Functions Virtualization – Virtualizace síťových funkcí                                   |
| NFVI   | Network Functions Virtualization Infrastructure – Infrastruktura virtualizovaných síťových funkcí |
| NGSO   | Non-Geostationary Orbit – Negeostacionární oběžná dráha   |
| NTN    | Non-Terrestrial Network – Nepozemská síť  |
| LEO    | Low Earth Orbit – Nízká oběžná dráha  |
| PPDR   | Public Protection & Disaster Relief - Ochrana veřejnosti a pomoc při katastrofách                 |
| PRACH  | Physical Random Access Channel – Fyzický kanál náhodného přístupu                                 |
| QoS    | Quality of Service – Kvalita služeb   |
| SSO    | Semi-synchronous Orbit – Polo-synchronní oběžná dráha   |
| TDD    | Time Division Duplex – Duplex s časovým dělením   |
| TN     | Terrestrial Network – Pozemní síť   |
| UAM    | Urban Air Mobility – Městská letecká mobilita   |
| UAS    | Uncrewed Aircraft Systems – Bezpilotní letecké systémy  |
| UE     | User Equipment – Uživatelské zařízení   |
| URLLC  | Ultra-Reliable Low Latency Communications – Ultraspolehlivé komunikace s nízkou latencí           |
| vLEO   | Very Low Earth Orbit – Velmi nízká oběžná dráha   |
| VLoS   | Visual Line of Sight – Vizuální viditelnost   |
| VNFs   | Virtualized Network Functions – Virtualizované síťové funkce                                      |
| WRC    | World Radiocommunication Conference – Světová radiokomunikační konference                         |

# Manažerské shrnutí

Kombinace družicových (NTN) a pozemních sítí (TN) se v současné době stává strategickým řešením pro rozšíření pokrytí kvalitního internetového připojení. Družicové sítě poskytují stabilní připojení a lze je různými způsoby kombinovat a integrovat s pozemními sítěmi. Díky družicovým konstelacím na nízké oběžné dráze lze dosáhnout kvalitního připojení i v odlehlých oblastech, kde pozemní infrastruktura není dostupná.

Studie se zaměřuje na technologické a legislativní aspekty integrace NTN s 5G, popisuje dosud známé technické modely integrace, identifikuje klíčové bariéry a poskytuje doporučení pro jejich překonání. Mezi zdůrazněné body patří zajištění harmonizovaného spektrálního přístupu, ekonomická proveditelnost a splnění požadavků evropských regulačních rámců, to vše rovněž s ohledem na místní podmínky a využitelnost řešení v ČR.

Koexistence družicových a pozemních 5G sítí vyžaduje optimalizaci využití vhodného spektra a vývoj hybridních síťových architektur. Využití družicové technologie v 5G sítích je zatím do značné míry, ne-li zcela, závislé na dalším technologickém pokroku a mezinárodních technických standardizačních aktivitách zajišťovaných zejména organizacemi 3GPP, ETSI a ITU-R, které v tomto ohledu již významně pokročily.

Budoucí technické možnosti determinují v praxi nejvíce efektivní způsoby spolupráce terestriálních 5/6G sítí s NTN a rovněž určí převládající technické i komerční modely zapojení NTN pro řešení konkrétních oblastí závislých alternativně na rychlém (eMBB), kapacitním, avšak rozptýleném (eMTC), nebo spolehlivém (HRC) datovém pokrytí, přičemž různé scénáře využití vyžadují odlišné přístupy. Prakticky jde především o řešení pokrytí pro bílá místa, pohyblivé platformy (letadla, lodě, vlaky), krizové, bezpečnostní a obranné aplikace, rozšíření IoT a M2M komunikačních platforem.

Náklady na zavedení družicové 5G komunikace jsou vyváženy její schopností poskytovat konektivitu v jinak nepokrytých oblastech a možností obsluhy rozptýlených, pohyblivých či zcela autonomních zařízení, která by jinak vyžadovala obsluhu ve fyzické formě, či využití nákladnější proprietární konektivity.

Z pohledu národního využití bude třeba vznikající technické standardy a pravidla užívání NTN implementovat do národního regulačního rámce. Především se bude jednat o nová vyhrazená kmitočtová pásma pro NTN komunikaci a transpozici pravidel spravedlivého přístupu k nim, která rozpracovává RSPG (aktuálně zejména rozhodnutí o dalším využití pásma MSS po vypršení současných licencí v roce 2027). Z tohoto pohledu se jeví jako klíčové jak detailní rozpracování/transpozice samotných pravidel přístupu na národní úrovni (ČTÚ/MPO), tak zejména zpracování analýzy dopadů a postupu následné alokace doporučených pásem pro jednotlivé druhy 5G-NTN komunikace (ČTÚ) tak, jak jsou tyto doporučovány ze strany ITU-R v rezolucích 253 a 254 (z WRC-23) a které mají být následně kodifikovány na nadcházejícím WRC-27.

Ačkoliv by se mohlo zdát, že v podmínkách ČR nebudou hrát datové přenosy přes NTN zásadní roli, je vhodné pamatovat na scénáře komplementárního využití TN-NTN, které budou bezpochyby nutné i praktické: komunikace krizových složek v případech narušené pozemní infrastruktury, jednorázové kapacitní posílení pozemních sítí, řízení letového provozu a navigace, zpřístupnění vzdušného prostoru autonomním dronům (např. pro kontrolu liniových staveb). Dalším směrem rozvoje je identifikace dalších sektorů, jako zemědělství, lesnictví a vodní hospodářství, kde je perspektiva potřeby rychlé datové komunikace mezi rozptýlenými a pohyblivými zařízeními v oblastech s nestejnou úrovní pokrytí ze strany TN.

Je nutné vzít v úvahu dosavadní technická omezení, která se v rámci vývoje a standardizace teprve překonávají – vyšší latence v NTN sítích, integrace NTN do 5/6G síťových platforem, včetně vyřešení otázek směrování provozu, prioritizace provozu, TN – NTN handoverů nebo paralelního pozemního a NTN připojení. To rovněž klade nároky na nové funkcionality koncových zařízení, jejichž dostatečná penetrace teprve umožní, aby řešení mělo i ekonomický smysl. Těmito kroky je tak předurčen časový rámec nástupu společných 5/6G-NTN technologií, jenž by bylo možné srovnat s postupným nástupem současných sítí 4,5 a 5 generace, tj. jedná se o střednědobý horizont cca do 5 let.

# Management summary

The combination of satellite (NTN) and terrestrial networks (TN) is currently becoming a strategic solution for expanding the coverage of high-quality internet connectivity. Satellite networks provide stable connections and can be integrated with terrestrial networks in various ways. Thanks to low Earth orbit (LEO) satellite constellations, it is possible to achieve high-quality connectivity even in remote areas where terrestrial infrastructure is unavailable.

This study focuses on the technological and legislative aspects of NTN integration with 5G, describes currently known technical integration models, identifies key barriers, and provides recommendations for overcoming them. Emphasis is placed on ensuring harmonized spectrum access, economic feasibility, and compliance with European regulatory frameworks, all while considering local conditions and the applicability of the solution in the Czech Republic.

The coexistence of satellite and terrestrial 5G networks requires optimizing spectrum usage and developing hybrid network architectures. The integration of satellite technology into 5G networks is still largely, if not entirely, dependent on further technological advancements and international standardization efforts led primarily by organizations such as 3GPP, ETSI, and ITU-R, which have already made significant progress in this area.

Future technical capabilities will determine the most effective ways of cooperation between terrestrial 5G/6G networks and NTN, as well as the prevailing technical and commercial models for NTN deployment in specific areas. These areas may require different types of data coverage: high-speed broadband (eMBB), capacity demanding but dispersed connectivity (eMTC), or highly reliable communication (HRC), while each of these use-cases may require different approaches. In practical terms, this primarily involves solutions for coverage of white spots, roaming platforms (airplanes, ships, trains), emergency, security, and defense applications, as well as the expansion of IoT and M2M communication platforms.

The costs associated with implementing satellite 5G communication are offset by its ability to provide connectivity in otherwise uncovered areas and serve dispersed, mobile, or fully autonomous devices that would otherwise require physical servicing or expensive proprietary connectivity solutions.

From the perspective of national use, it will be necessary to implement emerging technical standards and rules for the use of NTN into the national regulatory framework. This will primarily concern the allocation of new frequency bands dedicated to NTN communication and the transposition of fair access rules to them, currently being developed by RSPG (notably, the decision regarding further use of the MSS band after the expiry of existing licenses in 2027). In this context, both the detailed elaboration/transposition of the access rules at the national level (by ČTÚ/MPO) and, in particular, the preparation of an impact analysis and the subsequent allocation process of the recommended bands for various types of 5G-NTN communication (by ČTÚ) appear to be crucial. This should be in accordance with the recommendations from ITU-R as set out in Resolutions 253 and 254 (from WRC-23), which are to be codified at the upcoming WRC-27.

Although data transmission via NTN may not appear to play a major role under the conditions of the Czech Republic, it is important to consider complementary TN-NTN use cases that will undoubtedly be both necessary and practical: communication for emergency services in situations where terrestrial infrastructure is disrupted, temporary capacity boosts for terrestrial networks, air traffic management and navigation, and enabling autonomous drone access to airspace (e.g., for inspection of linear infrastructure). Another important area of development is the identification of additional sectors such as agriculture, forestry, and water management, where there is a growing need for fast data communication between dispersed and roaming devices in areas with uneven terrestrial network coverage.

It is necessary to account for existing technical limitations, which are still being overcome through development and standardization - such as higher latency in NTN networks, integration of NTN into 5G/6G network platforms, including challenges related to traffic routing, traffic prioritization, handovers, and parallel TN-NTN connectivity. These challenges also place demands on new functionalities of end-user devices, whose sufficient market penetration is a prerequisite for making these solutions economically viable. These factors dictate the timeline for the adoption of joint 5G/6G-NTN technologies, which can be compared to the gradual deployment of current 4.5G and 5G networks, indicating a medium-term horizon of approximately five years.

# 1 Úvod

Využití družicových technologií v řešení rozšíření 5G technologií se v posledních letech stává stále podstatnější možností, jak zvýšit pokrytí kvalitního internetového připojení napříč zeměmi a regiony. Pro tato využití v rámci 5G aplikací je potřeba aby družicová síť dosahovala dostatečně stabilního připojení za současně velmi nízké latence. Nárůst rozšíření družicových systémů různých společností uspořádaných do vzájemně propojených konstelací, zejména na nízké oběžné dráze Země, nabízí dnes možnost dostupného internetového připojení za pomoci stacionárních, ale i nestacionárních družicových stanic. Velkou výhodou družicových síťových řešení je zejména možnost pokrytí míst v hůře dostupných lokalitách (bílých místech), kde pozemní připojení není dostupné z různých technických, legislativních, ekonomických, nebo jiných důvodů. Kombinace družicových a pozemních sítí je tak velmi flexibilním a praktickým řešením, jak zefektivnit rozšíření pokrytí 5G internetu do všech lokalit a zároveň se tím také přiblížit ke splnění legislativních cílů EU ohledně gigabitové konektivity.

## 1.1 Cíle studie

Tato studie se detailně zaměřuje na parametry koexistence 5G a družicových sítí a identifikuje technické a legislativní bariéry zavádění technologií v ČR, s ohledem jak na technickou, tak i ekonomickou proveditelnost. Hlavním výstupem této studie je přehled situace v oblasti družicové komunikace, soubor doporučení zaměřených na zajištění, že družicová komunikace bude splňovat požadavky komunit a zákazníků, s klíčovým bodem zachování a rozšíření přístupu k harmonizovaným spektrálním zdrojům (eMBB). Součástí výstupů je i odhad nákladů a ekonomický dopad daných doporučení. Především technické normy 5G – zejména specifikace 3GPP, doporučení ITU-R (IMT-2020) a standardy ETSI – se proto zpočátku nezabývaly integrací družicové komunikace. S rostoucím zájmem o využití družic pro rozšíření pokrytí a kapacity 5G však vyšlo najevo, že tyto standardy mají vůči družicovým sítím zásadní nedostatky. Původní 5G specifikace jednoduše nepočítaly s technickými zvláštnostmi družicových spojů, jako jsou např. velmi dlouhé zpoždění signálu, výrazný Dopplerův posuv či netypická architektura s pohyblivými základnovými stanicemi na oběžné dráze. To vedlo k potřebě aktualizovat a rozšířit stávající normy, aby mohly družicové 5G technologie fungovat efektivně a integrovaně s pozemními sítěmi.

Studie se zabývá zejména těmito okruhy témat:

- Popis technologie a architektury družicových 5G technologií a technické možnosti propojení s pozemními sítěmi.
- Klasifikace jednotlivých typů družic a výškových stanic (HAPs), včetně jejich výhod a nevýhod k použití pro 5G síť.
- Přehled kmitočtových pásem vyčleněných pro družicové komunikace a jejich současné využití a omezení v ČR.
- Vývoj družicových 5G technologií a související studie 3GPP, ITU-R a ETSI.
- Možnosti praktického využití družicových služeb v rozšiřování pokrytí 5G sítí.
- Srovnání opatření a kroků regulačních úřadů v různých zemích s ohledem na zavádění družicových technologií pro 5G aplikace.
- Přehled možností a poskytovatelů 5G družicových technologií, kalkulace proveditelnosti a dostupnosti zavedení těchto řešení v ČR.
- Implikace pro rozvoj využití družicové komunikace v ČR

## 1.2 Regulační stanoviska

Začlenění družicových telekomunikačních služeb do sítí 5G představuje výzvy nejen z technologického hlediska, ale také z hlediska regulačních otázek na mezinárodní a evropské úrovni. Hlavními institucemi, které se touto problematikou zabývají, jsou Mezinárodní telekomunikační unie (ITU) a Sdružení evropských regulačních orgánů v oblasti elektronických komunikací (BEREC).

ITU zavádí globální pravidla pro harmonizované využívání spektra a oběžných drah družic, které zajišťují minimální interferenci mezi různými službami a operátory. BEREC na evropské úrovni se v současnosti zaměřuje na koordinaci regulačních přístupů a podporuje spravedlivou hospodářskou soutěž spolu s efektivním využíváním spektra podle požadavků sítí 5G.

### 1.2.1 ITU

Aby bylo možné uspokojit stále rostoucí potřeby družicového sektoru (a všech ostatních sektorů využívajících rádiové kmitočty), dohlíží ITU na pravidelnou aktualizaci Radiokomunikačního řádu, mezinárodní smlouvy upravující využívání rádiových kmitočtů na celém světě, včetně vesmírného prostoru.

Radiokomunikační řád ITU a Ústava ITU (č. 197 čl. 45) stanoví, že

*„všechny stanice, bez ohledu na jejich účel, musí být zřízeny a provozovány tak, aby nezpůsobovaly škodlivé rušení rádiovým službám nebo komunikacím jiných členů, uznaných provozních agentur nebo jiných oprávněných provozních agentur, které vykonávají rádiovou službu a které pracují v souladu s Radiokomunikačním řádem“<sup>1</sup>.*

ITU řídí kooperativní systém mezinárodní koordinace rádiových kmitočtů používaných družicemi, jehož cílem je zabránit vzájemnému rušení těchto systémů nebo jiných rádiových systémů. Dohlíží na proces registrace družicových kmitočtů, v jehož rámci členský stát ITU zasílá popis rádiových kmitočtů, které plánují využívat jeho provozovatelé družic v rámci projektu. V případě konfliktu plánů členských států (plán využívat stejná kmitočtová pásma) jsou tyto problémy bilaterálně řešeny prostřednictvím ITU s cílem najít ideální řešení pro všechny strany.

Radiokomunikační úřad ITU zkoumá soulad těchto popisů s Radiokomunikačním řádem a zveřejňuje popisy a výsledky zkoumání ITU všem ostatním členským státům ITU.

### 1.2.2 BEREC

Částečně kvůli nárůstu počtu družicových konstelací je vesmír obecně, a konkrétněji sloty GSO, stále více přeplněn. Existuje proto větší potenciál pro rádiové rušení mezi službami. Využívání služeb družicových komunikací pro standardní komerční služby musí dle BEREC splňovat určité podmínky<sup>2</sup>:

- Potřeba a dostupnost oprávnění k využívání kmitočtů v dané jurisdikci. Oprávnění může být poskytnuto v různých formátech:
  - Oprávnění družicové sítě (individuální oprávnění – např. pevná družicová pozemská stanice, přenosná pozemská stanice, zařízení s více než jednou vysílací anténou) kdy uživatelské terminály jsou pod kontrolou sítě, jsou většinou osvobozena od povinnosti získat individuální oprávnění;
  - Všeobecné oprávnění (oprávnění bez licence);
  - Oprávnění na základě příslušného odkazu na plán využití kmitočtů, které vydává ITU a následně v rámci Evropy přebírá agentura CEPT;
- Efektivní a nerušené využívání družicové sítě, což může vyžadovat další zejména větší využití konstelací NGSO a může zvýšit potřebu koordinace mezi blízkými pozemními stanicemi. Dostupnost technických

---

<sup>1</sup> Regulation of satellite systems

<sup>2</sup> Final Report on Satellite Connectivity for Universal Service, BoR (22) 169

studii v oblasti CEPT/ECC je v tomto ohledu považována za užitečnou, stejně jako používání vysoce směrových antén;

- Použití v souladu s vnitrostátními telekomunikačními zákony a předpisy o univerzálních službách. To může zahrnovat ustanovení, která vyžadují zákonné možnosti odposlechu na základě vnitrostátních právních předpisů. Některé vnitrostátní regulační orgány mohou také vyžadovat směrování svých koncových zákazníků na brány v rámci své jurisdikce nebo na alespoň v rámci EU;
- V některých zemích je třeba vyřešit právní problémy v případech, kdy je při povolovacím procesu pro síť vyžadována např. veřejná konzultace nebo jiná kontrola s ohledem na možnost prosazování práva v případě mimoevropských provozovatelů družicových sítí;
- Soulad družicových zařízení, včetně terminálů pro koncové uživatele, uváděných na evropský trh se všemi příslušnými předpisy, jako je směrnice o rádiových zařízeních 2014/53/EU;
- Administrativní požadavky oprávněných institucí, aby před udělením oprávnění příslušné družicové síti byla dokončena koordinace s existujícími družicovými a pozemními sítěmi;
- Některé aspekty udělování licencí pro družice jsou nadnárodní, zejména licencování vesmírných komponentů. Práva na provozování družicové sítě na určitých kmitočtech a v určité zeměpisné oblasti jsou v zásadě udělována prostřednictvím ITU na základě principu „first come first served“;

BEREC proto konstatuje, že každá z regulačních oblastí má velký vnitrostátní rozměr, což podporuje individuální (case-by-case) přístup k řešením družicové komunikace pro univerzální služby.

Při provedení dotazníku mezi zeměmi EU uvedla většina dotázaných, že v rámci jejich zemí není třeba změn v národních regulacích v případě použití nových družicových technologií.

# 2 Architektura a technologie družicové komunikace 5G

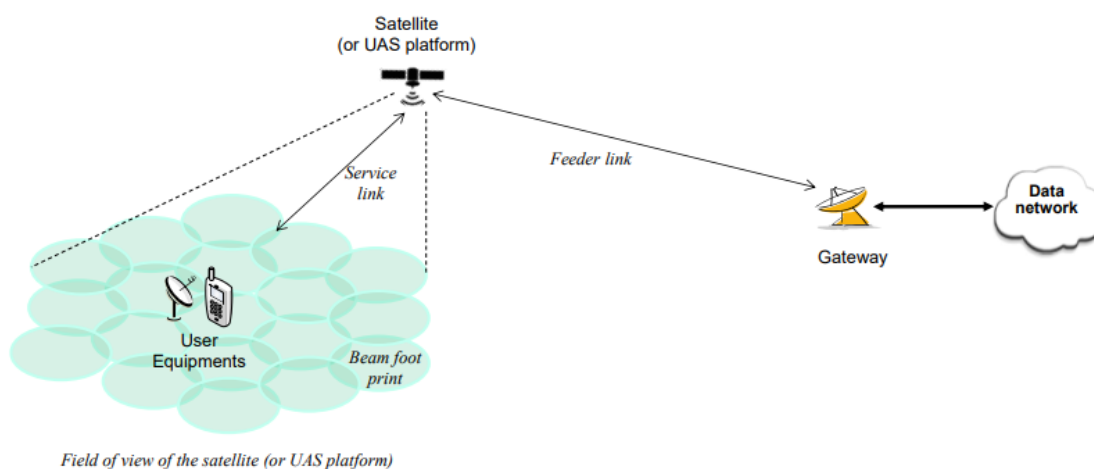
## 2.1 Způsoby začlenění družicového spoje do 5GS (RAN), přehled uvažovaných architektur družicového segmentu 5GS

Integrace družicových spojů do architektury páté generace mobilních sítí (5GS) představuje klíčový krok k zajištění globální konektivity, rozšíření pokrytí do odlehklých oblastí a zajištění vyšší odolnosti mobilních sítí. Družicové služby mohou v rámci 5GS plnit různé role – od poskytování přímého přístupu koncovým uživatelům až po propojení základnových stanic v rámci hybridních pozemně-družicových řešení. Začlenění NTN do architektury 5GS přináší také řadu technologických výzev, zejména kvůli pohybu družic, vyšší latenci a specifickým atmosférickým vlivům. Tato kapitola se zaměřuje na přehled NTN architektur a popisuje klíčové faktory ovlivňující jejich provoz, jako jsou latence, velikost buněk či šíření signálu v atmosféře.

### 2.1.1 Non-Terrestrial Network (NTN)

Nepozemské sítě (NTN) jsou bezdrátové komunikační sítě, které využívají nepozemské platformy, jako jsou družice, umístěné na různých oběžných drahách (LEO, MEO, GEO), nebo bezpilotní letecké systémy (UAS) umístěných ve výškovém rozmezí 8-50 km nad Zemí (včetně výškových stanic (HAPs) umístěných ve výškách 20-50 km). Tyto platformy slouží k poskytování telekomunikačních služeb v oblastech, kde tradiční pozemní sítě nemají pokrytí. NTN jsou klíčovou součástí moderních 5G a budoucích 6G technologií, neboť umožňují globální konektivitu v odlehklých oblastech, nad oceány či v krizových situacích<sup>3</sup>.

Obrázek 1: Základní schéma NTN



Zdroj: 3GPP

<sup>3</sup> 3GPP NTN Overview

## Payload architektura

Koncept používaný především v oblasti družicových a telekomunikačních systémů k popisu struktury a uspořádání hlavních funkčních prvků zařízení. Payload je součástí družice, která slouží k primárnímu účelu, například k přenosu signálů, snímkování Země nebo vědeckým měřením a odesílá tento signál, měření zpátky na Zem.

- **Transparentní**

V tomto případě se jedná o kosmickou/leteckou platformu bez možnosti vlastního zpracování, která mění nosný kmitočet přijímaného RF signálu na vzestupném kanálu, filtruje jej a zesiluje před vysláním na sestupném kanálu, tj. platforma odpovídá analogovému RF opakovací a zpracování signálu probíhá na pozemní stanici.

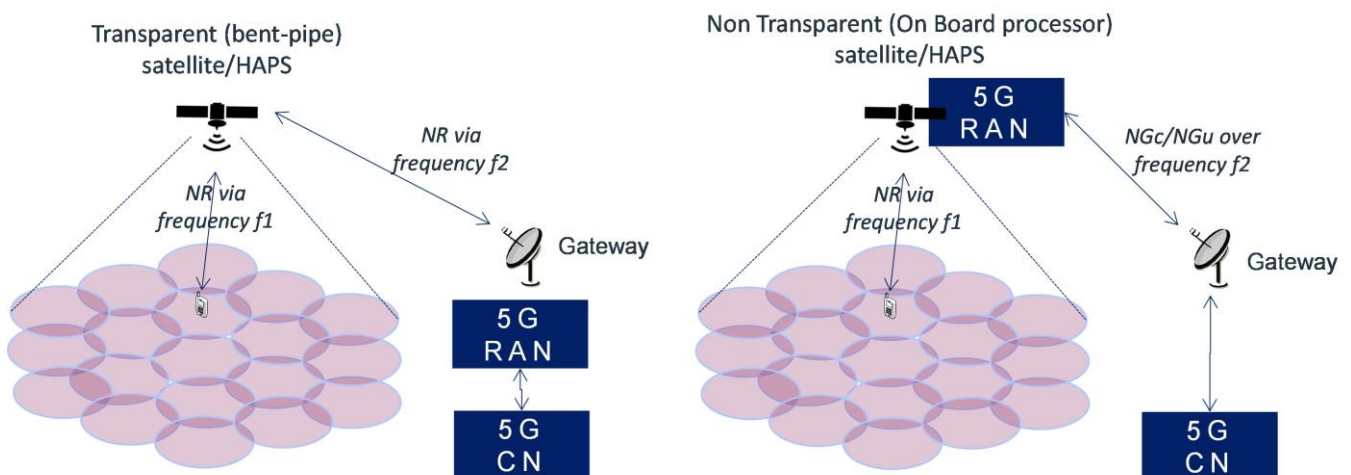
- **Regenerativní**

Kosmická/letecká platforma, která má kromě RF filtrace, kmitočtová konverze a zesílení také vlastní zpracovatelské schopnosti (demodulační, dekódovací, přepínací, směrovací), takže tato platforma má na palubě funkce základnové stanice a nabízí tak mnohem flexibilnější služby. Tato architektura je vhodná zejména při mezidružicovém propojení, kdy eliminuje nutnost častého přepínání mezi pozemními stanicemi při předávání signálu.

- **Hybridní**

Kombinace obou předchozích metod. Některé, většinou jednodušší operace se provádí přímo na družici, zatímco komplexnější operace probíhají na základnové stanici. Tímto způsobem lze dosáhnout lepší efektivity a flexibility celého systému.

Obrázek 2: Transparentní a Regenerativní model



Zdroj: 3GPP

**Nepozemské sítě mají oproti pozemským sítím řadu charakteristik, které si žádají náležitě adaptace:**

- **Pohyb kosmických/leteckých platform**

GEO družice se v tomto ohledu chovají obdobně jako zařízení pozemských sítí, vzhledem k jejich stabilní poloze vůči zemskému povrchu. Družice LEO a MEO se oproti tomu pohybují ve velkých rychlostech. Kvůli tomuto rychlému pohybu se oblast pokrytí (buňka) neustále posouvá, signály mají měnící se zpoždění a dochází k větší změně frekvence (tzv. Dopplerův jev). Aby se s tím sít' vypořádala, používá pokročilé metody sledování polohy družic a předvídání, který svazek nejlépe pokryje uživatele na zemi.

- **Výška**

Oproti pozemským stanicím operují družice v mnohem větších vzdálenostech od UE, což zvyšuje latenci připojení, kvůli vyššímu zpoždění šíření signálu. Pozemské vysílače jsou schopné dosáhnout latencí menších než 1 ms, zatímco GEO družice dosahují hodnot několik stovek ms.

- **Velikost buněk**

NTN sítě mají mnohem větší velikost jednotlivých buněk než pozemní stanice, což opět může vést k vyšší variaci zpoždění šíření signálu a near-far efektu, který má za následek přehlušení signálu vzdálenějšího od přijímače (NTN) signálem, který je k přijímači blíže (pozemský).

- **Vliv troposféry**

Relevantní v nižších částech atmosféry pod hranicí 12 km. Pro kmitočty nad 6 GHz v těchto oblastech může docházet k absorpci signálu a rušení, což je způsobeno různými atmosférickými vlivy.

- **Vliv ionosféry**

Relevantní ve vyšších částech atmosféry nad hranicí 80 km. Pro kmitočty pod 6 GHz v těchto oblastech může docházet k absorpci či odrazení signálu, což je způsobeno různými atmosférickými vlivy.

## 2.1.2 Network Function Virtualization (NFV) a Slicing

Virtualizace síťových funkcí (NFV) a Slicing jsou funkcionality, jejichž začlenění do pozemních sítí bude hrát podstatnou roli pro spolupráci s NTN a pro rozšíření použitelnosti kombinovaných 5G-NTN sítí.

Virtualizace síťových funkcí je procesem přesunu dříve pouze hardwarových funkcí (např. šifrování dat, směrování) do zcela virtuálního prostředí. Tento proces výrazně pomáhá ke snížení nákladů na provoz a optimalizaci poskytování těchto síťových služeb. Použitím NFV se tak vytváří síť funkcí, která je vysoce škálovatelná a modifikovatelná v porovnání s hardwarovým řešením. S nástupem bezdrátových 5G technologií se nabízí využití NFV ve stále více oblastech, mezi hlavní patří například autonomní vozidla, smart grids, průmyslová robotika. Některé technologické společnosti (např. Allot<sup>4</sup>) podnikající v telekomunikačních službách již spustily vlastní NFV rozhraní sloužící k zefektivnění zavádění, provozu a správy síťových služeb a provozních operací.

Architektura NFV definuje klíčové prvky a rozhraní pro provoz a správu virtualizovaných síťových funkcí. Skupina pro průmyslovou specifikaci virtualizace síťových funkcí Evropského ústavu pro telekomunikační normy (ETSI) stanovila počáteční rámec NFV s otevřeným zdrojovým kódem. Na vývoji NFV se podílely i další organizace, ale základní architektura zůstává stejná a skládá se z 3 hlavních vrstev<sup>5</sup>:

---

<sup>4</sup> [Allot NFV](#)

<sup>5</sup> [What Is Network Functions Virtualization \(NFV\)? | IBM](#)

- **Virtualizované síťové funkce (VNFs)**

VNFs jsou služby, které dříve běžely na fyzickém hardwaru. Směrování, firewally, systémy pro konfiguraci IP a detekci narušení, systémy SD-WAN a programy pro sdílení souborů jsou běžnými typy virtualizovaných síťových funkcí.

Při virtualizaci se tyto služby mohou vzájemně propojovat v procesu zvaném „řetězení služeb“. Řetězení služeb pomáhá provozovatelům sítí automatizovat poskytování zdrojů pro každou službu v síti. Centralizovaný přehled o všech funkcích poskytuje provozovatelům lepší kontrolu nad sítí a umožňuje jim směřovat provoz a pracovní zátěž na dostupné servery, což snižuje riziko výpadků služeb.

- **Infrastruktura virtualizovaných síťových funkcí (NFVI)**

Infrastruktura NFV se skládá ze serverů, úložišť, přepínačů a výpočetních zdrojů potřebných k vytvoření prostředí NFV. Pro abstrahování síťových funkcí od fyzického hardwaru vytvářejí provozovatelé sítí virtualizační vrstvu pomocí softwaru nazývaného hypervisor. Hypervisor neboli monitor virtuálního stroje (VMM) vytváří softwarovou vrstvu schopnou segmentovat více virtuálních strojů z jednoho fyzického stroje. Tyto virtuální počítače mohou běžet zároveň vedle sebe na vlastním operačním systému. NFVI nabízí připojení k vytvoření jednotné sítě z více fyzických a virtuálních strojů.

- **Správa, automatizace a síťová organizace (MANO)**

NFV MANO je základní rámec pro správu nasazení, poskytování, monitorování a výkonu virtualizovaných síťových funkcí. NFV MANO také vytváří rozhraní pro komunikaci a interakci NFVI se stávajícími systémy podpory provozu (OSS) a systémy podpory podnikání (BSS).

## Slicing

V 5G umožní NFV network slicing – aspekt virtuální síťové architektury, který umožňuje vytvořit více virtuálních sítí na sdílené fyzické infrastruktuře. Virtuální síť pak lze přizpůsobit potřebám aplikací, služeb, zařízení, zákazníků nebo operátorů. V 5G umožní NFV také distribuovaný cloud, který pomůže vytvořit flexibilní a programovatelné síť pro potřeby moderních technologií.

NFV umožňuje virtualizaci 5G, takže fyzickou síť lze rozdělit na více virtuálních sítí, které mohou podporovat různé rádiové přístupové síť nebo různé typy služeb pro určité segmenty zákazníků. Části sítě budou navzájem izolovány v řídicí a uživatelské rovině, takže uživatelská zkušenost bude stejná, jako kdyby šlo o fyzicky oddělenou síť.

## 2.1.3 Direct Satellite Access

Dalším krokem v zapojení družicových služeb do 5G technologií je možnost propojení družice v nižších oběžných drahách (LEO) napřímo s koncovým zařízením na zemském povrchu.

V rámci testování konektivity 5G NTN se toto propojení podařilo agentuře ESA ve spolupráci se společnostmi Telesat a Amarisoft v kmitočtovém pásmu Ka (27-40 GHz). To bylo v minulosti možné pouze v kombinaci s GEO družicemi. Klíčovou novinkou tohoto experimentu bylo použití otevřených standardů vyvinutých mezinárodní organizací 3GPP, namísto proprietární technologie vlnových průběhů. Úspěšné propojení s LEO družicí znamená důležitý pokrok ve vývoji 5G technologií a otevírá dveře dalšímu vývoji, kdy by v budoucnu mohl být každý člověk schopný připojit se na tyto družice například svým mobilním telefonem (scénář známý jako direct-to-device), což by mohlo snížit náklady a složitost pozemních infrastruktur a zvýšit propojení mezi různými poskytovateli. Teoreticky tato technologie umožňuje plynulé přepínání mezi pozemními sítěmi a družicemi, což zajistí nepřetržité pokrytí bez ohledu na to, zda se nacházíte v centru města nebo v odlehle a nepřístupné oblasti.<sup>6</sup>

Výhled do nejbližších let naznačuje, že ceny zařízení s přímým družicovým přístupem (DSA) budou s rostoucím objemem výroby a konkurencí dále klesat. Zapojení velkých výrobců a standardizace technologie jsou klíčové

---

<sup>6</sup> [ESA – World-first direct 5G connection to low Earth orbit satellite opens new era for mobile coverage](#)

faktory, které už nyní posouvají tuto dříve exotickou funkcionalitu směrem k mainstreamu. Analytici poukazují na „nástup družicově vybavených mobilních zařízení od velkých výrobců, jako jsou Apple, Qualcomm, Motorola, MediaTek, Huawei a ZTE, což signalizuje průnik družicových služeb na běžný spotřebitelský trh“<sup>7</sup>. Právě konkurence a standardizace povedou ke snížení nákladů. Výrobci čipů pracují na 3GPP standardu NTN (Non-Terrestrial Networks), který umožní telefonům komunikovat s různými družicovými sítěmi v rámci standardních modemů. Očekává se, že nové generace čipsetů integrují podporu NTN přímo, bez nutnosti proprietárních řešení. Odborníci zdůrazňují, že „otevřenost (standardů) je to, co umožní masové přijetí přímých družicových služeb pro zařízení“

Pro možnosti rozšíření a penetrace této technologie lze využít paralelu s nástupem 5G. Pátá generace mobilních sítí zpočátku také trpěla vysokými náklady na zařízení a omezenou dostupností. První 5G telefony (rok 2019) stály přes tisíc dolarů a oslovily jen úzký okruh nadšenců. Zlom nastal v roce 2020, kdy Apple uvedl iPhone 12 s podporou 5G – ten sám o sobě rychle zvýšil podíl 5G telefonů z 2 % (2019) na téměř 20 % během roku 2020. Prémiové modely vedly počáteční vlnu (v letech 2020–21 byl růst tažen dražšími telefony), skutečně masová adopce 5G však přišla, až když ceny klesly a technologie se dostala do střední třídy. Podle analýz Canalys<sup>8</sup> už koncem roku 2021 třetina všech dodaných 5G telefonů stála méně než 300 USD. Od té doby se 5G stalo standardem: v první polovině 2024 už dvě ze tří prodaných nových smartphonů globálně byly 5G. Průměrná cena 5G telefonů od roku 2019 klesla o více než 30 % a dnes už lze pořídit 5G modely i pod 5000 tisíc korun. Tato cenová dostupnost spolu s dostatečnou penetrací trhu pak motivovala operátory plošně pokrývat signálem 5G, čímž se technologie definitivně etablovala.

Pro přímý družicový přístup můžeme očekávat analogický vývoj. Nejdříve je potřeba, aby určité procento uživatelů mělo kompatibilní zařízení – pravděpodobně stačí kolem 10–20 % penetrace, aby se služby DSA vyplatily provozovat v širším měřítku. Tento bod by mohl nastat ke konci tohoto desetiletí, pokud bude tempo integrace družicových modulů do telefonů pokračovat.

## 2.2 Druhy družic podle výšky oběžné dráhy a jejich parametry klíčové pro začlenění do 5GS

Primárně dělíme typy družic na GSO (GEO) a NGSO (MEO a LEO) na základě jejich pohybu na oběžné dráze v porovnání s rotací Země, respektive přijímacím anténám na zemském povrchu. GSO družice jsou umístěné v takové výšce a pohybují se takovou rychlostí, aby kopírovaly rotaci Země a jsou tedy vždy ve stejné pozici k anténě, která je na ně namířena. Oproti tomu NGSO družice se nacházejí v rozdílných výškách a jejich rychlost je také odlišná, doba, za kterou oběhnou celou oběžnou dráhu se tedy liší. Pro družice MEO umístěné ve středních oběžných drahách je doba oběhu Země od 2 do 12 hodin, pro družice LEO umístěných v nízkých oběžných drahách tato doba odpovídá přibližně 90-120 minut<sup>9</sup>.

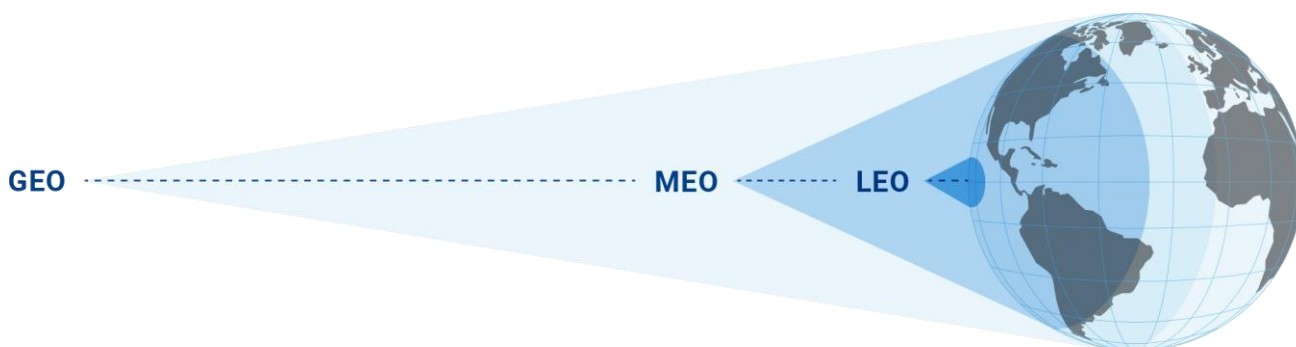
---

<sup>7</sup> [Satellite-enabled mobile devices – Apple, Qualcomm, Motorola, MediaTek, Huawei and ZTE](#)

<sup>8</sup> [Global smartphone market 2021 forecast](#)

<sup>9</sup> [GEO, MEO, and LEO – Via Satellite](#)

Obrázek 3: Schéma orbitálních výšek družic a jejich dosah pokrytí



Zdroj: EuroSkyPark

- **GEO družice**

Družice GEO se při svém pohybu přizpůsobují rotaci Země, takže neustále zůstávají nad stejným bodem na zemi. Na oběžné dráze jsou dnes stovky družic GEO, které tradičně poskytují služby, jako jsou údaje o počasí, televizní vysílání a některé nízko rychlostní datové komunikace. V posledních několika letech byla GEO významně rozšířena o družice s vysokou propustností (HTS), které jsou speciálně konstruovány pro přenos dat. Provoz družic na této orbitě není tak hustý, díky dostatečné vzdálenosti od Země, která se pohybuje okolo přibližně 36 000 km, tyto družice dokážou pokrýt přibližně 1/3 zemského povrchu a nabízejí tak mnohem větší rozsah pokrytí než družice MEO a LEO, kvůli jejich vzdálenosti od Země však dosahuje obousměrné latence připojení okolo 500-700 ms, mnohonásobně více než u ostatních typů družic, což je pro moderní technologie a služby závislé na velmi rychlém internetovém připojení podstatným nedostatkem.

- **MEO družice**

Střední oběžná dráha (MEO) zahrnuje velké množství jednotlivých drah, tato kategorie pokrývá vzdálenost od 2 000 do 36 000 km od Země. MEO družice se v minulosti používaly zejména pro GPS a další navigační aplikace. V nedávné době byly konstelace HTS MEO nasazeny pro poskytování datového připojení s nízkou latencí a velkou šířkou pásma poskytovatelům služeb, vládním agenturám a komerčním podnikům. Při porovnání s GEO a LEO družice nabízí MEO kompromis mezi latencí a plochou pokrytí, kdy obousměrná latence dosahuje hodnot 30-120 ms. Vzhledem k velké škále různých oběžných drah a jejich odpovídajícím vzdálenostem od Země se také podstatně liší plocha pokrytí jednotlivých družic, nejvíce družic (zejména pro GPS systémy) se nachází ve výšce 20 350 km na tzv. polo-synchronní oběžné dráze (SSO), na které oběhnou Zemi přesně za 12 hodin.

Družice MEO přinášejí výkon podobný optickým vláknům do odlehlých oblastí, kde je pokládka optických vláken neproveditelná, například v případě komerční námořní a letecké dopravy, offshore platform, redundance a stability sítí v obtížném terénu a humanitárních operací.

- **LEO družice**

V porovnání s předchozími typy družic (zejména GEO) se jedná o mnohem menší typ družic obíhající na nižších oběžných drahách ve výškách od 500 do 1 200 km. Na LEO jsou dnes v provozu tisíce družic, které jsou určeny především pro vědecké účely, zobrazování a telekomunikace s nízkou šířkou pásma. Nové generace HTS družic LEO mají sloužit komunikačním trhům, jako je širokopásmový internet pro masovou spotřebu a podniky. Díky umístění na nízkých oběžných drahách jsou tyto družice poskytovat internetové připojení s velice nízkou obousměrnou latencí dosahující hodnot 20-50 ms, více než 10x menší latence v porovnání s GEO družicemi. Takto velmi nízká latence je důležitá zejména pro aplikace vyžadující komunikaci v reálném čase, jako jsou hlasové a videokonference, některé finanční transakce a moderní technologie využívající např. IoT.

Během několika posledních let investují velké technologické společnosti jako jsou například SpaceX, OneWeb, Amazon stále více prostředků do LEO družic a jejich dalšího vývoje pro zpřístupnění různých služeb a technologií jako je širokopásmové připojení, vysokorychlostní internetové připojení, dálkový průzkum a družicové komunikace. Kromě těchto velkých hráčů existuje mnoho menších společností, které se často specializují na konkrétní technologie nebo aplikace a mohou nabízet cílenější nebo specializované služby.

Při nasazování LEO a MEO družic v rámci stabilního 5G připojení je třeba využívané družice na dané oběžné dráze slučovat do velkých konstelací, které budou vzájemně propojené a v kombinaci budou zajišťovat pokrytí celého zemského povrchu. V tomto ohledu nabízejí GEO družice výhodu v možnosti použití malého počtu družic k pokrytí mnohem větší plochy, tato výhoda je dnes však zastíněna ostatními nevýhodami těchto družic, zejména vysokou latencí připojení.

## 2.3 Přehled pásem využívaných družicovou technologií 5G a jejich možné vzájemné ovlivňování s pásmy pozemní komunikace, konkrétní situace s přidělem v ČR

S nástupem družicových 5G technologií přichází i otázka, která kmitočtová pásma se pro toto využití nabízejí jako nejvhodnější. Na základě vydání 3GPP byla tato pásma rozdělena do dvou hlavních skupin:

- **FR1 (nízko kmitočtová pásma)**, zahrnující kmitočty do 7 GHz v rozmezí 410-7 125 MHz

Tato skupina nabízí díky nižším kmitočtům lepší pokrytí a penetraci signálu různými překážkami (atmosférické, ale i zdi budov apod.). Tato schopnost jim umožňuje pokrýt velké oblasti za velmi stabilního signálu, výhodné je tedy využití pro pokrývání hustě obydlených oblastí, ale i oblastí odlehklých a těžko dostupných. Díky současnému zapojení některých kmitočtových pásem z této kategorie do systémů GPS, či mobilních sítí nabízí skupina FR1 lepší provázání s existujícími pozemními sítěmi a snižuje tak náklady na integraci pozemních 5G RAN s družicovými NTN technologiemi. Naproti tomu, dosahují tyto kmitočty mnohem nižší kapacity a rychlosti přenosu dat ve srovnání s FR2 což může být problematické zejména v hustě osídlených oblastech, kde bude velký počet současně připojených zařízení. Pásma ve skupině FR1 jsou zároveň častěji využíváné jinými technologiemi, je proto třeba přijmout dostatečná opatření pro správné sdílení spektra s ostatními pozemskými službami v těchto pásmech a zamezení vzájemného rušení.

Důležité je v této skupině zejména pásmo MSS (1980-2010 MHz / 2170-2200 MHz; 2x30 MHz), nyní využíváno pro družicovou konektivitu s cílem poskytování služeb ECS na palubách letadel. Doplnkově je pásmo možné využívat i pozemskými stanicemi, které posilují signál družicového downlinku prostřednictvím stanic umístěných na Zemi (CGC). Nyní platná licence pro operátory (Inmarsat, nyní Viasat, a EchoStar) na MSS vyprší v květnu 2027. Skupina RSPG, jako poradenský orgán Evropské komise, proto vypracovala pro Komisi doporučení k MSS formou Stanoviska RSPG, které bylo podrobeno veřejné konzultaci<sup>10</sup>. Dokument vyvažuje na jedné straně ochranu investic dosavadních uživatelů pásma (držitelů licencí), na druhé straně reaguje na nové (Evropské i globální) potřeby pro hybridní komunikace zemské ve spojení s družicovými. Z veřejných konzultací i dalších jednání v EU, CEPT i ITU-R<sup>11</sup> (zde poukazujeme na body WRC-27 1.12, 1.13, 1.14) vyplývá, že potenciál pro nové družicové sítě umístěné na středních (MEO) nebo nízkých (LEO) oběžných dráhách je poměrně velký. Na tyto potřeby reaguje zmíněné Stanovisko RSPG a předkládá několik scénářů možného přidělení kmitočtů, aniž by ale předjímalo procesní kroky ze strany Komise (prodloužení licencí, případně s možnou změnou podmínek, popřípadě výběrové řízení na celé pásmo). Jeden ze scénářů nepřímě zohledňuje zpoždění rozvoje sítě jednoho z držitelů licence a uvažuje o zúžení

<sup>10</sup> [RSPG Opinion on assessment of different possible scenarios for the use of the frequency bands 1980-2010 MHz and 2170-2200 MHz by the Mobile Satellite Services beyond 2027](#)

<sup>11</sup> [ITU-R Preparatory Studies for WRC-27](#)

dosavadního spektra pro držitele licencí s cílem uvolnit kmitočty pro nové uživatele spektra (např. 2x5 MHz). Za účelem přípravy výběrového řízení ustavila Komise v rámci COCOM komisi k MSS, která projednává návrhy dalších procesních kroků v této věci.

- **FR2 (mm-vlny)**, zahrnující kmitočty v rozmezí 24,2-52,6 GHz.

FR2 skupina nabízí zejména vysokorychlostní přenos dat a poměrně nízkou latenci. Tato kapacita je umožněna dostupnou šířkou spektra a rozsahem pásem a poměrně nižší přeplněností těchto pásem různými jinými mobilními technologiemi. Vysoké kmitočty této skupiny umožňují využití navazujících technologií jako je masivní MIMO, kmitočtový multiplexing, či formování paprsku což umožňuje adaptivní alokaci pásma dle potřeb uživatelů a dále tak zlepšuje efektivitu využití těchto kmitočtových pásem. Hlavní nevýhodou je však velmi omezený dosah těchto služeb, kvůli kratším vlnovým délkám, který je zároveň velmi citlivý i na meteorologické podmínky při přenosu. Pro družicové služby je proto třeba mnohem větší investice do hustší sítě družic a vysílačů pro zajištění stabilního vysílání.

Optimálním řešením pro družicové 5G sítě je využití silných stránek obou kmitočtových skupin – FR1 pro širokou oblast pokrytí a FR2 pro vysokorychlostní a vysokokapacitní potřeby.

Tabulka 1: NR NTN družicová pásma definovaná dle 3GPP

| Vydání 3GPP | NR pásmo                   | Uplink (UL) / Downlink (DL)       | Aktuální přidělení v ČR   | Poznámka  |
|-------------|----------------------------|-----------------------------------|---|---|
| Rel-17      | n256 (S-pásmo, FR1, FDD)   | 1980-2010 MHz / 2170-2200 MHz     | Pohyblivá družicová služba (MSS), 2x 30 MHz, podružné využití radarovými systémy  | V těsné blízkosti pozemního pásma n1 (2100 MHz), přednostně pro HAPs (v nižších výškách). |
| Rel-17      | n255 (L-pásmo, FR1, FDD)   | 1626,5-1660,5 MHz / 1525-1559 MHz | Pohyblivá družicová služba, podružné využití různými službami včetně necivilních, v downlinku přednostní využití námořní nouzovou komunikací (GDMSS). |   |
| Rel-18      | n254 (LS-pásmo, FR1, FDD)  | 1610-1626,5 MHz / 2483,5-2500 MHz | Pásmo přednostně využívané pro leteckou navigaci, sdílené s dalšími službami, downlink přednostně pro průmyslové, vědecké a lékařské využití.         | Downlink v těsné blízkosti pozemního pásma n7 (2600 MHz).                                 |
| Rel-18      | n512* (Ka-pásmo, FR2, FDD) | 27,5-30 GHz / 17,3-20,2 GHz       | Pásmo využívané jak pro pevnou, tak pohyblivou družicovou službu.   |   |
| Rel-18      | n511* (Ka-pásmo, FR2, FDD) | 28,35-30 GHz / 17,3-20,2 GHz      | Pásmo využívané jak pro pevnou, tak pohyblivou družicovou službu.   |   |
| Rel-18      | n510* (Ka-pásmo, FR2, FDD) | 27,5-28,35 GHz / 17,3-20,2 GHz    | Pásmo využívané jak pro pevnou, tak pohyblivou družicovou službu.   |   |

\*stále v diskusi

Zdroj: Vlastní zpracování dle ČTÚ

## 2.4 Další technologie RAN, kombinované s družicovým přenosem – podmínky a výhody

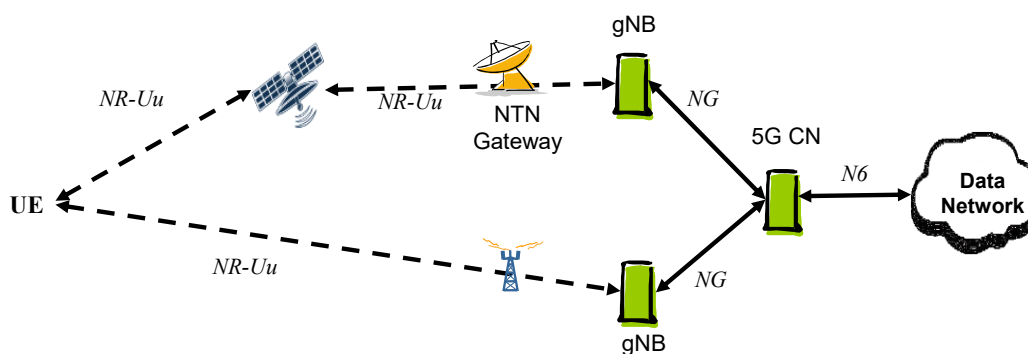
### 2.4.1 Multi-konektivita zahrnující NG-RAN technologie založené na NTN

V oblastech s nedostatečnou obsluhou může být šířka pásma poskytovaná pozemním přístupem (např. LTE) na okraji buňky omezená. Přidání sítě NG-RAN založené na NTN umožní dosáhnout cílové rychlosti přenosu dat. V řadě scénářů služeb např. uživatel v obytných domech, ve vozidlech, ve vysokorychlostních vlacích nebo na palubě letadel) by bylo využitím vhodné kombinace pozemního a jiného, než pozemního přístupu dosaženo cílového stavu výkonnosti služby z hlediska rychlosti přenosu dat a spolehlivosti.

Každé zařízení by tak mohlo být připojeno zároveň alespoň:

- **Jedním přístupem NG-RAN založeném na NTN a jedním pozemským přístupem**

Obrázek 4: Multi-konektivita prostřednictvím kombinace NTN a pozemního přístupu

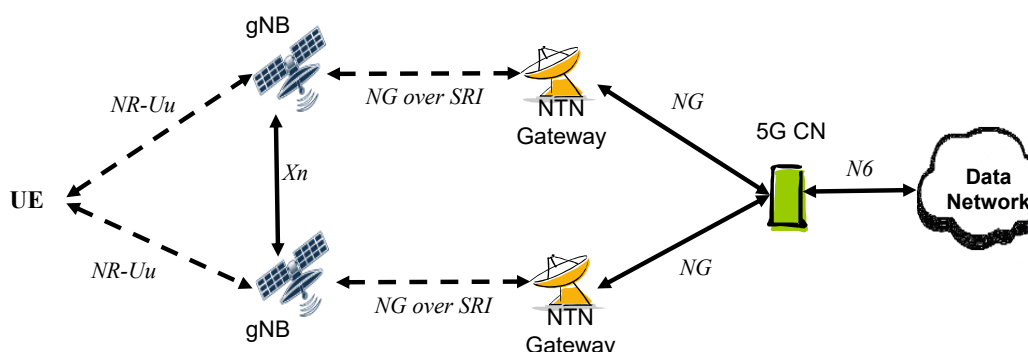


Zdroj: 3GPP

- **Dvěma unikátními přístupy NG-RAN založenými na NTN**

NTN na bázi LEO NG-RAN s relativně nízkou latencí lze použít k podpoře provozu citlivého na zpoždění, zatímco síť NG-RAN na bázi GEO NTN by poskytla dodatečnou šířku pásma, aby splnila cílové požadavky na propustnost. Pokud jde o transparentní model, slouží družice pouze k přenosu dat, u regenerativního modelu jsou družice schopny signál zpracovávat a upravovat, ale i komunikovat s dalšími družicemi v rámci velkých konstelací.

Obrázek 5: Multi-konektivita prostřednictvím kombinace dvou NTN



Zdroj: 3GPP

## 2.4.2 Multi-orbitální přístup

Jedním z rozhodujících faktorů pro spolehlivý přenos dat v rámci použití 5G technologií je latence. Mezi družicovými technologiemi se jako nejlepší možnost nabízejí LEO družice, mezi jejich nevýhody však patří například omezená oblast pokrytí. Jedním z možných řešení těchto problémů by v budoucnu mohlo být propojení družic na různých oběžných drahách, poskytující kombinaci vysokorychlostního přenosu LEO a kapacitou přenosu, ale i větší oblastí pokrytí, jež nabízejí družice MEO a GEO.

Experiment o proveditelnosti tohoto konceptu byl proveden pod záštitou ESA v propojení několika výzkumných center v Evropě. Cílem pokusu bylo provedení videohovoru za použití kombinace pozemských a družicových (LEO a GEO) připojení. Během experimentu prošlo připojení hovoru přes 4 rozdílné družicové sítě a 3 různé pozemské za stále udržovaného stabilního a kvalitního připojení. Úspěch tohoto pokusu přináší potenciál pro další výzkum a inovaci v poli technologií kombinující pozemské a družicové komunikační sítě.<sup>12</sup>

---

<sup>12</sup> [ESA – Multi-orbit connectivity tests](#)

# 3 Technologický vývoj družicového 5G

## 3.1 Přehled aktivit (studií) k družicové komunikaci v 3GPP (Rel 15–17–19), ETSI a ITU-R a stanovisko EU

Družicová komunikace se stala klíčovou součástí vývoje 5G a také budoucích 6G sítí. Vzhledem k tomu, že družicové sítě umožňují rozšíření pokrytí do odlehých oblastí, zajištění konektivity při katastrofách a podporu nových aplikací se jí věnuje významná pozornost v rámci standardizačních organizací. Mezi hlavní aktéry v této oblasti patří 3GPP, ETSI a ITU-R, které se zaměřují na různé aspekty integrace družicových a pozemních mobilních sítí.

Tato kapitola shrnuje klíčové aktivity a studie v rámci 3GPP, ETSI a ITU-R v oblasti družicové komunikace, se zaměřením na jednotlivé verze (Release) 3GPP a související standardy. V závěru kapitoly je zahrnuto i stanovisko EU v návaznosti na uvedené regulační aktivity.

### 3.1.1 Aktivity 3GPP v oblasti družicové komunikace

3rd Generation Partnership Project (3GPP) hraje klíčovou roli ve standardizaci nepozemských sítí (NTN) tím, že integruje družicové a vysokorychlostní platformy do architektury mobilních sítí. Prostřednictvím svých technických pracovních skupin 3GPP vyvíjí specifikace pro NTN, s cílem zajistit jejich bezproblémovou interoperabilitu s pozemními mobilními sítěmi. Mezi klíčové oblasti standardizace patří správa mobility, synchronizace kmitočtů, regenerativní družicové přenosy a přímé družicové připojení koncových zařízení. Tyto aktivity umožňují globální širokopásmové pokrytí, konektivitu IoT a odolnou komunikační infrastrukturu pro vzdálené a nedostatečně pokryté oblasti.

#### 3.1.1.1 Release 15

Release 15 byl první standardizační verzí 5G, která se zaměřovala především na pozemní sítě, přičemž podpora neterestriálních sítí (NTN) nebyla v této fázi plně zahrnuta. Přesto v rámci „Studie o podpoře NR pro nepozemské sítě“ (FS\_NR\_nonterr\_nw – TR 38.811) bylo analyzováno potenciální využití NTN, přizpůsoben 3GPP kanálový model a také byly definovány možné scénáře nasazení, včetně GEO a LEO družicových sítí a HAPs platform v různých kmitočtových pásmech. NTN byla identifikována jako klíčový prvek pro rozšíření širokopásmového připojení (eMBB) do odlehých oblastí, zajištění připojení pro mobilní platformy (letadla, lodě, vlaky), poskytování síťové odolnosti (např. při katastrofách) a umožnění multicastových/broadcastových služeb. Pro mMTC byla NTN zvažována jako řešení pro globální propojení IoT zařízení, včetně přímého připojení senzorů k družicové síti nebo přes základnové stanice. Studie identifikovala čtyři hlavní scénáře nasazení, zahrnující GEO a LEO družic v pásmech S a Ka, přičemž se zvažovala varianta transparentního i regenerativního přenosu dat. Tyto koncepty položily základ pro další vývoj NTN v rámci Release 16 a pozdějších verzí.

#### 3.1.1.2 Release 16

Release 16 položil základ pro integraci neterestriálních sítí (NTN) do 5G tím, že identifikoval 12 klíčových scénářů použití:

- Roaming mezi pozemními a družicovými sítěmi
- Vysílání a multicast s družicovým překryvem
- Internet věcí s družicovou sítí

- Dočasné použitie družicových komponentů
- Optimální směrování nebo řízení přes družici
- Přeshraniční kontinuita družicových služeb
- Globální družicový překryv
- Nepřímé připojení prostřednictvím družicové přístupové sítě 5G
- Pevný backhaul 5G mezi NR a jádrem 5G
- 5G Moving Platform Backhaul
- 5G to Premises
- Družicové připojení vzdáleného servisního centra k off-shore větrné farmě

Studie se zaměřila na transparentní a regenerativní družicové architektury v GEO a LEO scénářích, kde družice buď pouze přenášejí signál (transparentní režim), nebo fungují jako aktivní součást rádiové přístupové sítě (regenerativní režim). Dále byly analyzovány scénáře vícečetného připojení (multi-connectivity), kde jedno zařízení může být současně připojeno k družici i pozemní síti nebo ke dvěma družicím zároveň. Klíčové výzvy NTN v této fázi zahrnovaly velké zpoždění signálu, synchronizaci uplinku, řízení mobilních přechodů mezi družicovými a pozemními sítěmi a správu interferencí mezi paprsky.

Výsledkem studie byly doporučení pro zlepšení časové synchronizace, řízení přechodů mezi buňkami a optimalizaci přístupových metod, jako je PRACH a HARQ pro NTN scénáře. Byla také navržena vylepšení protokolů MAC, RLC a PDCP, včetně strategií pro výběr buněk a redukci přerušování služby během přechodů mezi družicemi. Pracovní skupina RAN3 doporučila zaměřit normativní práce na transparentní GEO družicový přístup a LEO družice s transparentními i regenerativními náklady, čímž položila základ pro další rozvoj NTN v Release 17 a 18.

### 3.1.1.3 Release 17

Release 17 přinesl první normativní požadavky na neterestriální síť (NTN) v rámci 3GPP specifikací a zásadně rozšířil podporu družicového přístupu v 5G. Klíčové požadavky v TS 22.261<sup>13</sup> zahrnují kontinuitu služeb mezi družicovými a pozemními sítěmi, roaming mezi těmito přístupy a optimalizovanou volbu sítí na základě operátorských politik. Dále byl rozšířen systém sledování polohy uživatelů, který umožňuje určování polohy přes družice pro účely směrování provozu nebo tísňových volání. Release 17 zavedl také podporu nízkoenergetických IoT zařízení (MIoT) v družicových sítích a umožnil využití mezidružicových propojení, což zlepšuje celkové pokrytí a konektivitu. V rámci správy mobility bylo implementováno podmíněné předání (CHO) mezi družicemi a pozemními sítěmi, což umožňuje efektivnější přechody mezi buňkami v různých orbitálních výškách.

Na architektonické úrovni SA2 definovala 10 klíčových problémů v integraci NTN do 5G:

- Řízení mobility s rozsáhlými oblastmi družicového pokrytí
- Správa mobility s pohyblivými oblastmi družicového pokrytí
- Zpoždění družic
- QoS s družicovým přístupem
- QoS s družicovým backhaul
- Mobilita RAN s regenerativním družicovým přístupem založeným na NGSO
- Multi-konektivita s družicovým přístupem
- Multi-konektivita s hybridním družicovým/pozemním přenosem
- Úloha družicového spojení při distribuci obsahu směrem k okraji sítě
- Regulační služby s nadnárodní družicovou pozemní stanicí

Byly zavedeny dva nové kmitočtové pásy (n255 v L-band a n256 v S-band) a pro HAPs provoz byl určen pás n1. Synchronizace a řízení Dopplerova efektu byly vylepšeny pomocí síťových efemerid a korekčních mechanismů v uplinku a downlinku. Pro přepínání mezi družicemi byla definována pravidla pro přepínání služeb a feeder linků, což umožňuje efektivnější využití orbitálních sítí. Release 17 tak položil základ pro plně integrované NTN v 5G, čímž připravil cestu pro budoucí zlepšení v rámci Release 18 a 19.

<sup>13</sup> ETSI: Service requirements for the 5G system (3GPP TS 22.261 Release 16)

### 3.1.1.4 Release 18

Release 18 3GPP se zaměřuje na další rozvoj nepozemských sítí (NTN) v rámci standardů 5G. Zásadní částí je sebehodnocení NTN pro IMT-2020, které zahrnuje podporu připojení 5G přes družici pomocí NR a LTE (NB-IoT/eMTC). Ve spolupráci s ITU-R byly navrženy dvě varianty specifikací:

- NR NTN (NR satellite access)
- IoT NTN (NB-IoT/eMTC satellite access)

Studie analyzuje scénáře pro eMBBs, HRCs a mMTCs ve venkovských oblastech a výsledky jsou zaznamenány v dokumentu TR 37.911. Pracovní skupina RAN4 specifikovala podporu šířky kanálu 30 MHz v L/S pásmech pro družicový přístup, což reflektuje požadavky ITU-R. Dále byla v rámci pracovní skupiny RAN2 rozšířena podpora ověření polohy uživatelských zařízení (UE) v NTN, což je důležité pro splnění regulačních požadavků v různých zemích, například pro varovné systémy nebo tísňové volání (systémy PPDR).

Další významné změny v Release 18 se týkají správy mobility, optimalizace paging mechanismů a úspor energie v situacích přerušovaného pokrytí, které se objevují v družicových sítích, zejména v NGSO (negeostacionárních) konstelacích. Pracovní skupina SA3 řešila bezpečnostní aspekty, zejména důvěryhodnost družicových datových zdrojů pro mobilní síťová jádra (5GC/EPC). Mezi další klíčové úpravy patří podpora nového FDD NTN pásma (n254) a rozšíření NR NTN do Ka pásma (20–30 GHz). Pracovní skupina SA2 zkoumala družicový backhaul a jeho možnosti edge computingu, včetně přenosu dat mezi uživateli bez potřeby pozemní infrastruktury. Release 18 také obsahuje studie zaměřené na zpoplatnění NTN služeb, včetně poplatků za přístup k družicové síti a meziprovozovatelských plateb v případě přenosu dat přes družice.

### 3.1.1.5 Release 19

Release 19 se zaměřuje na další rozvoj neterestriálních sítí pro internet věcí a rozšíření družicové komunikace v rámci 5G systémů. Hlavní cíle zahrnují vylepšení pokrytí a kapacity downlinku i uplinku v FR1-NTN a podporu režimů regenerativního payloadu (vizte 2.1.1)<sup>14</sup>, což umožní 5G systémové funkce přímo na palubě družic. Kromě toho bude zavedena možnost komunikace mezi zařízeními přes družici (UE-Satellite-UE), což eliminuje potřebu spojení s pozemní sítí a snižuje latenci a zatížení přenosových zdrojů. Pro zajištění lepší přesnosti polohy a komunikace bez GNSS přijímačů bude vylepšena metoda určování polohy a podpora GNSS nezávislého provozu. Na úrovni správy sítí se plánují zlepšení pro koordinaci mobility a zajištění kontinuity služeb mezi družicovými a pozemními sítěmi, včetně podpory pro mise kritické služby a nové modely nasazení. Dokumentace těchto studií a výsledků bude zahrnuta v sérii technických zpráv (např. TR 23.700-29 a TR 28.874).

## 3.1.2 Aktivita ETSI v oblasti družicové komunikace

Evropský ústav pro telekomunikační normy (ETSI) je klíčovým hráčem ve vývoji standardů pro non-terestriální sítě (NTN), které jsou nezbytné pro budoucí bezdrátovou komunikaci. S rostoucím důrazem na 6G sítě (IMT-2030) se ETSI zaměřuje na zajištění plynulé integrace družicových a výškových komunikačních technologií (HAPs) do pozemních mobilních sítí. Konference ETSI o nepozemských sítích, která se konala v dubnu 2024, potvrdila význam NTN pro budoucnost globální konektivity. Ve spolupráci s klíčovými průmyslovými partnery ETSI identifikovalo několik klíčových tržních segmentů, kde NTN hrají zásadní roli, včetně spotřebitelského trhu, kde NTN rozšiřují mobilní pokrytí do odlehklých oblastí a umožňují plynulou družicovou konektivitu pro chytré telefony, nositelná zařízení a jiné pohyblivé systémy. NTN mají také významné využití v podnikové sféře, kde poskytují spolehlivá připojení pro firmy působící ve venkovských a špatně pokrytých oblastech, a ve specializovaných odvětvích, jako jsou letectví, námořní doprava, obrana a nouzové služby, které těží z globálního dosahu a odolnosti NTN. NTN také hrají klíčovou roli v rozšiřování širokopásmového připojení, zejména v odlehklých a špatně pokrytých oblastech, a jsou nezbytné pro IoT a komunikaci mezi stroji (M2M), což umožňuje globální propojení senzorů a automatizovaných systémů.

---

<sup>14</sup> Technická modulace satelitů, která má zesílené možnosti palubního zpracování (pro demodulaci/dekódování, přepínání a/nebo směrování, kódování/modulaci), takže kosmická platforma (satelit) má na palubě funkce základnové stanice.

Aby ETSI podpořilo vizi 6G plně propojeného světa, klade důraz na rozvoj NTN pro zajištění kontinuity služeb a odolnosti sítí, což umožňuje plynulý přechod mezi pozemními a družicovými sítěmi. ETSI pracuje na tom, aby NTN byly nativní součástí 6G, čímž se sníží spotřeba energie, zlepší se spolehlivost sítí a podpoří se nové technologie. K dosažení tohoto cíle ETSI úzce spolupracuje s 3GPP a ITU na definování technického rámce pro NTN v 6G. Budoucí 3GPP Release 20 a 21 položí základy pro integraci družicových systémů do pozemních sítí, přičemž standardizační úsilí se zaměřuje na interoperabilitu, koordinaci kmitočtů a adaptivní rádiový přístup. Prostřednictvím spolupráce s ITU se ETSI snaží zavést NTN jako klíčovou součást IMT-2030, což bude formovat regulační a spektrální politiky.

### 3.1.3 Aktivity ITU-R v oblasti družicové komunikace

Řádné technické a regulační podmínky jsou nezbytné vzhledem k tomu, že WRC-27 (např. bod programu 1.13<sup>15</sup> a 1.14<sup>16</sup> vycházejících z Rezoluce 253 a 254) určí možné nové kmitočtové přiděly pro družicové pohyblivé služby, a je proto třeba zajistit spravedlivý přístup ke spektru, který podpoří rozvoj řady rádiových sítí přístupujících ke stejným kmitočtovým pásmům.

Rezoluce 253 a 254 (z WRC-23) se zaměřují na studie nových kmitočtových přidělů pro družicové mobilní služby (MSS) s cílem umožnit přímé připojení IMT zařízení k družicovým sítím a rozšířit kapacity pro NTN v rámci IMT systémů. ITU-R analyzuje spektrální požadavky a regulační aspekty pro MSS s důrazem na kompatibilitu s existujícími pevnými a mobilními sítěmi a možnosti sdílení spektra s pozemními službami. Studie zahrnují pásma 694 MHz – 2,7 GHz a specificky 2 010-2 025 MHz (Earth-to-space), 2 160-2 170 MHz (space-to-Earth) v regionech 1 a 3 (ČR patří do regionu 1) a 2 120-2 160 MHz (space-to-Earth) ve všech regionech. ITU-R zkoumá minimalizaci interferencí a technické aspekty integrace MSS do IMT sítí, přičemž výsledky mají být předloženy na WRC-27, kde se rozhodne o přidělení nového spektra. Hlavním cílem je podpora NTN jako součásti globálních IMT sítí, především pro zajištění konektivity v odlehčích oblastech a krizových situacích.

### 3.1.4 Postup v rámci EU

V současné době existují návrhy na podmínky pro služby DSA v pásmech IMT (4G, 5G), které jsou projednávány jak z hlediska technického (CEPT a ITU-R, body WRC-27 AI 1.13; v pásmech mimo IMT také body 1.12 a 1.14), tak také v EU z pohledu příležitostí i soutěžně-právních otázek. V Evropě jsou proto zvažovány nové příležitosti například pro dokrývání některých oblastí bez mobilního signálu s potřebou současné ochrany stávajících mobilních sítí i dalších radiokomunikačních služeb (např., ochrana vědeckých služeb, vč. radioastronomie). V současnosti není pohled evropských států na příležitosti v krátkodobém horizontu pro využití DSA v pásmech IMT sjednocen a jednání probíhají.

Pro jakékoliv návrhy společné pro EU je podstatné vytvoření podmínek pro hospodářskou soutěž a také přeshraniční koordinaci v situaci, kdy by provozní oblasti služeb zasahovaly mimo území států. Předpokládá se, že první zkušenosti v této oblasti přinese rozhodnutí Evropské komise k pásmu MSS 2 GHz<sup>17</sup>. Tím nicméně nejsou vyloučeny například testy DSA služeb na národních úrovních či získávání zkušeností z jiných zemí (příkladem je spolupráce britského Vodafone a AST<sup>18</sup>).

---

<sup>15</sup> [WRC-23 - Resolution 253](#)

<sup>16</sup> [WRC-23 - Resolution 254](#)

<sup>17</sup> [RSPG Opinion on assessment of different possible scenarios for the use of the frequency bands 1980-2010 MHz and 2170-2200 MHz by the Mobile Satellite Services beyond 2027](#)

<sup>18</sup> [Vodafone and AST SpaceMobile to create European Satellite service business](#)

# 4 Služby a využití družicového 5G

## 4.1 Režimy komunikace, pro které má družicová komunikace výhodné vlastnosti

Doporučení ITU-R M.2514-0<sup>19</sup> definuje tři hlavní scénáře využití v rámci IMT-2020: rozšířené mobilní širokopásmové připojení (eMBB), masivní strojovou komunikaci (mMTC) a ultraspolehlivá komunikaci s nízkou latencí (URLLC). Družicová složka IMT-2020 podporuje družicové varianty scénářů u eMBB a mMTC, přizpůsobené specifickým parametrům družicových sítí. Místo URLLC mají družicové komunikace zajišťovat Komunikaci s vysokou spolehlivostí (HRC), která má zajišťovat specifické požadavky na dostupnost a spolehlivost.

Družicová složka IMT-2020 může být dle Doporučení použita v těchto aplikacích:

- Odolnost sítě díky vysoké dostupnosti v kombinaci s vysokou spolehlivostí pro HRCs
- Konektivita pro dopravu
- Distribuce obsahu prostřednictvím vysílání nebo multicastu do koncových zařízení
- Strojová komunikace.

### 4.1.1 Enhanced Mobile Broadband (eMBB)

Doporučení k eMBB říká: *“Scénář využití Rozšířeného širokopásmového připojení (eMBB) v kontextu družicové složky IMT-2020 by měl podporovat aplikace s vysokou přenosovou rychlostí ve venkovských a odlehlých oblastech, v leteckém a námořním prostředí a v některých případech také v příměstských oblastech. Mobilní koncová zařízení, schopná udržet komunikaci při vysoké rychlosti pohybu, by měla být podporována tak, aby splňovala požadavky na dopravu a potřeby přidružených uživatelů. Konkrétně byly identifikovány následující případy:”*

- **Kontinuita pokrytí:** Pohybující se chodci (uživatelé chytrých telefonů) by měli mít možnost udržet přístup k široké škále komunikačních služeb a aplikací i při pohybu do odlehlých oblastí, například při práci na dálku nebo volnočasových aktivitách.
- **Propojení populací v nedostatečně pokrytých nebo zcela nepokrytých oblastech.**
- **Konektivita pro dopravu:** Autobusy, vlaky, plavidla (rekreační nebo výletní lodě) a letadla.
- **Veřejná bezpečnost:** Poskytování komunikačních služeb (např. zprávy, hlasové hovory, video) pro záchranné složky (např. hasiče, zdravotnický personál).

### 4.1.2 Massive Machine-Type Communications (mMTC)

*„Masivní strojová komunikace (mMTC) poskytovaná prostřednictvím družicových komponentů IMT-2020 by měla být schopna obsluhovat velké množství rozptýlených připojených pevných nebo mobilních zařízení na rozsáhlých územích. Tato zařízení mohou být nízkonákladová a mít dlouhou životnost baterie. Níže jsou uvedeny některé typické případy využití scénáře mMTC v družicovém kontextu:*

---

<sup>19</sup> ITU-R Report M.2514-0

- **Automotive:** Může zahrnovat optimalizaci dopravního toku, diagnostiku vozidel a hlášení o bezpečnostním stavu.
- **Veřejné služby:** Např. dohled nad infrastrukturami pro ropu/plyn, energetiku/zásobování vodou a větrné farmy.
- **Doprava** (silniční, železniční, námořní, letecká): Řízení vozového parku, sledování majetku, digitální informační panely, varování na vzdálených silnicích.

### 4.1.3 Komunikace s vysokou spolehlivostí přes družici (HRCs)

Scénář pro vysoce spolehlivých komunikací (HRCs) má specifické požadavky na dostupnost a spolehlivost. To znamená, že využít by se tato technologie měla především u bezpečnosti dopravy a aplikacích v kritických odvětvích.

Dokument dále stanovuje minimální požadavky na provoz, které jsou následně testovány v dokumentu TR 137 911<sup>20</sup> od organizace ETSI.

## 4.2 Příklady využití NTN v 5G sítích

Příklady využití družicové komunikace v 5G sítích představilo 3GPP ve svém dokumentu TR 22.822. Hlavní premisou tohoto dokumentu je podpoření kontinuity přístupu k 5G za pomoci družicového přístupu, které se odráží i v příkladech využití popsaných níže. **Je důležité poznamenat, že družicové sítě nemají primárně fungovat jako samostatná složka, ale mají být komplementární službou k pozemním sítím.** Charakteristika družicových sítí umožňuje rozdělit tyto příklady do třech hlavních kategorií:

- **Kontinuita služeb:** Budování pozemních sítí se často zaměřuje na pokrytí obyvatelstva spíše než celého území, což vytváří oblasti, kde nemusí být 5G služby nepřetržitě dostupné, zejména pro uživatele na pohyblivých platformách jako auta, vlaky, letadla nebo lodě. Řešené scénáře se zaměřují na zajištění plynulého přístupu ke službám 5G prostřednictvím kombinace pozemních a družicových sítí, a to i pro celé flotily takových zařízení.
- **Dostupnost služeb:** Pozemní sítě nemusí být dostupné buď z ekonomických důvodů (očekávané příjmy nedosahují minimální hranice ziskovosti), nebo kvůli krizovým situacím (např. zemětřesení, povodně), které způsobí dočasné výpadky nebo úplné zničení infrastruktury. Někteří uživatelé by v těchto "nepokrytých" nebo "nedostatečně pokrytých" oblastech chtěli využívat 5G služby, což je možné jen díky 5G družicovým sítím, přičemž příklady využití zahrnují Internet věcí pro zemědělství a kritickou infrastrukturu, veřejnou bezpečnost a domácí připojení.
- **Škálovatelnost služeb:** Ve srovnání s pozemními sítěmi mají družicové sítě velmi široké pokrytí, což je efektivní pro broadcast nebo multicast stejného obsahu na velké oblasti, případně přímo k uživatelským zařízením. Družicové sítě také mohou odlehčovat pozemním sítím během špiček přenosem dat v méně vytížených hodinách, například při distribuci bohatého TV obsahu ve formátech jako 3D nebo Ultra High Definition.

### 4.2.1 Broadcast a multicast vysílání s družicovým překryvem

Release 14 specifikoval 3GPP vylepšení umožňující mobilním sítím efektivněji poskytovat televizní a multimediální služby pomocí rozšířeného vysílání eMBMS, včetně volně dostupných a vylepšených přenosů digitálního videa. Tento přístup lze rozšířit i na družicové sítě, které díky velkému pokrytí umožní distribuovat nejen video obsah, ale jakýkoli digitální obsah k více uživatelům, a to buď v režimu pouze příjmu, nebo ve dvoustranném režimu. V situaci, kdy mobilní operátor MNO poskytuje televizní služby v městských a příměstských oblastech a narůstající poptávka saturuje jeho síť, využívá družicového operátora (SNO) pro rozšířené pokrytí; uživatelé pak přijímají obsah buď

<sup>20</sup> ETSI – Technical report 137 911

přes MNO, SNO, nebo kombinací obou. Díky tomu si MNO zachovává kvalitu poskytovaných služeb i při rostoucím zatížení, přičemž požadavky na systém zahrnují optimalizaci doručování obsahu přes družicovou síť a možnost současného využívání družicového i pozemního přístupu ze strany uživatelských zařízení.

#### 4.2.2 IoT s využitím družicových sítí

5G družicová síť může být tvořena jedním nebo více družicemi na nízké oběžné dráze (LEO), které umožňují připojení zařízení s omezenými rádiovými a energetickými schopnostmi, a tím poskytují globální a kontinuální pokrytí. Poskytovatel služeb Internetu věcí (IoT), který zajišťuje konektivitu napříč různými mobilními sítěmi, využívá družicovou síť jako rozšíření pokrytí pro zajištění geografické dostupnosti. Příkladem je situace, kdy flotila vozidel převážející VIP osoby potřebuje nepřetržitý dohled nad svou polohou, ale pozemní 5G síť v plánované oblasti nejsou schopny takové pokrytí zajistit. Díky dostupné družicové síti v oblasti bez pokrytí může být poloha vozidel stále sledována a hlášena bezpečnostnímu důstojníkovi. Pro zajištění stability kvality služeb musí 5G systém definovat podmínky pro plynulý přechod mezi družicovou a pozemní sítí.

#### 4.2.3 Dočasné použití družicových sítí

V případě krizové situace může dojít k částečnému či úplnému zničení prvků pozemní 5G infrastruktury, čímž se znemožní přístup ke službám běžně poskytovaným těmito sítěmi. V takovém scénáři lze využít 5G družicovou síť, která pokrývá stejnou geografickou oblast a umožňuje základní komunikaci (hlas, zprávy, e-mail) uživatelům s potřebným vybavením. Družicová síť poskytne různým uživatelům oddělené části sítě (Network slicing), které zajistí garantovaný podíl přenosové kapacity podle jejich role, ať již běžné nebo krizové. Během přechodného období, než bude pozemní síť obnovena, zajišťuje 5G družicová síť nezbytnou konektivitu pro civilní i záchranné složky, přičemž systém musí být schopný směřovat určité typy provozu přes družicový přístup podle závažnosti situace a typu služby.

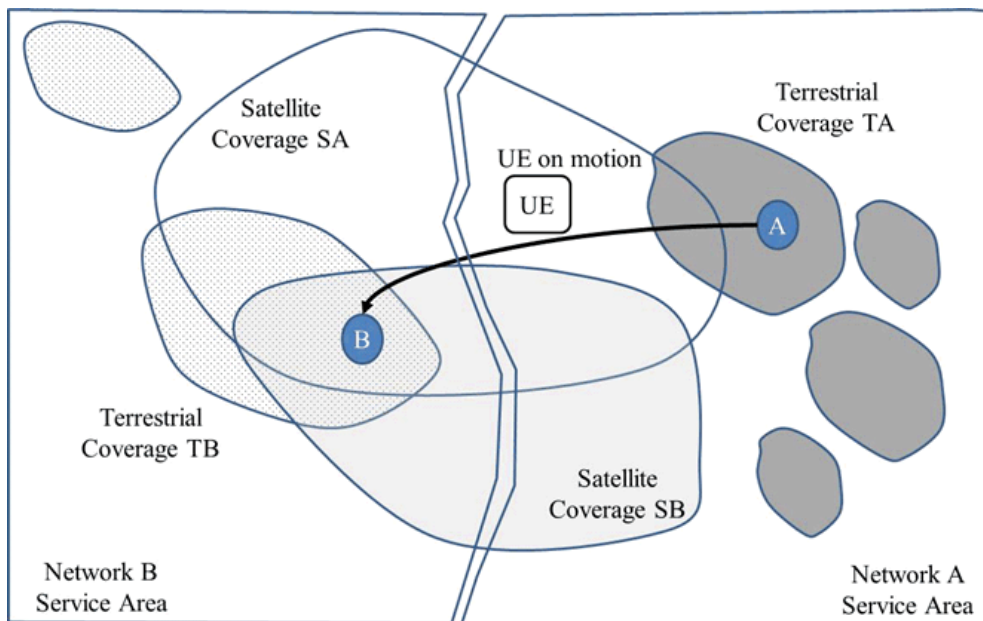
#### 4.2.4 Optimální směřování nebo řízení přes družici

Představme si vlastníka dvou továren na výrobu mechanických součástek pomocí výrobních procesů ve vzájemně navazujících krocích (Additive Layer Manufacturing processes), z nichž jedna se nachází na okraji pokrytí pozemní 5G sítě a druhá v oblasti zcela bez pozemního připojení. Obě továrny jsou téměř plně automatizované a pracují s velkými a komplexními elektronickými soubory, jejichž přenos zatěžuje dostupné komunikační kapacity. Díky pokrytí 5G družicovou sítí může dotyčný vlastník optimalizovat přenos dat, a tedy méně časově citlivé přenosy (např. nahrávání výrobních souborů) směřovat přes družici, zatímco služby s nízkou latencí (např. video dohled a řízení strojů) využívají pozemní síť tam, kde je dostupná. Tento přístup umožňuje efektivní využití dostupných sítí podle požadavků na kvalitu služby (QoS), přičemž systém musí být schopen inteligentně kombinovat pozemní a družicové připojení podle konkrétních potřeb.

#### 4.2.5 Kontinuita přeshraničních družicových služeb

Hypotetický Operátor TA v zemi A a Operátor TB v zemi B provozují své 5G pozemní sítě v rámci jednotlivých oblastí podle plánů nasazení. Jejich pokrytí částečně překrývá pokrytí družic SA a SB, které rovněž umožňují přístup k sítím TA a TB. Družicová složka může fungovat buď jako rozšíření pozemní sítě, jako přístup k jádrové síti TA nebo TB, nebo jako samostatná 5G síť s roamingovými dohodami. Uživatel cestuje vlakem z hlavního města země A do hlavního města země B, zatímco chce během cesty být připojen k internetu. Jeho zařízení se nejprve připojuje k pozemní síti TA, ale při ztrátě pokrytí se automaticky přepne na družice SA. Jakmile vlak překročí hranice a dostane se mimo dosah sítě TA, zařízení zůstává připojeno přes SA, případně se přepíná mezi SA a SB podle dostupnosti. Po návratu do oblasti s pozemním pokrytím se zařízení opět připojí k preferované síti. Díky tomu má uživatel po celou dobu cesty zajištěnou plynulou konektivitu, a může tak bez přerušení být připojen k internetu. Systém 5G s podporou družicového přístupu musí být schopen řídit mobilitu uživatelů s ohledem na přechody mezi pozemními a družicovými sítěmi. Celá tato situace je ilustrována na obrázku níže.

Obrázek 6: Přeshraniční kontinuita družicových služeb



Zdroj: 3GPP

#### 4.2.6 Globální družicové překrytí

Kvůli fyzikálním omezením (např. rychlost světla) může při přenosu dat na velké vzdálenosti docházet k výrazným latencím, což je problém zejména pro aplikace náročné na rychlost a spolehlivost, mezi něž se řadí vysokofrekvenční obchodování (High Frequency Trading – HFT). Jako alternativu k optickým sítím lze využít globální síť nízkooběžných družic (LEO), vybavených základnovými stanicemi a propojených mezi sebou mezidružicovými spoji, která vytvoří překryvnou (overlay) síť s nízkou latencí a vysokou bezpečností. Tato síť je vhodná pro organizace s globálně rozmístěnými pobočkami, například burzovní trhy v Paříži, Tokiu a New Yorku, které potřebují sdílet obchodní data a zadávat příkazy s minimálním zpožděním. Pro každé spojení se vybere optimální trasa podle aktuální latence a zatížení sítě. Může jít o pozemní nebo družicovou cestu. Díky tomu je zajištěna nejlepší možná kvalita služeb pro globální konektivitu, a tak může družicová překryvná síť výrazně zlepšit výkon tam, kde běžné sítě nestačí.

#### 4.2.7 Nepřímé připojení prostřednictvím družicové přístupové sítě 5G

V případech, kdy se uživatelé nacházejí mimo dosah pozemní 5G sítě (např. na palubě letadel, lodí, v odlehlých oblastech nebo během krizových operací) může 5G družicová síť zajistit konektivitu prostřednictvím tzv. Relay zařízení (obdoby Wi-Fi hotspotu), tedy uživatelských zařízení s podporou družicového připojení, která slouží jako prostředníci pro ostatní, běžná zařízení bez přímého družicového přístupu. Toto nepřímé připojení umožňuje i v pohybu, při překročení státních hranic nebo v oblastech bez signálu poskytovat základní služby jako přenos dat, zpráv, hlasu či nízkokapacitního videa. Příklady zahrnují uživatele, který využívá připojení během letu, nebo pracovníka záchranné služby, který díky zařízení s družicovým připojením dokáže v zimních podmínkách v reálném čase pomáhat pohřešovanému. Tyto scénáře vyžadují zvládnutí roamingu, zabezpečení, správu zatížení Relay zařízení a definici minimálních služeb, které lze tímto způsobem poskytovat. Cílem je zajistit uživatelům s běžnými zařízeními přístup ke službám srovnatelným s těmi, které by měli v rámci standardní pozemní 5G sítě.

## 4.2.8 Pevný Backhaul 5G mezi NR a jádrem 5G

Modelová situace představuje dva uživatele žijící ve dvou rozdílných malých obcích (obce A a obce B), které jsou od sebe vzdálené asi 5 km a nachází se v oblasti s nízkou hustotou obyvatelstva, kde je špatné nebo žádné připojení k moderním komunikačním službám. Mobilní operátoři se rozhodli postavit mezi oběma vesnicemi společný vysílač, ale kvůli vzdálenosti od jádra sítě v nejbližším městě C zvolili jako řešení družicovou přenosovou cestu (backhaul) přes síť operátora S, který má v oblasti výborné pokrytí. Díky tomu je nová věž rychle zprovozněna bez nutnosti rozsáhlé výstavby. Přes družicové spojení jsou přenášena rozhraní mezi rádiovou přístupovou sítí 5G (NR) a jádrem sítě, což umožňuje poskytování plnohodnotných mobilních služeb i v těchto venkovských oblastech. Oba tito uživatelé si tak mohou užívat kvalitní mobilní připojení i doma, podobně jako ve městě, a úspěšné zkušební nasazení mMTC na blízké farmě potvrzuje potenciál tohoto řešení. Hlavní výhodou družicového backhaultu je možnost rychlého pokrytí těžko dostupných oblastí, i když je nutné řešit vyšší zpoždění přenosu (latenci), které může mít vliv na kvalitu služeb a vyžaduje určité úpravy v síťové architektuře.

## 4.2.9 Pohyblivá platforma 5G Backhaul

Provozovatel vlaků (TO) zavádí novou 1000 km dlouhou vysokorychlostní trať napříč zemí a chce cestujícím nabídnout zábavní služby s vysokými nároky na downlink a minimálním uplinkem, stejně jako přístup k internetu pro platící zákazníky a přenos provozních dat pro interní potřeby. I když má TO dobré dohody s mobilními operátory a většina trasy je dobře pokrytá, asi 200 km ve středu země nemá žádné mobilní pokrytí. TO se proto spojil s družicovým operátorem (SO), který zajišťuje kvalitní celostátní pokrytí a vysokou kapacitu downlinku, a který spolupracuje i s mobilními operátory. V rámci řešení budou na vlaky umístěny 5G základnové stanice. Obsah (např. zábavní služby) může být cestujícím poskytován přes pozemní i družicové sítě, a v oblastech bez pozemního signálu zajistí připojení výhradně družice. Často využívaný obsah je uložen lokálně, aby se minimalizovala latence. Cestující tak mají přístup ke službám nezávisle na své poloze a celý systém efektivně kombinuje různé sítě dle potřeby. Pro zajištění kvality je nutné, aby 5G systém podporoval družicové spoje mezi rádiovým přístupem a jádrem sítě a zvládal zpoždění vyvolané družicovým přenosem.

## 4.2.10 5G to Premises

Vysokohorská vesnice, postavená v 70. letech v podhůří Krkonoš jako rekreační oblast u lyžařského vleku, se kvůli klimatickým změnám přeměnila na stálé bydliště s přibližně 80 domy. Infrastruktura v oblasti však zůstala zastaralá, tzn. DSL připojení je kvůli vzdálenosti od ústředny slabé a mobilní signál je kvůli kopcovitému terénu nekonzistentní. Kabelové připojení zde neexistuje, ale mnoho domácností používá družicový příjem TV. Nový družicový operátor S začal v oblasti působit a ve spolupráci s mobilním operátorem T nabízí lepší služby prostřednictvím nové domácí brány, která kombinuje signály z družice i pozemní sítě a poskytuje kvalitní Wi-Fi uvnitř domů. Družicová složka se využívá pro broadcast/multicast obsahu a často vyhledávaný obsah je ukládán lokálně. Unicast komunikace je řešena přes mobilní síť, a pokud služba nevyžaduje nízkou latenci, může být využita i družicová cesta. Operátor T také zvažuje možnost, aby brány umístěné ve výhodné poloze pokrývaly i okolní, méně příznivě položené domácnosti. Výsledkem je výrazné zlepšení kvality služeb pro obyvatele, přičemž 5G systém musí podporovat šíření broadcast/multicast služeb prostřednictvím družicové složky.

## 4.2.11 Méně relevantní příklady využití v kontextu ČR

Dokument rovněž zmiňuje další dva příklady využití, které jsou vzhledem k ČR méně relevantní. Konkrétně se jedná o (1) zajištění konektivity pro námořní dopravce na zaoceánských plavbách, kde se využívá kombinace pozemních a družicových služeb a popř. další Relay zařízení (např. při sledování polohy konkrétního kontejneru), a o (2) využití družicového připojení mezi komunikačních sítí větrných elektráren na moři s vnitrozemským servisním centrem, které umožňuje vzdálený dohled a nekritické řízení provozu elektrárny datově náročných přenosů v reálném čase.

## 4.2.12 Příklady využití NTN v 6G sítích

V současnosti existují pracovní skupiny, které se zaměřují na využití NTN v 6G sítích, tedy tam kde současné 5G technologie dosahují na své limity. Z evropské perspektivy se jedná o projekt 6G-NTN, jenž je součástí Horizon

Europe, který identifikuje a popisuje relevantní uživatelské scénáře (use cases) pro družicové komunikace v různých odvětvích a spotřebitelských segmentech s budoucími 6G sítěmi a zdůrazňuje omezení současných 5G NTN řešení. Konkrétně se jedná o sektory automobilového průmyslu, námořní dopravy, energetiky, dronů, PPDR a přímého připojení koncových uživatelů. Výchozím dokumentem pro tuto část je „Vision on Non-Terrestrial Networks in 6G system (or IMT-2030)“, jenž představuje vizi začlenění NTN jako nativní součásti 6G systémů (IMT-2030).

Hlavní výzvou 6G-NTN je dle zprávy zajištění bezproblémové 3D vícevrstvé sítě s vysokým výkonem, přičemž různé scénáře využití vyžadují odlišné přístupy. Všechny možnosti využití zdůrazňují nutnost optimální interkonektivity mezi všemi komponenty sítě s ohledem na náklady a výkonnostní požadavky. Využití NTN a komplementarity TN-NTN je do jisté míry podobné jako u sítí 5G, předpokládá se ale zužitkování rozdílových vlastností 6G standardu, zejména:

Tabulka 2: Porovnání 5G a 6G v rámci NTN

| Parametr                      | 5G   | 6G  |
|-------------------------------|--|---|
| Maximální přenosová rychlost  | 10 Gbps  | 1 Tbps  |
| Maximální kmitočtový rozsah   | W-pásmo (<110 GHz)   | <10 THz   |
| End-to-end latence            | 10 ms  | 1 ms  |
| Hustota připojení             | 10 <sup>5</sup> zařízení/km <sup>2</sup>                                       | 10 <sup>7</sup> zařízení/km <sup>2</sup>  |
| Maximální spektrální účinnost | 30 bps/Hz  | 100 bps/Hz  |
| Podpora mobility              | > 500 km/h   | > 1000 km/h   |
| Integrace družic              | Částečná   | Plná  |
| Integrace umělé inteligence   | Částečná   | Plná  |
| Podpora autonomních vozidel   | Částečná   | Plná  |
| Podpora AR/VR/MR              | Částečná   | Plná  |
| Haptická komunikace/řízení    | Částečná   | Plná  |
| Klíčové technologie/aspekty   | mmWave, malé buňky, mMIMO, beamforming, anténní pole, využití nepozemních sítí | THz spektrum, viditelné světelné komunikace (VLC), inteligentní povrchy, automatizované procesy orientované na data |

Zdroj: Vlastní zpracování

Příklady užití, kde se (dnes) předpokládá přínos 6G pro efektivitu a další rozvoj /inovace služeb, spadají zejm. do následujících oblastí, přičemž v nich lze již nyní pozorovat výzkum a vývoj na základě současných 5G technologií:

- Autonomní kontrola elektrického vedení pomocí dronů
- Městská letecká doprava
- PPDR a dočasné akce s prudkým nárůstem provozu
- Připojení uživatelských zařízení a určování polohy v odlehlých oblastech
- Nepřetržitý obousměrný datový tok ve vysoké mobilitě
- Přímé připojení koncových uživatelů
- Pokrytí námořních oblastí pro pátrací a záchranné operace pobřežní stráže

#### 4.2.13 Autonomní kontrola elektrického vedení pomocí dronů

Drony se v posledních letech staly podstatným nástrojem pro inspekci infrastruktury, monitorování průmyslových areálů a tvorbu 3D modelů, avšak současně síťové služby neposkytují spolehlivé připojení v odlehlých oblastech, což brzdí rozvoj trhu. Tento problém ilustruje příklad inspekce elektrického vedení, který je přenositelný i na další odvětví (např. inspekce ropovodů a plynovodů, či železniční a silniční infrastruktury). Drony umožňují častější kontroly, rychlou detekci závad (hnízda ptáků, koroze, poškozené šrouby) a monitorování škod způsobených přírodními katastrofami, než inspekce pomocí helikoptér a techniků.

Současné dronové služby však většinou fungují v režimu vizuální viditelnosti (VLOS), kde musí pilot zůstat v blízkosti dronu po celou dobu letu. To omezuje možnosti dálkového ovládání a přenosu dat v reálném čase, protože velká množství dat musí být uložena v dronu a následně manuálně přenesena a zpracována, což brzdí operativnost a efektivitu inspekci. V tomto scénáři se uvažuje nad rutinními kontrolami pomocí UAV a manuální inspekci v případě zjištění anomálie.

Jak již bylo napsáno výše, drony monitorující vysokonapěťová vedení často operují v odlehlých oblastech, kde pozemní síť nejsou dostupné, což omezuje možnost připojení k serverům a vyžaduje off-line zpracování dat. Pokročilé zpracování na palubě zvyšuje spotřebu energie a náklady na drony. Řešením je plynulé přepínání mezi pozemními a nepozemskými sítěmi (NTN) během letu za využívání veřejných i privátních sítí v okolí elektrických zařízení. Pro tento scénář by mohlo být přínosem jak spolehlivé určování polohy pomocí 6G-NTN technologií, které by tak mohlo doplnit systémy družicové navigace (GNSS) a zvýšit jejich přesnost, tak rovněž automatizované využití síťových služeb a služeb edge computingu.

#### 4.2.14 Městská letecká doprava

Městská letecká mobilita (UAM) představuje bezpečný a udržitelný letecký dopravní systém pro přepravu osob a nákladu v městských a příměstských oblastech. Tento koncept zahrnuje doručování zásilek, urgentní lékařské dodávky, nouzovou přepravu záchranných složek a v budoucnu i automatizovanou přepravu cestujících, čímž doplňuje stávající dopravní infrastrukturu a snižuje dopravní zácpy.

Pro efektivní fungování UAM je nutná správa vzdušného prostoru a odolné komunikační síť. Současné 5G sítě poskytují jen omezenou podporu, zatímco plně integrovaná architektura 6G-NTN umožní otevření vzdušného prostoru dronům, zajištění spolehlivé komunikace a integraci pilotovaných i autonomních letadel do jednotného systému řízení letového provozu. K dosažení těchto cílů je třeba definovat nové technické požadavky, sladěné se službami U-Space, které podporují digitalizaci a automatizaci řízení letového provozu. Pracuje se několika hlavními variantami systémů: (1) Vytváření leteckých koridorů na vyžádání pro doručování na poslední míli, (2) antikolizní a autonomní dekonfliktní systém a (3) řízení mimořádných situací. NTN síť by tedy měly pomoci jak v předletové fázi, tak i během letu.

Drony by měly plynule přecházet mezi pozemními a nepozemskými sítěmi, přičemž musí udržovat spojení a kontinuitu služeb (identifikace, sledování...) U-Space. Spolehlivé určování polohy pomocí 6G-NTN by doplnilo tradiční GNSS technologie a zvýšilo odolnost navigace dronů. Výpočetní kapacity by měly dynamicky sledovat pohyb dronů (to platí především pro antikolizní a autonomní dekonfliktní systém), aby byly co nejbližší k jejich aktuální poloze. Kritickým aspektem k zajištění sjednoceného řízení UAV provozu je vysoká interoperabilita mezi různými vrstvami 3D architektury (pozemní síť, vLEO, LEO, MEO, GEO) a systémem U-Space.

## 4.2.15 PPDR a dočasné akce s prudkým nárůstem provozu

6G NTN nabízí možnost redefinovat způsob, jakým organizace v oblasti veřejné bezpečnosti a dalších vertikál zajišťují síťovou konektivitu, aby umožnily spolehlivou a efektivní komunikaci kdykoli a kdekoli. To je zásadní zejména při reakcích na události spojené se systémy PPDR nebo při dočasných plánovaných akcích, kde se v určitém okamžiku očekává prudký nárůst uživatelského provozu, který může překročit kapacitu běžné pozemní infrastruktury.

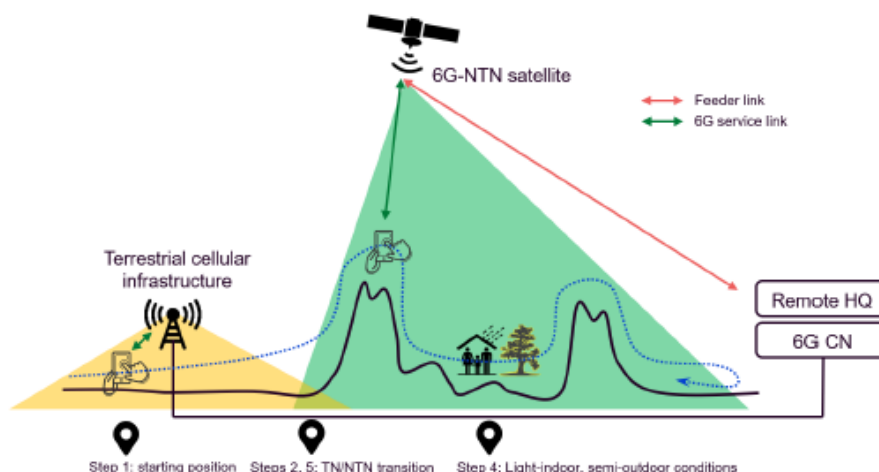
Tato kapitola se soustředí zejména na scénáře, kde je nutná efektivní kombinace TN a NTN, hlavně v situacích, kdy se TN postupně obnovuje, jako v případě podpory záchranných složek a v případě zvýšených nároků na kapacitu sítě (akce s velkou koncentrací návštěvníků). Zvýšený výkon 6G sítě tak umožní rychlejší nasazení komunikačních služeb, včetně téměř okamžitého připojení pro záchranné složky, které lze dále rozšířit podle potřeby. V rámci projektu 6G-NTN je již připravován pokročilý scénář nasazení PPDR založený na integrované architektuře 6G NTN spolu s podpůrnými technologiemi, které umožní architektuře 6G NTN účinně plnit požadavky spojené s provozem PPDR. Automatizované nasazení služeb umožní rychlou podporu PPDR komunikace, sběr a analýzu dat ze senzorů a jejich přenos na velitelství či operační týmy. Díky blízkému nasazení síťových prvků k místu události se sníží latence, což zlepší kvalitu služeb, zejména pro interpersonální komunikaci mezi zasahujícími týmy. NTN navíc zajistí konektivitu i tam, kde pozemní síť selhávají nebo nemají dostatečnou kapacitu, čímž zvýší dostupnost služeb<sup>21</sup>.

## 4.2.16 Připojení uživatelských zařízení a určování polohy v odlehlých oblastech

Přímá komunikace mezi družicemi a běžnými mobilními zařízeními (UE) umožňuje připojení chytrých telefonů k NTN infrastruktuře bez nutnosti úprav jejich hardwaru či antén. Tento přístup však čelí výzvám, jako je slabý signál z pozemních zařízení, nízká kapacita přenosu a omezená funkčnost v interiérech. Integrace NTN do globálních sítí tak, aby přechody mezi pozemními a nepozemními segmenty byly pro uživatele plynulé, zůstává náročným úkolem, zejména v rámci 5G NTN Rel-17.

Cílem 6G-NTN je zlepšit kvalitu uživatelského zážitku tím, že umožní hladké přepínání mezi TN a NTN bez přerušení spojení a podpoří vyšší přenosové rychlosti. Zároveň se zaměřuje na rozšíření dostupnosti NTN nejen ve venkovním prostředí, ale také v omezených vnitřních podmínkách.

Obrázek 7: Využití družicového připojení v odlehlých oblastech



<sup>21</sup>6G-NTN – The Role of 6G NTN in Emergency and Crisis Management

Architektura 6G-NTN přináší několik zásadních výhod v tomto ohledu. Současná řešení mají omezenou šířku pásma, což umožňuje pouze textovou komunikaci, zatímco hovory a datové služby jsou stále nedostupné i když již aktivně testované. To stejné platí pro přepínání mezi pozemními a nepozemními sítěmi, které je v současnosti nedokonalé a pomalé a často závisí na roamingu s dlouhou dobou přepojení. V neposlední řadě dnešní NTN řešení fungují pouze ve venkovním prostředí, jelikož signál není dostatečně silný pro pokrytí interiéru. Vývoj 6G sítí by měl všechna výše popsaná omezení řešit, ať již se jedná o zvýšení přenosových rychlostí, plynulé přepínání mezi segmenty nebo o zlepšení signálu ve vnitřních podmínkách.

#### 4.2.17 Nepřetržitý obousměrný datový tok ve vysoké mobilitě

Pro pohyblivá řešení (např. ve vozidlech) nabízí 6G NTN alternativní konektivitu v případě výpadku pozemní sítě. Propojení mezi TN a NTN je klíčové pro udržení spojení u služeb vyžadujících nepřetržitý datový tok, jako je streamování médií nebo videokonference. Cílem tohoto scénáře je zamezit přerušení služeb v mobilních datových přenosech díky vzájemnému doplňování TN a NTN sítí, a to buď při používání samotných NTN sítí nebo při přepínání mezi NTN a TN sítěmi anebo dvěma NTN sítěmi.

NTN by díky 6G sítím měly zlepšit stabilitu a kontinuitu služeb v oblastech s omezeným nebo přerušovaným pokrytím TN, zejména ve venkovských oblastech. Díky vyšším přenosovým rychlostem a vhodným anténám na vozidlech zajistí plynulé připojení i v náročných podmínkách. Kratší zpoždění přenosu umožní nízkolatenční služby (např. gaming nebo VR). Pro dosažení plynulého přepínání mezi sítěmi bude zapotřebí komerčních dohod a regulačních úprav.

#### 4.2.18 Přímé připojení koncových uživatelů

Tento scénář se zaměřuje na přímou komunikaci mezi dvěma nebo více uživatelskými zařízeními (UE) prostřednictvím družic, bez nutnosti spojení se zemní stanicí. Tato metoda je vhodná pro HAPs, drony a další NTN infrastrukturu, přičemž hlavní technické výzvy se týkají družicového segmentu. V oblastech bez pozemního pokrytí nebo v případě výpadku sítě (např. při přírodních katastrofách) umožňuje družicové spojení zachovat komunikaci, například pro veřejnou bezpečnost.

Díky velké pokryvnosti družic je pravděpodobnost spojení mezi dvěma UEs vyšší než u pozemních sítí. Mezdružicové propojení (ISL) může pokrytí ještě rozšířit. Sidelink komunikace je alternativou, ale kvůli velké vzdálenosti mezi zařízeními má nižší efektivitu a čelí rušení signálů. Přímá komunikace přes družice tento problém eliminuje, protože všechny přijímače dostávají signál z jedné družice, což zajišťuje lepší podmínky a vyšší efektivitu než sidelink technologie. Tento přístup je demonstrován na scénáři bezpečnostních složek, ale lze jej rozšířit i na další oblasti. Toto řešení by bylo přínosné pro IoT aplikace, nebo autonomní vozidla a moderní dopravní obsluha.

Současná NTN řešení do 3GPP Rel-18 vyžadují pro spojení družice se zemní sítí feeder link, který ale nemusí být vždy dostupný. Při počátečním zavádění 6G NTN nelze předpokládat hustou síť pozemních stanic, což může vést k dočasným výpadkům spojení, zejména v případě přírodních katastrof.

6G NTN má zajistit celoplošné pokrytí, a proto je klíčové podporovat přímou komunikaci přes družici bez feeder linku. To umožní poskytování kritických služeb i při výpadku pozemní infrastruktury. Nová architektura 6G NTN bude vyžadovat regenerativní družicové systémy pro správu QoS, mobility a směrování. Využití mezdružicových spojů dále zlepšit pokrytí, podporu mobility a kontinuitu služeb v NTN prostředí.

#### 4.2.19 Pokrytí námořních oblastí pro pátrací a záchranné operace pobřežní stráže

Již mnoho let probíhají neustálé snahy o zlepšení prostředků pro pátrací a záchranné složky (SAR), aby mohly co nejrychleji zasahovat v případě nouze. Hlavním cílem SAR technologií je včasná detekce a lokalizace osob nebo majetku v nouzi, což umožňuje záchranářům soustředit se na samotnou záchrannou operaci. Spolehlivá komunikace mezi týmem SAR a ohroženými osobami je klíčová pro urychlení reakce a zvýšení efektivity zásahu.

Tento uživatelský scénář se zaměřuje na námořní nouzové situace, kde je nutná koordinace mezi různými složkami, jako jsou pobřežní stráž, armáda a civilní ochrana. Toho lze dosáhnout kombinací komunikačních schopností pozemních sítí (TN) a nepozemských sítí (NTN). Podobný model by však mohl být aplikován i v jiných situacích, kde běžné pozemní sítě nejsou dostupné.

Dokument vidí čtyři možné scénáře využití v případě nutnosti zásahu pobřežní hlídky (jak je zmíněno výše, scénáře pracují se situací, kdy je zapotřebí lokalizovat loď) pomocí: (1) terestriálního pokrytí, (2) pouze pomocí neterestriálního pokrytí, (3) podpora více spojů pro spolehlivý roaming a (4) plynulý předávací proces k různým přenosovým spojmům pro připojení k NTN síti.

Technologie 6G by měly přinést mnohá vylepšení oproti současným technologiím. Jedním z nich je přesnější lokalizace pomocí technologie sidelink positioning, která by právě měla být v 6G sítích vylepšena, aby zohledňovala náročné mořské podmínky. Pro kritické námořní mise je nezbytná spolehlivá a nepřetržitá komunikace s nízkou latencí, avšak tradiční pozemní sítě mají omezený dosah (20–25 km od pobřeží), jelikož současná NTN řešení (do 3GPP Rel-18) vyžadují feeder link, což vede k vysokým nákladům, latenci a omezené šířce pásma, a znemožňuje tak přímý přístup mobilních zařízení k družicím. 6G NTN má zajistit plošné pokrytí a umožnit přímou komunikaci s družicemi i bez feeder linku, přičemž klíčovou roli sehrají LEO družicové konstelace, které splňují požadavky na nízkou latenci. K tomu je nutné překonat Dopplerův efekt a zavést nový dynamický síťový model, který podporuje multi-konektivitu a propojuje pozemní, UAV a družicové sítě pro bezproblémovou konektivitu mezi uživateli na moři i na pevnině. Ochrana soukromí a bezpečnost jsou důležitými aspekty pro SAR mise, proto musí 6G sítě podporovat 3GPP služby veřejné bezpečnosti, včetně mission-critical komunikace (push-to-talk, data, video), aby splnily všechny kritické požadavky.

## 4.3 Příklady B2C využití

### 4.3.1 Praktické využití non-terestriálních 5G sítí

Přestože současné využití družic v 5G sítích je zatím, i díky vyšším investičním nákladům, omezené, můžeme vidět začínající kolaborace mobilních operátorů a poskytovatelů družicových služeb. Zpráva GSA<sup>22</sup> identifikovala 101 veřejně oznámených partnerství v 53 státech a teritoriích. Ke konci července 2024 plánovalo využití družicových služeb 62 operátorů, testovalo 17 operátorů a komerčně spustilo 12 operátorů. Zpráva dále blíže zkoumá širokopásmové připojení pro venkov a podniky, Satellite-to-Cellphone a oblast IoT a M2M.

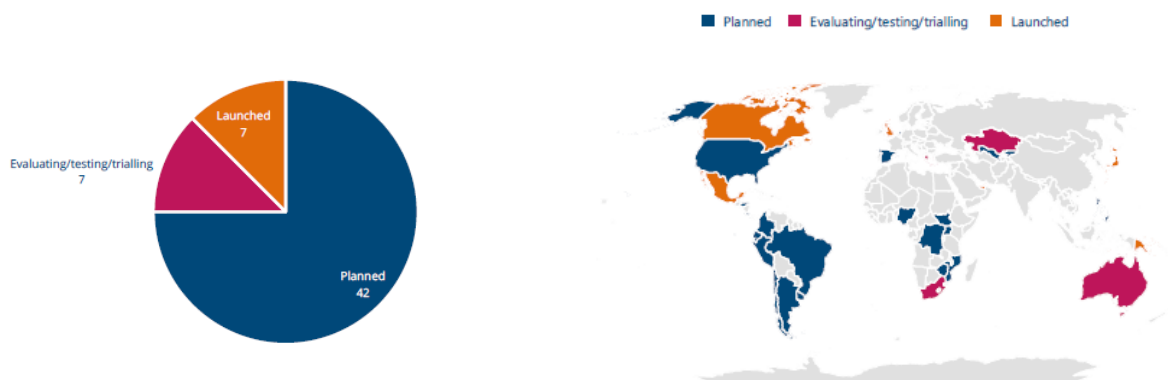
#### 4.3.1.1 Širokopásmové připojení pro venkov a podniky

Družicový internet poskytuje vysokorychlostní připojení přenosem signálů mezi pozemní stanicí a družicemi. Je obzvláště užitečný v odlehlých oblastech, na moři nebo v mobilních scénářích, kde není dostupná tradiční infrastruktura. Tato technologie je momentálně nejčastějším využitím družicových služeb v 5G sítích, tvořícím 55 % všech partnerství. Nutno podotknout, že komerční využití (7 partnerství) můžeme vidět pouze ve zlomků zemí mezi které patří Kanada, Japonsko nebo Spojené království.

---

<sup>22</sup> GSA – 5G Satellite Connectivity September 2024

Obrázek 8 & 9: Stupeň rozšířenosti družicového vysokorychlostního připojení

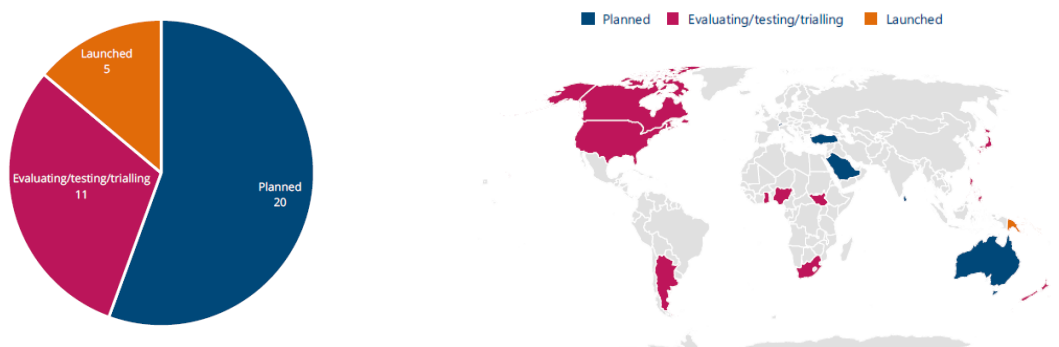


Zdroj: GSA

#### 4.3.1.2 Direct Satellite Access (Satellite-to-Cellphone)

Jak bylo zmíněno v kapitole 2.1.3, jedná se o přímé připojení mobilního telefonu k LEO družicím pomocí stávajícího spektra. Zatím se využívá pro nouzové zprávy a základní komunikaci, ale s rozvojem LEO sítí by mohla nabídnout i širokopásmové služby, čímž zajistí pokrytí v odlehlých oblastech. Vedoucími společnostmi v této kategorii jsou SpaceX, AST SpaceMobile a Lynk, které spolupracují s operátory a používají jejich pozemní kmitočtové spektrum místo tradičních družicových kmitočtů. Rozložení dle fází vývoje/implementace můžeme vidět v obrázcích níže. Komerční využití je zatím k dispozici v pěti ostrovních státech (Palau, Cookovy ostrovy, Papua Nová Guinea, Šalamounovy ostrovy, Vanuatu).

Obrázek 10 & 11: Stupeň rozšíření připojení Satellite-to-cellphone



Zdroj: GSA

#### 4.3.1.3 IoT a M2M

Toto řešení tvoří pouze minoritní část celkových využití družic. Osm projektů je ve fázi plánování a jen jeden ve fázi komerčního spuštění (v USA). Tyto počty můžeme vysvětlit zaměřením operátorů na výnosnější projekty a zvětšující se velikost trhu předchozích dvou kategorií.

#### 4.3.1.4 Použitá kmitočtová pásma

Níže můžeme vidět tabulku počtu poskytovatelů družicových služeb dle kmitočtového pásma. Ta samozřejmě závisí na daném regionu a poskytovateli, obecně ovšem můžeme říct, že L-pásma je určeno pro hlasové a datové služby, zatímco S-pásma a Ka-pásma jsou určeny pro širokopásmové připojení.

Tabulka 3: Přehled počtu poskytovatelů dle kmitočtových pásem

| Kmitočtové pásmo      | Počet poskytovatelů |
|-----------------------|---------------------|
| L-pásma (1,5-1,6 GHz) | 3                   |
| S-pásma (2-4 GHz)     | 2                   |
| C-pásma (3,7-4,2 GHz) | 3                   |
| Ku-pásma (12-18 GHz)  | 7                   |
| Ka-pásma (27-40 GHz)  | 15                  |
| Q-pásma (36-46 GHz)   | 2                   |
| V-pásma (40-75 GHz)   | 2                   |
| E-pásma (60-90 GHz)   | 1                   |
| W-pásma (75-110 GHz)  | 1                   |

Zdroj: Vlastní zpracování dle GSA

### 4.3.2 Pilotní projekty a testovací programy družicové komunikace a jejich výsledky

#### 4.3.2.1 Studie

Skupina vědců ze Simon Fraser University se zabývala možnostmi<sup>23</sup> LEO družicových sítí pro připojení v odlehlých oblastech reálným nasazením Starlink připojení v rámci monitorovacích stanic pro sledování lososů v severní části Britské Kolumbie. Studie ukazuje potenciál LEO družic pro zajištění připojení v geograficky izolovaných regionech, ale také identifikuje technologické, environmentální a regulační výzvy, které s sebou tato technologie přináší.

Při nasazení družicového připojení pro monitorování populací lososů byl Starlink použit jako hlavní síťová páteř pro přenos dat z podvodních kamer a mikroprocesorů umístěných v izolovaných prostředích, které byly dříve zcela bez připojení. Výsledky ukázaly, že zatímco technologie poskytuje dostatečné připojení pro vzdálené monitorování, její výkon se výrazně snižuje při působení různých faktorů (nejvýrazněji při vysoké oblačnosti anebo solárních bouřích).

Jedním z hlavních zjištění je, že družicové sítě nižších orbit poskytují rychlejší připojení a nižší latenci než tradiční GEO družice, ale stále nedosahují kvality pozemních sítí. Naměřená latence byla o 10 % vyšší než u terestriálních sítí. Významným problémem je také asymetrie přenosu – stahování dosahovalo rychlostí 66–108 Mb/s, nahrávání bylo zase omezeno na 6–7 Mb/s, v obou případech se jedná o výrazně menší hodnoty než u pozemních sítí.

<sup>23</sup> [LEO Satellite Network Access in the Wild: Potentials, Experiences and Challenges](#)

#### 4.3.2.2 Komerční řešení

V USA již bylo spuštěno komerční využití družicové komunikace v mobilních zařízeních kooperací společností SpaceX a T-Mobile v zařízeních od společnosti Apple. V momentální době se jedná pouze o textové služby, s potenciálním přidáním hovorových a datových služeb v budoucnu. Tato služba byla již využita při hurikánu Helene v Severní Karolíně na konci roku 2024 a při požárech v Los Angeles na začátku roku 2025.

V lednu 2025 zase operátor Vodafone ve spolupráci se provozovatelem družicových služeb AST SpaceMobile testoval službu direct-to-smartphone pomocí videohovoru na běžném chytrém mobilu bez specializovaného hardwaru. V tomto ohledu by se mělo dle vyjádření společnosti jednat o první případ tohoto druhu na světě. Komerční spuštění v Evropě se plánuje ke konci roku 2025.

AST SpaceMobile poskytuje své služby prostřednictvím pěti družic BlueBird na nízké oběžné dráze Země (LEO), které společnost dosud vypustila. Signál je směřován přes bránu mezi vesmírem a zemí (space-to-land gateway), která propojuje družice s pozemní sítí Vodafone. Vodafone družicové služby považuje za komplementární technologii, která může zaplnit bílá místa v jeho stávající mobilní síti a pokrýt vzdálené oblasti včetně hor a moře již v roce 2026 při dosahované rychlosti až 120 Mbit/s.<sup>24</sup>

### 4.3.3 IoT v neterestriálních sítích

Nepozemské sítě mají potenciál přinést nové možnosti využití internetu věcí. Jak již bylo zmíněno, tyto sítě umožňují pokrytí na místech, kde dosud pozemské sítě selhávají, hovoříme například o odlehlých oblastech, oblastech s rozmanitým terénem nebo při krizových událostech, kdy terestriální sítě selhávají. Nepozemské sítě tak mají sloužit jako komplementární technologie k pozemským sítím a musí tedy umožňovat bezproblémové přepínání mezi těmito sítěmi.

S novými standardizacemi IoT ze strany 3GPP rovněž roste energetická efektivita, spolehlivost, a hlavně klesají náklady na nová IoT řešení. To by mělo podpořit vznik nových produktů. Ostatně průzkum společnosti Juniper Research<sup>25</sup> odhaduje, že celkové tržby družicových IoT vzrostou mezi lety 2024 až 2027 dvojnásobně z 2,9 miliard USD na 5,8 miliard USD.

#### 4.3.3.1 Využití NTN IoT v praxi<sup>26</sup>

V prosinci 2024 dosáhly společnosti Mavenir a Terrestrial Solutions Inc. (TSI) významného milníku úspěšným provedením prvních živých datových relací Úzkopásmového IoT (NB-IoT) prostřednictvím družic TSI Echostar T1, který se nachází na geostacionární oběžné dráze (GEO) a tvoří součást neterestriální sítě. Tyto relace byly provedeny v reálných podmínkách, což prokázalo robustnost této technologie.

Testování probíhalo v Allan Parku v Ontariu a ověřilo klíčové funkce, jako je připojení k síti, paging, ping, datové relace a doručování non-IP dat (NIDD), to vše za nepřetržitého 24hodinového sledování připojení. Úspěšné datové relace byly realizovány pomocí komerčních IoT modulů, což ukazuje připravenost technologie pro komerční nasazení s využitím 3GPP standardizovaných produktů od různých dodavatelů.

Společnost Mavenir vyvinula vlastní rozhraní Radio Access Network (RAN) pro bezproblémovou integraci s družicovým pozemním zařízením TSI, což je v souladu s infrastrukturou TSI pro poskytování družicových NB-IoT služeb. Tento milník připravuje půdu pro budoucí vylepšení, jelikož Mavenir a TSI aktivně vyvíjejí pokročilé funkce, včetně hlasových služeb a 5G NR, s plánem rozšířit testování na další místa po celé Kanadě, a nakonec poskytnout všudypřítomné družicové pokrytí včetně nejdlehlějších regionů.

Kromě toho společnosti Mavenir a Terrestrial oznámily spuštění laboratoře v kanadském Montrealu, navržené pro pokročilé testování NB-IoT a usnadnění bezproblémové integrace s partnery TSI. Laboratoř je vybavena špičkovými

---

<sup>24</sup> [Vodafone - 'World first' Satellite-to-Phone video call](#)

<sup>25</sup> [Juniper Research – Satellite IoT 2024-2027 forecast](#)

<sup>26</sup> [Mavenir and Terrestrial – NB-IOT NTN milestone – Live Data Sessions](#)

RAN a Core řešeními společnosti Mavenir operujících na službách Amazon Web Services (AWS) Public Cloud a podporuje NTN na NB-IoT. Tato iniciativa představuje krok v urychlení vývoje a nasazení družicových připojených služeb, posilující závazek k inovacím a spolupráci v tomto prostoru.

Pardeep Kohli, prezident a generální ředitel společnosti Mavenir, zdůraznil výzvu poskytování univerzálního pokrytí, zejména v regionech, kde to není ekonomicky výhodné, a uvedl, že neterestriální sítě nabízejí ideální řešení této výzvy tím, že poskytují nákladově efektivní pokrytí na rozlehlých územích. V budoucnu se tak může očekávat další posun v oblasti IoT a NTN.

## 4.4 Regulační přístupy v technologicky vyspělých zemích

### 4.4.1 Ofcom

Investice do družicových technologií je jednou z hlavních priorit britského telekomunikačního regulátora Ofcom. Hlavní pozornost investic a rozvoje se zaměří na budování a rozšíření družic, jejichž celkový počet obíhající Zemi se za posledních několik let zvýšil z počtu 1 784 v roce 2017 na počet 12 383 v roce 2025<sup>27</sup> (většinou z nich jsou NGSO družice na LEO).

S přibývajícím počtem NGSO družic se bude zvyšovat tlak na využívání spektra a koordinace s cílem zabránit rušení mezi systémy tak bude stále složitější. Ofcom zavedl nový přístup k povolování NGSO, který by měl pomoci tuto složitost zvládnout, a dále také investuje do vlastních monitorovacích kapacit systémů. Nový přístup by měl pomoci k zefektivnění rozdělení spektra mezi uživatele. Mezi hlavní body diskuse o zavádění těchto sítí patří konzultace návrhů na povolení pozemních stanic (GES) zejména v kmitočtových pásmech Q (36–46 GHz) a V (40–75 GHz), potenciálně také v pásmu E (60–90 GHz). Pro nekoordinované uživatelské GSO a NGSO terminály bude rozšířen přístup do pásma 14,25–14,5 GHz, což v tomto pásmu zdvojnásobí přístupné spektrum a podpoří zlepšení zavádění stabilních (domovy, firmy) i roamingových (letadla, lodě, jiná vozidla) stanic. Přístup těchto pohyblivých pozemských zařízení (ESIM) bude dále rozšířen o kmitočty v pásmu 27,5–30 GHz a zároveň v rámci rozhodnutí světové radiokomunikační konference (WRC-23) bude zkoumána bezpečnost existujících služeb v pásmu 12,75–13,25 GHz<sup>28</sup>.

Hlavními cíli družicové strategie Ofcom jsou:

- Zajištění přístupu ke spektru, který umožní růst přínosů kosmického sektoru pro lidi, podniky a veřejný sektor ve Spojeném království;
- Zajištění toho, aby vesmírné odvětví využívalo spektrum efektivně a nevytvářelo nepřiměřená omezení pro růst ostatních uživatelů spektra;
  - Tento bod se zaměří zejména na zlepšení modelů datových analýz pro zefektivnění sdílení spektra mezi jednotlivými uživateli a snížení možného rušení na minimum;
- Umožnění co největšího počtu družicových systémů NGSO poskytovat služby ve Spojeném království a zároveň podporovat jejich účinné využívání a sdílení spektra (v souladu s předchozím cílem);

NGSO projekty přináší pro Spojené království mnoho příležitostí pro investice, ale zároveň představují také řadu výzev, včetně potenciální konkurence v oblasti NGSO nebo problémy s rušením, které musí být náležitě vyřešeny pro efektivní spuštění těchto technologií.

### 4.4.2 FCC

Federální komunikační komise (FCC) Spojených států aktivně podporuje postupnou adaptaci na moderní 5G technologie skrze řadu opatření, což se týká uvolňování a přeskupování pásem přidělených starším technologiím,

---

<sup>27</sup> [Orbiting now - Active satellite database](#)

<sup>28</sup> [Statement: Space spectrum strategy – Ofcom](#)

podpory investic do vývoje technologií a snaha o dosažení kompletního pokrytí celé země. V rámci družicových 5G služeb se FCC zaměřila na několik hlavních akčních kroků:

- **Zpřístupnění C-pásmo**

Na základě rozhodnutí z roku 2020 bylo pásmo 3,7-4,2 GHz uvolněno pro budoucí využití v rámci 5G služeb. Stávající služby v tomto pásmu byly přesunuty do horních částí pásma, uvolněná část o velikosti 280 MHz se tak stala flexibilní pro použití napříč USA v 5G aplikacích včetně moderních družicových aplikací<sup>29</sup>.

- **Integrace družicových a pozemních sítí**

V listopadu 2024 schválila FCC přidělení licence společností T-Mobile a SpaceX (Starlink) k zahájení společného projektu na rozšíření pokrytí telekomunikačních služeb. Tento projekt cílí na eliminaci ‚bílých/mrtvých míst‘, kde internetové připojení není pozemním způsobem dostupné. Je to vůbec poprvé, kdy FCC schválila spolupráci poskytovatele pozemních internetových služeb s poskytovatelem doplňkového připojení z družic. Na základě vyjádření a aktivní podpory FCC se dá očekávat, že podobných projektů a spoluprací bude v USA nadále přibývat, již nyní má před sebou FCC řadu žádostí o podobné projekty od jiných společností<sup>30</sup>.

Použité družice Starlink společně s pozemní sítí by měly pokrýt v USA plochu o velikosti přes 1,3 milionu km<sup>2</sup>, která byla dosud nedostupná vzhledem k složitosti terénu, omezenému využití půdy a dalším faktorům<sup>31</sup>.

- **Podpora inovací**

Jednou z nejdůležitějších inovací v rámci družicových 5G služeb se v USA nabízí technologie direct-to-cell společnosti SpaceX, která umožní připojení k mobilním zařízením přímo k družicové síti. V rámci testování direct-to-cell technologie společnosti SpaceX a T-Mobile již vypustily několik prvních družic schopných tuto technologii provozovat, na celoplošné rozšíření této služby bude třeba zapojení do kompletních konstelací. V této testovací fázi bude SpaceX dle svých vyjádření schopna dosáhnout základních textových komunikací, podpora hlasových a video hovorů není očekávána dříve než v roce 2025.

FCC vidí v této inovaci cestu vpřed co se týče mobilních připojení, některé specifické body jsou však stále projednávány, zejména zvýšení výkonu rádiového vysílání družic Starlink, což by umožnilo právě hlasové a video hovory v reálném čase. Společnosti AT&T a Verizon již dříve vyjádřily obavy, že toto navýšení by mohlo negativně ovlivnit jejich stávající poskytované služby<sup>32</sup>.

### 4.4.3 CRTC

Kanadská komise pro rozhlasové a televizní vysílání (CRTC) ve spolupráci s Kanadským ústavem pro inovace, vědecký a ekonomický rozvoj (ISED) očekávají, že nyní již poměrně hojně zastoupení družicových služeb napříč Severní Amerikou bude i nadále narůstat. ISED předpokládá roční tempo růstu okolo 8,5 % do roku 2029. Zejména očekávaný je vzestup využití NGSO, ale také GSO družic na území Kanady pro zajištění dostatečného internetového připojení pro venkovské a jinak nedostupné oblasti mimo dosah pozemních sítí.

Jedním z hlavních důvodů zvýšeného zájmu o tyto služby je IoT. Družicové služby budou například v budoucnu klíčové k zefektivnění zemědělství nové generace prostřednictvím právě IoT a metod precizního zemědělství. Očekává se, že internet věcí bude také hnacím motorem provozních zlepšení, včetně zlepšení v oblasti zdraví a bezpečnosti a v těžebním, ropném a plynárenském průmyslu. Vzhledem k tomu, že se tato odvětví často nacházejí v odlehlých oblastech, pomohou družicová řešení uspokojit poptávku po Internetu věcí.

---

<sup>29</sup> [FCC Report - Expanding Flexible Use of the 3,7 to 4,2 GHz Band](#)

<sup>30</sup> [Reuters – FCC – Approval of licenses for T-Mobile and SpaceX](#)

<sup>31</sup> [T-Mobile and SpaceX coverage cooperation](#)

<sup>32</sup> [Starlink's 'Direct-to-cell' satellite service – FCC approval](#)

Hlavními pásmy pro družicové služby jsou v Kanadě C-pásmo, Ku-pásmo a Ka-pásmo. ISED prozkoumal poptávku po každém z těchto pásem, aby lépe určil budoucí využití těchto pásem<sup>33</sup>.

- **C-pásmo (3,5-7 GHz)**

Družicové sítě v tomto pásmu slouží v Kanadě pro hlasové a video služby jako komplementární k pozemním sítím v nedostupných oblastech, nebo při různých výpadcích, či pohotovostech. Většina tohoto pásma je v Kanadě pokryta třemi družicemi společnosti Telesat. C-pásmo nabízí poskytnutí poměrně stabilního a odolného signálu. Toto pásmo však vyžaduje větší a nákladnější antény a je méně vhodné pro aplikace náročné na šířku pásma, například internetové služby s vyšší kapacitou, nebo video přenosy s vysokým rozlišením.

ISED tak došel k rozhodnutí ponechat C-pásmo dostupné pro pevné a mobilní 5G služby se zanecháním družicových služeb pro odlehlé a nedostupné oblasti.

- **Ku-pásmo (10-18 GHz)**

Využití Ku-pásma je především na poli vysílání video obsahu, nebo podnikových datových služeb, jako jsou síťové připojení pro ropné a těžební společnosti, a prodejní terminály pro čerpací stanice a pošty. Ve srovnání s pásmem C umožňuje pásmo Ku použití menších antén, které jsou vhodné pro spotřebitelské použití. Spektrum v pásmu Ku je přiděleno výhradně pro pevné a vysílací družicové služby, a proto může podporovat aplikace náročné na šířku pásma, jako je širokopásmový internet a video ve vysokém rozlišení.

Pásmo Ku je i nadále aktivně využíváno pro družicové služby, a i v budoucnu se dá očekávat stálý zájem o další využití částí pásma pro uživatelské koncové stanice družic NGSO i pro pozemní stanice v pohybu.

- **Ka-pásmo (18-30 GHz)**

Mezi hlavní využití Ka-pásma patří poskytování širokopásmového přístupu k internetu do domácností a podniků. Pásmo Ka také vyžaduje menší antény než antény používané pro spotřebitelské družicové služby v nižších pásmech, což usnadňuje a zlevňuje instalaci. Přestože je toto pásmo náchylnější k výpadkům způsobeným počasím než pásma C a Ku, poskytuje v současnosti mnohem vyšší kapacitu a je preferovaným pásmem pro mnoho konstelací družic LEO.

ISED vydal v červnu 2020 rozhodnutí týkající se pásma Ka, které udělilo status ko-primární služby pevným družicovým službám GSO a NGSO v částech pásma Ka, aby se oběma typům družic poskytla rovná příležitost využívat toto spektrum a aby se usnadnily nové a inovativní služby ve venkovských a odlehlých oblastech.

Kvůli stále rostoucí poptávce po družicových službách se uvažuje nad rozšířením těchto služeb i do dalších pásem, především se mluví o pásmech Q (33-50 GHz) a V (40-75 GHz) jako o vhodných kandidátech.

#### 4.4.4 MIC

Japonské Ministerstvo vnitra a komunikace (MIC) aktivně podílí na integraci družicových služeb do 5G sítí. Velkou pozornost a zdroje věnuje zejména vývoji v oblasti NTN za spolupráce s akademickými institucemi, ale i japonskými technologickými společnostmi. V roce 2021 provedlo MIC 26 demonstrací vývoje pro realizaci služeb 5G s cílem řešit místní problémy. Důraz kladlo zejména na harmonizaci regulačních rámců, ale i na zpřístupnění těchto technologií a jejich celkové rozšíření<sup>34</sup>.

V současné době se MIC soustředí na HAPs projekt, podle něhož chce do roku 2025 vypustit bezpilotní letouny na solární pohon vybavené základnovými stanicemi mobilní sítě 5G. Tyto stanice budou létat ve stratosféře a zajistí širší pokrytí sítě než tradiční pozemní stanice. Komerční zavedení těchto zařízení bylo umožněno díky nedávnému přijetí návrhu Japonska, přednesenému v rámci WRC-23, aby kmitočty 1,7 GHz, 2 GHz a 2,6 GHz byly celosvětově

---

<sup>33</sup>ISED – Spectrum Outlook 2023 to 2027

<sup>34</sup>MIC - Announcement of FY2021 Results of Development Demonstrations

stanoveny jako standardní kmitočty HAPs. Kromě těchto nově schválených kmitočtových pásem se také využívá pásma 700-900 MHz. Schválení těchto kmitočtových pásem bylo důležitým krokem k dalšímu rozšíření těchto zařízení do Japonska, ale i globálně. MIC plánuje hromadné zavádění během roku 2025, kdy hlavní prioritou bude využití v návaznosti na pozemní stanice v odlehlých, těžko dostupných místech (v případě Japonska jde o řadu velmi malých a vzdálených ostrovů).

Dalším důležitým krokem v rozšiřování projektu HAPs je také snižování nedostupnosti internetového připojení v chudých regionech a oblastech. Na základě testu společnosti SoftBank, kdy byl proveden 5G hovor mezi Japonskem a Rwandou, pokračují snahy o budoucí rozšíření těchto technologických řešení do ekonomicky slabších regionů. Japonsko se tímto ambiciózním plánem chce dostat do vedoucí pozice na globálním telekomunikačním trhu<sup>35</sup>.

#### 4.4.5 MSIT

Jihokorejský telekomunikační regulátor v rámci Ministerstva vědy a informačních a komunikačních technologií (Ministry of Science and ICT, MSIT) představilo v rámci Plánu pro spektrum 2024-2027 několik hlavních kroků, které se chystají podstoupit pro zefektivnění využití jejich telekomunikačních služeb a nastavení středně až dlouhodobých strategií pro spektrum. Mezi hlavní cíle patří přerozdělení kmitočtových pásem, kterým brzy vyprší licence a také otevření těchto pásem pro využití v nových odvětvích.

Co se týká družicových technologií, navrhla MSIT ve svém plánu podporu pro rozšíření těchto služeb, zejména vyčleněním kmitočtového pásma 10,7-11,7 GHz. Tímto krokem se snaží podpořit růst digitálních odvětví a zjednodušit integraci družicových služeb do 5G sítí<sup>36</sup>.

MSIT dále silně podporuje vývoj v oblasti NTN, v roce 2024 proběhl v Jižní Koreji pokus o propojení pozemské 5G sítě s GEO družicí společnosti KT SAT. Tento pokus proběhl ve spolupráci s Rohde & Schwarz Korea a Viavi Solutions Korea. KT SAT oznámilo úspěšné propojení těchto dvou technologií a překonání technických komplikací souvisejících s velkou vzdáleností družice GEO snížením latence signálu, což přináší nové možnosti pro rozšiřování pokrytí pro nedostupné oblasti, či objekty ve vzdušném prostoru<sup>37</sup>.

V roce 2024 podepsala Evropská kosmická agentura (ESA) spolupráci o vývoji 5G/6G telekomunikačních služeb s jihokorejským Satcom Forum, skupinou 41 technologických společností včetně LG, KT SAT a Intellian. Tato spolupráce má pomoci s dalším vývojem a integrací 5G/6G služeb a zároveň sdílení osvědčených postupů a know-how. Korea, která je průkopníkem v oblasti 6G, představuje pro Evropu důležitého partnera v oblasti pozemních i jiných telekomunikací a díky této spolupráci cílí na dosažení přední pozice na poli moderních družicových komunikačních technologií a také vytvoření mezinárodní sdílené sítě 6G LEO družic<sup>38</sup>.

---

<sup>35</sup> [Japan's Flying 5G Base Stations - 2025](#)

<sup>36</sup> [MSIT Spectrum plan for 2024-2027](#)

<sup>37</sup> [KT SAT, Rohde&Schwarz Korea and Viavi Solutions Korea – 5G NTN through GEO Satellite](#)

<sup>38</sup> [ESA's continuing 5G/6G NTN cooperation with South Korea](#)

# 5 Dostupnost a ekonomické parametry družicového 5G v ČR

## 5.1 Přehled poskytovatelů družicové komunikace, specializace jejich služeb, dostupnost v ČR

Na trhu se již objevují služby, které zajišťují vysokorychlostní připojení k internetu prostřednictvím družicového přenosu. Zřejmě nejznámějším poskytovatelem je v současné době společnost SpaceX, která disponuje vlastní soustavou družic na nízké oběžné dráze Země (LEO) ve výšce okolo 550 km. Tyto družice obsahují tři vesmírné lasery v podobě mezidružicových zdrojů nebo ISL a operují v pásmech Ku, Ka a E s latencí zhruba 25 ms<sup>39</sup>.

Službu družicové internetové služby pomocí technologie Tooway nabízí rovněž INTV, spol. s r.o.<sup>40</sup> Tato služba poskytuje připojení k internetu přes družici KA-SAT a systém pozemských bran připojených k internetu přes hlavní evropské uzly. Pokrytí internetu by mělo být dle slov provozovatele po celé České republice a rychlost stahování se stejně jako rychlost nahrávání liší dle typu zvolené služby od 10 do 50 Mbit/s, respektive 6 až 10 Mbit/s. Tyto rychlosti se mohou dále snížit po vyčerpání měsíčního objemu prioritních dat. V porovnání se Starlinkem má tato služba až čtyřicetkrát vyšší latenci. Ceny se liší na základě zvolené služby od 490 do 2 490 Kč (bez započtení hardwaru).

Další možností je služba od společnosti IT Eron X<sup>41</sup>, která nabízí dvě varianty v různé cenové hladině (pomalejší varianta za 1000 Kč/měsíc + 15 000 Kč/instalace a rychlejší za 1 900 Kč/měsíc + 18 000 Kč/instalace) s rychlostí stahování až 200 Mbit/s a rychlostí nahrávání až 50 Mbit/s a latencí do 50-150 ms.

Evropská unie plánuje v rámci projektu IRIS<sup>2</sup> (Infrastructure for Resilience, Interconnectivity and Security by Satellite) vybudování multiorbitální družicové internetové konstelace s celkovým počtem 290 družic na střední a nízké oběžné dráze. Cílem dle EU má být zajištění širokopásmové konektivity vládním orgánům, soukromým společnostem a samotným občanům všech členských států. Systém bude podporovat široké spektrum aplikací, od krizového řízení a ochrany kritické infrastruktury po dopravu, energetiku, zdravotnictví a venkovskou konektivitu. EU plánuje postupnou implementaci projektu, přičemž první vládní služby budou spuštěny v roce 2025 skrze GOVSATCOM a plná kapacita bude dosažena do roku 2030. Významnou roli bude hrát soukromý sektor, který se zapojí prostřednictvím koncesní smlouvy, čímž se optimalizují náklady a podpoří inovace v rámci ekosystému „New Space“. Evropská komise bude projekt dozorovat ve spolupráci s ESA (The European Space Agency) a EUSPA (European Union Agency for the Space Programme), aby zajistila efektivní vývoj a nasazení služby<sup>42</sup>.

---

<sup>39</sup> [Starlink – Přehled satelitní technologie](#)

<sup>40</sup> [INTV – Přehled poskytovaných služeb](#)

<sup>41</sup> [EronX – Přehled nabídky internetových služeb](#)

<sup>42</sup> [European Commission – IRIS<sup>2</sup> – New EU Secure Satellite Constellation](#)

## 5.2 Aplikace družicového přenosu pro řešení situace v ČR

V současné době jsou již nabízena řešení vysokorychlostního internetu za pomoci družicového přenosu i v podmínkách ČR (např. prostřednictvím Starlink). Tato kapitola se zabývá pokrytím zbývajících počtu domácností (cca 2,5 mil.) aplikací družicového přenosu a jeho cenové porovnání s optickým připojením.

Pro modelový příklad byl vybrán právě produkt společnosti SpaceX – Starlink, který v momentální době nabízí své služby po celé České republice. Vybrán byl zejména vzhledem k dostupnosti a ceně nabízených služeb v porovnání s konkurencí na trhu. Jako vstupní parametr byl vybrán tarif Rezidentní, který je určen pro domácnosti, s koupí hardwaru Standard, který je nutný k fungování služby<sup>43</sup>. Tyto služby dle webových stránek dosahují rychlosti stahování mezi 121 až 274 Mbit/s a nahrávání mezi 17 až 31 Mbit/s, a to stabilně po celém území ČR. V tabulce níže můžeme vidět porovnání rychlostí a latence mezi ČR a dalšími zeměmi ve střední Evropě.

Tabulka 4: Kvalita pokrytí služby Starlink ve střední Evropě

| Oblast pokrytí | Rychlost stahování | Rychlost nahrávání | Latence  |
|----------------|--------------------|--------------------|----------|
| ČR             | 121-274 Mbit/s     | 17-31 Mbit/s       | 26-34 ms |
| Slovensko      | 141-267 Mbit/s     | 19-33 Mbit/s       | 26-37 ms |
| Německo        | 95-237 Mbit/s      | 15-28 Mbit/s       | 26-34 ms |
| Polsko         | 145-292 Mbit/s     | 20-35 Mbit/s       | 24-32 ms |
| Rakousko       | 117-258 Mbit/s     | 16-29 Mbit/s       | 29-36 ms |

Zdroj: Vlastní zpracování dle Starlink.com

Rozdíl v latenci připojení napříč těmito zeměmi je způsobem několika různými faktory. Mezi ně patří například rozdílná kapacita pozemních stanic pro dostatečné pokrytí, kdy v případě nedostatečné infrastruktury se v takových případech zvyšuje počet mezidružicových spojení pro připojení a tím snižuje kvalita služeb, ale i rozdílné dostupnosti signálu z orbit vzhledem k různým atmosférickým a geografickým vlivům.

Také rychlost stahování a nahrávání se liší napříč státy, přičemž vykazuje změny v čase, buď v závislosti na vyčerpávání stávající kapacity (pokles), anebo naopak ve spojení s rozšířením družicové konstelace nad některou oblastí (nárůst). V tomto ohledu je zajímavý fakt, že v roce 2024 byla v pěti evropských zemích (ČR, Rakousko, Řecko, Chorvatsko, Itálie) zaznamenána mediánová rychlost stahování služby Starlink vyšší, než u širokopásmového připojení (opět dle mediánu v konkrétní zemi)<sup>44</sup>. Jde o stav, kdy se družicová služba může v dané zemi jevit více atraktivní jak díky rychlosti, tak poměrně vysoké stabilitě internetového připojení. Je ale třeba mít na paměti omezení takto pojetého plošného srovnání - pevné širokopásmové služby zahrnují řadu různě kapacitních technologií a dalším faktorem je mix srovnávaných tarifů, kdy se nejedná vždy o technicky dosažitelná maxima rychlosti. V praxi tedy bude zákaznická preference vycházet z nabídky a ceny služeb v konkrétních lokálních podmínkách na úrovni obce nebo adresního bodu.

Obecně je možnost využití služeb Starlink atraktivnější v zemích s nižším stupněm rozšíření optických sítí (což demonstruje předchozí příklad). Vzhledem k intenzivním investicím do pevného širokopásmového a zejména optického připojení napříč EU se snižuje význam družicového internetového řešení jako konkurence pevného internetu, ale nabízí se spíše cesta komplementární služby doplňující nedostatky pevných sítí napříč státy.

<sup>43</sup> Starlink – Pro domácnosti, cena za tarif činí 1 250 Kč/měsíc, cena za hardware 6 740 včetně dopravy, ceny platné k 7.2.2025.

<sup>44</sup> Ookla – Starlink - Constellation investments boosting performance

Pro porovnání výhodnosti pevného připojení s družicovým v ČR byla převzata data ze studie Definice investiční mezery výstavby sítí VHCN ve vazbě na rozvoj sítí 5G<sup>45</sup>. Pro cenu „běžného“ tarifu za pomoci optického připojení uvažujeme částku 350 Kč/měsíc s dvacetiletou životností optického vlákna.

V tabulce č. 4 níže můžeme vidět intervaly dosud nepřipojených domácností seřazených dle nákladů na optické připojení. Dále v řádku vidíme nejnižší, nejvyšší náklady a průměrnou cenu za optické připojení v rámci daného intervalu. Poslední sloupec udává, jaká by byla teoretická výše měsíčního tarifu při rozpočtení uvedeného nákladu na optické připojení na dobu 20 let. Teoretická cena, zohledňující skutečné náklady na optické připojení, nebyla vypočtena pro investičně nejnáročnější interval 99,95–100 %, neboť náklady na připojení těchto domácností by cenu zvýšily nad 16,5 tisíc Kč. Z tabulky je rovněž patrné, že při současné ceně za družicový přenos ve výši 1 250 Kč (+ ceně za zařízení) je tento typ připojení již v dnešní době výhodnější pro 5 455 domácností.

Lze konstatovat, že v podmínkách ČR je využití satelitní služby pro standardní obsluhu nepřipojených domácností pouze okrajovou záležitostí a hlavní smysl implementace družicového pokrytí bude ležet v jiných modelech využití, které byly popsány v této studii.

Tabulka 5: Náklady připojení nepřipojených domácností FTTx a bod zvratu družicové komunikace

| Interval nepřipojených      | Minimální náklady na připojení | Maximální náklady na | Zbývající počet nepřipojených | Průměrná cena za optické připojení jedné | Teoretická cena tarifu, po započtení |
|-----------------------------|--------------------------------|----------------------|-------------------------------|--|--------------------------------------|
| 99,95 – 100 %               | 396 000 Kč                     | 7 437 830 Kč         | 1 268                         | 3 916 915 Kč                             | Nedopočítáno                         |
| 99,90 – 99,95 %             | 283 323 Kč                     | 396 000 Kč           | 2 536                         | 339 661 Kč                               | 1 765 Kč                             |
| 99,85 – 99,90 %             | 250 909 Kč                     | 283 323 Kč           | 3 804                         | 267 116 Kč                               | 1 463 Kč                             |
| 99,80 – 99,85 %             | 229 412 Kč                     | 250 909 Kč           | 5 072                         | 240 160 Kč                               | 1 351 Kč                             |
| <b>99,78 %<sup>46</sup></b> |                                |                      | <b>5 455</b>                  | <b>222 740 Kč</b>                        | <b>1 278 Kč</b>                      |
| 99,75 – 99,80 %             | 212 738 Kč                     | 229 412 Kč           | 6 340                         | 221 075 Kč                               | 1 271 Kč                             |
| 99,50 – 99,75 %             | 175 784 Kč                     | 212 738 Kč           | 12 679                        | 194 261 Kč                               | 1 159 Kč                             |
| 99,25 – 99,50 %             | 155 013 Kč                     | 175 784 Kč           | 19 019                        | 165 398 Kč                               | 1 039 Kč                             |
| 99,00 – 99,25 %             | 142 537 Kč                     | 155 013 Kč           | 25 358                        | 148 775 Kč                               | 970 Kč                               |
| 98,00 %                     | 108 538 Kč                     | 142 537 Kč           | 50 716                        | 125 538 Kč                               | 873 Kč                               |
| 97,00 %                     | 74 144 Kč                      | 108 538 Kč           | 76 075                        | 91 341 Kč                                | 731 Kč                               |
| 96,00 %                     | 60 000 Kč                      | 74 144 Kč            | 101 433                       | 67 072 Kč                                | 629 Kč                               |

Zdroj: Vlastní zpracování

<sup>45</sup> MPO – Definice investiční mezery výstavby sítí VHCN ve vazbě na rozvoj sítí 5G

<sup>46</sup> Hranice, při níž je pro připojení domácností ekonomicky výhodnější využití satelitního připojení oproti připojení FTTx

# 6 Závěr a doporučení

Ačkoliv dosavadní vývoj technologií představuje slibný výhled využití provázání TN – NTN technologií v poměrně širokém měřítku, z pohledu ČR je vhodné uvažovat především o těch scénářích využití, které jsou slučitelné s místními podmínkami – vnitrozemský stát, relativně malá rozloha, dobré pokrytí 5G a dosažitelnost pozemních optických sítí v širokém měřítku, ale také zatím nezapočatá modernizace komunikační infrastruktury krizových /záchranných složek (PPDR sítě).

Vlivem těchto podmínek (malého počtu bílých míst, absence odlehlých oblastí, absence využití námořních aplikací) lze využití NTN v ČR očekávat spíše v komplementárním režimu s pozemními sítěmi.

Z těchto důvodů lze doporučit:

- a) Prozkoumání možností přínosu spolupráce TN – NTN v odvětvích, kde jsou pro využití NTN identifikovány pro místní podmínky vhodné scénáře, kterými jsou zejména:
  - zabezpečené komunikace složek IZS,
  - zabezpečené krizové komunikace státní správy,
  - zabezpečení letového provozu a navigace,
  - monitoring dopravní a energetické infrastruktury,
- b) Podpořit vývoj také v dalších sektorech, jako zemědělství, lesnictví a vodní hospodářství, tj. těch, kde je perspektiva potřeby rychlé datové komunikace mezi rozptýlenými a pohyblivými zařízeními v oblastech s nesterjnoměrnou úrovní pokrytí ze strany TN.
- c) Zaměřit pozornost na časově nejbližší otázku, kterou se jeví alokování kmitočtového pásma MSS (2 GHz) po vypršení současných licencí v roce 2027 formou participace na posouzení jednotlivých scénářů využití a podmínek pro alokaci tohoto pásma (pro případné nové uchazeče) v souladu s variantními návrhy RSPG v rámci přípravy návrhu procesních kroků EK – zejm. přípravy prvků výběrového řízení v rámci příslušné komise COCOM ustanovené k projednání dalších kroků ve vztahu k MSS.