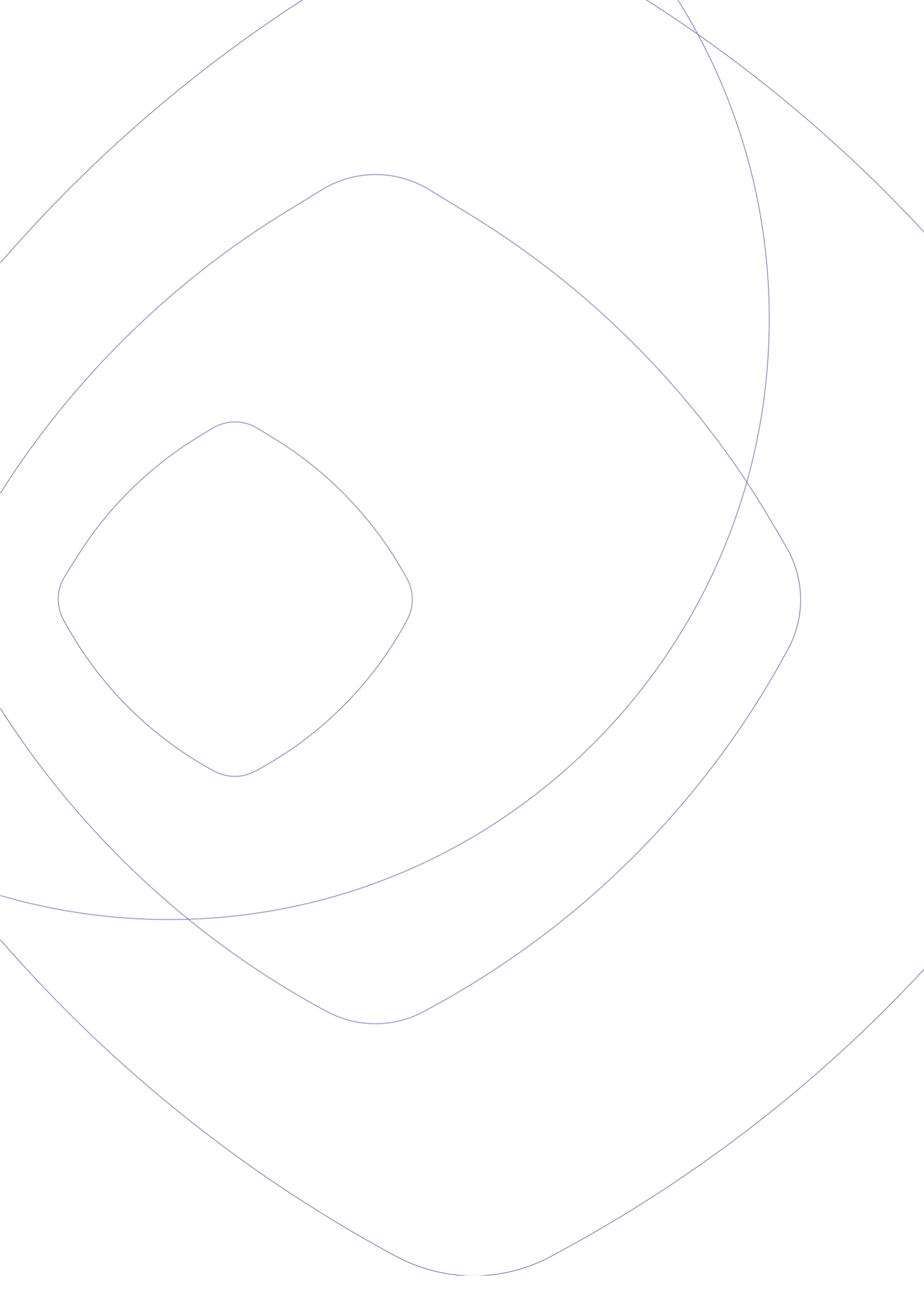


KPI mobilních 5G sítí, indikátory 5G a vazba na DESI

Připraveno pro Ministerstvo
průmyslu a obchodu

[22.09.2024]



Obsah

Seznam zkratk a vysvětlivek	4
Manažerské shrnutí	5
Management summary	9
1 Úvod	13
1.1 Představení a cíle DESI.....	13
1.2 Metodika DESI.....	14
1.3 ČR v kontextu DESI.....	16
2 Metodika výpočtu indikátoru dostupnosti 5G sítí v ČR	24
2.1 Metodika výpočtu indikátoru v DESI	25
2.2 Metodika výpočtu pokrytí 5G sítí - ČTÚ.....	25
2.3 Dostupnost sítí 5G v ČR.....	26
3 Benchmark: metodika výpočtu indikátorů dostupnosti 5G sítí dle DESI ve vybraném státu EU (Německo)	32
3.1 Metodika výpočtu.....	32
3.2 Aktuální stav dostupnosti 5G sítí v Německu	33
3.3 Komparace s ČR	35
4 Shrnutí analýzy dostupnosti	37
4.1 Shrnutí aktuálního stavu ve srovnání s vybraným státem EU	37
4.2 Aktuální a očekávané bariéry a limity rozšiřování dostupnosti	38
4.3 Předpokládaný trend do budoucnosti v kontextu DESI	39
5 Analýza kvalitativních parametrů dostupnosti 5G sítí v ČR	44
5.1 Rychlost a spolehlivost přenosu dat	44
5.2 Rozdíly mezi městskými a venkovskými oblastmi	48
5.3 Dostupnost v situacích s vysokou zátěží	51
6 Socio-ekonomické přínosy 5G sítí	56
6.1 Kvantifikace (socio)ekonomických přínosů.....	56
6.2 Socio-ekonomické přínosy dle sektorů	59
7 Environmentální kontext rozšiřování pokrytí 5G sítěmi	67

Seznam zkratek a vysvětlivek

5G	Sítě páté generace
BNA	Bundesnetzagentur
CRM	Customer Relationship Management
ČTÚ	Český telekomunikační úřad
DESI	Digital Economy and Society Index
DOCSIS	Data Over Cable Service Interface Specification
ERP	Enterprise Resource Planning
EU	Evropská unie
FTTB	Fiber to the Building
FTTH	Fiber to the Home
FTTP	Fiber to the Premises
ICT	Informační a komunikační technologie
IoT	Internet of Things (Internet věcí)
ISCO	International Standard Classification of Occupations
ISP	Internet Service Provider
ITU-R	International Telecommunication Union Radiocommunication Sector
MSP	Malé a střední podniky
SA	Stand Alone
VHCN	Very High Capacity Network
μs	Mikrosekuda

Manažerské shrnutí

Tento text se zaměřuje na klíčové indikátory pro měření výkonu mobilních 5G sítí a jejich propojení s Digital Economy and Society Index (DESI). DESI je nástrojem Evropské komise k monitorování digitální transformace členských států EU a je klíčový pro podporu politik a investic do této oblasti. Od roku 2023 není DESI publikován v samostatné zprávě, ale byl, v souladu s přijatým programem Digitální dekáda 2030 integrován do každoročních Zpráv o stavu digitální dekády. Ve výsledku tak již od zprávy pro rok 2023 není kalkulován souhrnný DESI index, jeho jednotlivé indikátory jsou ale nadále v podobné struktuře reportovány ve zmíněné Zprávě o stavu digitální dekády. Tedy v případě, kdy je v následujícím textu odkazováno na DESI, míníme tím pro rok 2023 a dále data Zprávy o stavu digitální dekády.

Cíle DESI

DESI poskytuje přehled o stavu digitální ekonomiky a společnosti v členských státech EU a shromažďuje údaje v pěti hlavních dimenzích: konektivita, lidský kapitál, používání internetových služeb, integrace digitálních technologií firmami a digitální veřejné služby. Tento nástroj identifikuje oblasti vyžadující zlepšení a určuje rozdíly mezi členskými státy, což pomáhá při tvorbě politik zaměřených na zlepšení digitální infrastruktury a dovedností. DESI také slouží jako nástroj pro informovaná rozhodnutí vlád a nastavování konkrétních cílů digitální transformace, a přispívá ke zvyšování konkurenceschopnosti členských států a podporuje rozvoj digitálních inovací a kapacit.

Metodika DESI

DESI je strukturován do pěti hlavních dimenzí, které zahrnují různé podkategorie a specifické indikátory:

1. **Digitální dovednosti:** Hodnotí úroveň digitálních dovedností mezi populací a zahrnuje základní i pokročilé digitální gramotnosti.
2. **Digitální infrastruktura:** Hodnotí dostupnost a kvalitu širokopásmového připojení, včetně mobilního širokopásmového připojení a pokrytí 5G sítěmi.
3. **Digitální transformace podniků:** Měří využití digitálních technologií v podnicích a jejich integraci do obchodních procesů.
4. **Digitalizace veřejných služeb:** Hodnotí úroveň digitalizace veřejných služeb a jejich dostupnost pro občany a podniky.

ČR v kontextu DESI

Od roku 2023 není zpracováno souhrnné hodnocení za index DESI a nelze tak zpracovat celkové srovnání ČR s ostatními státy EU. V předchozích zprávách, kdy celkové srovnání realizováno bylo, dosahovala Česká republika spíše podprůměrných výsledků v celkové hodnotě indexu. Od roku 2023 je tedy vhodné vyhodnocovat spíše dílčí indikátory a jednotlivé dimenze, než DESI jako celek.

V dimenzi lidského kapitálu a digitálních dovedností dosahuje ČR průměrné úrovně. Podíl obyvatel s alespoň základními digitálními schopnostmi je 60 %, což je nad průměrem EU. Nicméně, podíl ICT specialistů je mírně pod průměrem. V oblasti digitalizace veřejných služeb je ČR mírně pod průměrem EU, zejména v oblasti e-health, kde dosahuje výrazně nižšího skóre než průměr EU.

Pokrytí domácností velmi rychlým připojením k internetu (VHCN) je v ČR výrazně pod průměrem EU, zejména kvůli nízkému rozšíření optických sítí. V roce 2023 bylo pokrytí domácností optickými sítěmi pouze 36 %, což je třetí nejhorší hodnota v EU. Tento nedostatek výrazně ovlivňuje celkovou digitální konektivitu a představuje významnou výzvu pro další rozvoj.

Na druhé straně, dostupnost 5G sítí v ČR v roce 2023 poprvé překonala průměr EU, což je pozitivní indikátor pro další digitální rozvoj. Tento pokrok v oblasti 5G sítí může sloužit jako základ pro zlepšení dalších aspektů digitální infrastruktury. Strategická pozornost a investice do rozšíření optických sítí a zlepšení VHCN jsou klíčové pro zajištění lepší digitální konektivity a konkurenceschopnosti ČR v digitální ekonomice.

Dostupnost 5G sítí v ČR

DESI vychází při kvantifikaci indikátoru dostupnosti 5G sítí z externí studie, jejíž zpracovatelé data o dostupnosti 5G sítí získávají od národních regulátorů, který je v případě ČR Český telekomunikační úřad. Ten má pro výpočet dostupnosti 5G sítí zpracováno podrobnou metodiku měření, která stanovuje parametry pro měření za jízdy (využitelné pro měření dostupnosti 5G sítí na koridorech a dálnicích) a stacionární měření. Vzhledem k tomu, že data především ze stacionárního měření ale nejsou k dispozici, je pro výpočet dostupnosti 5G sítí využíváno simulace pokrytí. ČTÚ pro tento účel využívá matematický model ITU-

R P.1812, který simuluje šíření signálu na základě údajů o základnových stanicích. Tento model zahrnuje podrobnou analýzu terénu mezi vysílačem a přijímačem a je vhodný pro výpočty pokrytí buňkových sítí.

Z dat zpracovaných uvedenou simulací pokrytí vyplývá, že celková dostupnost 5G sítí dosahuje v ČR, dle dat ČSÚ, 96,8 % populace. Z operátorů má nejvyšší pokrytí Vodafone, jehož 5G síť může využívat 93,2 % populace a naopak nejnižší O2, jehož 5G síť pokrývá pouze 84,1 % populace. Tato data je možné desagregovat úroveň základních sídelních jednotek (ZSJ) a takto analyzovat rozdíly v dostupnosti 5G připojení v ČR. Z takové analýzy vyplývá, že zatímco ve dvou třetinách ZSJ je 5G signálem pokryto 100 % populace, dostupnost připojení se snižuje ve venkovských oblastech s nižší hustotou zalidnění, a to především v příhraničních územích ČR. Tomu odpovídají také data o rozdílu v dostupnosti 5G sítí mezi městskými a venkovskými oblastmi. Ve venkovských oblastech, vymezených dle metodiky DESI, žije 22 % obyvatel ČR (přestože odpovídá 73 % rozlohy) a dostupnost 5G sítí se v jejich případě snižuje na 87,3 %. Naopak v městských oblastech má k 5G síti alespoň jednoho operátora přístup více než 99 % obyvatel.

5G sítě jsou v ČR dostupné, s výjimkou operátora O2, především v nízkém kmitočtovém pásmu 700 MHz. Přestože licence pro provozování 5G sítí ve středním pásmu 3,4 – 3,8 GHz získalo 5 operátorů, dostupnost 5G připojení v tomto pásmu doposud nebylo dostatečně rozvinuté. Celkem má 5G připojení ve středním pásmu k dispozici cca čtvrtina populace (data k červnu 2024), rozdíly mezi operátory jsou ale značné. V případě operátora O2 je připojení v tomto pásmu k dispozici více než pětina obyvatel ČR, zatímco v případě operátora T-Mobile to je pouze 15 % a v případě operátora Vodafone 1,3 %.

Srovnání dostupnosti 5G sítí s Německem

V Německu je technologie 5G dostupná na 92 % území, přičemž 5G připojení je k dispozici pro 99,66 % domácností. Z tohoto vyplývá, že v Německu téměř neexistují tzv. „bílé místa“, tj. oblasti bez přístupu k 5G sítím. Data německého regulátora dokonce naznačují, že více než 99 % obyvatel má k dispozici připojení k 5G síti u více než jednoho operátora. V Německu je navíc výrazně vysoký podíl standalone (SA) 5G sítí, což je technologie, která funguje na vlastní nezávislé 5G infrastruktuře. Tato technologie pokrývá 89,9 % území Německa a více než 90 % domácností má přístup k SA 5G sítím. Důležitou informací je rovněž využití frekvenčních pásem. Dle dat DESI dosahuje dostupnost 5G sítí ve vyšších frekvenčních pásmech (3,4 -3,8 GHz) za rok 2023 hodnoty 43,8 % domácností. Nadále tedy převládá dostupnost v nižších frekvenčních pásmech (700 MHz), která jsou vhodnější zejména pro pokrytí méně hustě osídlených oblastí z důvodu vyššího dosahu připojení.

Míra pokrytí 5G sítěmi v ČR a Německu je tedy přibližně srovnatelná a v obou zemích je podíl domácností s přístupem k 5G sítím v kontextu EU nadprůměrný. Při bližším pohledu je ale nutné konstatovat, že ČR za Německem co se týče rozvoje 5G sítí zaostává. Operátoři v Německu již ve velké míře provedli investice do vybudování nového, „vlastního“ jádra 5G sítí, což se projevuje ve výrazně dostupnosti SA technologie na celém území. Operátoři v ČR se v zájmu rychlého spuštění 5G připojení spolehnou na technologii DSS, kdy jádro 5G sítí je sdílené s předchozí generací. Vysoké investice do přechodu na SA technologii tedy musí všichni operátoři v ČR, na rozdíl od německých, teprve učinit. Operátoři v Německu se v současnosti zaměřují především na rozšiřování dostupnosti 5G sítí ve středních kmitočtových pásmech (3,4 – 3,8 GHz), a to především v urbanizovaných oblastech, ve kterých je nutné klást vyšší prioritu na kapacitu sítě a další kvalitativní parametry. To s sebou nese rovněž vysoké investice do zahušťování sítě základnových stanic. Dostupnost připojení v tomto pásmu na konci roku 2023 v Německu přesáhla dvě pětiny populace a lze předpokládat, že nadále poroste. I v tomto případě jsou operátoři v ČR spíše pozadu – licence na provozování 5G sítí v pásmu 3,4 – 3,6 GHz sice drží již od začátku roku 2021, významnější investice do rozvoje připojení v tomto pásmu ale lze zaznamenat pouze u jednoho operátora a celkový podíl obyvatel, kteří mají připojení v pásmu 3,4 – 3,6 GHz k dispozici tak dosahuje pouze cca 25 %.

Budoucí rozvoj dostupnosti 5G sítí v ČR a trendy v kontextu DESI

Klíčové bariéry a limity rozvoje 5G sítí v ČR vyplývají ze závěrů uvedených výše. Hlavní omezení pro rozvoj 5G sítí v ČR je spojeno s nedostatečným využitím vyšších frekvenčních pásem a nutností investic do SA technologie. Pro zlepšení kvality a kapacity připojení bude nutné zvýšit podíl standalone 5G sítí a rozšířit použití pásma 3,4 – 3,6 GHz. Jinými slovy, po získání licencí k provozu 5G sítí se operátoři v ČR zaměřili na rychlý rozvoj dostupnosti sítě jako takové. Toto kritérium pokrytí obyvatel připojením k 5G síti je v ČR v kontextu EU nadprůměrné a prostor pro další růst je již velmi omezený. V následujícím období jsou ale klíčové investice do zvyšování kvality 5G sítí a v této oblasti jsou operátoři v ČR spíše pozadu za jinými státy EU.

Prostor pro další zvyšování pokrytí území 5G sítěmi je již spíše omezený. Signálem 5G sítí je aktuálně pokryto 96,8 % populace. To je stále mírně nižší podíl, než například v Německu, v kontextu EU jde ovšem o nadprůměrnou hodnotu. Další rozšiřování dostupnosti ale již může narážet na neúměrně vysoké investiční výdaje při přepočtu na počet nově pokrytého obyvatelstva.

Ve vztahu ke hodnocení ČR v indexu DESI je oblast digitální infrastruktury a konektivity hodnocena jako podprůměrná ve srovnání s ostatními státy EU i ve vztahu k formulovaným cílům „digitální dekády“. Tato skutečnost ale není způsobena pokrytím 5G sítěmi – to je ve srovnání s jinými státy EU nadprůměrné. Problémem ČR ve světle hodnocení DESI ale je trend gigabitové konektivity, způsobený především indikátorem rozvoje optických sítí. Relativní pozice ČR se proto bude v celkovém hodnocení konektivity spíše zhoršovat. Nelze totiž předpokládat, že bez zásadních investic do infrastruktury by v dohledném horizontu došlo k výraznému nárůstu podílu domácností připojených k velmi rychlému pevnému připojení k internetu – ČR bude v tomto indikátoru nadále zaostávat, zatímco „náskok“, který nyní ČR má v oblasti pokrytí 5G sítí se bude ve srovnání s ostatními členskými státy EU zmenšovat. Za předpokladu, že nedojde ke změně metodiky DESI, tj. indikátorů, které jsou do tohoto hodnocení zahrnovány, tak je nutné očekávat spíše trend zhoršujícího se hodnocení ČR.

Kvalitativní parametry dostupnosti 5G sítí v ČR

Pro analýzu kvalitativních parametrů není k dispozici dostatek robustních dat o kvalitativních parametrech připojení, hodnocení je proto nutné zpracovávat na základě několika dílčích zdrojů. Jsou zohledněna ad-hoc měření, jejich slabinou ale je skutečnost, že jsou zpravidla zadávána operátory (a publikována v jejich mediálních výstupech) – a tedy i v případě, že je měření realizováno robustní technologií a důvěryhodným zpracovatelem, je nutné brát v potaz zkreslení způsobená například pro zadavatele vhodným výběrem lokalit pro měření. Z tohoto důvodu byly analyzovány také další zdroje, jako například existující data z měření na koridorech a dálnicích nebo nezávislá data produkovaná uživateli aplikace NetTest. Tato aplikace je vyvinuta a provozována ČTÚ, data jsou tedy považována za důvěryhodná.

Z ad-hoc měření prezentovaných operátory je nejvíce aktivní operátor O2, který realizuje měření ve spolupráci s ČVUT a tvrdí, že v kvalitativních parametrech jako jsou rychlosti stahování a uploadu nebo latence dosahuje výrazně lepších výsledků než ostatní dva operátoři. Průměrná rychlost stahování má dosahovat téměř 300 Mb/s, což je téměř dvojnásobné ve srovnání s dalšími dvěma operátory. Tento rozdíl operátor přičítá především skutečnosti, že přestože má nižší pokrytí populace sítí 5G, tato je výrazně častěji poskytována ve frekvenčním pásmu 3,4 – 3,8 GHz, ve kterém je dosahováno vyšších rychlostí i kapacity sítě. Podobný závěr naznačují také výsledky měření aplikace NetTest, která rovněž řadí operátora O2 na první příčku co se týče rychlosti i latence, odstup ostatních dvou operátorů je ale menší. Je přitom ale nutné mít na paměti omezení závěrů analýzy dat aplikace NetTest, způsobená kvalitou i kvantitou dostupných dat. Průměrná rychlost stahování potom, dle dat NetTest, v ČR dosahuje více než 200 Mb/s, je ale nutné upozornit, že pro eliminaci případných zkreslení byla vzata do úvahy pouze ta měření, která byla realizována v situaci velmi silného signálu. Pokud by byla zahrnuta také měření ve zhoršených podmínkách dostupnosti mobilního signálu, výsledek by byl výrazně horší.

Naopak data z měření na koridorech a dálnicích prováděná pracovníky ČTÚ řadí operátora O2 na poslední příčku co se týče rychlosti stahování. Tento rozdíl je částečně způsoben především horším pokrytím 5G sítí v případě operátora O2.

Data z aplikace NetTest je možné částečně využít také pro indikativní srovnání rozdílů v kvalitativních parametrech připojení k 5G sítím ve městech a na venkově. Rozdíl je samozřejmě výrazný, připojení ve městech je, dle výsledků analýzy, až o polovinu rychlejší než ve venkovských oblastech, stejně tak je dosahováno nižších hodnot latence. Zároveň ale neplatí přímá úměra – kvalita připojení neklesá přímo úměrně velikosti sídla, rozhodují spíše jiné parametry (vzdálenost od větší aglomerace, geomorfologické charakteristiky území, atd.). Je ale nutné upozornit, že využití dat aplikace NetTest má omezené interpretační možnosti z důvodu počtu datových vstupů, které je možné do analýzy zahrnout i dalších omezení, souvisejících především se skutečností, že data vytvářejí samotní uživatelé při realizaci testu připojení. Výsledky analýzy tak spíše naznačují trendy, než poskytují robustní závěry.

Připojení k 5G sítím se ukazuje jako stabilnější a kvalitnější i v případě situací s vysokou zátěží (tj. především vysokou koncentrací osob) ve srovnání se staršími technologiemi, i v případě 5G sítí ale od určité hranice hustoty připojených uživatelů kvalita připojení výrazně klesá (tím spíše pokud jsou využívána nízká frekvenční pásma). Operátoři v ČR i v Evropě tato omezení (kdy zároveň lze pozorovat trend výrazného zvyšování poptávky po kvalitním připojení ve srovnání s minulostí, resp. objemů datových toků v případě akcí s vysokou koncentrací osob) řeší rozmisťováním mobilních základnových stanic nebo výrazným posílením infrastruktury na stadionech, koncertních halách a dalších lokalitách, kde lze vysokou koncentraci uživatelů pravidelně očekávat. Plného využití potenciálu 5G sítí pro zvládnání takových situací je ale možné dosáhnout až při aplikaci technologie „stand alone“.

Socioekonomické přínosy a environmentální souvislosti rozvoje 5G sítí.

Socioekonomické přínosy 5G sítí jsou hodnoceny především z hlediska jejich dopadu na hrubý domácí produkt (HDP), zaměstnanost a ekonomické přínosy v různých sektorech.

Evropská komise již v roce 2017 odhadovala, že ve čtyřech klíčových strategických sektorech (automotive, zdravotnictví, doprava a energetika) může roční ekonomický přínos dosáhnout až 113 miliard EUR, přičemž se očekává vytvoření přibližně 23 milionů pracovních příležitostí. Také další zdroje se shodují na významném přínosu rozvoje 5G sítí co se týče HDP i pracovních míst. Zpráva Evropského účetního dvora z roku 2021, která cituje odhady společnosti Accenture, například uvádí, že zavedení a rozvoj 5G sítí může přispět k celkovému HDP EU až 1 bilion EUR v období 2021–2025 a vytvořit nebo transformovat až 20 milionů pracovních míst. Analýzy využívají různé ekonomické modely, včetně input-output modelování, které sleduje tok zboží a služeb mezi sektory ekonomiky, a dynamických panelových dat.

5G technologie mají specifické přínosy v konkrétních sektorech. V zemědělství mohou zvýšit výnosy až o 25 % a snížit náklady na vodu a energii. Přínosy v oblasti zemědělství zahrnují rozvoj precizního zemědělství, zvýšenou produktivitu, snížení nákladů a pozitivní environmentální dopady. Rozvoj 5G sítí má potenciál přinést významné ekonomické dopady také v dalších sektorech, podpořit inovace a zlepšit kvalitu života. Tyto přínosy jsou komplexní a zahrnují jak přímé ekonomické dopady, tak širší socioekonomické efekty, které přispívají k růstu a konkurenceschopnosti evropské ekonomiky.

5G sítě přinášejí zvýšenou efektivitu přenosu dat, což vede k energetickým úsporám na jednotku přenosu. Nicméně, celková spotřeba energie se může zvýšit kvůli potřebě husté sítě malých základnových stanic. Tyto stanice, nezbytné pro zajištění pokrytí a kapacity, zvyšují celkovou energetickou náročnost sítě.

Kromě energetických aspektů jsou environmentální náklady spojeny také s výrobou a instalací nových zařízení, což zahrnuje těžbu surovin, výrobu a logistiku. Tyto procesy mohou vést k vyšším emisím CO₂ a produkci elektronického odpadu. Existují také obavy ze zvýšeného elektromagnetického záření způsobeného hustou sítí malých buněk, což může vést k omezením rozvoje infrastruktury.

Management summary

This text focuses on key indicators for measuring the performance of mobile 5G networks and their connection to the Digital Economy and Society Index (DESI). DESI is the European Commission's tool for monitoring the digital transformation of EU Member States and is key to supporting policies and investments in this area. Since 2023, DESI is not published in a separate report, but has been, in accordance with the adopted Digital Decade 2030 program, integrated into the annual Reports on the State of the Digital Decade. As a result, the summary DESI index is no longer calculated from the 2023 report onwards, but its individual indicators continue to be reported in a similar structure in the aforementioned Report on the State of the Digital Decade. Thus, in the case where DESI is referred to in the following text, we mean the dates of the State of the Digital Decade Report for 2023 and beyond.

Objectives of DESI

DESI provides an overview of the state of the digital economy and society in EU Member States and collects data in five main dimensions: connectivity, human capital, use of internet services, integration of digital technologies by businesses and digital public services. The tool identifies areas for improvement and identifies differences between Member States, helping to shape policies aimed at improving digital infrastructure and skills. DESI also serves as a tool for informed decisions by governments and setting specific goals for digital transformation, and contributes to increasing the competitiveness of Member States and supports the development of digital innovation and capacities.

DESI methodology

DESI is structured into five main dimensions, which include various subcategories and specific indicators:

1. **Digital Skills** : Assesses the level of digital skills among the population and includes both basic and advanced digital literacy.
2. **Digital Infrastructure** : Assesses the availability and quality of broadband, including mobile broadband and 5G network coverage.
3. **Digital transformation of businesses** : Measures the use of digital technologies in businesses and their integration into business processes.
4. **Digitization of public services** : Evaluates the level of digitization of public services and their accessibility for citizens and businesses.

CR in the context of DESI

As of 2023, a summary assessment for the DESI index has not been processed, and thus an overall comparison of the Czech Republic with other EU states cannot be presented. In previous reports, when the overall comparison was carried out, the Czech Republic achieved rather below average results in the overall value of the index. From 2023, it is therefore appropriate to evaluate sub-indicators and individual dimensions rather than DESI as a whole. In terms of human capital and digital skills, the Czech Republic achieves an average level. The share of the population with at least basic digital skills is 60%, which is above the EU average. However, the share of ICT specialists is slightly below average. In the area of digitalization of public services, the Czech Republic is slightly below the EU average, especially in the area of e- health , where it achieves a significantly lower score than the EU average.

The coverage of households with a very fast Internet connection (VHCN) in the Czech Republic is significantly below the EU average, mainly due to the low spread of optical networks. In 2023, household fiber network coverage was only 36%, the third worst figure in the EU. This deficiency significantly affects overall digital connectivity and represents a significant challenge for further development.

On the other hand, the availability of 5G networks in the Czech Republic exceeded the EU average for the first time in 2023, which is a positive indicator for further digital development. This progress in 5G networks can serve as a basis for improving other aspects of digital infrastructure. Strategic attention and investment in expanding optical networks and improving VHCN are key to ensuring better digital connectivity and competitiveness of the Czech Republic in the digital economy.

Availability of 5G networks in the Czech Republic

When quantifying the indicator of the availability of 5G networks, DESI is based on an external study whose processors obtain data on the availability of 5G networks from national regulators, which in the case of the Czech Republic is the Czech Telecommunications Authority. The latter has developed a detailed measurement methodology for calculating the availability of

5G networks, which sets the parameters for measurements while driving (useful for measuring the availability of 5G networks on corridors and highways) and stationary measurements. Given that data mainly from stationary measurements are not available, coverage simulation is used to calculate the availability of 5G networks. For this purpose, CTA uses the mathematical model ITU-R P.1812, which simulates signal propagation based on data about base stations. This model includes a detailed analysis of the terrain between the transmitter and the receiver and is suitable for coverage calculations of cellular networks.

From the data processed by the mentioned coverage simulation, it follows that the total availability of 5G networks in the Czech Republic reaches 96.8% of the population, according to CTA data. Of the operators, Vodafone has the highest coverage, whose 5G network can be used by 93.2% of the population, and conversely, O2, whose 5G network covers only 84.1% of the population, has the lowest coverage. It is possible to disaggregate this data at the level of basic residential units (ZSJ) and thus analyze differences in the availability of 5G connections in the Czech Republic. Such an analysis shows that while 100% of the population is covered by a 5G signal in two-thirds of the ZSJ, the availability of connection decreases in rural areas with a lower population density, especially in the border areas of the Czech Republic. Data on the difference in the availability of 5G networks between urban and rural areas also correspond to this. In rural areas, defined according to the DESI methodology, 22% of the population of the Czech Republic live (although it corresponds to 73% of the area), and the availability of 5G networks in their case decreases to 87.3%. Conversely, in urban areas, more than 99% of the population has access to the 5G network of at least one operator.

5G networks are available in the Czech Republic mainly, with the exception of the operator O2, in the low frequency band of 700 MHz. Although 5 operators have received licenses to operate 5G networks in the mid-3.4-3.8 GHz band, the availability of 5G connections in this band has not yet been sufficiently developed. In total, a 5G connection in the medium band is available to about a quarter of the population (data from June 2024), but the differences between operators are significant. In the case of the O2 operator, a connection in this band is available to more than a fifth of the population of the Czech Republic, while in the case of the T-Mobile operator it is only 15% and in the case of the Vodafone operator 1.3%.

Comparison of the availability of 5G networks with Germany

In Germany, 5G technology is available in 92% of the territory, with a 5G connection available to 99.66% of households. It follows from this that there are almost no so-called "white spots" in Germany, i.e. areas without access to 5G networks. Data from the German regulator even suggests that more than 99% of the population has access to a 5G network from more than one operator. In addition, there is a significantly high proportion of standalone (SA) 5G networks in Germany, which is a technology that operates on its own independent 5G infrastructure. This technology covers 89.9% of Germany and more than 90% of households have access to SA 5G networks. The use of frequency bands is also important information. According to DESI data, the availability of 5G networks in higher frequency bands (3.4-3.8 GHz) in 2023 reaches 43.8% of households. Availability continues to prevail in lower frequency bands (700 MHz), which are more suitable especially for covering less densely populated areas due to higher connection range.

The level of coverage by 5G networks in the Czech Republic and Germany is therefore approximately comparable, and in both countries the share of households with access to 5G networks is above average in the context of the EU. At a closer look, however, it is necessary to state that the Czech Republic lags behind Germany in terms of the development of 5G networks. Operators in Germany have already invested heavily in building a new, "own" core of 5G networks, which is reflected in the significant availability of SA technology throughout the territory. In order to quickly launch 5G connections, operators in the Czech Republic have relied on DSS technology, where the core of 5G networks is shared with the previous generation. Therefore, all operators in the Czech Republic, unlike the German ones, have yet to make high investments in the transition to SA technology. Operators in Germany are currently focusing mainly on expanding the availability of 5G networks in medium frequency bands (3.4 – 3.8 GHz), especially in urbanized areas, in which it is necessary to place a higher priority on network capacity and other quality parameters. This also entails high investments in densifying the network of base stations. The availability of connections in this band exceeded two fifths of the population in Germany at the end of 2023 and can be assumed to continue to grow. Even in this case, the operators in the Czech Republic are rather behind - although they have held the license to operate 5G networks in the 3.4-3.6 GHz band since the beginning of 2021, significant investments in the development of connections in this band can only be noted with one operator and the total share of the population that has a connection in the 3.4-3.6 GHz band is thus only about 25%.

The future development of the availability of 5G networks in the Czech Republic and trends in the context of DESI

The key barriers and limits to the development of 5G networks in the Czech Republic result from the conclusions stated above. The main limitation for the development of 5G networks in the Czech Republic is connected with insufficient use of higher frequency bands and the necessity of investments in SA technology. To improve the quality and capacity of the connection, it will be necessary to increase the share of standalone 5G networks and expand the use of the 3.4-3.6 GHz band. In other words, after obtaining licenses to operate 5G networks, operators in the Czech Republic focused on the rapid development of network availability as such. This criterion of population coverage by connecting to the 5G network is above average in the Czech Republic in the context of the EU, and the scope for further growth is already very limited. In the following period, however, the key investments are in improving the quality of 5G networks, and in this area operators in the Czech Republic are rather behind other EU states.

The space for further increasing the coverage of the territory with 5G networks is already rather limited. 96.8% of the population is currently covered by the 5G network signal. This is still a slightly lower share than, for example, in Germany, but in the context of the EU it is, however, an above-average value. However, further expansion of availability may already result in disproportionately high investment expenses when converted to the number of newly covered population.

In relation to the assessment of the Czech Republic in the DESI index, the area of digital infrastructure and connectivity is assessed as below average compared to other EU states and in relation to the formulated goals of the "digital decade". But this fact is not due to the coverage of 5G networks – this is above average compared to other EU states. However, the problem of the Czech Republic in the light of the DESI evaluation is the trend of gigabit connectivity, caused mainly by the indicator of the development of optical networks. The relative position of the Czech Republic will therefore tend to deteriorate in the overall assessment of connectivity. It cannot be assumed that without fundamental investments in infrastructure there would be a significant increase in the share of households connected to a very fast fixed Internet connection in the foreseeable future - the Czech Republic will continue to lag behind in this indicator, while the "lead" that the Czech Republic now has in the area of 5G coverage network will shrink compared to other EU member states. On the assumption that there will be no change in the DESI methodology, i.e. the indicators that are included in this assessment, it is necessary to expect a trend of a worsening assessment of the Czech Republic.

Qualitative parameters of the availability of 5G networks in the Czech Republic

For the analysis of the qualitative parameters, there is not enough robust data on the qualitative parameters of the connection, so the evaluation must be processed on the basis of several partial sources. Ad-hoc measurements are taken into account, but their weakness is the fact that they are usually contracted by operators (and published in their media outputs) - and therefore even if the measurement is carried out by robust technology and a trusted institution, it is necessary to take into account the distortions caused by for example a selection of a more favorable locations for measurements from the point of view of the contractor of a study. For this reason, other sources were also analyzed, such as existing measurement data on corridors and highways or independent data produced by NetTest users. This application is developed and operated by CTA, so the data is considered trustworthy.

Of the ad-hoc measurements presented by the operators, the operator O2 is the most active, which performs measurements in cooperation with Czech Technical University and claims that it achieves significantly better results than the other two operators in quality parameters such as download and upload speeds or latency. The average download speed is said to reach almost 300 Mb/s, which is almost double compared to the other two operators. The operator attributes this difference mainly to the fact that, although it has lower coverage of the population with 5G networks, it is significantly more often provided in the 3.4-3.8 GHz frequency band, in which higher speeds and network capacity are achieved. A similar conclusion is also indicated by the measurement results of the NetTest application, which also ranks the O2 operator first in terms of speed and latency, but the distance to the other two operators is smaller. However, it is necessary to keep in mind the limitations of the NetTest data analysis conclusions, caused by the quality and quantity of available data. Then, according to NetTest data, the average download speed in the Czech Republic reaches more than 200 Mb/s, but it is necessary to point out that to eliminate possible distortions, only those measurements that were carried out in a very strong signal situation were taken into account. If measurements that were performed in conditions of poor mobile signal availability were also included, the result would be significantly worse.

On the contrary, the data from measurements on corridors and highways carried out by CTA employees ranks the O2 operator last in terms of download speeds. This difference is partly due to the worse coverage of the 5G network in the case of the O2 operator.

Data from the NetTest application can also be to some extent used to indicatively compare the difference in quality parameters of connection to 5G networks in cities and rural areas. Of course, the difference is significant, the connection in cities is, according to this analysis, up to half as fast as in rural areas, and lower latency values are also achieved. At the same time, however, direct proportionality does not apply - the quality of the connection does not decrease in direct proportion to the size of the settlement, other parameters are more decisive (distance from a larger agglomeration, geomorphological characteristics of the territory, etc.). However, it is necessary to point out that the use of data from the NetTest application has limited interpretation possibilities due to the number of data entries that can be included in the analysis, as well as other limitations, mainly related to the fact that the data is created by the users themselves during a connection test. The results of the analysis thus indicate trends rather than providing robust conclusions.

The connection to 5G networks turns out to be more stable and of better quality even in situations with high load (i.e. especially a high concentration of people) compared to older technologies, but even in the case of 5G networks, the quality of the connection drops significantly after a certain limit of the density of connected users (all the more so if low frequency bands are used). Operators in the Czech Republic and in Europe solve these limitations (when at the same time a trend of significant increase in demand for high-quality connection can be observed compared to the past, resp. volumes of data flows in the case of events with a high concentration of people) by deploying mobile base stations or significantly strengthening the infrastructure in stadiums, concert halls and other locations where a high concentration of users can be regularly expected. However, full use of the potential of 5G networks for managing such situations can only be achieved with the application of "stand alone".

Socio-economic benefits and environmental implications of the development of 5G networks

The socio-economic benefits of 5G networks are evaluated primarily in terms of their impact on gross domestic product (GDP), employment and economic benefits in various sectors.

Already in 2017, the European Commission estimated that in the four key strategic sectors (automotive, healthcare, transport and energy) the annual economic contribution could reach up to EUR 113 billion, with the expected creation of around 23 million job opportunities. Other sources also agree on the significant contribution of the development of 5G networks in terms of GDP and jobs. A 2021 report by the European Court of Auditors, citing estimates by Accenture, for example, states that the deployment and development of 5G networks can contribute up to €1 trillion to total EU GDP in the period 2021–2025 and create or transform up to 20 million jobs. The analyzes use a variety of economic models, including input-output modeling that tracks the flow of goods and services between sectors of the economy, and dynamic panel data.

5G technologies have specific benefits in specific sectors. In agriculture, they can increase yields by up to 25% and reduce water and energy costs. Agricultural benefits include the development of precision agriculture, increased productivity, reduced costs and positive environmental impacts. The development of 5G networks has the potential to bring significant economic impacts in other sectors as well, to support innovation and improve the quality of life. These benefits are complex and include both direct economic impacts and wider socio-economic effects that contribute to the growth and competitiveness of the European economy.

5G networks bring increased data transmission efficiency, which leads to energy savings per transmission unit. However, the overall power consumption may increase due to the need for a dense network of small base stations. Necessary to ensure coverage and capacity, these stations increase the overall energy demand of the network.

In addition to energy aspects, environmental costs are also associated with the production and installation of new equipment, which includes extraction of raw materials, production and logistics. These processes can lead to higher CO₂ emissions and the production of e-waste. There are also concerns about increased electromagnetic radiation caused by a dense network of small cells, which may lead to restrictions on infrastructure development.

1 Úvod

1.1 Představení a cíle DESI

Digital Economy and Society Index (DESI) je klíčovým nástrojem Evropské komise pro monitoring pokroku členských států co se týče digitální transformace a jako takový hraje důležitou roli při podpoře tvorby politik a investic zaměřených na digitální transformaci. Klíčovým výstupem tohoto procesu je DESI zpráva, která je publikovaná každoročně od roku 2014 a poskytuje přehled o digitálním vývoji v jednotlivých členských státech Evropské unie. Index hodnotí úroveň digitalizace na základě různých kritérií a kategorií, což umožňuje srovnání a analýzu pokroku v oblasti digitální ekonomiky a společnosti v rámci EU a zároveň identifikuje nedostatky (na úrovni EU jako celku i členských států) a poskytuje podporu pro tvorbu politik zaměřených na oblast digitalizace a konkurenceschopnosti.

Od roku 2023 není Index digitální ekonomiky a společnosti (DESI) publikován v samostatné zprávě, ale byl, v souladu s přijatým programem Digitální dekáda 2030 integrován do každoročních Zpráv o stavu digitální dekády. Ve výsledku tak již od zprávy pro rok 2023 není kalkulován souhrnný DESI index, jeho jednotlivé indikátory jsou ale nadále v podobné struktuře reportovány ve zmíněné Zprávě o stavu digitální dekády. Tedy v případě, kdy je v následujícím textu odkazováno na DESI, míníme tím pro rok 2023 a dále data Zprávy o stavu digitální dekády. V zájmu zachování datových řad tedy oba nástroje provazujeme (jediné, co pro rok 2023-24 již vyjádřit nelze, je samotná celková hodnota DESI indexu).

Dle jednotlivých zpráv a dalších dokumentů lze cíle DESI shrnout následovně:

1. Sledování pokroku v digitální transformaci

DESI poskytuje komplexní přehled o stavu digitální ekonomiky a společnosti v jednotlivých členských státech EU. V tomto smyslu DESI shromažďuje a analyzuje údaje v pěti hlavních dimenzích (konektivita, lidský kapitál, používání internetových služeb, integrace digitálních technologií firmami a digitální veřejné služby) a umožňuje tak detailní sledování a srovnávání digitálního vývoje.

2. Identifikace nedostatků a oblastí k vylepšení

DESI identifikuje oblasti, kde jednotlivé členské státy zaostávají a kde jsou nutná zlepšení. V tomto smyslu zpracovává:

- Analýzy slabých míst: Díky podrobným statistikám a ukazatelům může DESI přesně určit, které oblasti digitální ekonomiky a společnosti vyžadují další investice nebo reformy.
- Identifikace rozdílů: DESI ukazuje rozdíly mezi jednotlivými členskými státy, což má napomáhat pochopení, kde je třeba zvýšit úsilí k dosažení konvergence v digitální oblasti na úrovni celé EU.

3. Podpora tvorby politik a rozhodování

DESI má sloužit jako nástroj pro informovaná rozhodnutí národních vlád a nastavování konkrétních cílů a priorit v rámci národních strategií digitální transformace a v evropských iniciativách, jako je Europe's Digital Decade (viz <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/digital-decade>), která stanovuje konkrétní cíle pro digitální transformaci do roku 2030.

4. Podpora konkurenceschopnosti a inovací

Cílem DESI je přispívat ke zvyšování konkurenceschopnosti členských států a EU jako celku tím, že podporuje rozvoj digitálních inovací a kapacit. V tomto smyslu je významné, že se index zaměřuje, mimo jiné, na otázku digitálních kompetencí (dovedností), jejichž sledováním a podporou rozvoje těchto kapacit má přispívat ke zvyšování kvalifikace pracovní síly. Index zároveň také systematicky sleduje adopci digitálních technologií v soukromém i veřejném sektoru.

DESI tedy hraje klíčovou roli v rámci širšího rámce politiky digitální transformace Evropské unie. Mezi klíčové politiky a iniciativy EU provázané s DESI patří především:

- Digitální strategie EU / Cesta k digitální dekádě (viz <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en>, https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/europes-digital-decade-digital-targets-2030_en): DESI podporuje cíle digitální strategie EU, která si klade za cíl zlepšit digitální infrastrukturu, dovednosti a inovace.
- Program Digitální Evropa (<https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/activities/digital-programme>): Tento program financuje projekty a iniciativy zaměřené na zlepšení digitálních schopností a infrastruktury v Evropě.

- Horizon Europe(https://research-and-innovation.ec.europa.eu/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe_en): Výzkumný a inovační program, který podporuje projekty v oblasti digitální transformace.
- Plán obnovy pro Evropu (https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/recovery-plan-europe_en): DESI slouží jako vodítko pro investice do digitální infrastruktury a dovedností, mimo jiné v rámci nástroje NextGenerationEU.
- Atd.

Shrnutí a závěr

DESI poskytuje přehled o stavu digitální ekonomiky a společnosti v členských státech EU a shromažďuje údaje v pěti hlavních dimenzích: konektivita, lidský kapitál, používání internetových služeb, integrace digitálních technologií firmami a digitální veřejné služby. Tento nástroj identifikuje oblasti vyžadující zlepšení a určuje rozdíly mezi členskými státy, což pomáhá při tvorbě politik zaměřených na zlepšení digitální infrastruktury a dovedností. DESI také slouží jako nástroj pro informovaná rozhodnutí vlád a nastavování konkrétních cílů digitální transformace, a přispívá ke zvyšování konkurenceschopnosti členských států a podporuje rozvoj digitálních inovací a kapacit.

1.2 Metodika DESI

Harmonizace a srovnatelnost datové základny pro vyjádření indexu jsou pro jeho věrohodnost a relevanci zcela klíčové. Tento systém umožňuje detailní analýzu a srovnání mezi státy. Metodika DESI je strukturována do pěti hlavních dimenzí, které jsou dále rozděleny do několika podkategorií a specifických indikátorů, jejichž metodiky by právě měly být co nejvíce harmonizované pro zajištění srovnatelnosti. Konkrétně se DESI skládá z následujících dimenzí a indikátorů¹:

1. Digitální dovednosti (dříve: Lidský kapitál)

Dimenze hodnotí úroveň digitálních dovedností mezi populací. Zahrnuje jak základní digitální gramotnost, tak pokročilé dovednosti nezbytné pro práci v digitální ekonomice.

• Dovednosti ve využívání internetu:

- (1a1) **Využívání internetu**: Podíl osob, které používají internet alespoň jednou týdně.
- (1a2) **Alespoň základní digitální gramotnost**: Měří procento populace se základními digitálními nebo vyššími než základními digitálními dovednostmi v pěti dimenzích (informační a datová gramotnost, komunikace a spolupráce, řešení problémů, tvorba digitálního obsahu a bezpečnost)
- (1a3) **Vyšší než základní digitální dovednosti**: Sleduje procento populace s vyššími než základními digitálními dovednostmi v dimenzích uvedených výše
- (1a4) **Alespoň základní digitální dovednosti v oblasti tvorby digitálního obsahu**: Procento osob s alespoň základní úrovní dovedností co se týče používání SW pro tvorbu digitálního obsahu.
- (1a5) **Podniky poskytující odbornou přípravu v oblasti ICT**: Procento podniků, které poskytují vzdělávání v oblasti ICT svým zaměstnancům.

¹ Metodologie kalkulace DESI bývá rok od roku upravována. Zde je prezentována metodika za rok 2023, která byla v čase zpracování analýzy nejaktuálnější. Metodika DESI za rok 2024 byla publikována v červenci 2024. Odchylně od výše uvedeného metodika za rok 2024 nezohledňuje indikátory 1a5, 1a6, 1b3, 3c3 a 4a4. Naopak do indexu přidává následující indikátory:

- Podoblast „pevné širokopásmové připojení“ (2a):
 - Připojení k internetu celkem – podíl domácností, které mají doma připojení k internetu
- Podoblast „mobilní širokopásmové připojení“ (2b):
 - Pokrytí 5G sítěmi v pásmu 3,4-3,8 GHz – podíl obydlených oblastí, kde je k dispozici připojení k 5G v uvedeném pásmu
 - 5G SIM karty – podíl mobilních připojení k 5G sítí na populaci, vyjádřených jako počet SIM karet, které zaznamenaly internetový provoz v domácí 5G síti za posledních 90 dní
 - Edge nodes (okrajové uzly) – počet uzlů pokrývajících latenci nižší než 20 milisekund
- Podoblast „digitální technologie pro podniky“ (3b):
 - AI nebo cloučové technologie nebo datová analytika – podíl podniků, které využívají AI technologie nebo nakupují sofistikované cloučové výpočetní služby nebo realizují datovou analytiku
 - „jednorožci“ (Unicorns) – počet firem odpovídajících kategorii „jednorožců“ dle definice v Rozhodnutí (EU) 2022/2481 (čl. 2, odst. 11(a) a 11(b))

- (1a6) **Ženy, které mají alespoň základní digitální dovednosti:** Měří procento populace - žen se základními nebo vyššími než základními digitálními dovednostmi v pěti dimenzích uvedených v 1a2
- **Pokročilé dovednosti a rozvoj:**
 - (1b1) **Odborníci v oblasti ICT:** Procento pracovní síly tvořící specialisté v oblasti informačních a komunikačních technologií (vymezených na základě klasifikace ISCO-08) na všech zaměstnaných osobách ve věku 15 – 74 let.
 - (1b2) **Absolventi ICT:** Procento absolventů ICT oborů na všech absolventech.
 - (1b3) **Odbornice v oblasti ICT:** Procento pracovní síly – ženy specialistky v oblasti ICT na všech specialistech v oblasti ICT.

2. Digitální infrastruktura (dříve: Konektivita)

Dimenze hodnotí dostupnost a kvalitu širokopásmového připojení v členských státech EU. Efektivní konektivita je základem pro digitální ekonomiku, a proto se měří několik aspektů širokopásmového připojení.

Podkategorie a indikátory:

- **Pevné širokopásmové připojení:**
 - (2a1) **Využití pevného širokopásmového připojení s rychlostí alespoň 100 Mb/s:** Procento domácností, které si předplácí pevné širokopásmové připojení o rychlosti alespoň 100 Mbps, vypočtené jako celkové využití širokopásmového připojení vynásobené procentem pevných širokopásmových linek s rychlostí alespoň 100 Mbps
 - (2a2) **Využití připojení s rychlostí alespoň 1 Gb/s:** Procento domácností, které si předplatily pevné širokopásmové připojení o rychlosti alespoň 1 Gb/s, vypočtené jako celkové využití širokopásmového připojení vynásobené procentem pevných širokopásmových linek o rychlosti alespoň 1 Gb/s
 - (2a3) **Pokrytí pevnou sítí s velmi vysokou kapacitou (VHCN):** Procento domácností, na které se vztahuje jakákoli pevná VHCN. Uvažované technologie jsou FTTH a FTTB pro roky 2017–2018 a FTTH, FTTB a Cable DOCSIS 3.1 pro rok 2019 a dále.
 - (2a4) **Pokrytí Fiber to the Premises (FTTP):** Procento domácností pokrytých FTTH a FTTB
- **Mobilní širokopásmové připojení:**
 - (2b1) **Využití mobilního širokopásmového připojení:** Procento osob, které využívají internet na mobilním zařízení (podíl osob, které mají předplacena mobilní data)
 - (2b2) **Pokrytí 5G sítí:** Procento obydlených oblastí, které je pokryto alespoň jednou mobilní 5G sítí².
 - (2b3) **5G spektrum:** Množství přiděleného spektra a připravené pro použití 5G sítěmi v rámci takzvaných průkopnických pásem 5G. Tato pásma jsou 700 MHz (703-733 MHz a 758-788 MHz), 3,6 GHz (3400-3800 MHz) a 26 GHz (1000 MHz v rámci 24250-27500 MHz). Všechna tři pásma spektra mají stejnou váhu.

3. Digitální transformace podniků (dříve: Integrace digitálních technologií)

Podkategorie a indikátory:

- **Digitální intenzita:**
 - (3a1) **MSP s alespoň základní úrovní digitální intenzity:** Kalkulováno prostřednictvím tzv. skóre digitální intenzity, které počítá, kolik z vybraných 12 technologií je podnikem využíváno. Základní úrovně digitální intenzity dosahuje, pokud využívá alespoň 4 technologie.
- **Digitální technologie pro podniky:**
 - (3b1) **Elektronické sdílení informací:** Procento podniků, které používají softwarový balík ERP (plánování podnikových zdrojů) ke sdílení informací mezi různými funkčními oblastmi (např. účetnictví, plánování, výroba, marketing).
 - (3b2) **Sociální média:** Procento podniků využívajících dvě nebo více následujících sociálních médií: sociální síť, podnikový blog nebo mikroblog, webové stránky pro sdílení multimediálního obsahu, nástroje pro sdílení znalostí založené na wiki. Používání sociálních médií znamená, že podnik má uživatelský profil, účet nebo uživatelskou licenci v závislosti na požadavcích a typu sociálních médií.
 - (3b3) **Big data:** Procento podniků analyzujících velká data z jakéhokoli zdroje dat.
 - (3b4) **Cloudové technologie:** Procento podniků, které nakupují alespoň jednu z následujících služeb cloud computingu: hosting podnikové databáze, účetní softwarové aplikace, CRM software, výpočetní výkon
 - (3b5) **Umělá inteligence:** Procento podniků využívajících jakoukoli technologii AI
 - (3b6) **Elektronické faktury:** Procento podniků, které zasílají e-faktury, vhodné pro automatizované zpracování
- **E-commerce:**

² V praxi je v indikátoru ovšem reportován podíl domácností, nikoliv podíl území.

- (3c1) **Malé a střední podniky prodávající online:** Procento malých a středních podniků (MSP), které prodávají online.
- (3c2) **Obrat e-commerce:** Celkový obrat malých a středních podniků z elektronického obchodování na celkovém obratu MSP
- (3c3) **Přeshraniční online prodej:** Procento MSP, které prodávají online do jiných zemí EU.

4. Digitalizace veřejných služeb

Dimenze digitálních veřejných služeb hodnotí úroveň digitalizace veřejných služeb a jejich dostupnost pro občany a podniky.

- **E-government:**

- (4a1) **Uživatelé e-governmentu:** Jednotlivci, kteří v posledních 12 měsících použili internet k interakci s veřejnými orgány na webových stránkách nebo v mobilních aplikacích – jako % všech uživatelů internetu
- (4a2) **Digitální veřejné služby pro občany:** Podíl administrativních kroků, které lze pro občany udělat online u významných životních událostí (narození dítěte, nové bydliště atd.).
- (4a3) **Digitální veřejné služby pro podniky:** Hodnocení dostupnosti digitálních služeb pro firmy.
- (4a4) **Používání e-government služeb:** Procento občanů, kteří využívají e-government služby. Indikátor obecně odráží podíl veřejných služeb potřebných pro zahájení podnikání a provádění běžných obchodních operací, které jsou dostupné online pro domácí i zahraniční uživatele. Služby poskytované prostřednictvím portálu dostávají vyšší skóre, služby, které poskytují pouze informace (ale musí být dokončeny offline), dostávají omezenější skóre.
- (4a5) **Předvyplněné formuláře:** Množství dat, které je předvyplněno ve veřejných online formulářích
- (4a6) **Transparentnost poskytovaných služeb, jejich designu a osobních údajů:** Míra, do jaké jsou procesy služeb transparentní, služby jsou navrženy se zapojením uživatelů a uživatelé mají kontrolu nad svými osobními údaji
- (4a7) **Uživatelská podpora:** Rozsah, v jakém je dostupná online podpora, funkce nápovědy a mechanismy zpětné vazby vč. v přeshraničním kontextu
- (4a8) **„Mobilní přívětivost“ (Mobile Friendliness):** Rozsah, v jakém jsou služby e-governmentu poskytovány prostřednictvím mobilního rozhraní, rozhraní, které reaguje na mobilní zařízení.

- **E-health:**

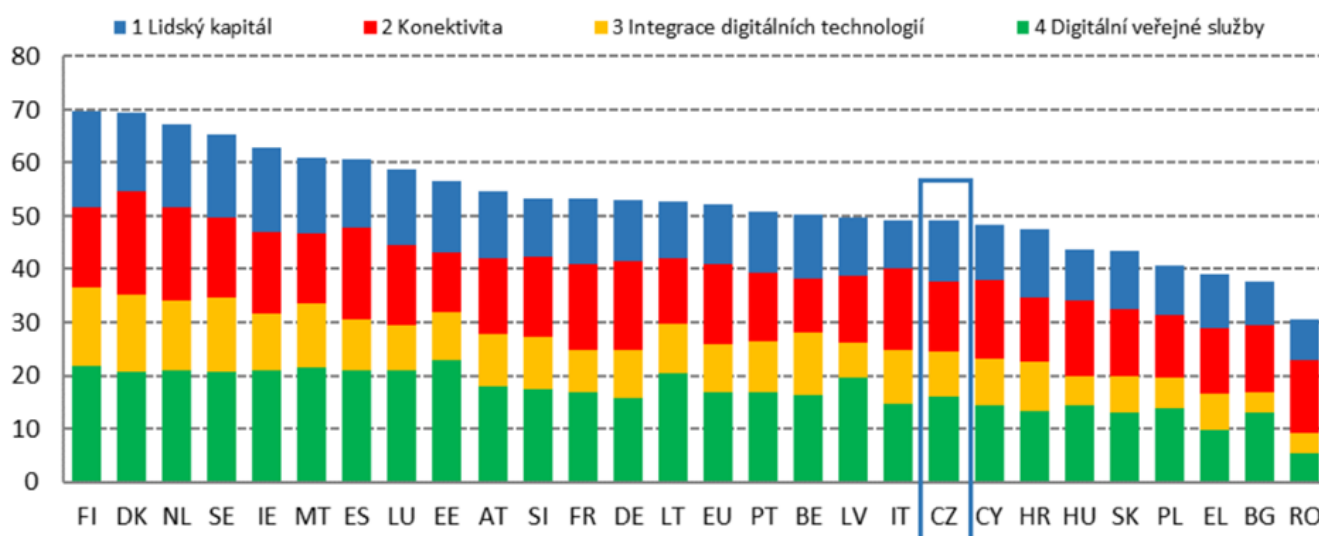
- (4b1) **Přístup k elektronickým zdravotním záznamům (e-Health records):** Měřeno jako: (i) celostátní dostupnost online služeb pro občany k údajům z jejich elektronických zdravotních záznamů (prostřednictvím portálu pacienta nebo mobilní aplikace pro pacienty) s dalšími opatřeními, která umožňují přístup k údajům i určitým kategoriím osob (např. opatrovníkům dětí, osobám se zdravotním postižením, starším osobám), a ii) procento osob, které mají možnost získat nebo využívat svůj vlastní minimální soubor údajů týkajících se zdraví, které jsou v současné době uloženy ve veřejných a soukromých systémech elektronických zdravotních záznamů (EHR).

1.3 ČR v kontextu DESI

Hodnoty ČR v indexu DESI jsou spíše podprůměrné a ČR se tak ve srovnání s ostatními státy EU pohybuje spíše ve druhé polovině. Dle srovnání zpracovaného ve zprávě DESI za rok 2022³ se ČR v celkovém hodnocení umístila na 19. místě z 27 členských států EU a v tomto celkovém hodnocení tak zaostává také za některými dalšími zeměmi z střední a východní Evropy, jak jsou například Slovinsko, Litva, Lotyšsko a samozřejmě také Estonsko.

³ Za rok 2023 již takové srovnání není zpracováno, resp. nejsou kalkulovány celkové hodnoty DESI a vyhodnocovány jsou spíše jednotlivé dílčí indikátory.

Graf 1: Pořadí podle celkové hodnoty DESI za rok 2022

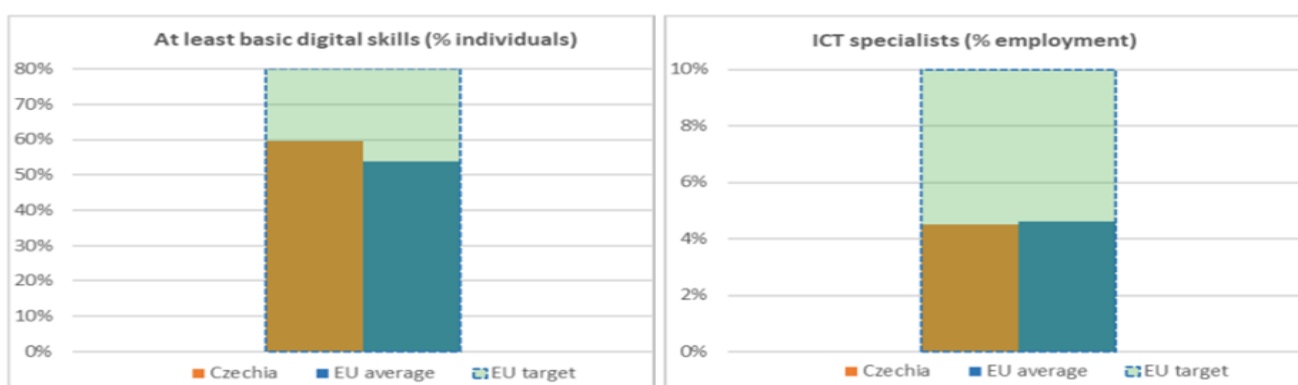


Zdroj: Národní zpráva za index DESI, 2022

Celkově tak i následující zpráva za rok 2023 uvádí, že „ČR má stále nedostatečně využity digitální potenciál, kterým by přispělo ke společnému dosahování cílů digitální dekády EU“ (viz Digital Decade Country Report 2023: Czechia – Report on the state of the Digital Decade 2023, COM(2023)570 final: 12). Zpráva ale zároveň uvádí, že tempo růstu celkového DESI skóre je rychlejší než v EU jako celku, je silnější, než je průměr EU, alespoň zčásti tak dochází ke konvergenci.

Z grafu výše lze pozorovat, že nejlepších výsledků ČR dosahuje v dimenzi lidského kapitálu, resp. digitálních dovedností, kde souhrnné hodnocení dosahuje průměru EU. Úroveň na některých indikátorech, které kvantifikují digitální dovednosti / lidský kapitál v oblasti digitalizace ČR dokonce dosahuje vyšších hodnot než EU jako celek. Příkladem může být indikátor podílu obyvatel, kteří mají alespoň základní digitální schopnosti, kde – hodnota 60 % za rok 2023 v ČR přesahuje průměr EU o cca 6 procentních bodů. Mírně podprůměrný je naopak podíl ICT specialistů na celkovém počtu zaměstnanců, který je o cca 0,1 procentního bodu nižší, než v EU jako celku:

Graf 2: Srovnání vybraných indikátorů v dimenzi Digitální dovednosti / lidské zdroje – ČR a EU

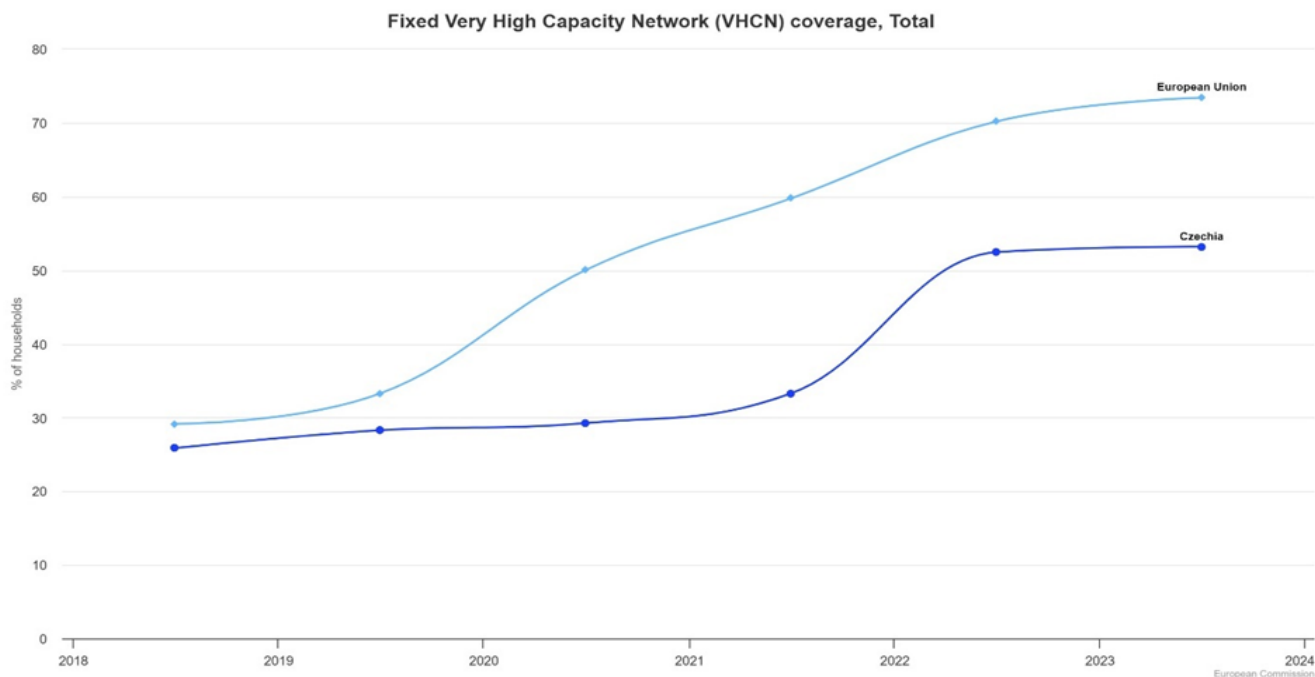


Zdroj: Digital Decade Country Report 2023 – Czech Republic

Nedostatek odborníků na informační a komunikační technologie na trhu práce je přitom uváděn jako jedna z klíčových bariér digitální transformace a ekonomického rozvoje obecně – a to napříč všemi sektory (veřejný, soukromý i akademický).

Naopak relativně nejnižších hodnot při srovnání s EU jako celkem dosahuje ČR v oblasti konektivity, resp. digitální infrastruktury. Právě zaostávání v této dimenzi za ostatními státy EU je hlavním důvodem relativně nízkého celkového hodnocení ČR v indexu DESI. Toho si všímá i zpráva za rok 2023, která uvádí, že především v oblasti pevného širokopásmového připojení k internetu dosahuje ČR velmi omezeného pokroku a toto zaostávání může ohrozit kapacitu ČR přispět k naplnění cílů digitální dekády. Podíl domácností s přístupem k pevným sítím s velmi vysokou kapacitou dosahuje v ČR pouze 53 % (meziročně přitom došlo k nárůstu pouze o 1 p.b.), což je o cca 20 p.b. méně, než je průměr EU. Lze přitom pozorovat, že trend tohoto indikátoru není rovnoměrný – průběh je téměř konstantní s výjimkou roku 2022, kdy došlo ke skokovému nárůstu o téměř 20 p.b.. V EU jako celku lze přitom pozorovat rovnoměrný rostoucí trend.

Graf 3: Srovnání trendu indikátoru pokrytí domácností pevnou sítí s velmi vysokou kapacitou – ČR a EU

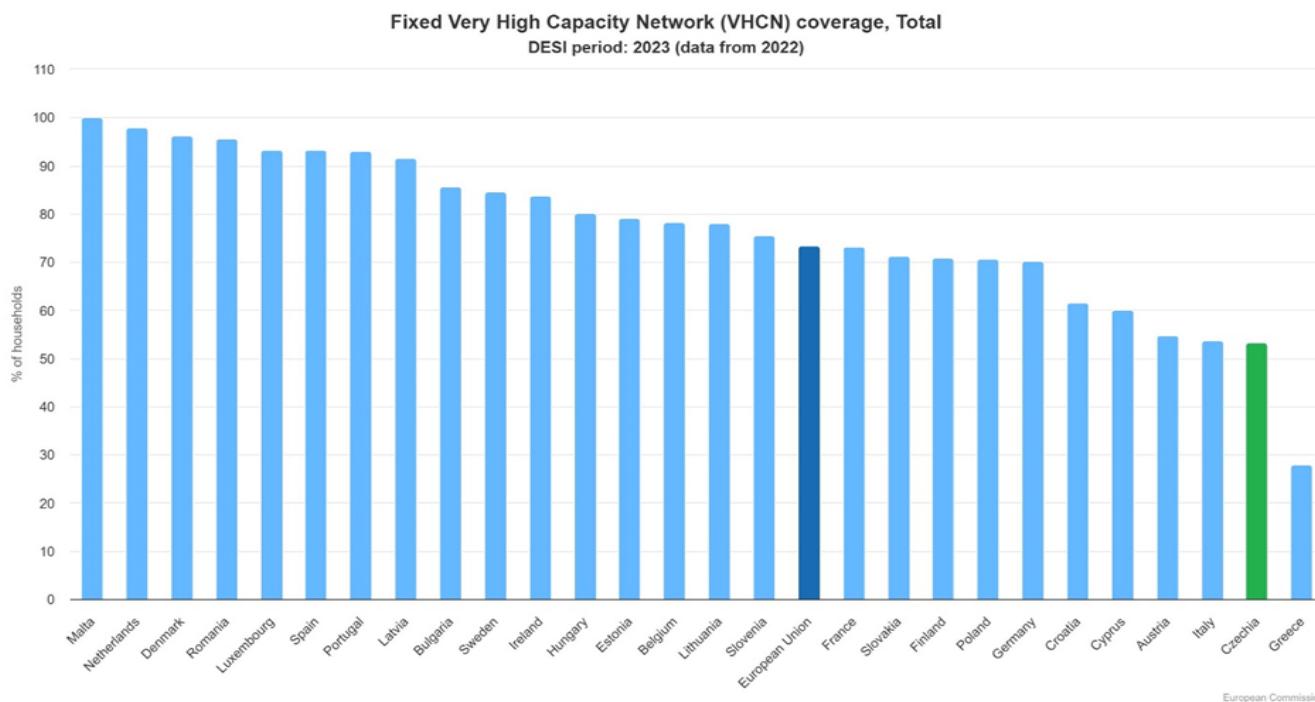


Zdroj: <https://digital-decade-desi.digital-strategy.ec.europa.eu/>

Ještě větší je rozdíl při podrobnějším pohledu na rozdíl mezi městskými a venkovskými oblastmi, kdy v ČR má ve venkovských oblastech přístup k pevné síti s velmi vysokou kapacitou cca 8 % domácností, zatímco průměr EU činí 45 % domácností.

Česká republika se tak v tomto klíčovém indikátoru DESI umístila na předposledním místě ze všech států EU (před Řeckem; stejné je umístění ČR také při bližším pohledu na venkovské oblasti):

Graf 4: Hodnoty indikátoru pokrytí domácností pevnou sítí s velmi vysokou kapacitou v členských státech EU – 2023



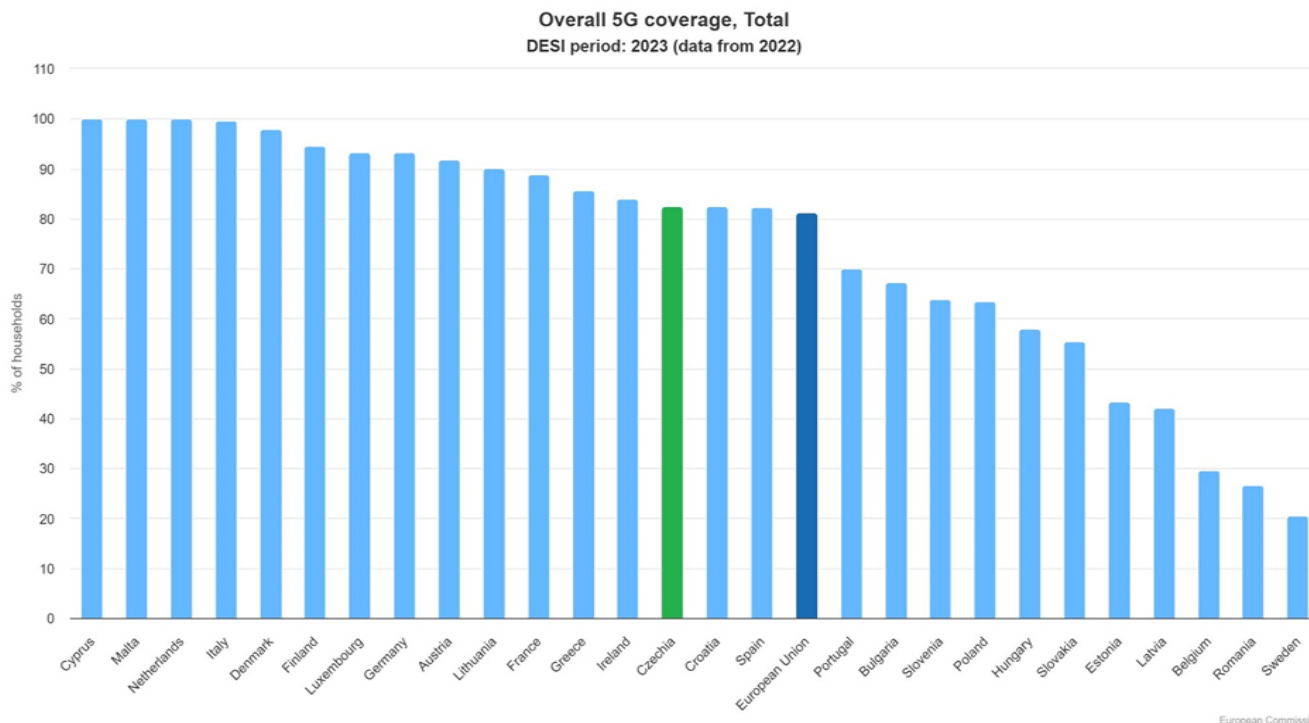
Zdroj: <https://digital-decade-desi.digital-strategy.ec.europa.eu/>

Obdobně podprůměrné jsou potom pochopitelně hodnoty dalších specifických indikátorů DESI, které vyhodnocují přístup k pevnému širokopásmovému připojení k internetu. Pevné připojení k internetu dosahující alespoň 100 Mbit/s využívá necelá

třetina domácností připojených k internetu a v případě připojení dosahujícího alespoň 1Gbit/s jde pouze o 1,3 % domácností; průměr EU přitom činí , 55 % resp. 13,8 %.

Naopak mírně nad průměrem EU je pokrytí 5G mobilním internetem: až 83 % domácností se nachází v územích, s dostupným 5G připojením alespoň jednoho operátora, přičemž průměr EU činí 81 %.

Graf 5: Pokrytí 5G sítěmi v členských státech EU



Zdroj: Srovnání aktuálních hodnot indikátorů v dimenzi Digitální infrastruktura / konektivita v ČR a EU

Podíl osob (ve věku 16 – 74 let) využívajících mobilního širokopásmového připojení k internetu je v ČR přibližně průměrný (85,4 % při průměru EU 86,5 %), rozdíly mezi členskými státy EU jsou ale v případě tohoto indikátoru velmi malé (nejnižších hodnot dosahuje Bulharsko s necelými 75 % obyvatel a u 24 z 27 členských států EU je tato hodnota vyšší než 80 %).

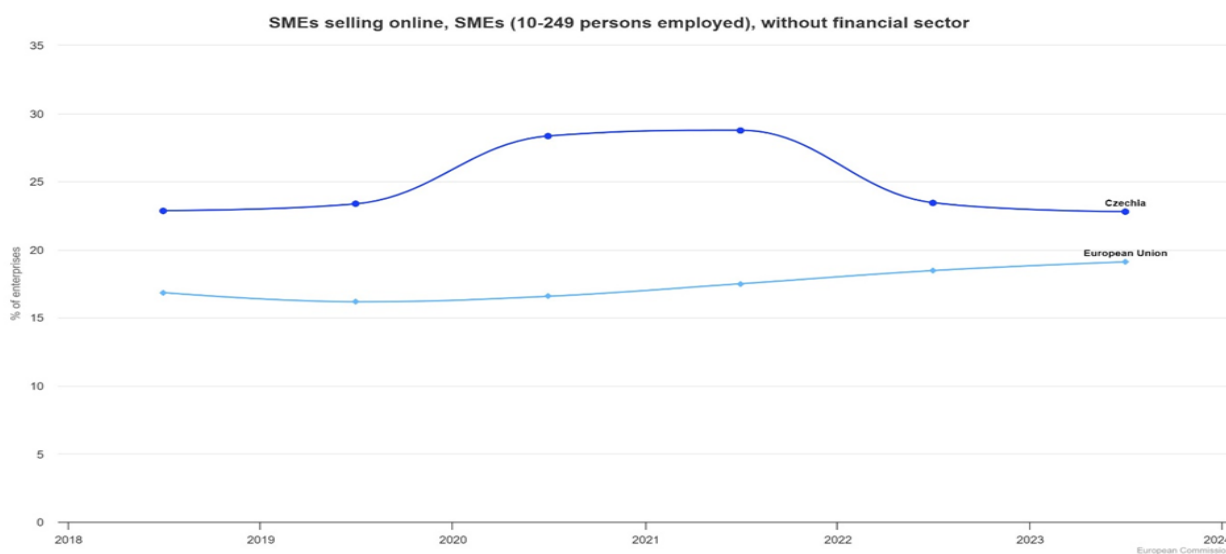
Celkové srovnání hodnot ČR v této klíčové dimenzi DESI (ve které ovšem ČR za průměrem EU výrazně zaostává) nabízí následující tabulka:

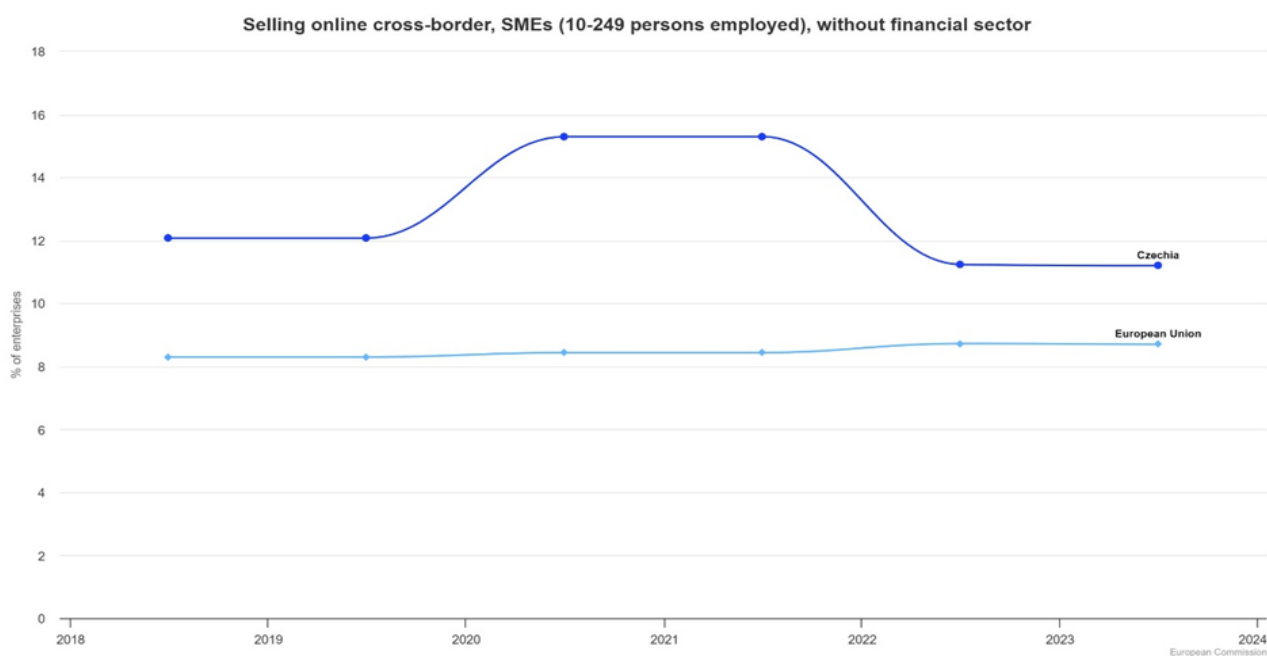
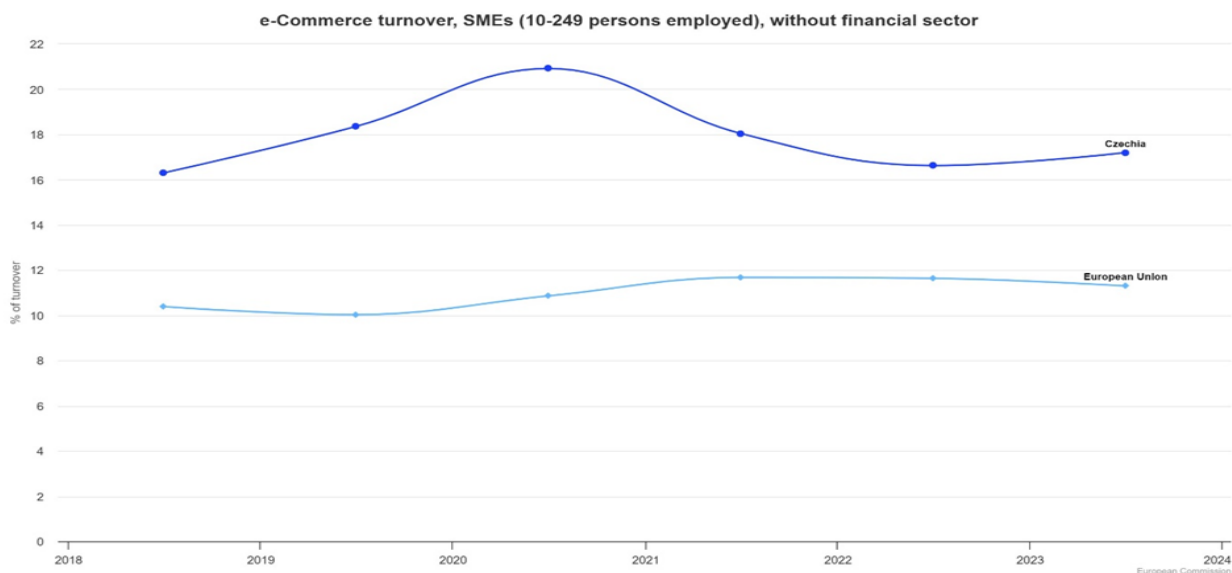
	Czechia			EU	EU
	DESI 2021	DESI 2022	DESI 2023	DESI 2023	2030 target
2a1 At least 100 Mbps broadband take-up	26%	28%	31%	55%	
% households	2020	2021	2022	2022	
2a2 At least 1 Gbps broadband take-up	0.3%	0.8%	1.3%	13.8%	
% households	2020	2021	2022	2022	
2a3 Fixed Very High Capacity Network (VHCN) coverage	33%	52%	53%	73%	100%
% households	2020	2021	2022	2022	
2a4 Fibre to the Premises (FTTP) coverage	33%	36%	37%	56%	
% households	2020	2021	2022	2022	
2b1 Mobile broadband take-up	78%	85%	85%	87%	
% individuals	2018	2021	2021	2021	
2b2 Overall 5G coverage	0%	49%	83%	81%	100%
% populated areas	2020	2021	2022	2022	
2b3 5G spectrum	67%	67%	67%	68%	
Assigned spectrum as a % of total harmonised 5G spectrum	2021	2022	2023	2023	

Zdroj: Digital Decade Country Report 2023 – Czech Republic

Podprůměrných hodnot při srovnání s EU dosahuje ČR také v dalších dvou dimenzích DESI. V oblasti integrace digitálních technologií, resp. digitální transformace podniků se ČR, dle zprávy z roku 2022, mezi členskými státy EU umístila na 19. místě. Odstup od průměrné hodnoty EU za tuto dimenzi je ale relativně malý. To lze doložit i tím, že na většině dílčích indikátorů dosahuje ČR podobných nebo dokonce vyšších hodnot, než jej průměr EU. Výrazně zaostává pouze na indikátoru využívání velkých dat (9 % podniků v ČR, 14 % v EU) a využívání elektronických faktur (12 % v ČR, 32 % průměr EU; ČR je v tomto dílčím ukazateli druhá nejhorší – před Bulharskem). Zajímavé rovněž je, že ČR dosahuje nadprůměrných hodnot u všech tří dílčích indikátorů v oblasti e-commerce, u ukazatele podílu obrátu z e-commerce dokonce vykazuje třetí nejvyšší hodnotu v EU jako celku (17,2 % obrátu – za Irskem s 26,2 % a Dánskem s 18,9 %). V případě této skupiny ukazatelů je ale zároveň nutné poukázat na skutečnost, že ve srovnání s předchozím obdobím všechny vykazují pokles. To sice je možné zčásti vysvětlit návratem do „normálu“ po výkyvu způsobeném pandemií COVID-19, kdy výraznější část podnikatelů mohla posílit on-line formu svého podnikání, data za EU jako celek ale takový trend nesledují a vykazují i v po-covidovém období setrvalý nebo pozitivní trend. I ve srovnání s ostatními státy EU lze takto výrazný výkyv (tj. výraznější nárůst v období 2021-2022 následovaný poklesem na předchozí úroveň) zaznamenat pouze ojediněle (např. Rumunsko, v menší míře Dánsko nebo Irsko).

Graf 6: Srovnání trendů dílčích indikátorů ve skupině e-commerce – ČR a EU





V případě dimenze digitalizace veřejných služeb je celkové hodnocení ČR opět mírně podprůměrné, rozdíly proti průměru EU jsou často spíše malé. Výjimkou je především oblast e-health (nově zavedená pro DESI 2023), ve které ČR dosahuje hodnoty skóre 47 bodů ze 100, průměr EU přitom činí 72 bodů (ČR se v tomto indikátoru umístila opět na předposledním místě z hodnocených států, před Slovenskem). Výrazně podprůměrného hodnocení ale dosahuje ČR také co se týče uživatelské podpory nebo před-vyplněných formulářů. Naopak lze ale zaznamenat výrazně vyšší podíl uživatelů e-governmentu (86 %) než je průměr EU (74 %; hodnota ČR je ale blízko mediánu, průměr EU je totiž výrazně vychýlen směrem dolů z důvodu velmi nízkých hodnot v Rumunsku a Bulharsku – 23,5, resp. 31,7 %).

Celkové srovnání ČR a EU je zpracováno v tabulce níže:

	Czechia			EU	EU
	DESI 2021	DESI 2022	DESI 2023	DESI 2023	2030 target
4a1 e-Government users % internet users	NA	NA	86% 2022	74% 2022	
4a2 Digital public services for citizens Score (0 to 100)	NA	75 2021	76 2022	77 2022	100
4a3 Digital public services for businesses Score (0 to 100)	NA	81 2021	84 2022	84 2022	100
4a4 Pre-filled forms Score (0 to 100)	NA	41 2021	42 2022	68 2022	
4a5 Transparency of service delivery, design and personal data Score (0 to 100)	NA	54 2021	57 2022	65 2022	
4a6 User support Score (0 to 100)	NA	67 2021	68 2022	84 2022	
4a7 Mobile friendliness Score (0 to 100)	NA	81 2021	80 2022	93 2022	
4b1 Access to e-health records Score (0 to 100)	NA	NA	47 2022	72 2022	100

Zdroj: Digital Decade Country Report 2023 – Czech Republic

Celkový pohled na trend klíčových ukazatelů DESI je zpracován v následující tabulce (v té jsou, s výjimkou přístupu k 5G sítím, zaznamenány pouze indikátory, u kterých existuje časová řada delší než 2 roky). V té je možné u většiny indikátorů pozorovat rostoucí trend (zelené řádky v tabulce níže). Část ukazatelů ale zaznamenává stagnaci (oranžová) nebo dokonce pokles (červená). Jak bylo uvedeno výše, stagující / klesající trend je možné pozorovat u všech indikátorů popisujících e-commerce. Negativní dynamiku zaznamenává také část ukazatelů zachycující adopci digitálních technologií v podnicích – především jde o elektronické sdílení informací a využívání elektronické fakturace.

Tabulka 1: Dlouhodobý trend ukazatelů DESI v ČR a srovnání s EU

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	EU 2023	trend (graficky)
1a1: Využívání internetu	80,5	83,8	84,7	86,0	87,4	89,7	89	
1a5: Podniky poskytující odbornou přípravu v oblasti ICT	23,0	24,8	24,5	24,7	24,7	23,1	22	
1b1: Odborníci v oblasti ICT	3,6	4,0	4,0	4,2	4,6	4,5	4,6	
1b2: Absolventi ICT	4,0	4,5	4,9	5,0			4,2	
1b3: Odbornice v oblasti ICT	10,1	9,7	10,2	10,3	10,0	10,9	18,9	
2a1: Využití pevného širokopásmového připojení s rychlostí alespoň 100 Mb/s	15,6	17,9	20,5	24,2	26,8	31,0	55	
2a2: Využití připojení s rychlostí alespoň 1 Gb/s			0,0	0,3	0,8	1,3	13,8	
2a3: Pokrytí pevnou sítí s velmi vysokou kapacitou (VHCN)	25,9	28,3	29,3	33,3	52,5	53,2	73	
2a4: Pokrytí Fiber to the Premises (FTTP)	25,9	28,3	29,3	33,3	35,8	37,4	56	
2b1: Využití mobilního širokopásmového připojení	66,4	78,0	78,0	78,0	85,4	85,4	87	
2b2: Pokrytí 5G sítí				0,0	49,4	82,6	81	
2b3: 5G spektrum		16,7	16,7	66,7	66,7	66,7	68	
3b1: Elektronické sdílení informací			38,0	38,0	37,7	37,7	38	
3b2: Sociální média	13,1	13,1	20,4	20,4	24,0	24,0	29	
3b3: Big data	8,5	8,1	8,1	9,1	9,1	9,1	14	
3b6: Elektronické faktury		14,4	14,4	12,2	12,2	12,2	32	
3c1: Malé a střední podniky prodávající online	22,9	23,4	28,4	28,8	23,4	22,8	19	
3c2: Obrat e-commerce	16,3	18,4	20,9	18,0	16,6	17,2	11	
3c3: Přeshraniční online prodej	12,1	12,1	15,3	15,3	11,2	11,2	9	
4a1: Uživatelé e-governmentu	53,4	61,0	61,4	63,8	75,9	86,0	74	

Zdroj: vlastní zpracování

Shrnutí a závěr

Česká republika se v indexu DESI umístila v roce 2023 na 19. místě z 27 členských států EU v roce 2022, což naznačuje podprůměrné výsledky ve srovnání s ostatními státy EU. I když je tempo růstu skóre DESI v ČR rychlejší než průměr EU, stále nevyužívá svůj digitální potenciál naplno.

V dimenzi lidského kapitálu a digitálních dovedností dosahuje ČR průměrné úrovně. Podíl obyvatel s alespoň základními digitálními schopnostmi je 60 %, což je nad průměrem EU. Nicméně, podíl ICT specialistů je mírně pod průměrem. V oblasti digitalizace veřejných služeb je ČR mírně pod průměrem EU, zejména v oblasti e-health, kde dosahuje výrazně nižšího skóre než průměr EU.

Pokrytí domácností velmi rychlým připojením k internetu (VHCN) je v ČR výrazně pod průměrem EU, zejména kvůli nízkému rozšíření optických sítí. V roce 2023 bylo pokrytí domácností optickými sítěmi pouze 36 %, což je třetí nejhorší hodnota v EU. Tento nedostatek výrazně ovlivňuje celkovou digitální konektivitu a představuje významnou výzvu pro další rozvoj. Na druhé straně, **dostupnost 5G sítí v ČR v roce 2023 poprvé překonala průměr EU**, což je pozitivní indikátor pro další digitální rozvoj. Tento pokrok v oblasti 5G sítí může sloužit jako základ pro zlepšení dalších aspektů digitální infrastruktury. Strategická pozornost a investice do rozšíření optických sítí a zlepšení VHCN jsou klíčové pro zajištění lepší digitální konektivity a konkurenceschopnosti ČR v digitální ekonomice.

2 Metodika výpočtu indikátoru dostupnosti 5G sítí v ČR

2.1 Metodika výpočtu indikátoru v DESI

Zdrojem dat pro indikátor 2b2 v DESI je studie „Broadband Coverage in Europe 2022“, která je každoročně zpracovávána externími subjekty (pro rok 2022 studii zpracovalo konsorcium společností Omdia a Point Topic). Data jsou tedy v indikátoru vykazovaná s ročním zpožděním – data indikátoru za rok 2023 ve skutečnosti ukazují stav v roce 2022.

Dle metodiky této i předchozích studií⁴ jsou klíčovým zdrojem dat pro kvantifikaci hodnot o pokrytí 5G sítěmi (stejně jako dalších dílčích indikátorů DESI v oblasti digitální infrastruktury) dotazníkové šetření s národními regulátory a poskytovateli širokopásmového připojení k internetu a, dodatečně, analýza dokumentů – výstupů národních regulátorů, ISPs a dalších subjektů, zejména zpráv regulátorů, výročních zpráv a tiskových zpráv ISP a další dokumenty publikované zájmovými organizacemi a sdruženími, ad-hoc analýzy, atd.

Jinými slovy, DESI v této části nerealizuje vlastní sběr primárních dat, ale přebírá data vykazovaná národními regulátory a poskytovateli připojení k internetu – v případě pokrytí 5G sítěmi tedy vítězí aukcí jednotlivých kmitočtů.

Pro vymezení hodnot indikátoru jsou tedy klíčové metodiky výpočtu dat o dostupnosti 5G sítí na národní úrovni.

2.2 Metodika výpočtu pokrytí 5G sítí - ČTÚ

Výpočet pokrytí 5G sítěmi zpracovává ČTÚ dvěma metodami:

1. Měření dostupnosti 5G sítí. ČTÚ rozlišuje dva druhy měření, a sice měření za jízdy a stacionární měření. Měření za jízdy se využívá v případě měření pokrytí liniových staveb – dálnic a koridorů. Dále se využívá také pro měření pokrytí obcí, vytipování problémových míst nebo řešení stížností zákazníků. Měření za jízdy je také důležitou metodou pro kontrolu plnění podmínek aukcí, tzv. rozvojových kritérií⁵. Stacionární měření se využívá primárně pro kontrolní měření na vytipovaném místě v případě stížnosti, zpravidla v rastru 50x50 metrů. I stacionární měření je využito pro kontrolu rozvojových kritérií a ad-hoc pro měření stížností zákazníků. Přesný postup a parametry měření jsou vymezeny ČTÚ v dokumentu „Metodika pro měření a vyhodnocení datových parametrů mobilních sítí elektronických komunikací (...)“⁶.
2. Simulace pokrytí. Představuje matematický model, který vypočítává šíření signálu. Pro simulaci ČTÚ využívá metodiku Mezinárodní telekomunikační unie ITU-R P.1812 (Release 5). Tento model je nejpřesnějším modelem šíření typu point-to-area (bod-plocha), který je k dispozici v rámci ITU. Je založen na podrobné analýze terénu mezi vysílačem a přijímačem a zahrnuje všechny v úvahu přicházející modely šíření rádiového signálu. Model je vhodný i pro výpočty v malé vzdálenosti od vysílače, což je podstatné pro analýzu pokrytí signálem u buňkových sítí. Simulace pokrytí provádí ČTÚ na základě údajů o základnových stanicích, které ČTÚ poskytují mobilní operátoři s měsíční periodicitou. Základnové stanice ve zkušebním provozu nejsou do pokrytí započítány.

⁴ viz OMDIA a Point Topic: Broadband Coverage in Europe 2022, 2023, dostupné online: <https://ec.europa.eu/newsroom/dae/redirection/document/98574>

⁵ Rozpracovat rozvojová kritéria – z podmínek aukcí; monitoring rozvojových kritérií ČTÚ a harmonogram plnění...

⁶ <https://ctu.gov.cz/sites/default/files/obsah/stranky/61086/soubory/metodika-pro-mereni-vyhodnoceni-datovych-parametru-mobilnich-siti-ek-2-3.pdf>

Při kalkulaci dostupnosti sítí 5G je využíváno druhého z výše uvedených přístupů, tedy simulace pokrytí. Důvodem je, mimo jiné, skutečnost, že pro stacionární měření prozatím nejsou k dispozici data k pokrytí 5G sítí – ČTÚ doposud stacionárního měření nevyužívá také z důvodu neodstatečného vybavení. Data z měření dostupnosti 5G sítí jsou tedy prozatím k dispozici pouze pro dálnice a koridory.

Mimo ČTÚ data o dostupnosti 5G připojení zpracovávají také jednotliví operátoři, výsledky se ve srovnání s daty ČTÚ mohou mírně odlišovat (v minulosti například operátoři do pokrytí již započítávali data o nových základnových stanicích, zatímco v případě ČTÚ jsou započítány až po ukončení zkušebního období). Tato data nejsou v této studii zpracována.

2.3 Dostupnost sítí 5G v ČR

Celková dostupnost 5G sítí dosahuje v ČR, dle dat ČSÚ, 96,8 % populace⁷. Z operátorů má nejvyšší pokrytí Vodafone, jehož 5G síť může využívat 93,2 % populace a naopak nejnižší O2, jehož 5G síť pokrývá pouze 84,1 % populace.

V téměř dvou třetinách obydlených základních sídelních jednotek (ZSJ) je vykazováno pokrytí 100 % populace. Naopak, méně než polovina populace je pokryta signálem 5G pouze v 11,4 % ZSJ. Žádné pokrytí je vykazováno v celkem 774 obydlených ZSJ, tedy 3,5 % všech ZSJ. V tomto území ZSJ, které nejsou vůbec pokryty signálem 5G, žije celkem 38 966 obyvatel (data dle SLDB 2021), v průměru tedy 50 obyvatel na jednu ZSJ.

Podrobněji lze tyto rozdíly analyzovat v následující tabulce:

Podíl pokrytých obyvatel v ZSJ	Počet ZSJ	Počet obyvatel celkem	Počet obyvatel s přístupem k 5G sítím	Průměrný počet obyvatel na ZSJ	Počet obyvatel v ZSJ - maximum	Hustota obyvatel (počet/km ²)
100%	14 656	8 662 664	8 662 664	591,1	14 784	225,1
90 – 100 %	2 462	1 159 235	1 131 055	466,7	7 460	85,2
75 – 90 %	1 431	264 133	219 963	180,7	4 992	41,2
50 – 75 %	1 254	177 031	112 816	138,7	2 196	32,9
25 – 50 %	963	118 801	45 478	127,9	2 474	27,7
10 – 25 %	489	55 494	9 783	122,5	1 973	24,6
Méně než 10 %	312	47 822	2 254	156,3	1 426	27
0	2 021 ⁸	38 966	0	50,3	1 134	12,5

Z dat výše tedy jednoznačně vyplývá, že horší pokrytí 5G sítí je v územích s menším počtem obyvatel a nižší hustotou zalidnění. Právě hustota zalidnění je hlavním vysvětlujícím faktorem, s tabulky výše je jednoznačně zřejmé, že korelace mezi podílem pokrytých obyvatel (v daném intervalu) a hustotou obyvatel je velmi vysoká.

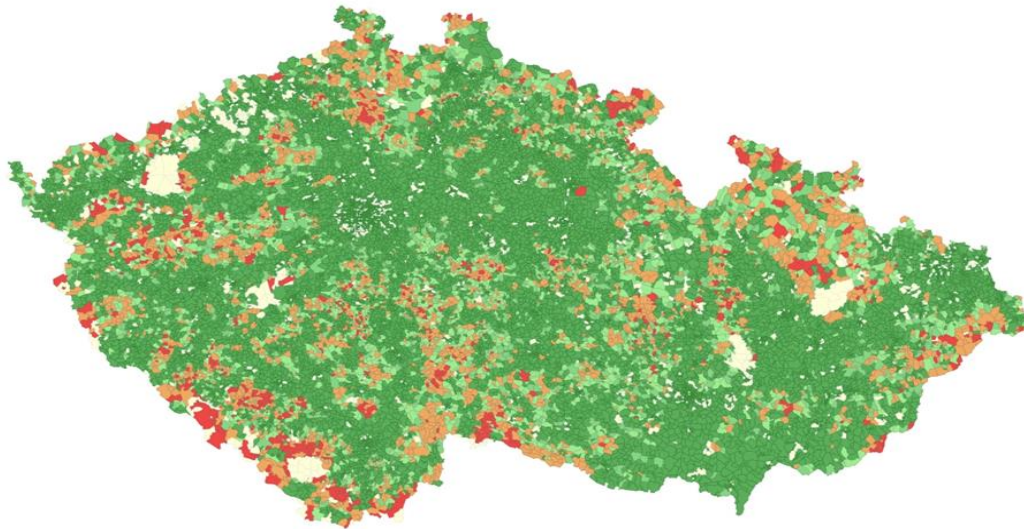
Rozdíly mezi operátory se, logicky, vyskytují také při vyjádření dostupnosti na územní úrovni. Nejvyššího pokrytí dosahuje opět Vodafone, který signálem 5G pokrývá 90,8 % území ČR. Na druhém místě je T-Mobile s 83,5 % území a operátor O2 poskytuje pokrytí prozatím na pouze 74,5 % rozlohy ČR. 5G síť alespoň jednoho operátora je potom dostupná na 94,8 % území ČR. Podrobněji viz následující kartogramy.

⁷ Zde i níže: zpracováno na datech k 12. 6. 2024.

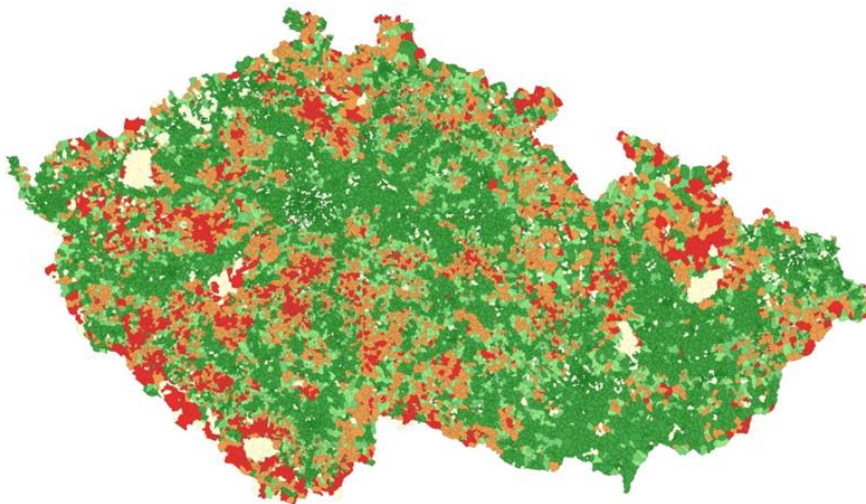
⁸ Z toho v 1247 ZSJ ale nejsou obydleny, nulové pokrytí signálem 5G sítí je tedy v 774 obydlených ZSJ.

Dostupnost 5G sítí v přepočtu na obyvatele

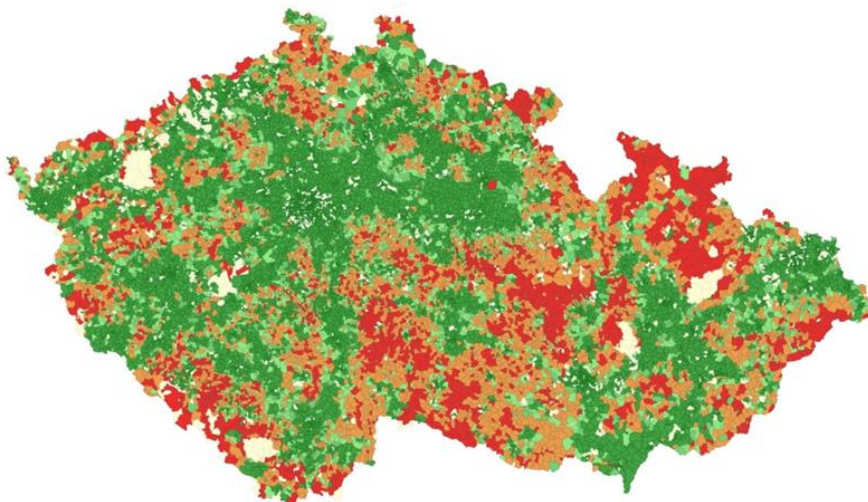
Obrázek 1: Dostupnost alespoň jedné 5G sítě – obyvatelé (zde i níže legenda: červená: 0%, oranžová: méně než 70 %, světle zelená: 70 – 95 %, střední zelená: 95 – 99 %, tmavě zelená: 99 - 100 %; žlutě jsou vyznačena území bez populace)



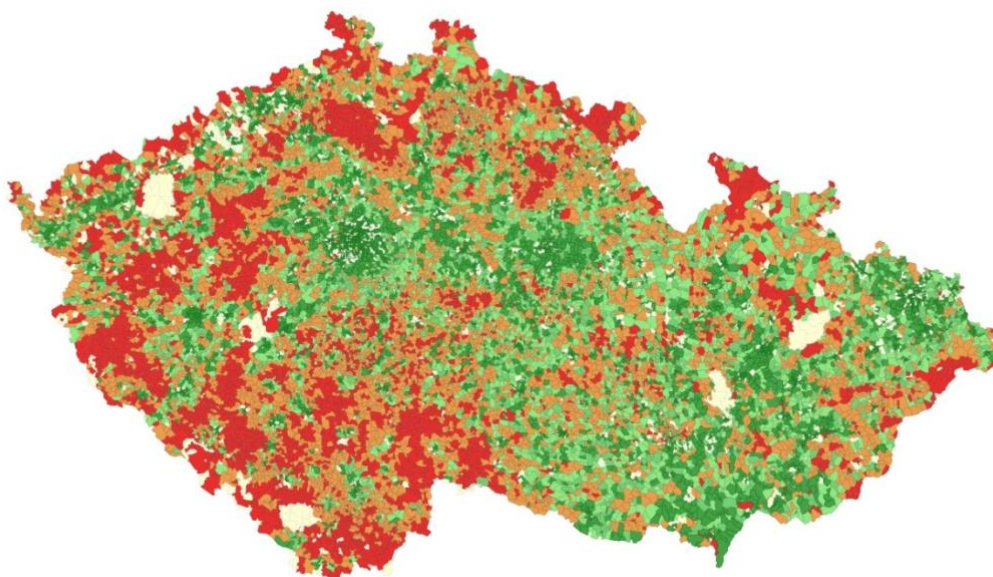
Obrázek 2: Dostupnost 5G sítí pro obyvatele: Vodafone



Obrázek 3: Dostupnost 5G sítí pro obyvatele: T-Mobile



Obrázek 4: Dostupnost 5G sítí pro obyvatele: O2

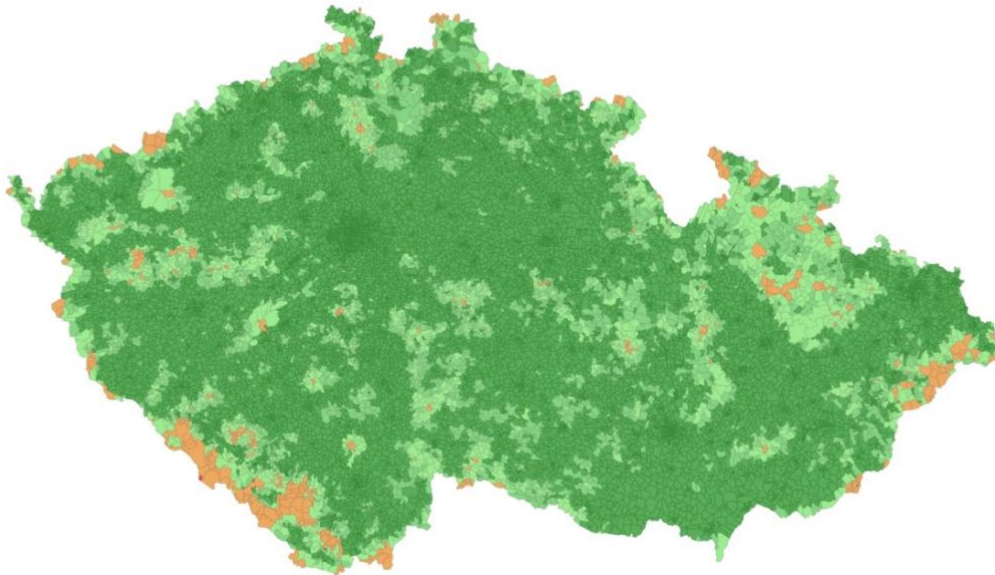


Z obrázků výše je zřejmé, že nižší nebo žádnou dostupnost v přepočtu na obyvatele lze pozorovat především v příhraničních oblastech ČR. Zároveň ale je možné si povšimnout, že regionální distribuce připojení se u jednotlivých operátorů mírně odlišuje. V případě Vodafone je možné, mimo příhraniční oblasti, pozorovat nedostatečné pokrytí obyvatel především v západních Čechách, na severu Středočeského kraje, v území na jih od hl.m. Prahy nebo na Bruntálsku, část této populace je pokryta 5G signálem operátora T-Mobile. Ten má ale naopak výrazné deficity co se pokrytí populace týče v kraji Vysočina a v území mezi Svitavami a Brnem. Operátor O2 má sice nejhorší pokrytí obyvatel a výrazně zaostává téměř v celých Čechách s výjimkou větších měst a jejich bezprostředního okolí, některá území na Moravě má ale pokryta lépe než ostatní dva operátoři (např. Bruntálsko).

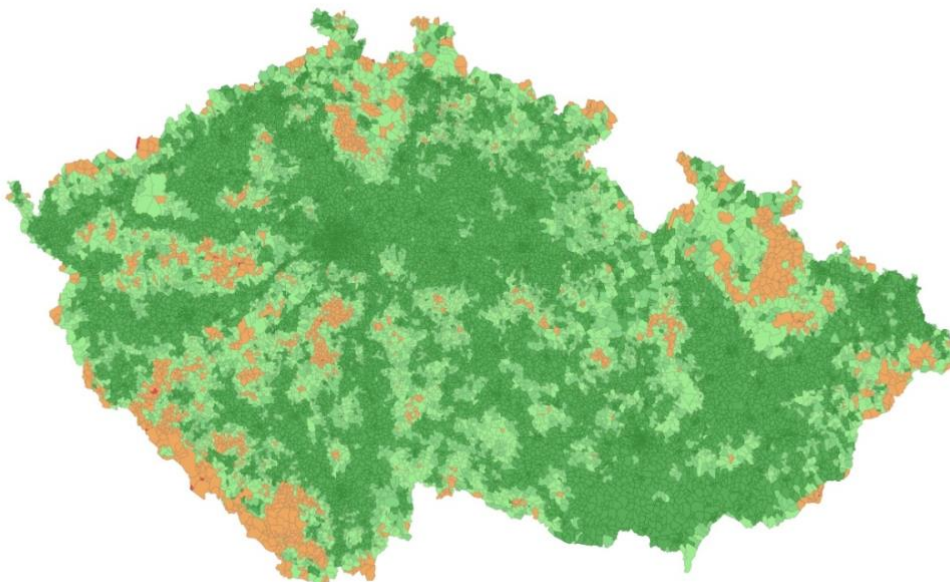
Dostupnost 5G sítí dle území

Vymezení dostupnosti signálu 5G sítí dle podílu pokrytého území je zpracováno v následujících kartogramech.

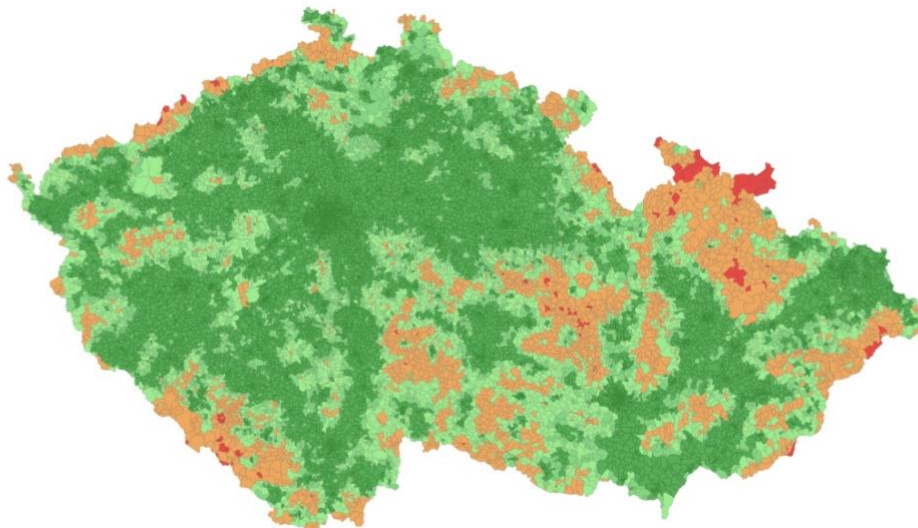
Obrázek 5: Dostupnost alespoň jedné 5G sítě – územní



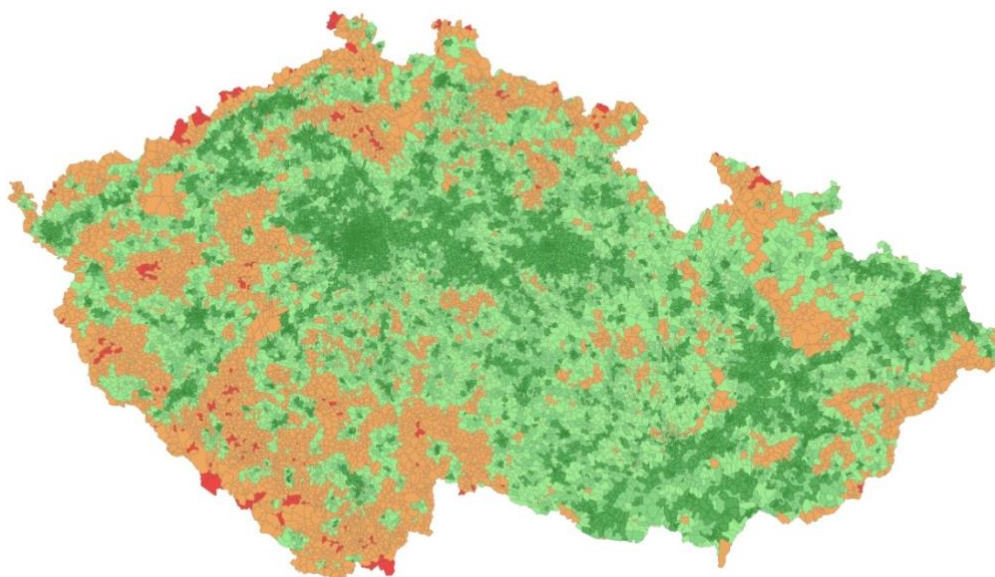
Obrázek 6: Dostupnost 5G sítí v území – operátor Vodafone



Obrázek 7: Dostupnost 5G sítí v území – operátor T-Mobile



Obrázek 8: Dostupnost 5G sítí v území – operátor O2



Při podrobnějším pohledu na jednotlivé kmitočty, které jsou pro síť 5G využívány, lze rovněž pozorovat výrazné rozdíly. Například společnost Vodafone má sice nejvyšší pokrytí sítí 5G co se týče podílu osob i území, podíl tohoto připojení v pásmu 3,4 – 3,8 GHz je ale téměř zanedbatelný – a omezuje se prozatím výhradně na větší města. Naopak síť O2 má sice doposud nejnižší pokrytí, rozvoj sítě v pásmu 3,4 – 3,8 GHz je ale výrazně rychlejší.

Dle dat ČTÚ je (k 1. 7. 2024) signálem 5G v pásmu 3,4 – 3,8 GHz v případě operátora O2 aktuálně (červen 2024) pokryto 20,64 % obyvatel, a to pochopitelně především ve větších městech. O něco vyšší podíl obyvatel pokrytých tímto operátorem v daném kmitočtovém pásmu lze pozorovat v moravských městech, hodnoty se ale zásadně neodlišují. V případě operátora T-Mobile dosahuje podíl osob připojených k 5G síti v kmitočtovém pásmu 3,4 – 3,8 GHz hodnoty 15,01 %, tedy o cca 5,5 procentních bodů nižší, opět jsou přitom pokryta především větší města. V případě operátora Vodafone je potom pokrytí 5G signálem v pásmu 3,4 – 3,8 GHz zanedbatelné, má jej k dispozici pouze 1,38 % obyvatel. Není přitom bez zajímavosti, že dostupnost sítě

v tomto pásmu je spíše náhodná – nelze pozorovat, že by byla alespoň zčásti koncentrovaná ve městech. Například v hl.m. Praze má přístup k 5G síti v tomto kmitočtovém pásmu pouze 4 421 obyvatel, tj. 0,3 %. Celkově tak má k dispozici připojení k 5G síti v pásmu 3,4 – 3,8 GHz, které umožňuje vyšší rychlosti, vyšší kapacitu (díky širší pásma) a nižší latenci připojení k internetu, od alespoň jednoho operátora přibližně čtvrtina obyvatel (25,65 %).

Při analýze rozdílů v dostupnosti 5G sítí mezi městskými a venkovskými oblastmi vycházíme ze definice venkovských oblastí, kterou vymezuje metodika DESI. Ta se opírá o data Eurostatu a předchází analýzy dostupnosti digitální infrastruktury a jako venkovské vymezuje oblasti s hustotou zalidnění nižší než 100 osob na km². Zatímco v indikátoru DESI je tato binární proměnná vymezena na úrovni NUTS3 regionů (tj. krajů v kontextu ČR), v této studii venkovské oblasti vymezujeme, s využitím výše uvedené definice, na úrovni obcí. Analýza tedy může být výrazně přesnější.

Do venkovských oblastí v této definici bude zařazeno území o rozloze 56 886 km², tedy 73 % rozlohy území ČR (kalkulováno bez území vojenských újezdů), ve kterém žije celkem 2,3 mil. obyvatel, tedy cca 22 % populace ČR. Počet osob, které v obcích v tomto venkovském území mají dostupné připojení k 5G sítím činí, dle dat ČTÚ, 2 024 266, tedy 87,3 %.

Urbanizované oblasti, dle této definice, činí 27 % rozlohy ČR a žije zde 78 % obyvatel (8,2 mil.). Podíl osob, které v tomto území mají dostupné připojení k 5G sítím alespoň jednoho operátora činí 99,1 %. Nejnižší je tento podíl v případě zákazníků operátora O2, který svou 5G síť pokrývá cca 91,7 % populace v urbanizovaných územích. V případě operátora T-Mobile tento podíl činí 95,4 % a u Vodafonu dokonce 97,1 %.

Shrnutí kapitoly a závěr

Z dat o dostupnosti 5G sítí v ČR, zpracovaných ČTÚ na základě simulací pokrytí, vyplývá, že celková dostupnost 5G sítí dosahuje v ČR 96,8 % populace. Z operátorů má nejvyšší pokrytí Vodafone, jehož 5G síť může využívat 93,2 % populace a naopak nejnižší O2, jehož 5G síť pokrývá pouze 84,1 % populace. Z podrobnější regionální analýzy na úrovni Základních sídelních jednotek (ZSJ), resp. obcí vyplývá, že zatímco ve dvou třetinách ZSJ je 5G signálem pokryto 100 % populace, dostupnost připojení se snižuje ve venkovských oblastech s nižší hustotou zalidnění, a to především v příhraničních územích ČR. Tomu odpovídají také data o rozdílu v dostupnosti 5G sítí mezi městskými a venkovskými oblastmi. Ve venkovských oblastech, vymezených dle metodiky DESI, žije 22 % obyvatel ČR (přestože odpovídá 73 % rozlohy státu) a dostupnost 5G sítí se zde snižuje na 87,3 % populace. Naopak, v městských oblastech má přístup k 5G síti alespoň jednoho operátora více než 99 % obyvatel.

5G sítě jsou v ČR dostupné, s výjimkou operátora O2, především v nízkém kmitočtovém pásmu 700 MHz. Přestože licence pro provozování 5G sítí ve středním pásmu 3,4 – 3,8 GHz získalo 5 operátorů, dostupnost 5G připojení v tomto pásmu doposud nebylo dostatečně rozvinuté. Celkem má 5G připojení ve středním pásmu k dispozici cca čtvrtina populace (data k červnu 2024), rozdíly mezi operátory jsou ale značné. V případě operátora O2 je připojení v tomto pásmu k dispozici více než pětina obyvatel ČR, zatímco v případě operátora T-Mobile to je pouze 15 % a v případě operátora Vodafone 1,3 %.

3 Benchmark: metodika výpočtu indikátorů dostupnosti 5G sítí dle DESI ve vybraném státu EU (Německo)

3.1 Metodika výpočtu

Data o dostupnosti mobilních služeb a obecněji pevného i mobilního širokopásmového připojení agreguje Spolková agentura pro sítě – Bundesnetzagentur (BNA). Podrobná data o dostupnosti připojení k 5G sítím jsou zveřejňována prostřednictvím interaktivního nástroje na webových stránkách <https://gigabitgrundbuch.bund.de/> (tzv. Mobilfunk-Monitoring Karte), a to ve vysoké granularitě založené na síti čtverců o rozměrech 100x100 metrů.

BNA při monitoringu dostupnosti mobilních sítí agreguje dostupnost na následujících úrovních:

- Územní dostupnost (v % výměry dané územní jednotky)
- Dostupnost pro domácnosti (v % domácností, které mají danou technologii dostupnou ve vybrané územní jednotce)
- Dostupnost na železničních koridorech (42 tis. km), dálnicích (20 tis. km), rychlostních silnicích (Bundesstrasse – 41,5 tis. km), podřízené silniční síti (v délce cca 180 tis. km) a vodních cestách (cca 9 tis. km) – v % délky daného koridoru.

Agregace těchto dat je zpracovaná až na úroveň municipalit (Gemeinde) – s výjimkou koridorů, kde jsou data zpracována na úrovni okresů (Kreis). Celkem je tak k dispozici více než 11 tisíc datových bodů, jejichž agregací jsou následně zpracována data za vyšší územní celky. Na této nejnižší úrovni jsou potom zdrojem data z výše uvedené čtvercové sítě o rozměrech 100 x 100 metrů.

Nad rámec výše uvedeného BNA explicitně monitoruje tzv. „bílá“ a „šedá“ místa (weisse Flecken, graue Flecken). Šedým místem je území, které je pokryto signálem 4G nebo 5G alespoň jedním, ale nikoliv všemi operátory. Bílým místem je území, které není pokryto žádným operátorem – připojení k 4G ani 5G síti tedy není dostupné.

Na rozdíl od ČTÚ tedy BNA nevyužívá výpočet dostupnosti 5G sítí na úrovni obyvatel, základní jednotkou v tomto smyslu jsou domácnosti. Takto definovaný indikátor je více v souladu s daty sbíranými v DESI, kde je dostupnost 5G sítí rovněž vyjádřena podílem domácností, které jsou pokryty 5G sítěmi, nikoliv jednotlivců.

Sběr dat k dostupnosti jednotlivých mobilních technologií je v Německu přenesen na operátory. Ti mají, dle ustanovení Zákona o telekomunikacích (Telekommunikationsgesetz z 23. 6. 2021, BGBl. I S. 1858) povinnost dostupnost jednotlivých technologií na úrovni vymezených technologií monitorovat (viz §103) a předávat BNA ve formě tzv. „Pegelstabelle“, a to právě v rastru 100x100 metrů⁹ ve čtvrtletní periodě. Zásadním kritériem (které rozhoduje o tom, zda připojení k dané technologii v jednotlivých frekvencích v určeném čtverci je nebo není k dispozici) přitom je minimální rychlost přenosu dat, kterou lze na mobilním zařízení dosáhnout. Zohledněny jsou ovšem také další situační faktory, které mají na připojení na koncovém zařízení významný vliv. Dále jsou specifikovány technické parametry, které mají za cíl zajistit srovnatelnost měření jednotlivých operátorů – výpočet/měření je například nutné realizovat ve výši 1,5 metrů nad zemí, měření rychlosti přenosu dat je nutné zpracovávat na

⁹ Kompletní územně zpracovaný dataset viz https://daten.gdz.bkg.bund.de/produkte/sonstige/geogitter/aktuell/DE_Grid_ETRS89-UTM32_100m.gpkg.zip

okrajích dosahu základnových stanic, atd. V neposlední řadě jsou stanoveny minimální technické parametry pro jednotlivé technologie:

Tabulka 2: Specifikace parametrů pro požadavky na pokrytí a monitoring mobilních sítí

Vergleich Parametervorgaben

Technologie	Versorgungsaufgaben technologie-neutral	Mobilfunk-Monitoring			
		2G	4G	5G (f < 3 GHz)	5G (f > 3 GHz)
Pegelwert [dBm]	Datenrate korreliert mit Pegelwerten	-103		-109	
Wahrscheinlichkeit am Zellrand (Pegelberechnung)*	unbeachtlich**			75%	
Antennenhöhe [m]	3			1,5	
Mindestdatenrate (am Zellrand)	unbeachtlich**	nicht zutreffend	2 Mbit/s (DL) 512 kbit/s (UL)	2 Mbit/s (DL) 512 kbit/s (UL)	5 Mbit/s (DL) 1 Mbit/s (UL)
Zellrandwahrscheinlichkeit (Datenrate)	unbeachtlich**	nicht zutreffend	90%	90%	90%
Zallauslastung	zelllastunabhängig	nicht zutreffend	50%	50%	50%
Mindestdatenrate (Sektor)	50 Mbit/s bzw. 100 Mbit/s*		nicht zutreffend***		
Pegelwert für Ankerband	unbeachtlich**			-120	

Quelle: Bundesnetzagentur

*Die Datenrate wird auf Basis der Pegelwerte berechnet.

**Bei der Versorgungsaufgabe wird gemäß PKE geschaut, ob die Netzkapazität bezogen auf eine Fläche zur Verfügung gestellt wird. Die Netzkapazität ist unabhängig von der Nutzung durch Anwender. Daher ist dieser Parameter aus Sicht der Versorgungsaufgabe irrelevant.

***Das Mobilfunk-Monitoring fokussiert auf die Nutzerwahrnehmung. Dies wird von mehreren Faktoren, z.B. Lage des Endgeräts in der Funkzelle, Zellauslastung, etc., beeinträchtigt. Daher ist die gesamte Kapazität bzw. Mindestdatenrate (Sektor) aus Sicht des Mobilfunk-Monitoring irrelevant.

Zdroj: Mobilfunk-Bericht, Zustand der Mobilfunkversorgung 2022

Nad rámec dat, která jsou předávána mobilními operátory prování BNA vlastní měření kvality signálu a přenosových rychlostí v terénu pomocí speciálních měřících vozidel a mobilních zařízení. Cílem těchto měření je ověřit data reportovaná mobilními operátory a identifikovat oblasti s nedostatečným pokrytím nebo nižší kvalitou služeb.

3.2 Aktuální stav dostupnosti 5G sítí v Německu

Dle aktuálních dat (duben 2024) je technologie 5G dostupná na 92 % území Německa. V drtivé většině přitom jde o technologii 5G Stand Alone (SA) – tedy 5G síť funguje na vlastní technologii, nikoliv na starších technologiích (5G SA pokrývá 89,9 % území Německa). Dostupnost 5G sítí na území Německa má, dle dat BNA, 99,66 % domácností. Při analýze pokrytí domácností navíc dosahuje hodnota „šedých míst“ pouze 0,68 % - drtivá většina domácností tak má k dispozici více než jednoho operátora, který poskytuje připojení ke 4G nebo 5G sítí. Bílá místa z tohoto pohledu neexistují – k alespoň jednomu operátorovi poskytujícímu 4G nebo 5G připojení tedy mají přístup všichni obyvatelé Německa. (Z územního pohledu jsou „bílá místa“ identifikována pouze na 2,3 % rozlohy Německa).

Podrobněji viz následující kartogram

Obrázek 9: Dostupnost 5G sítě v Německu

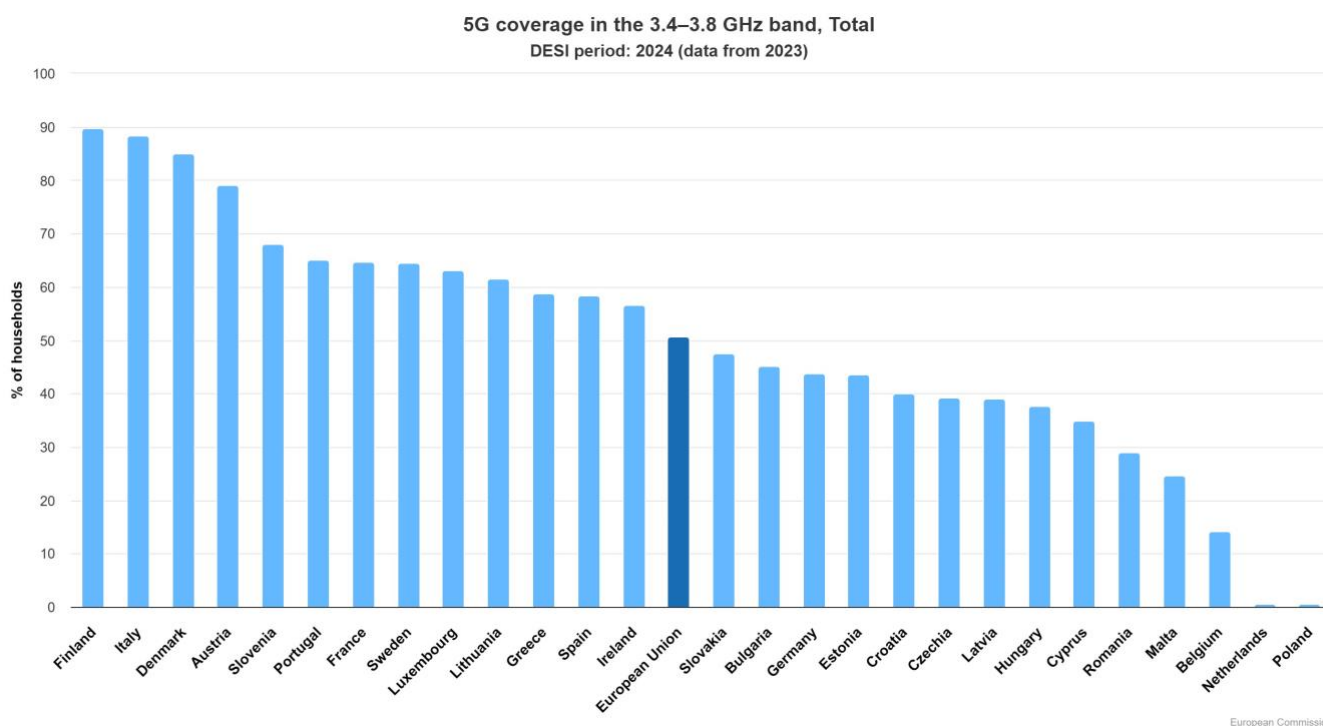


Legenda: červená barva ukazuje územní dostupnost 5G SA, oranžovou je vyznačena dostupnost pouze 5G

Zdroj: <https://gigabitgrundbuch.bund.de>

Důležitou informací je rovněž využití frekvenčních pásem. Dle dat DESI dosahuje dostupnost 5G sítí ve vyšších frekvenčních pásmech v (3,4 -3,8 GHz) za rok 2023 hodnoty 43,8 % domácností. Nadále tedy převládá dostupnost v nižších frekvenčních pásmech (700 MHz), která jsou vhodnější zejména pro pokrytí méně hustě osídlených oblastí z důvodu vyššího dosahu připojení (tj. při nižším počtu prvků infrastruktury), podíl pokrytí populace ve vyšších pásmech se logicky koncentruje především ve větších sídlech. Hodnota dostupnosti připojení ve vyšších pásmech za rok 2023 ale téměř dosahuje Evropského průměru (50,6 % domácností). Nejvyšší dostupnost připojení v těchto vyšších frekvenčních pásmech dosahuje Finsko (89,72 %), zatímco nulové je doposud pokrytí připojením k 5G sítím ve frekvenčním pásmu 3,4 – 3,8 GHz v Polsku nebo Nizozemsku.

Obrázek 10: Srovnání dostupnosti 5G sítí ve frekvenčním pásmu 3,4 – 3,8 GHz v EU (2023)



Zdroj: DESI 2024.

3.3 Komparace s ČR

Míra pokrytí 5G sítěmi v ČR a Německu je přibližně srovnatelná a v obou zemích je podíl domácností s přístupem k 5G sítím v kontextu EU nadprůměrný. Pokrytí signálem 5G se v obou zemích blíží 100 % populace, deficity tak zůstávají pouze v „bílých místech“ (2,3 % rozlohy Německa, v případě ČR činí plocha území, ve kterém nemá k 5G sítím přístup žádný obyvatel celkem 3,9 % území při nezapočítání neosídlených ZSJ). V Německu lze ale zaznamenat výrazně vyšší podíl domácností, které mají k dispozici připojení k 5G sítím ve vyšších frekvenčních pásmech (3,4 – 3,8 GHz) – zatímco v Německu mělo přístup k 5G sítím v tomto pásmu na konci roku 2023 více než dvě pětiny obyvatel, v ČR je tento podíl výrazně nižší a dosahuje pouze cca čtvrtiny – tento fakt ale může být částečně způsoben vyšší mírou koncentrace obyvatel ve velkých aglomeracích v Německu. Zcela zásadní je potom rozdíl v budování standalone (SA) 5G sítí, tedy těch, které disponují plně nezávislou 5G architekturou využívající vlastní jádro sítě. Zatímco v ČR je budování SA sítí teprve ve fázi plánování nebo pilotních projektů¹⁰, v Německu

¹⁰ Operátor T-Mobile například otevřel pilotní SA 5G síť v kampusu Českého institutu informatiky, robotiky a kybernetiky (CIIRC) ČVUT v Praze. Podobně byly SA 5G sítě zprovozněny v dalších univerzitních kampusech v Brně nebo Liberci. Operátor Vodafone, dle svých mediálních výstupů, potom sice poskytuje SA technologii v rámci privátních sítí například v průmyslových areálech (např. ve Škoda Auto, viz <https://www.vodafone.cz/nejen-pro-media/tiskove-zpravy/vodafone-spustil-mobilni-privatni-5g-sit-ve-skoda-/>), na přechod na nové jádro 5G sítí v plošnějším měřítku teprve připravuje a termín spuštění 5G sítí v režimu SA zatím není znám (viz mediální výstup z dubna 2024: <https://www.lupa.cz/aktuality/cesky-vodafone-za-stovky-milionu-chysta-prechod-na-plnohodnotne-nove-jadro-mobilni-site-5g/>).

fungují 5G sítě v režimu SA zcela standardně: podíl domácností, které mají tuto technologii 5G sítí dostupnou dosahuje až 90 %). Tedy právě v dostupnosti SA technologie lze pozorovat největší rozdíl v dostupnosti 5G sítí v ČR a Německu.

Shrnutí kapitoly a závěr

V Německu je technologie 5G dostupná na 92 % území, přičemž 5G připojení je k dispozici pro 99,66 % domácností. Z tohoto vyplývá, že v Německu téměř neexistují tzv. „bílá místa“, tj. oblasti bez přístupu k 5G sítím. Více než 99 % domácností má k dispozici připojení k 5G síti u více než jednoho operátora. V Německu je navíc výrazně vyšší podíl standalone (SA) 5G sítí, což je technologie, která funguje na vlastní nezávislé 5G infrastruktuře. Tato technologie pokrývá 89,9 % území Německa a má k ní přístup více než 90 % domácností. Důležitou informací je rovněž využití frekvenčních pásem. Dle dat DESI dosahuje v Německu dostupnost 5G sítí ve vyšších frekvenčních pásmech (3,4 -3,8 GHz) za rok 2023 hodnoty 43,8 % domácností. Nadále tedy převládá dostupnost v nižších frekvenčních pásmech (700 MHz), která jsou vhodnější zejména pro pokrytí méně hustě osídlených oblastí z důvodu vyššího dosahu připojení.

Míra pokrytí 5G sítěmi v ČR a Německu je tedy přibližně srovnatelná a v obou zemích je podíl domácností s přístupem k 5G sítím v kontextu EU nadprůměrný. Při bližším pohledu je ale nutné konstatovat že ČR za Německém v oblasti rozvoje 5G sítí zaostává. Operátoři v Německu již ve velké míře provedli investice do vybudování nového, „vlastního“ jádra 5G sítí, což se projevuje ve výrazné dostupnosti SA technologie na celém území. Operátoři v ČR se v zájmu rychlého spuštění 5G připojení spolehli na technologii DSS, kdy jádro 5G sítí je sdílené s předchozí generací. Vysoké investice do přechodu na SA technologii tedy musí všichni operátoři v ČR, na rozdíl od německých, teprve učinit. Operátoři v Německu se v současnosti zaměřují především na rozšiřování dostupnosti 5G sítí ve středních kmitočtových pásmech (3,4 – 3,8 GHz), a to především v urbanizovaných oblastech, ve kterých je nutné klást vyšší prioritu na kapacitu sítě a další kvalitativní parametry. To s sebou nese rovněž vysoké investice do zahušťování sítě základnových stanic. Dostupnost připojení v tomto pásmu na konci roku 2023 v Německu přesáhla dvě pětiny populace a lze předpokládat, že nadále poroste. I v tomto případě jsou operátoři v ČR spíše pozadu – licence na provozování 5G sítí v pásmu 3,4 – 3,8 GHz sice drží již od začátku roku 2021, významnější investice do rozvoje připojení v tomto pásmu ale lze zaznamenat pouze u jednoho operátora a celkový podíl obyvatel, kteří mají připojení v pásmu 3,4 – 3,6 GHz k dispozici tak dosahuje pouze cca 25 %.

4 Shrnutí analýzy dostupnosti

4.1 Shrnutí aktuálního stavu ve srovnání s vybraným státem EU

V České republice je rozvoj 5G sítí na úrovni, která je v kontextu EU jako celku nadprůměrná a dosahuje podobných hodnot jako v Německu. Podíl obyvatel s připojením k 5G síti se sice mezi jednotlivými operátory odlišuje, alespoň jedním operátorem s přístupem k 5G síti je ale pokryto téměř 97 % obyvatel. V Německu je dostupnost připojení k 5G sítím ještě vyšší, dostupnost pokrývá téměř 100 % domácností. Bílá místa tedy z pohledu obyvatel téměř neexistují, dle dat BNA se jedná pouze o desetiny procenta domácností. V drtivé většině případů (více než 99 %) mají domácnosti na výběr alespoň dva operátory.

V ČR i v Německu jsou pro 5G využívána různá frekvenční pásma. V ČR jsou byla vydražena pásma 700 MHz a 3,4 – 3,6 MHz. Mimo tato nová pásma provozují jednotliví operátoři 5G sítě také v pásmech 1800 MHz a 2100 MHz, ve kterých provozují nebo provozovali technologie 3G a 4G díky technologii Dynamic Spectrum Sharing. V Německu je, mimo pásma 700 MHz a 3,4 – 3,8 GHz využíváno také pásmo 26 GHz (tzv. milimetrové vlny, mmWave), které umožňuje výrazný nárůst přenosové rychlosti i konektivity díky šířce pásma, ovšem při výrazně nižším dosahu a prostupnosti signálu, sítě jsou tedy vhodné pro připojení menších území s požadavky na vysokou rychlost a kapacitu (např. průmyslové areály, kancelářské budovy, atd.). V ČR není toto pásmo doposud není plošně využíváno, využití milimetrových vln je prozatím pouze s povolením ČTÚ testováno (například v Praze na Chodově nebo na Brumlovce¹¹) a prozatím není zřejmé, kdy bude toto pásmo zpřístupněno široké veřejnosti.

Ve využívání těchto frekvenčních pásem ale existují významné rozdíly. V Německu je připojení k 5G síti v pásmu 3,4 – 3,8 GHz dostupné pro více než 43 % domácností, i to je přitom v kontextu EU podprůměrná hodnota. V ČR se operátoři naopak spoléhají především na pásmo 700 MHz, které sice pokrývá větší území (a tedy nevyžaduje vyšší investice do hustější sítě základnových stanic), zároveň ale vykazuje nižší kapacitu a rychlost. Kmitočty pro poskytování 5G sítě v tomto pásmu sice získalo 5 operátorů, výrazněji ale do rozvoje dostupnosti 5G sítí v tomto pásmu doposud investuje pouze operátor O2, resp. jeho dceřiná společnost CETIN, která je vlastníkem infrastruktury. Díky tomu operátor O2 pokrývá síti 5G v tomto pásmu cca pětinu obyvatel. V případě společnosti T-Mobile je tento podíl nižší (i zde je ale dosahován především díky sídlení infrastruktury s CETIN (to naznačuje také skutečnost, že dostupnost 5G sítí v tomto pásmu je vyšší na východě ČR než na západě) a dosahuje cca 15 % obyvatel. Společnost Vodafone potom připojení 5G ve svých blocích, které získala v pásmu 3,4 – 3,6 GHz poskytuje pouze zlomku obyvatel (cca 1,3 %).

Zásadní je také rozdíl v dostupnosti standalone (SA) technologií. Ta je v případě Německa zcela dominantní, připojení k 5G síti prostřednictvím SA technologie disponuje téměř 90 % obyvatel. V ČR je situace opačná, SA technologie je prozatím využívána pouze v omezených pilotních provozech (kampusy, privátní sítě v průmyslových podnicích) a investice do jejího plošného zavádění jsou teprve plánované.

Ve vztahu ke způsobu výpočtu indikátorů dostupnosti obě země přistupují mírně odlišným způsobem. V Německu je dostupnost připojení k 5G zpracovávána na úrovni sítě čtverců o velikosti 100 x 100 metrů a za měření dostupnosti připojení jsou zodpovědní operátoři, kteří data v této struktuře předávají regulačnímu orgánu. Jsou přitom pevně definovány minimální kvalitativní parametry pro posouzení, zda v daném čtverci je nebo není síť 5G k dispozici. Data předávaná operátory jsou ověřována nezávislým měřením kvality signálu a přenosových rychlostí v terénu. V případě ČR jsou nezávislá měření připojení k 5G síti zpracovávána prozatím pouze na železničních koridorech a dálnicích. Plošná dostupnost připojení je kalkulována na základě simulace, která vychází z rozmístění základnových stanic a terénních modelů.

Přestože tedy je zdánlivě dostupnost 5G sítí v ČR a v Německu srovnatelná, při bližším pohledu je nutné konstatovat že ČR za Německém výrazně zaostává. Operátoři v Německu již ve velké míře provedli investice do vybudování nového, „vlastního“ jádra 5G sítí, což se projevuje ve výrazné dostupnosti SA technologie na celém území. Operátoři v ČR se v zájmu rychlého spuštění 5G připojení spolehli na technologii DSS, kdy jádro 5G sítí je sílené s předchozí generací. Vysoké investice do přechodu na SA

¹¹ <https://www.lupa.cz/aktuality/rychlost-vzduchem-jako-na-optice-o2-v-praze-testuje-5g-milimetrove-vlny-na-26-ghz/>

technologie tedy musí všichni operátoři v ČR, na rozdíl od německých, teprve učinit. Operátoři v Německu se v současnosti zaměřují především na rozšiřování dostupnosti 5G sítí ve středních kmitočtových pásmech (3,4 – 3,8 GHz), a to především v urbanizovaných oblastech, ve kterých je nutné klást vyšší prioritu na kapacitu sítě a další kvalitativní parametry. To s sebou nese rovněž vysoké investice do zahušťování sítě základnových stanic. Dostupnost připojení v tomto pásmu na konci roku 2023 v Německu přesáhla dvě pětiny populace a lze předpokládat, že nadále poroste. I v tomto případě jsou operátoři v ČR spíše pozadu – licence na provozování 5G sítí v pásmu 3,4 – 3,6 GHz sice drží již od začátku roku 2021, významnější investice do rozvoje připojení v tomto pásmu ale lze zaznamenat pouze u jednoho operátora a celkový podíl obyvatel, kteří mají připojení v pásmu 3,4 – 3,6 GHz k dispozici tak dosahuje pouze cca 25 %. V případě operátora Vodafone potom je dostupnost připojení v tomto pásmu stále na začátku. I v tomto případě tedy je nutné konstatovat, že operátoři v Německu jsou s investicemi nutnými pro rozvoj 5G připojení výrazně dál, než tomu je v ČR.

4.2 Aktuální a očekávané bariéry a limity rozšiřování dostupnosti

Jak bylo naznačeno výše, hlavní omezení pro rozvoj 5G sítí v ČR je spojeno s nedostatečným využitím vyšších frekvenčních pásem a nutností investic do SA technologie. Pro zlepšení kvality a kapacity připojení bude nutné zvýšit podíl standalone 5G sítí a rozšířit použitá pásma 3,4 – 3,6 GHz. Jinými slovy, po získání licencí k provozu 5G sítí se operátoři v ČR zaměřili na rychlý rozvoj dostupnosti sítě jako takové. Toto kritérium pokrytí obyvatel připojením k 5G síti je v ČR v kontextu EU nadprůměrné a prostor pro další růst je již velmi omezený. V následujícím období jsou ale klíčové investice do zvyšování kvality 5G sítí a v této oblasti jsou operátoři v ČR spíše pozadu za jinými státy EU.

Jedním z hlavních limitů pro rozšiřování 5G sítí v ČR je skutečnost, že většina současných 5G sítí je provozována jako non-standalone (NSA). NSA sítě využívají existující 4G infrastrukturu pro některé klíčové funkce, což znamená, že skutečné výhody 5G, jako je nižší latence a vyšší kapacita, nejsou plně využity. Stejně tak není možné v NSA sítích využívat dalších klíčových výhod 5G sítí, jako je například technologii Network Slicing, která umožňuje poskytovatelům vytvořit virtuální síť („slices“) pro konkrétní typy služeb nebo aplikací a ty pro dané služby optimalizovat - a tedy efektivněji využít potenciálu sítě i zajistit vyšší bezpečnost, stabilitu a odolnost klíčových služeb¹². SA sítě jsou v ČR zatím rozvíjeny pouze bodově, například ve formě privátních mobilních sítí v průmyslových podnicích. Plný přechod na SA 5G technologie, které fungují nezávisle na 4G, je nákladný a vyžaduje rozsáhlé investice do nové infrastruktury. Tato transformace může být zdlouhavá a finančně náročná, což zpomaluje celkový rozvoj 5G sítí.

Dalším významným limitem je nízké využívání středních frekvenčních pásem, zejména pásma 3,4 – 3,6 GHz. Toto pásmo je klíčové pro poskytování vyšších rychlostí a kapacity, což je nezbytné pro plné využití potenciálu 5G technologií. V současné době je většina 5G sítí v ČR provozována v pásmu 700 MHz, které nabízí široké pokrytí, ale nižší rychlosti a kapacitu. S rozvojem dostupnosti připojení ve středním pásmu jsou spojeny další investiční výdaje – je totiž nutné zahustit síť základnových stanic. Dalším problémem ale může být také dostupnost vhodných lokalit pro základnové stanice, a to především v městských oblastech (limitem mohou být nejen omezený prostor a regulace co se týče umístění stanic na budovy, ale také například obavy části populace, jakkoliv neopodstatněné, ze zvýšeného elektromagnetického záření spojeného s hustější sítí vysílačů).

Prostor pro další zvyšování pokrytí území 5G sítěmi je již spíše omezený. Signálem 5G sítí je aktuálně pokryto 96,8 % populace. To je stále mírně nižší podíl, než například v Německu (kde dostupnost přesáhla 99 % domácností), v kontextu EU jde ovšem o nadprůměrnou hodnotu. Další rozšiřování dostupnosti ale již může narážet na neúměrně vysoké investiční výdaje při přepočtu na počet nově pokrytého obyvatelstva. Dokladem toho může být výsledek plnění tzv. rozvojových kritérií, která byla spojena s aukcí kmitočtů pro 5G síť. Jak bude podrobněji uvedeno níže, součástí podmínek přidělení jednoho z bloků v pásmu 700 MHz (blok získal operátor O2) byla povinnost pokrýt nejméně 95 % obyvatel v tzv. „bílých místech“. Jako tato bílá místa bylo vymezeno 212 obcí v ČR, které v okamžiku aukce kmitočtů nebyly dostatečně pokryty širokopásmovým připojením k internetu a podmínkou zisku tohoto bloku bylo dosažení hodnoty 95 % obyvatel pokrytých signálem v každé této obci do 3 let od udělení licence (tj. do února 2024) – ovšem s výjimkou situace, kdy by splnění podmínky vyžadovalo nepřiměřeně vysoké investiční náklady. K únoru 2024 ovšem byla tato podmínka operátorem splněna pouze u 79 z 212 vymezených obcí. Ve zbytku území „bílých míst“ (tedy v téměř dvou třetinách zbývajících obcí) byla operátorovi uznána výjimka nepřiměřeně vysokých investičních nákladů pro dosažení stanovené hranice. Ve zbývajících 133 obcích tak bylo kumulativně signálem pro připojení k 5G síti pokryto pouze 85 % obyvatel. Určitý potenciál pro další navýšení pokrytí bílých míst přináší proces obnovy přidělu pro pásma 900 MHz a 1800 MHz, který byl zahájen ze strany ČTÚ v roce 2023, kdy pro udělení nového přidělu (platnost dosavadních přidělu pro dva operátory končí v říjnu 2024) v obou pásmech jsou formulovány nová rozvojová kritéria, zahrnující zlepšení dostupnosti 5G sítí v nedostatečně pokrytých oblastech¹³.

¹² Dle vyjádření ČTÚ ale po této službě doposud neexistuje dostatečná poptávka.

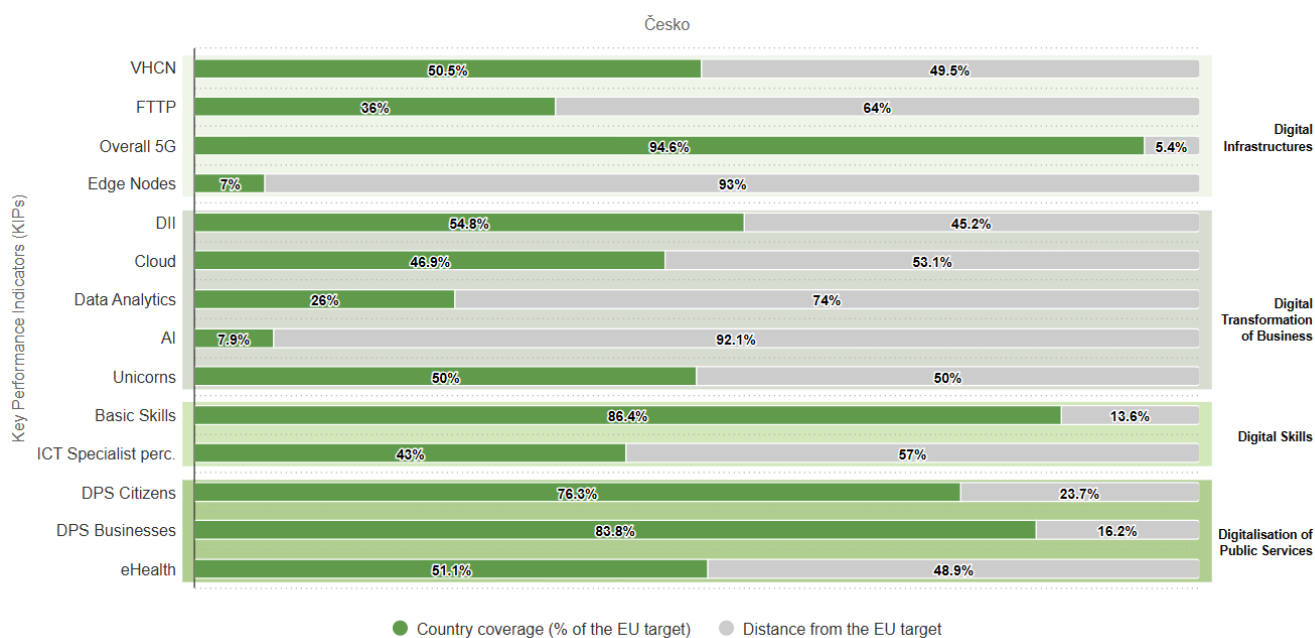
¹³ Podrobněji viz Závěry přezkoumání z 30. 4. 2024: https://ctu.gov.cz/sites/default/files/obsah/ctu/vyzva-k-uplatneni-pripominek-k-zameru-ceskeho-telekomunikacniho-uradu-udelit-pridely-radiovyeh/obrazky/20240430-Zavery_prezkoumani_900_a_1800_MHz.pdf

4.3 Předpokládaný trend do budoucnosti v kontextu DESI

Jak bylo uvedeno v kap. 1.3, pozice ČR v hodnocení indikátoru DESI je v kontextu EU podprůměrné. Ve zprávě za rok 2023 se ČR v celkovém hodnocení umístila na 19. místě z 27 členských států, a to přesto, že zpráva zároveň uvádí, že tempo růstu v ČR je vyšší, než v řadě jiných členských států EU – a alespoň zčásti tak dochází ke konvergenci. Hlavní oblastí, ve které ČR zaostává, přitom, dle zprávy EK, je právě dostupnost digitální infrastruktury, do které spadá také dostupnost 5G sítí.

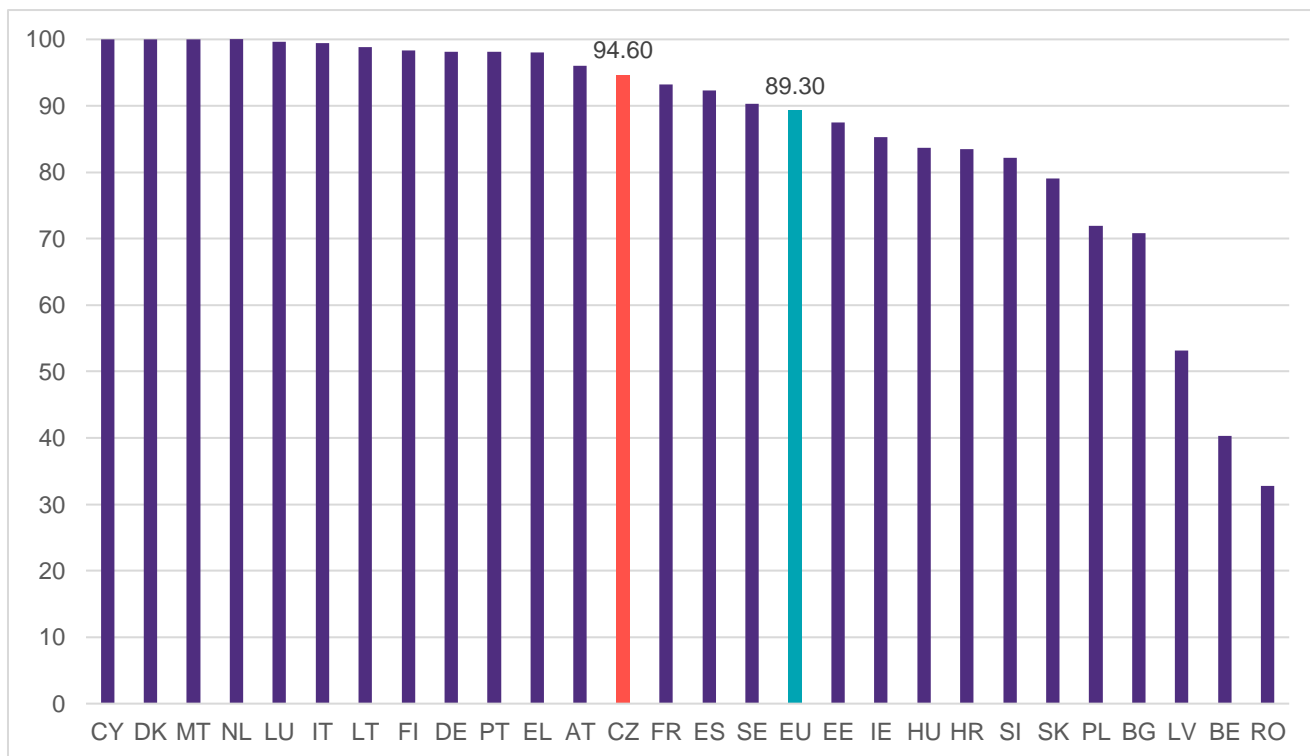
Právě dostupnost 5G sítí přitom je jedinou z hodnocených oblastí v oblasti digitální infrastruktury, ve které ČR dosahuje nadprůměrných hodnot ve srovnání s ostatními státy EU. Naopak ale co se týče dostupnosti velmi rychlého připojení k internetu (VHCN) ČR za ostatními státy EU výrazně zaostává a tento trend se naopak ještě zhoršuje.

Obrázek 11: Aktuální hodnoty klíčových indikátorů DESI v ČR ve srovnání se stanovenými cíli, DESI 2024 (data za 2023)



Zdroj: DESI 2024

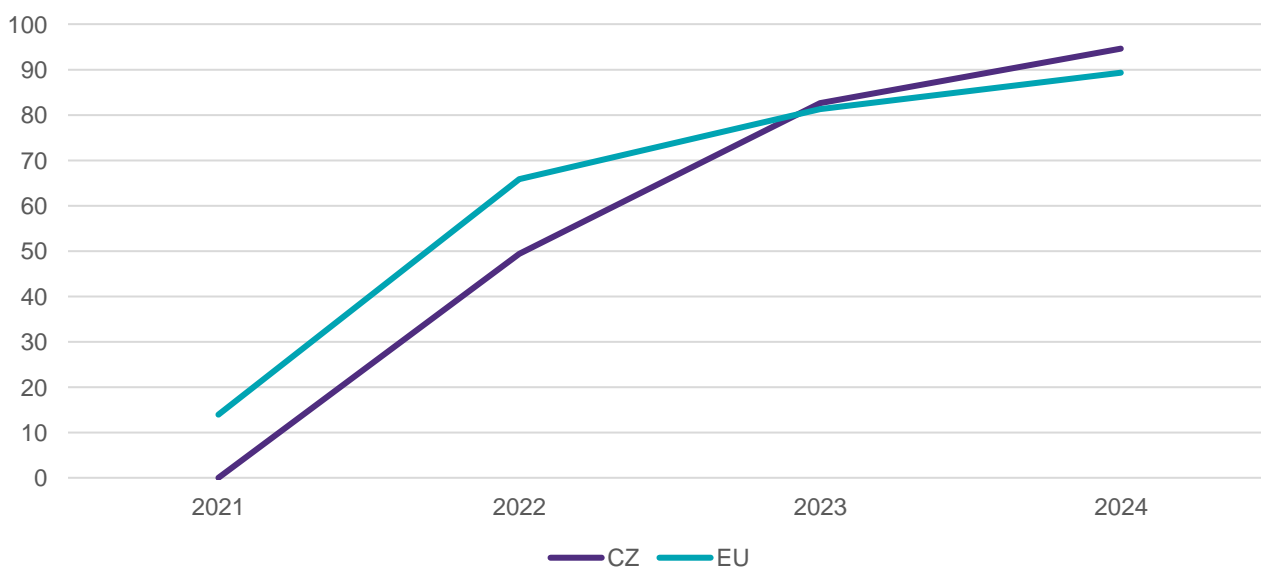
Obrázek 12: Aktuální hodnoty dostupnosti 5G sítí - % pokrytých domácností, DESI 2024 (data za rok 2023)



Zdroj: vlastní zpracování dle DESI 2024

V roce 2023 (DESI 2024) přítom dostupnost 5G sítí v ČR poprvé překonala průměr EU

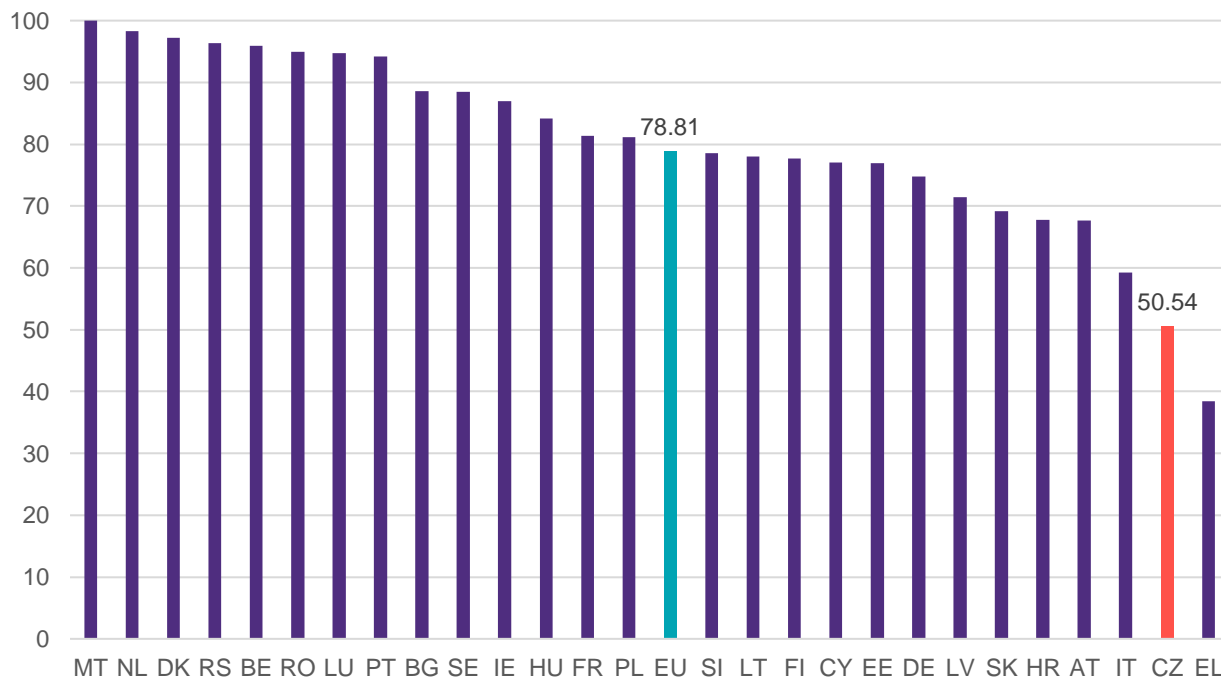
Obrázek 13: Trend dostupnosti 5G sítí – srovnání ČR a EU (roky odpovídají rokům zpráv DESI, jde tedy zpravidla o data k poslednímu dni předchozího roku)



Zdroj: vlastní zpracování dle DESI 2024

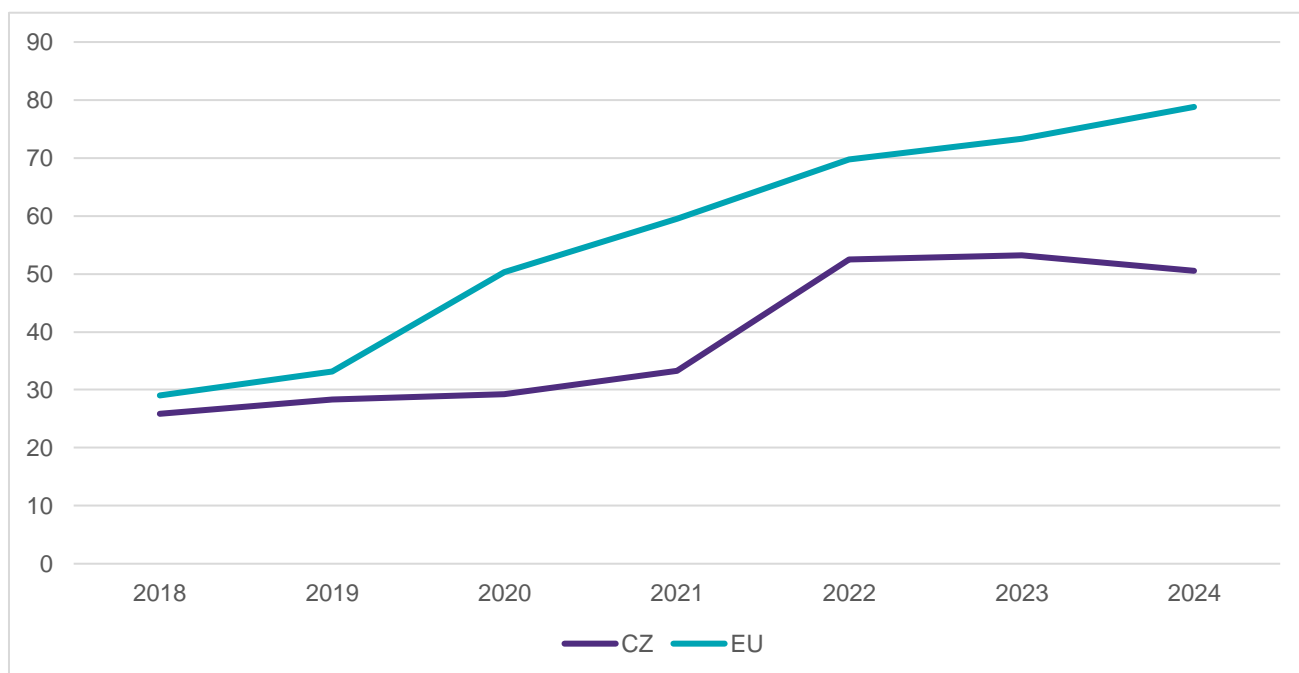
V oblasti přístupu k VHCN je ale situace opačná: hodnoty ČR jsou podprůměrné a trend nesměruje ke konvergenci

Obrázek 14: Přístup k VHCN - % domácností, DESI 2024 (data za rok 2023)



Zdroj: vlastní zpracování dle DESI 2024

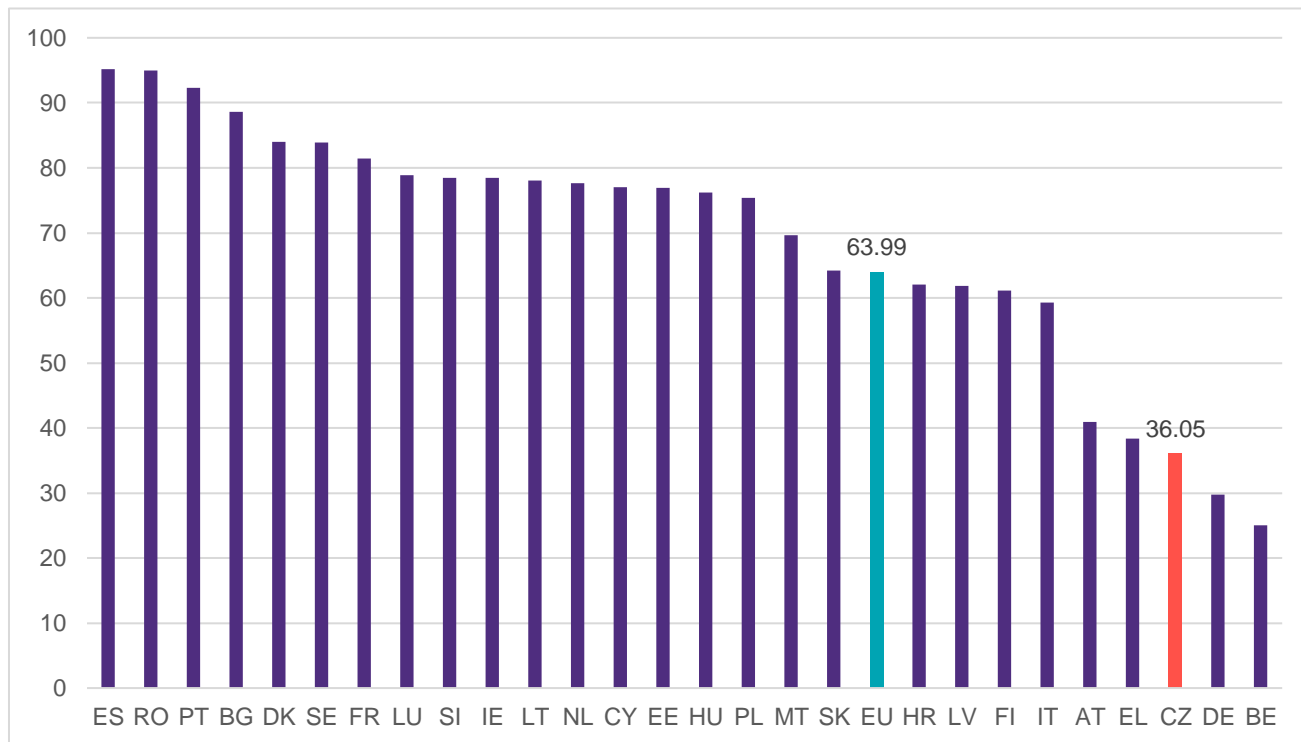
Obrázek 15: Trend dostupnosti VHCN – srovnání ČR a EU (roky odpovídají rokům zpráv DESI, jde tedy zpravidla o data k poslednímu dni předchozího roku)



Zdroj: vlastní zpracování dle DESI 2024

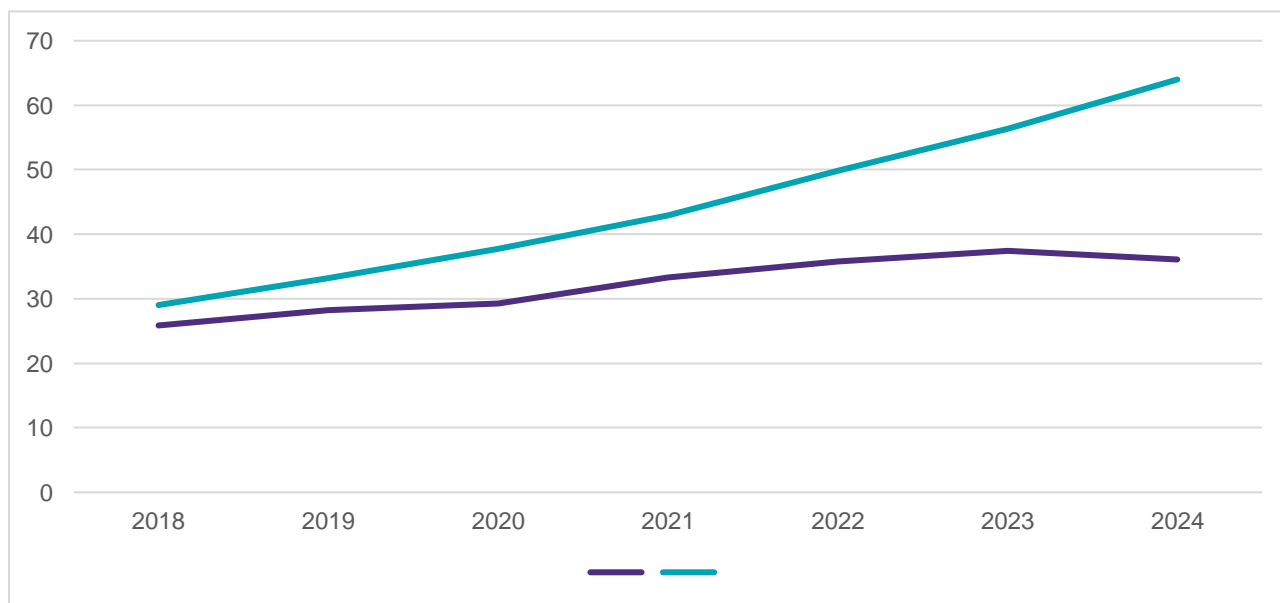
Toto zaostávání ČR za zbytkem EU je způsobeno především nízkým rozšířením připojení k internetu prostřednictvím optických sítí (DOCSIS). Rozšíření této technologie je v ČR, ve srovnání s jinými státy EU, na velmi nízké úrovni a aktuálně dosahuje pouze 36 % domácností (třetí nejhorší hodnota).

Obrázek 16: Aktuální hodnoty dostupnosti připojení prostřednictvím optických sítí - % pokrytých domácností, DESI 2024 (data za rok 2023)



Zdroj: vlastní zpracování dle DESI 2024

Obrázek 17: Trend dostupnosti připojení prostřednictvím optických sítí – srovnání ČR a EU (roky odpovídají rokům zpráv DESI, jde tedy zpravidla o data k poslednímu dni předchozího roku)



Zdroj: vlastní zpracování dle DESI 2024

Z výše uvedeného je zřejmé, že v oblasti digitální infrastruktury je problémem ČR právě trend gigabitové konektivity, způsobený především indikátorem rozvoje optických sítí. Dosažení cíle 95% pokrytí do roku 2030 by vyžadoval významné zrychlení tempa nasazení těchto technologií a nelze jej považovat za reálný. Rozvoj 5G sítí při zohlednění metodiky, která je v kalkulaci DESI využita, v případě ČR naráží na horní hranici – blíží se hodnotě 100 %. Pokračující rozvoj 5G sítí tedy nemůže horší hodnocení ČR v oblasti konektivity / digitální infrastruktury vyvážit. Spíše naopak, lze předpokládat, že na tomto indikátoru bude v následujících letech možné pozorovat konvergenci s tím, jak i v zaostávajících členských státech EU bude docházet k postupnému rozvoji této technologie. Relativní pozice ČR se proto bude v celkovém hodnocení konektivity spíše zhoršovat. Nelze totiž předpokládat, že bez zásadních investic do infrastruktury by v dohledném horizontu došlo k výraznému nárůstu podílu domácností připojených k velmi rychlému pevnému připojení k internetu – ČR bude v tomto indikátoru nadále zaostávat, zatímco „náskok“, který nyní ČR má v oblasti pokrytí 5G sítí se bude ve srovnání s ostatními členskými státy EU zmenšovat. Za předpokladu, že nedojde ke změně metodiky DESI – tj. indikátorů, které jsou do tohoto hodnocení zahrnovány, tak je nutné očekávat spíše trend zhoršujícího se hodnocení ČR.

Shrnutí kapitoly a závěr

Klíčové bariéry a limity rozvoje 5G sítí v ČR vyplývají ze závěrů uvedených v předchozích kapitolách. Pro zlepšení kvality a kapacity připojení bude nutné zvýšit podíl standalone 5G sítí a rozšířit použití pásma 3,4 – 3,8 GHz. Jinými slovy, po získání licencí k provozu 5G sítí se operátoři v ČR zaměřili na rychlý rozvoj dostupnosti sítě jako takové. Toto kritérium pokrytí obyvatel připojením k 5G síti je v ČR v kontextu EU nadprůměrné a prostor pro další růst je již velmi omezený. V následujícím období jsou ale klíčové investice do zvyšování kvality 5G sítí a v této oblasti jsou operátoři v ČR spíše pozadu za jinými státy EU.

Prostor pro další zvyšování pokrytí území 5G sítěmi je již spíše omezený. Signálem 5G sítí je aktuálně pokryto 96,8 % populace. To je stále mírně nižší podíl, než například v Německu, v kontextu EU jde ovšem o nadprůměrnou hodnotu. Další rozšiřování dostupnosti ale již může narážet na neúměrně vysoké investiční výdaje při přepočtu na počet nově pokrytého obyvatelstva.

Ve vztahu ke hodnocení ČR v indexu DESI je oblast digitální infrastruktury a konektivity hodnocena jako podprůměrná ve srovnání s ostatními státy EU i ve vztahu k formulovaným cílům „digitální dekády“. Tato skutečnost ale není způsobena pokrytím 5G sítěmi – to je, jak bylo zmíněno, ve srovnání s jinými státy EU nadprůměrné. Problémem ČR ve světle hodnocení DESI / cílů digitální dekády ale je trend gigabitové konektivity, způsobený především indikátorem rozvoje optických sítí. Relativní pozice ČR se proto bude v celkovém hodnocení konektivity do budoucna spíše zhoršovat. Nelze totiž předpokládat, že bez zásadních investic do infrastruktury by v dohledném horizontu došlo k výraznému nárůstu podílu domácností připojených k velmi rychlému pevnému připojení k internetu – ČR bude v tomto indikátoru nadále zaostávat, zatímco „náskok“, který nyní ČR má v oblasti pokrytí 5G sítí se bude ve srovnání s ostatními členskými státy EU zmenšovat. Za předpokladu, že nedojde ke změně metodiky DESI, tj. indikátorů, které jsou do tohoto hodnocení zahrnovány, tak je nutné očekávat spíše trend zhoršujícího se hodnocení ČR.

5 Analýza kvalitativních parametrů dostupnosti 5G sítí v ČR

5.1 Rychlost a spolehlivost přenosu dat

Jak bylo uvedeno v kap. 2.2, ČTÚ má zpracovávánu tzv. „Metodiku pro měření a vyhodnocení datových parametrů mobilních sítí elektronických komunikací“, která definuje metodiku měření nejen dostupnosti 5G sítí, ale také kvalitativních parametrů. Toto měření je realizováno dvěma metodami, a sice stacionární a za jízdy. Doposud ale nejsou k dispozici veřejně dostupná data ze stacionárního měření, která by mohla poskytnout vstupy pro hodnocení kvalitativních parametrů, především potom rychlosti připojení. Data z měření za jízdy dostupná jsou, poněvadž hodnocení dostupnosti pokrytí na vymezených koridorech patří mezi tzv. rozvojová kritéria – součástí udělení kmitočtů byly podmínky pokrytí 100 % hlavních a 98 % vedlejších koridorů do 4 let od data právní moci tohoto rozhodnutí (tedy do začátku února 2025).

Měření kvalitativních parametrů na koridorech tedy poskytuje robustní data pro hodnocení – je realizováno podle závazné metodiky ČTÚ. Zároveň ale pokrývá příliš malý podíl území ČR na to, aby jej bylo možné vztáhnout k aktuální situaci v ČR jako celku. Z tohoto důvodu je analýza kvalitativních parametrů doplněna o další zdroje:

- Ad-hoc měření realizovaná třetími stranami;
- Výstupy měření uživatelů mobilní aplikace NetTest. Jde o nástroj provozovaný ČTÚ, který uživatelům poskytuje informace o kvalitě jejich služby přístupu k internetu v podobě skutečně dosahované rychlosti download, upload a ping. Tato data z dílčích měření včetně doprovodných informací o technologii připojení k internetu, geografické poloze, síle signálu (v případě mobilních dat), atd. jsou ukládána na serveru ČTÚ a zároveň k dispozici ve formě otevřených dat – je tedy možné je využít pro alespoň částečné vyhodnocení kvalitativních parametrů 5G sítí¹⁴. Na rozdíl od řady komerčních měřičů připojení tedy nástroj NetTest realizuje měření certifikovanou metodikou ČTÚ a zároveň je k dispozici dostatek datových bodů (dílčích měření) pro hodnocení.

5.1.1 Ad-hoc měření a mediální výstupy

Důraz na kvalitativní parametry 5G připojení klade ve svých mediálních výstupech především operátor O2. Za tímto účelem spolupracuje s Českým institutem informatiky, robotiky a kybernetiky ČVUT, který provádí měření kvalitativních parametrů sítí svou certifikovanou technologií F-Tester¹⁵. Zároveň ale je nutné mít na paměti, že zadavatelem tohoto komerčního testování je jeden z operátorů, kteří poskytují 5G připojení – podrobné výsledky tohoto měření tedy nejsou k dispozici, informace jsou poskytnuty pouze v mediálních výstupech operátora nebo zástupců ČVUT.

Uvedené měření bylo ČVUT realizováno dvakrát, a sice na jaře 2022 a na podzim 2023. Z obou měření vyplynulo, že O2 je poskytuje nejvyšší rychlost připojení technologií 5G, kdy průměrná naměřená rychlost stahování dle měření ČVUT dosahuje cca 281 Mb/s (měření z podzimu 2023), což výrazně převyšuje průměrné rychlosti dosahované ostatními operátory (157, resp. 118 Mb/s). Hodnoty jsou mírně vyšší než při měření z jara 2022, kdy průměrné rychlosti dosahovaly 217 Mb/s v případě O2 a 117, resp. 87 Mb/s u ostatních dvou operátorů. Připojení poskytované O2 zároveň dosahovalo výrazně lepších výsledků v dalších parametrech měření, především co se týče rychlosti odezvy.

¹⁴ Podrobněji k nástroji viz <https://nettest.ctu.gov.cz/cs/>

¹⁵ Viz <https://f-tester.fel.cvut.cz/>.

Je ale nutné znovu zdůraznit, že měření bylo zadáno tímto operátorem. Výrazný rozdíl v rychlosti ve srovnání s konkurencí je, dle vyjádření zástupců ČVUT, dán především skutečností, že O2 jako první operátor spustil 5G síť ve frekvenčním pásmu 3,7 GHz a je v pokrytí v tomto frekvenčním pásmu ze všech operátorů nejdál (pokrývá více než 20 % obyvatel v tomto pásmu). Díky dostatečné šíři kanálu, kterou mají operátoři v těchto pásmech k dispozici tak lze dosahovat vyšších rychlostí. Lze tak předpokládat, že měření byla realizována především v oblastech, kde O2 (resp. její sesterská společnost CEITIN) má, na rozdíl od ostatních operátorů, k dispozici připojení 5G v tomto vyšší frekvenčním pásmu.

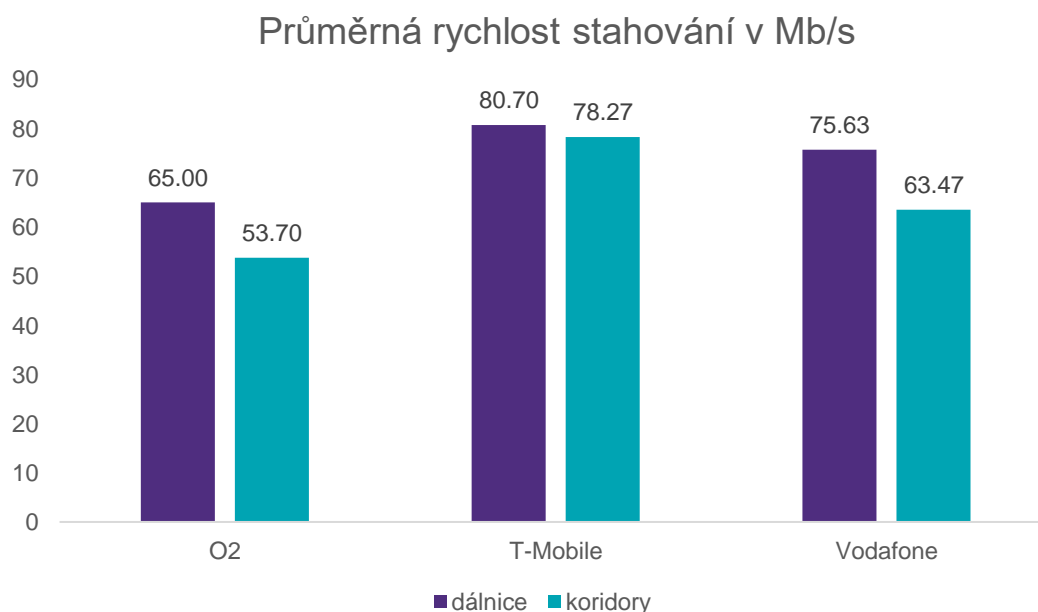
Operátor O2 rovněž ve svých mediálních výstupech uvádí, že jeho připojení k 5G síti vnímají jako nejrychlejší také zákazníci – opět je ale nutné zdůraznit, že toto konstatuje na základě dotazníkového šetření, jehož zadavatelem je právě O2.

5.1.2 Data z měření dálnic a koridorů

Data, která jsou produkována ČTÚ v souladu s výše uvedenou metodikou při tzv. měření za jízdy poskytují jiný obrázek o kvalitativních parametrech 5G sítí, než tomu je v případě ad-hoc měření a mediálních výstupů. Měření na dálnicích byla realizována ve dvou časových obdobích, a sice od 29. listopadu do 18. prosince 2023 a od 3. do 17. ledna 2024. Celkem je k dispozici téměř 230 tis. údajů z těchto měření. Měření na koridorech probíhala v období 6. – 14. listopadu 2023, 29. ledna až 1. února 2024 a 26. – 28. února 2024, přičemž celkem je k dispozici téměř 415 tis. záznamů. Měření probíhala vždy u všech tří operátorů současně.

Z výsledků je zřejmé, že operátor O2 dosahuje naopak nejnižších průměrných rychlostí připojení k internetu v obou typech měření. Viz následující graf:

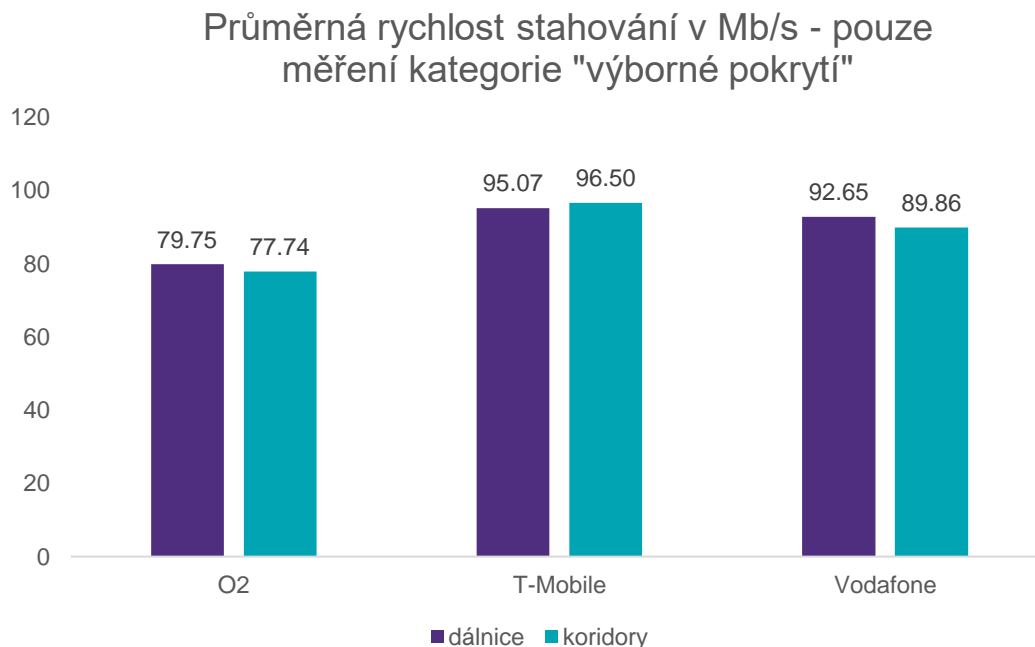
Graf 7 Srovnání průměrných rychlostí stahování v 5G sítích jednotlivých operátorů dle měření ČTÚ



Zdroj: vlastní zpracování dle dat ČTÚ

Tento rozdíl je částečně způsoben horším pokrytím 5G sítí v případě operátora O2. Nevysvětluje ale tyto rozdíly zcela. Je sice zřejmé, že v nejvyšší kategorii kvality připojení (měřeno na škále 1 – nepokryto až 5 – výborné pokrytí) dosahuje operátor O2 hodnoty připojení 5 v 77 % měření u dálnic a 62 % u koridorů), zatímco ostatní dva operátoři vykazují mírně vyšší podíly měření v nejvyšší kategorii (82 a 78 % v případě T-Mobile a 78 , resp. 65 % v případě Vodafone) a zároveň nejvyšší podíl měření v kategorii „nepokryto“ – více než 5 % v případě koridorů. Avšak pokud bychom vzali v potaz pouze měření z nejvyšší kategorie, tedy „výborné“ pokrytí, pořadí operátorů ani rozdíly mezi dosahovanými rychlostmi připojení se výrazně nezmění:

Graf 8 Srovnání průměrných rychlostí stahování v 5G sítích jednotlivých operátorů dle měření ČTÚ – pouze měření v kategorii „výborné pokrytí“



Zdroj: vlastní zpracování dle dat ČTÚ

5.1.3 Výstupy měření aplikace NetTest

Jak bylo uvedeno, data z měření aplikace NetTest jsou vytvářena samotnými uživateli, k jejich interpretaci je tedy nutné přistupovat s tímto omezením. Nejde o reprezentativní vzorek měřící kvalitu připojení, ale spíše o náhodně generovaná data co se geografického i časového hlediska týče. I přesto ale mohou mít, s ohledem na dostatečně velký vzorek, vypovídací hodnotu.

Data byla vytěžena ze systému ČTÚ za období leden 2023 – červen 2024. Byla přitom vyfiltrována pouze data, kdy bylo měřeno připojení technologií 5G u některého ze tří mobilních operátorů. Ze vzorku byla odstraněna data, která vznikla mimo území ČR, tedy v rámci roamingu. Do analýzy takto vstoupilo 21 044 záznamů o individuálním měření rychlosti 5G připojení. S cílem omezit zkreslení způsobené slabým signálem byla dále ze vzorku vyfiltrována pouze ta měření, u nichž hodnota síly signálu měřeného proměnnou RSRP (Reference Signal Receive Power) dosahovala alespoň hodnoty -90 dBm nebo vyšší. Vzorek se tak zmenšil na 4388 záznamů.

Hodnoty klíčových kvalitativních parametrů z těchto měření jsou uvedeny v následující tabulce:

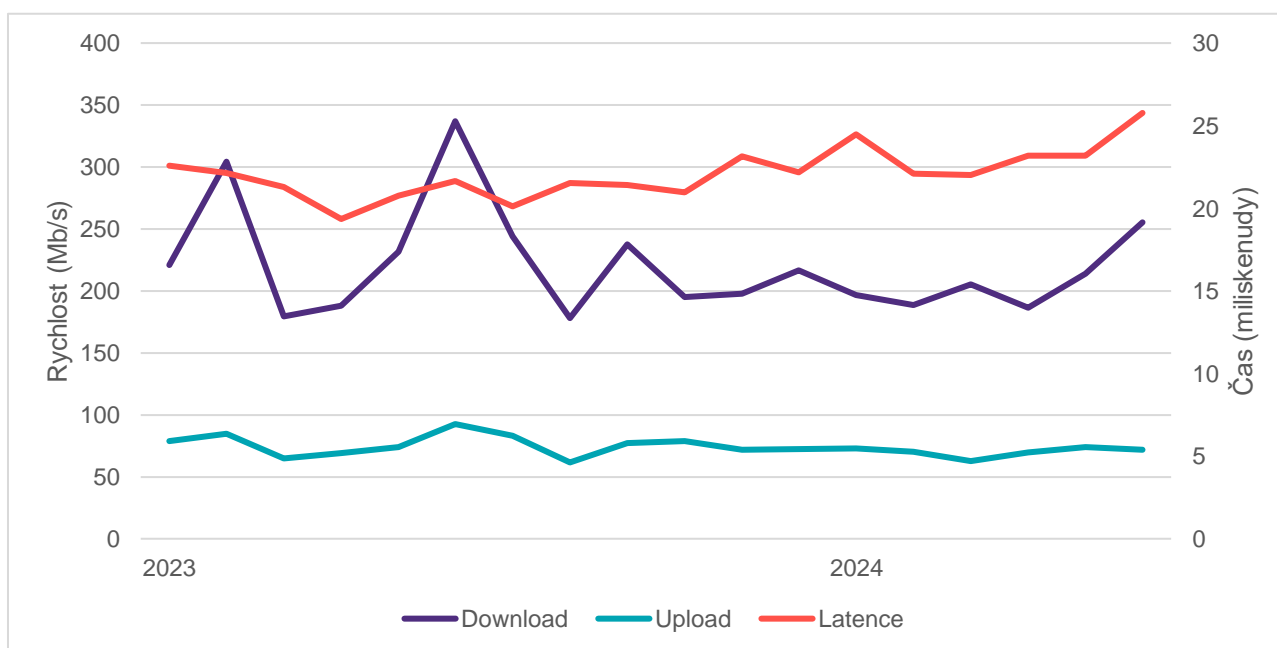
Tabulka 3 Hodnoty kvalitativních parametrů 5G připojení v ČR dle dat NetTest, leden 2023 – červen 2024

	Průměr 1/2023 – 6/2024	Medián 1/2023 – 6/2024
Rychlost stahování (download)	218,66 Mb/s	161,81 Mb/s
Rychlost nahrávání (upload)	73,38 Mb/s	75,92 Mb/s
Latence (rychlost odezvy)	22,15 ms	20,04 ms

Zdroj: Vlastní zpracování na základě dat ČTÚ

V čase lze pozorovat spíše konstantní trend, průměrné hodnoty za jednotlivé měsíce se výrazně neodlišují. To ale může být způsobeno spíše tím, že při desagregace na časovou osu (například dle měsíců) jsou již celkové počty měření relativně nízké (v řádu stovek).

Graf 9 Vývoj kvalitativních parametrů v čase dle dat NetTest



Zdroj: Vlastní zpracování na základě dat ČTÚ

Mezi jednotlivými operátory je ale možné zaznamenat nezanedbatelné rozdíly, které, s výjimkou průměrné rychlosti uploadu, korespondují s mediálním tvrzením operátora O2, byť s nižšími než deklarovanými rozdíly mezi jednotlivými operátory.

Tabulka 4 Rozdíly mezi operátory na klíčových kvalitativních parametrech dle dat NetTest v období 1/23 – 6/24; průměr / medián

	Download (Mb/s)	Upload (Mb/s)	Latence (ms)
O2	296,13 / 224,34	72,69 / 64,97	19,12 / 19,00
T-Mobile	232,35 / 191,31	89,86 / 95,24	22,82 / 20,21
Vodafone	122,75 / 97,60	59,09 / 50,96	24,80 / 20,85

Zdroj: Vlastní zpracování na základě dat ČTÚ

5.2 Rozdíly mezi městskými a venkovskými oblastmi

Rozdíl v dostupnosti připojení k 5G sítím mezi městskými a venkovskými oblastmi byl zpracován již v kapitole 2.3. Dle vymezení indikátoru DESI je do venkovských oblastí řazeno území s hustotou zalidnění nižší než 100 osob na km². V tomto vymezení a při aplikaci kritéria na úroveň obcí je do venkovských území zařazeno 73 % rozlohy území ČR (bez území vojenských újezdů), ve kterém žije cca 22 % populace. Podrobná data o pokrytí dle kategorie regionu jsou zpracována v následující tabulce:

Tabulka 5 Dostupnost připojení k 5G sítím dle jednotlivých operátorů

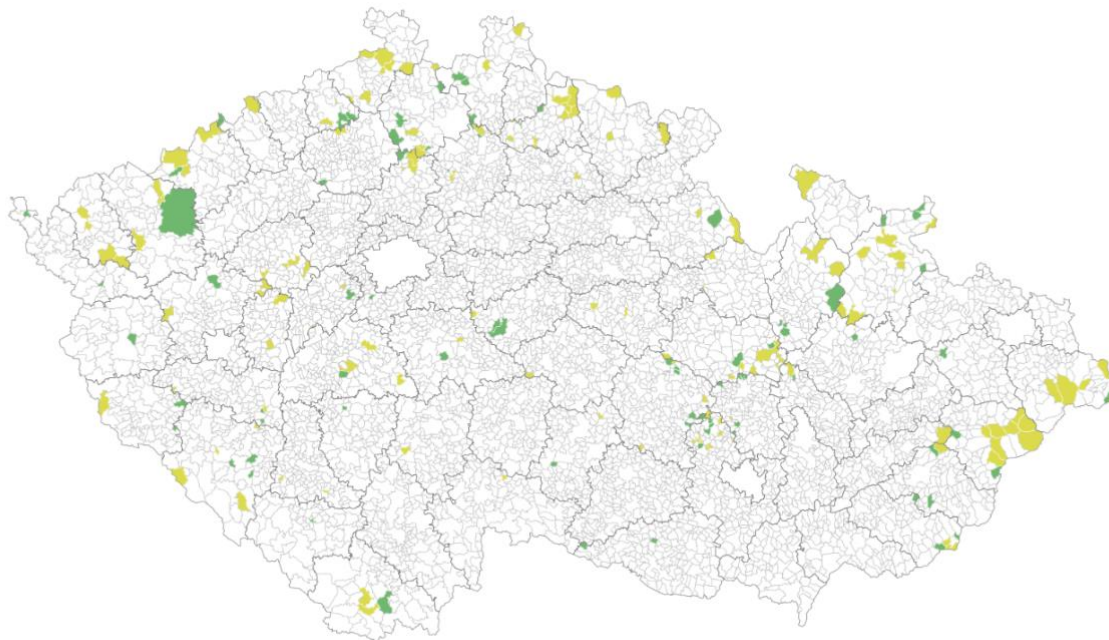
	Počet obyvatel	Dostupnost 5G připojení			
		O2	T-MOBILE	VODAFONE	Alespoň 1 operátor
Venkovské oblasti	2 318 211	57,3%	64,2%	74,5%	87,3%
Městské oblasti	8 205 956	91,7%	95,4%	97,1%	99,1%

Zdroj: Vlastní zpracování dle dat ČTÚ

Významnou roli v připojení hrají tzv. „bílá místa“. Jednou z podmínek aukce kmitočtů v pásmu 700 MHz v bloku A3 totiž je povinnost pokrýt alespoň 95 % obyvatel těchto bílých míst do 3 let od nabytí právní moci rozhodnutí o udělení přidělu kmitočtů. Povinnost se ovšem nevztahuje na ta bílá místa, kde by pokrytí bylo možné dosáhnout pouze za předpokladu neúměrně vysokých investičních nákladů. Blok A3 vydražil operátor O2 a vzhledem k nabytí právní moci rozhodnutí v únoru 2021 byl termínem pro splnění tohoto závazku 4. 2. 2024.

Podmínky aukce vymezily celkem 212 obcí jako tato bílá místa, ke kterým se splnění podmínky vztahuje. K 4. 2. 2024 byla podmínka pokrytí alespoň 95 % obyvatel splněna pouze u 79 obcí (z toho v jedné obci byla podmínka splněna proto, že v ní aktuálně nežije žádná osoba), ve kterých bylo připojením k 5G sítím pokryto 98 % obyvatel. U většiny obcí (133, tj. 63 %) vymezených jako bílá místa ale byla operátorovi uznána výjimka neúměrně vysokých nákladů a podmínka tak nemusela být dodržena. V těchto obcích, ve kterých byla uznána podmínka nepřiměřeně vysokých nákladů, žije celkem 57 317 osob a připojení k 5G sítím zde má k dispozici 48 801 osob, tedy cca 85 % (medián má téměř totožnou hodnotu). Méně než 50 % obyvatel je pokryto 5G sítím pouze ve 12 obcích vymezených jako „bílá místa“ (ve kterých žije celkem 2172 osob). Celkem tak v území bílých míst žije 82 611 osob a přístup k 5G sítím operátora O2 (na kterého se tato podmínka vztahuje) zde má 73 600 osob, tedy 89 %.

Obrázek 18 Bílá místa a jejich pokrytí



Zdroj: ČTÚ; Legenda: zeleně jsou vybarveny obce spadající do bílých míst, ve kterých byl závazek splněn; žlutou jsou podbarveny obce, v kterých byly uznány nepřiměřeně vysoké náklady na splnění podmínky.

O významu této podmínky pokrytí bílých míst svědčí skutečnost, že ostatní dva operátoři, kteří v ČR jako celku dosahují výrazně vyššího pokrytí osob i území než operátor O2, v takto vymezených obcích dosahují výrazně nižších hodnot pokrytí: Operátor Vodafone v těchto obcích pokrývá připojením k 5G internetu celkem 45 656 osob, tedy 55,3 % obyvatel a operátor T-Mobile dokonce pouze 32 444 osob, tedy 39,3 %. Je tedy zřejmé, že podmínka v aukci splnila svůj účel – jak ukazují data ostatních dvou operátorů, pokrytí těchto bílých míst nelze čistě komerčně dosáhnout.

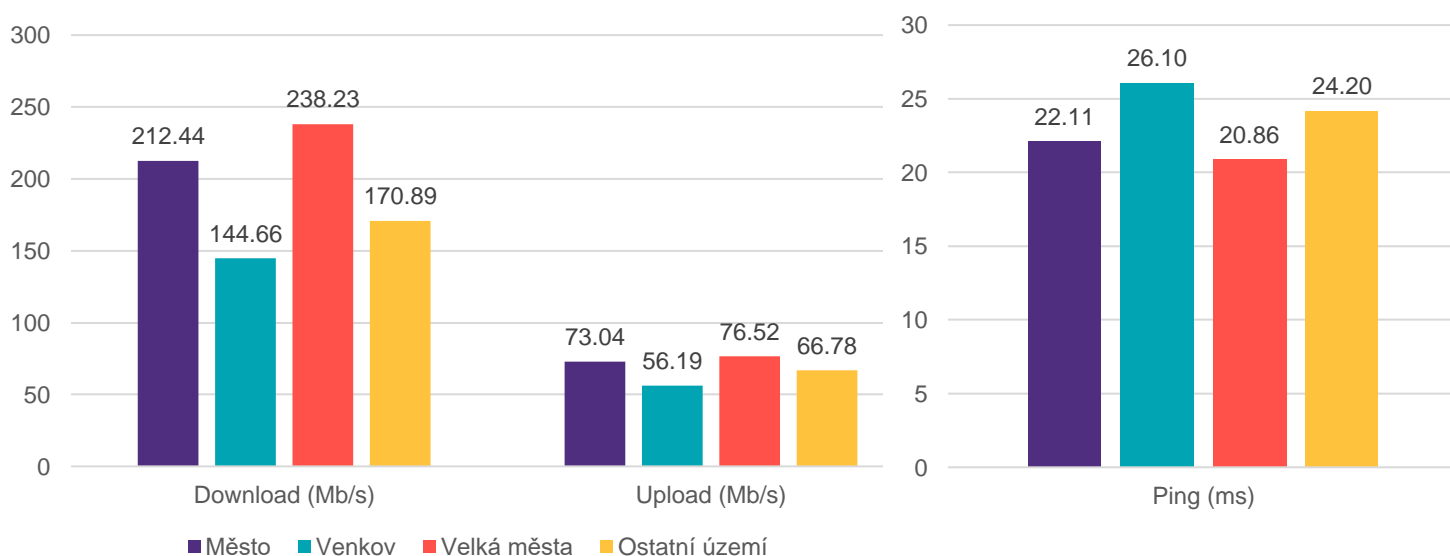
Pro robustní analýzu rozdílů v rychlosti připojení mezi městskými a venkovskými oblastmi není dostatečná datová základna. Jak bylo uvedeno výše, stacionární měření dostupnosti připojení k 5G síti a jeho kvalitativních parametrů není doposud realizováno, resp. data z těchto měření nejsou zveřejněna. Data z měření za jízdy jsou potom pro vymezení rozdílů mezi venkovskými a městskými oblastmi velmi obtížně využitelná – především proto, že vedení těchto koridorů / dálnic prochází většinou mimo zastavěné oblasti, přiřazování jednotlivých bodů k městským nebo venkovským oblastem (pouze na základě příslušnosti daného bodu do katastrálního území obce, kterou daná liniová stavba v okamžiku měření prochází) by tak bylo velmi zkreslující.

Alespoň částečně tak lze pro naznačení rozdílů v kvalitativních parametrech připojení k 5G sítím využít pouze otevřená data z měření v aplikaci NetTest. Metadata z realizovaných měření totiž zaznamenávají také geografickou polohu přístroje, na kterém je měření spuštěno. Zároveň ale je nutné znovu upozornit, že **výsledky této analýzy nelze považovat za silné závěry, spíše pouze naznačují trend**. Mimo omezení spojená s využíváním dat, která byla zmíněna výše (arbitrární datové body – data jsou generována ad-hoc jednotlivci, kteří spouštějí na svých zařízeních aplikaci NetTest ČTÚ; regionální distribuce je proto také výrazně nerovnoměrná) je významným omezením také koncentrace datových bodů do městských oblastí. Dle definice venkovských oblastí představené výše (hustota osídlení nižší než 100 obyv. / km²) bylo ve venkovských oblastech realizováno pouze 3,6 % všech měření (přestože v těchto oblastech žije 22 % obyvatel). Pro zvýšení validity analýzy jsme proto provedli ještě jedno třídění, kdy srovnáváme výsledky měření ve velkých městech (10 krajských měst s cca 90 tis. a více obyvateli – tedy

všechna krajská města s výjimkou Karlových Varů, Jihlavy a Zlína) a ve zbytku území ČR. Při tomto rozdělení se vzorek měření rozdělil v poměru cca 58 : 42 (ve prospěch velkých měst), výsledky analýzy jsou tedy silnější¹⁶.

Výsledky těchto hodnocení vyjádřené jako průměrné rychlosti downloadu, uploadu a průměrná délka latence, jsou zachyceny v následujících grafech.

Obrázek 19 Srovnání kvalitativních parametrů 5G sítí dle měření nástrojem NetTest



Zdroj: vlastní zpracování dle dat NetTest

Data uvedená výše i přes omezení v jejich interpretaci, která byla rozpracována výše, naznačují, že existuje nezanedbatelný rozdíl ve všech kvalitativních parametrech při srovnání městských a venkovských oblastí. Jak již bylo zmíněno, výsledky jsou částečně vychýleny z důvodu vysokého počtu měření realizovaných v hl. m. Prahy. I pokud bychom ale analýzu realizovali s vyloučením dat za hl.m. Prahu, výrazný rozdíl v kvalitativních parametrech zůstane. Rychlost stahování by se v takovém případě lišila o cca 35 Mb/s (180 Mb/s v městských oblastech), rychlost uploadu by se v městských oblastech snížila na 66,8 Mb/s (tedy stále rozdíl více než 10 Mb/s ve srovnání s venkovskými oblastmi) a latence by se v městských oblastech naopak zvýšila na téměř průměrných 24 ms (tedy stále o více než 2 ms nižší hodnota). Opět je ale nutné zopakovat, že tato data je nutné interpretovat opatrně s vědomím spíše indikativního závěru analýzy – a to z důvodu omezení v kvalitě i kvantitě vstupních dat, která byla diskutována výše.

Zároveň ale je nutné také doplnit, že kvalitativní parametry nejsou přímo úměrné hustotě osídlení a/nebo počtu obyvatel dané lokality. Korelace mezi těmito proměnnými (tedy výsledky měření jednotlivých parametrů na jedné straně a hustota osídlení nebo počet obyvatel daného sídla na straně druhé) dosahuje maximálně hodnoty cca 0,22 – tedy stále příliš nízké hodnoty na to, aby tyto proměnné bylo možné označit za vzájemně závislé (navíc pokud bychom ze vzorku odstranili data za hl.m. Prahu, hodnoty korelace jsou téměř nulové). Tuto skutečnost lze ilustrovat i při rozdělení vzorku na kvartily (viz matice níže) – v matici nelze ani vizuálně zaznamenat, že by se záznamy „zhušťovaly“ na její diagonále, nelze tedy dovést, že by mezi těmito proměnnými panovala přímá úměra. Výrazně vyšší počet záznamů ve čtvrtém kvartilu co se týče rychlosti i hustoty obyvatel (tj. počet měření v 25 % nejvyšší hodnot realizovaných ve čtvrtině sídel s nejvyšší hustotou osídlení) lze znovu vysvětlit vysokým počtem měření v hl.m. Praze¹⁷.

¹⁶ Zároveň je nutné zdůraznit, že více než třetina měření (36 %) byla realizována v hl.m. Praze – tato skutečnost pochopitelně výsledky také zkresluje.

¹⁷ Čtvrtý kvartil obsahuje pouze měření z hl.m. Prahy – je tedy vychýlen a zahrnuje výrazně více záznamů, než korektní čtvrtinu; úměrně nižší počet záznamů potom je obsažen ve třetím „kvartilu“ dle hustoty obyvatel

Tabulka 6 Matice distribuce hustoty obyvatel a rychlosti stahování v 5G sítích dle kvartilů

		rychlost download (Mb/s) – počet záznamů			
		I	II	III	IV
Hustota obyvatel (os/km ²), počet záznamů	I (0-25 %)	235	300	307	171
	II (25 – 50 %)	365	280	264	245
	III (50 – 75 %)	91	106	106	70
	IV (75 – 100 %)	303	307	318	509

Zdroj: Vlastní zpracování dle dat NetTest

Kvalitativní parametry připojení k 5G síti se tedy, dle analýzy dat NetTest, mezi městskými a venkovskými oblastmi liší v průměru o cca 30 – 50 %. Zároveň ale neplatí jasná přímá úměra – nelze tedy tvrdit, že kvalitativní parametry se snižují v přímé úměře k hustotě osídlení nebo počtu obyvatel dané obce. Zároveň ale je nutné znovu připomenout, že tyto výsledky analýzy jsou spíše jen orientační, pro robustnější analýzu by bylo nutné mít k dispozici výrazně vyšší počet měření z venkovských oblastí a zároveň vyváženější regionální distribuci měření.

5.3 Dostupnost v situacích s vysokou zátěží

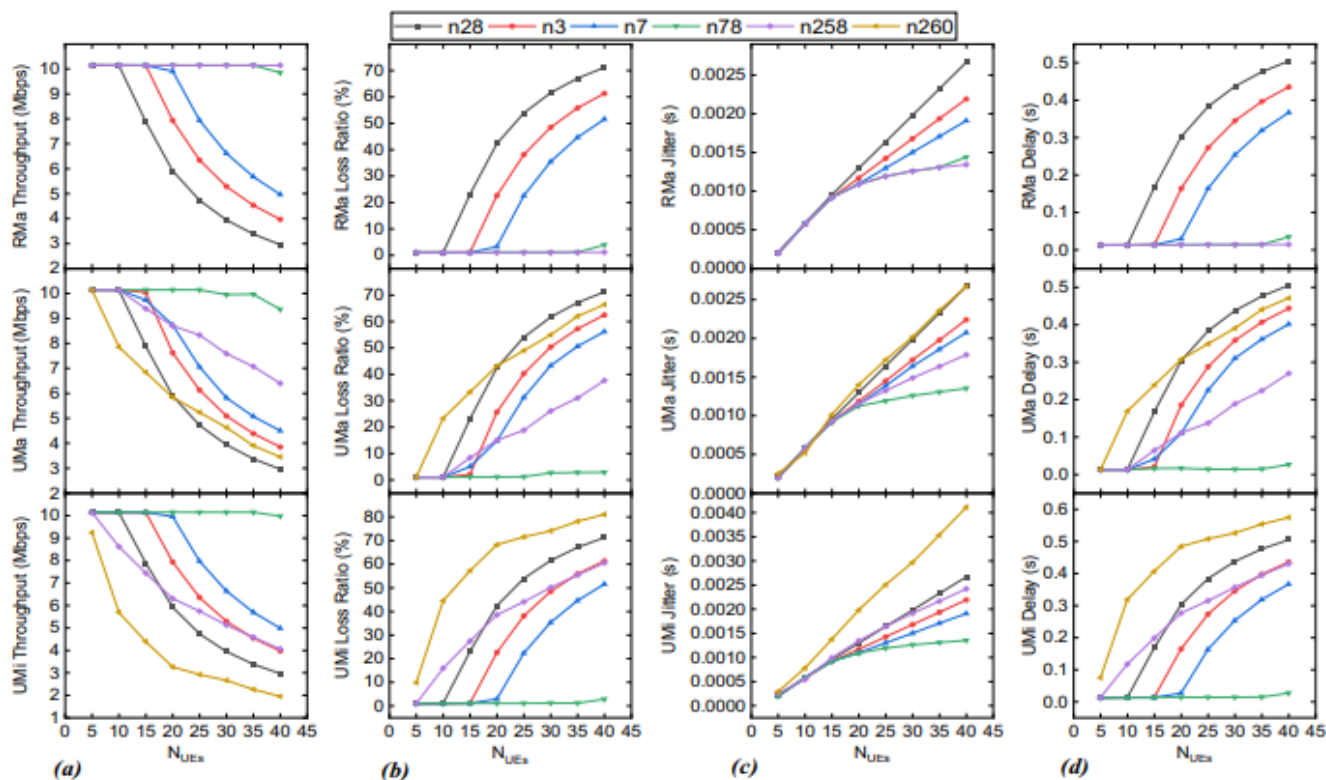
Odolnost 5G sítí vůči situacím s vysokou zátěží je ovlivňována řadou faktorů. Jedním ze zásadních faktorů je, mimo jiné, frekvenční pásmo, ve kterém je 5G připojení poskytováno. Významnou roli potom v tomto kontextu hraje také to, zda jde o „standalone“ technologii (SA), která disponuje plně nezávislou 5G architekturou využívající vlastní jádro sítě, nebo je připojení poskytováno jako „non-standalone“, kdy síť využívá jako základ pro řízení signálů a připojení stávající 4G (LTE) architekturu – ta může být v situacích s vysokou zátěží slabým článkem¹⁸. Mezi dalšími faktory lze zmínit například fyzické charakteristiky daného území (zejm. zastavěné nebo nezastavěné), vzdálenost od vysílače, atd¹⁹.

Obecně tedy dostupnost a kvalita připojení k 5G sítím je závislá na počtu připojených zařízení v dané buňce. Z důvodu omezení kapacity sítě dochází s nárůstem počtu uživatelů po překročení určité hranice k přetížení sítě a zhoršení kvality poskytovaných služeb Viz například podrobná kvantitativní analýza (model) níže:

¹⁸ Viz např. GSMA (2019): *The 5G Guide: A Reference for Operators*, podobně také např. Nybsys: *What is 5G Standalone: Is it Different from 5G Non-Standalone* nebo Spirent (2024): *5G 2024: Market Drivers, Insights & Considerations*.

¹⁹ Podrobně k faktorům ovlivňujícím kvalitativní parametry 5G sítí a jejich modelování viz např. Malekzadeh, M. (2023): *Performance prediction and enhancement of 5G networks based on linear regression machine learning*, EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking nebo He, A. (2016): *Performance Evaluation and Enhancement in 5G Networks : A Stochastic Geometry Approach*; podobně také Lorincz, J et al. (2020): *Analyses of User Density Impact on Energy-efficiency Metrics in 5G Networks*.

Obrázek 20 Vliv hustoty uživatelů na kvalitativní parametry sítě co se týče prostupnosti (throughput), ztrátovost (loss ratio), latenci připojení (delay) a zpoždění paketů (jitter) ve třech scénářích – „Rural Macrocell“ (RMa), „Urban Macrocell“ (UMa) – tedy mobilní signál ve venkovním prostředí a „Urban Microcell“ (UMi); relevantní jsou pásma n28 (700 MHz) a n78 (3,5 GHz). Jednotky jsou uvedené v každém grafu.



Zdroj: Malekzadeh 2023: 17

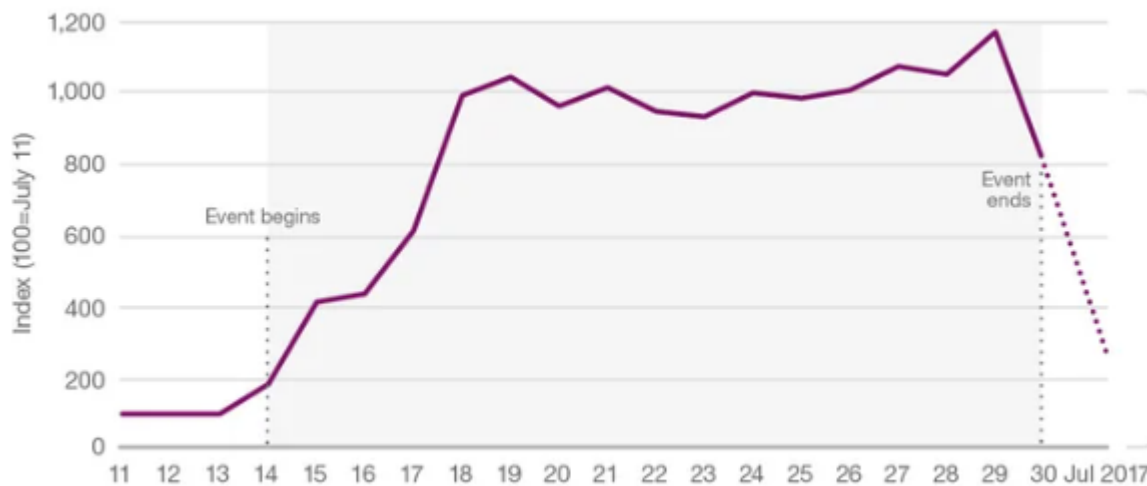
Zdroje i uživatelská zkušenost se ale zároveň shodují, že za s výjimkou nestandardních situací, jako jsou například kulturní nebo sportovní akce, festivaly, atd. jsou situace, kdy dojde k přetížení sítě (network congestion) ve srovnání se staršími technologiemi výrazně méně obvyklé. Analýza společnosti Opensignal²⁰ z roku 2021 například uvádí, že situace přetížení sítě nebyla zaznamenána, a to ani na trzích s vysokou absorpcí 5G technologií. (Tento závěr dokládá, mimo jiné, na skutečnosti, že datové přenosy a uživatelská zkušenost jsou v průběhu dne výrazně více konzistentní, než tomu je starších předchozích technologií²¹).

V situacích zvýšené koncentrace osob je ale nutné realizovat opatření na posílení dostupnosti a prostupnosti 5G sítí. Jak uvádí analýza společnosti Ericsson, s postupujícím rozšiřováním 5G sítí a s tím spojeným nárůstem dostupnosti kvalitního mobilního připojení k internetu lze pozorovat změny v chování návštěvníků hromadných akcí, které výrazně zvyšují nároky na datové přenosy – návštěvníci například streamují videa z akce, komunikují na sociálních sítích, atd., výrazně vyšší nároky na datové toky s sebou ale nese také doprovodná infrastruktura (například zavedené systémy bezhotovostního placení) a služby pro návštěvníky. Tyto zvýšené nároky ilustruje na zkušenosti při pořádání sportovní akce v Maďarsku v roce 2017, při které došlo k více než 10násobnému nárůstu datového toku:

²⁰ Rizzato, F. – Fogg, I. (2021): *Quantifying the Impact of 5G and Covid-19 on Mobile Data Consumption*.

²¹ Viz <https://www.opensignal.com/2023/06/29/5g-is-more-consistent-than-4g-across-all-hours-of-the-day-in-the-uk>

Obrázek 21 Denní nárůst toku mobilních dat během sportovní akce v Maďarsku v roce 2017



Zdroj: Ericsson 2017

Vysvětlivky: data jsou uváděna jako index, kdy 100 = hodnota za 11. července. V šedé části grafu je ohraničeno časové trvání akce od začátku (event begins) do konce (event ends).

Tuto zkušenost potvrzují operátoři. Kupříkladu britský operátor Vodafone uvádí, že v průběhu pětidenního hudebního festivalu v Galstonbury v roce 2023 bylo prostřednictvím jeho sítě přeneseno 169 TB dat, což představuje více než dvojnásobek objemu z předchozího roku (<https://www.ccsinsight.com/blog/uk-operators-dial-up-coverage-at-major-events/>). Srovnání objemu datových toků dalších akcí pořádaných v roce 2023 ve Velké Británii je zachyceno v následující tabulce:

Tabulka 7: Objemy dat přenesené v síti Vodafone na vybraných akcích v roce 2023

Akce	Počet účastníků akce (odhad)	Počet použitých mobilních základnových stanic (Cells on Wheels) - Vodafone	Objem dat přenesených v průběhu akce (GB)
Glastonbury	200 000	9	168 754
Badminton Horse Trials	200 000	2	9 524
Wimbledon	532 000	1	64 159
Royal Ascot	266 000	2	21 373

Zdroj: <https://the-mobile-network.com/2023/09/special-events-can-be-a-special-headache-for-mobile-operators/>

Tuzemský operátor T-Mobile potom uvádí, že v průběhu třídního festivalu Colours of Ostrava, který standardně navštíví 30 – 40 tis. účastníků, v roce 2023 přenesl cca 18 TB dat – a to mimo jiné také proto, že v pozici generálního partnera festivalu zajišťoval provoz bezhotovostního platebního systému a dalších služeb pro návštěvníky (viz <https://smartmania.cz/t-mobile-je-novym-generalnim-partnerem-colours-of-ostlava/>).

Pro řešení těchto nároků na dostupnost a kvalitu 5G sítí v situacích s (předpokládanou) vysokou zátěží jsou využívána především následující řešení:

- **Posílení infrastruktury.**
 - o Především ve vnitřních prostorách, kde je možné očekávat vysokou koncentraci osob, jsou instalovány malé buňky a antény, které pracují především ve vyšších frekvenčních pásmech a jsou tak schopny zajistit vyšší kapacitu přenosu dat (při nižším dosahu technologie, která ale při instalaci ve vnitřních prostorách není klíčová). Kupříkladu operátor O2, resp. jeho sesterská společnost – vlastník infrastruktury CEITIN, před konáním mistrovství světa v ledním hokeji v roce 2024 výrazně posílil infrastrukturu v O2 aréně v Praze pro poskytování připojení k internetu prostřednictvím LTE a 5G technologií, a to především ve vyšších frekvenčních pásmech.²² Díky tomuto opatření bylo možné i ve zcela zaplněné hale (cca 17 – 18 tis. diváků) dosahovat přenosových rychlostí, které se blíží 1 Gb/s při stahování a až 200 Mb/s v uploadu. Jiným případem je potom jedna z prvních standalone 5G sítí, kterou operátor T-Mobile vybuďoval především pro průmyslové využití v kampusu ČVUT v Praze²³.
 - o „Cells on Wheels“ – mobilní základnové stanice, které jsou nasazeny v oblastech s (dočasnou) vysokou poptávkou po připojení. Právě mobilní základnové stanice umožnily zajištění stabilní a rychlé konektivity ve výše citovaných případech kulturních a sportovních událostí. Operátor T-Mobile například uvádí, že díky nasazení 3 mobilních základnových stanic na festivalu Colours of Ostrava bylo možné i přes vysokou koncentraci návštěvníků dosáhnout průměrné rychlosti stahování 285 Mb/s. Podobné řešení instaloval také například operátor Vodafone v průběhu Karlovarského filmového festivalu.
- Další technická opatření zahrnují například technologii Network Slicing, která lze aplikovat v SA sítích. Jde o klíčovou technologii, která umožňuje poskytovatelům vytvořit virtuální sítě („slices“) pro konkrétní typy služeb nebo aplikací – a ty pro dané služby optimalizovat. Díky tomu je možné infrastrukturu efektivněji využít a navíc zajistit jak vyšší bezpečnost, tak i stabilitu a odolnost klíčových služeb proti případným výpadkům²⁴. Tato technologie byla například využita německým operátorem Deutsche Telekom v průběhu nedávného mistrovství Evropy ve fotbale, kdy byla vytvořena dedikovaná 5G síť pro bezdrátové televizní kamery a mikrofony na stadionech²⁵.

²² <https://mobilmania.zive.cz/clanky/operator-posilil-mobilni-sit-kvuli-hokeji-v-zaplnene-o2-arene-muzete-stahovat-rychlosti-az-800-mbit/s/sc-3-a-1360063/default.aspx>, <https://www.lupa.cz/clanky/gigabit-na-hokeji-podivejte-se-jak-byla-pred-mistrovstvím-sveta-modernizovana-mobilni-sit-v-o2-arene/>

²³ <https://www.ciirc.cvut.cz/cs/campus-network/>, <https://mobilenet.cz/clanky/t-mobile-v-praze-spustil-jeden-z-prvni-rych-5g-kampusu-pro-prumysl-v-evrope-44266>

²⁴ Podrobněji viz např. <https://cradlepoint.com/resources/blog/what-is-5g-standalone-5g-sa-means-network-slicing-security-and-automation/> nebo <https://nybsys.com/5g-network-slicing/> a další.

²⁵ <https://www.mobileworldlive.com/deutsche-telekom/dt-boosts-rtl-euro-2024-broadcast-with-private-5g/>

Shrnutí kapitoly a závěr

Pro analýzu kvalitativních parametrů není k dispozici dostatek robustních dat o kvalitativních parametrech připojení, hodnocení je proto nutné zpracovávat na základě několika dílčích zdrojů, jako jsou ad-hoc měření (jejichž zadavateli ale jsou zpravidla operátoři, což nevyhnutelně zkresluje jejich výpovědní hodnotu), data z měření na koridorech a dálnicích nebo nezávislá data produkovaná uživateli aplikace NetTest (která byla vyvinuta a je provozována ČTÚ, data tedy lze považovat za důvěryhodná).

Z ad-hoc měření prezentovaných operátory je nejvíce aktivní operátor O2, který realizuje měření ve spolupráci s ČVUT a tvrdí, že v kvalitativních parametrech jako jsou rychlosti stahování a uploadu nebo latence dosahuje výrazně lepších výsledků než ostatní dva operátoři. Průměrná rychlost stahování má dosahovat téměř 300 Mb/s, což je téměř dvojnásobné ve srovnání s dalšími dvěma operátory. Tento rozdíl operátor přičítá především skutečnosti, že přestože má nižší pokrytí populace sítí 5G, tato je výrazně častěji poskytována ve frekvenčním pásmu 3,4 – 3,8 GHz, ve kterém je dosahováno vyšších rychlostí i kapacity sítě. Podobný závěr naznačují také výsledky měření aplikace NetTest, která rovněž řadí operátora O2 na první příčku co se týče rychlostí i latence, odstup ostatních dvou operátorů je ale menší. Je přitom ale nutné mít na paměti omezení závěrů analýzy dat aplikace NetTest, způsobená kvalitou i kvantitou dostupných dat. Průměrná rychlost stahování v ČR, dle dat NetTest, dosahuje více než 200 Mb/s, je ale nutné upozornit, že pro eliminaci případných zkreslení byla vzata do úvahy pouze ta měření, která byla realizována v situaci velmi silného signálu. Naopak data z měření na koridorech a dálnicích prováděná pracovníky ČTÚ řadí operátora O2 na poslední příčku co se týče rychlostí stahování. Tento rozdíl je částečně způsoben horším pokrytím 5G sítí v případě tohoto operátora.

Data z aplikace NetTest je možné částečně využít také pro indikativní srovnání rozdílů v kvalitativních parametrech připojení k 5G sítím ve městech a na venkově. Rozdíl je samozřejmě výrazný, připojení ve městech je, dle výsledků analýzy, až o polovinu rychlejší než ve venkovských oblastech, stejně tak je dosahováno nižších hodnot latence. Zároveň ale neplatí přímá úměra – kvalita připojení neklesá přímo úměrně velikosti sídla, rozhodují spíše jiné parametry (vzdálenost od větší aglomerace, geomorfologické charakteristiky území, atd.). Je ale nutné upozornit, že využití dat aplikace NetTest má omezené interpretační možnosti z důvodu počtu datových vstupů, které je možné do analýzy zahrnout i dalších omezení, souvisejících především se skutečností, že data vytvářejí samotní uživatelé při realizaci testu připojení. Výsledky analýzy tak spíše naznačují trendy, než poskytují robustní závěry.

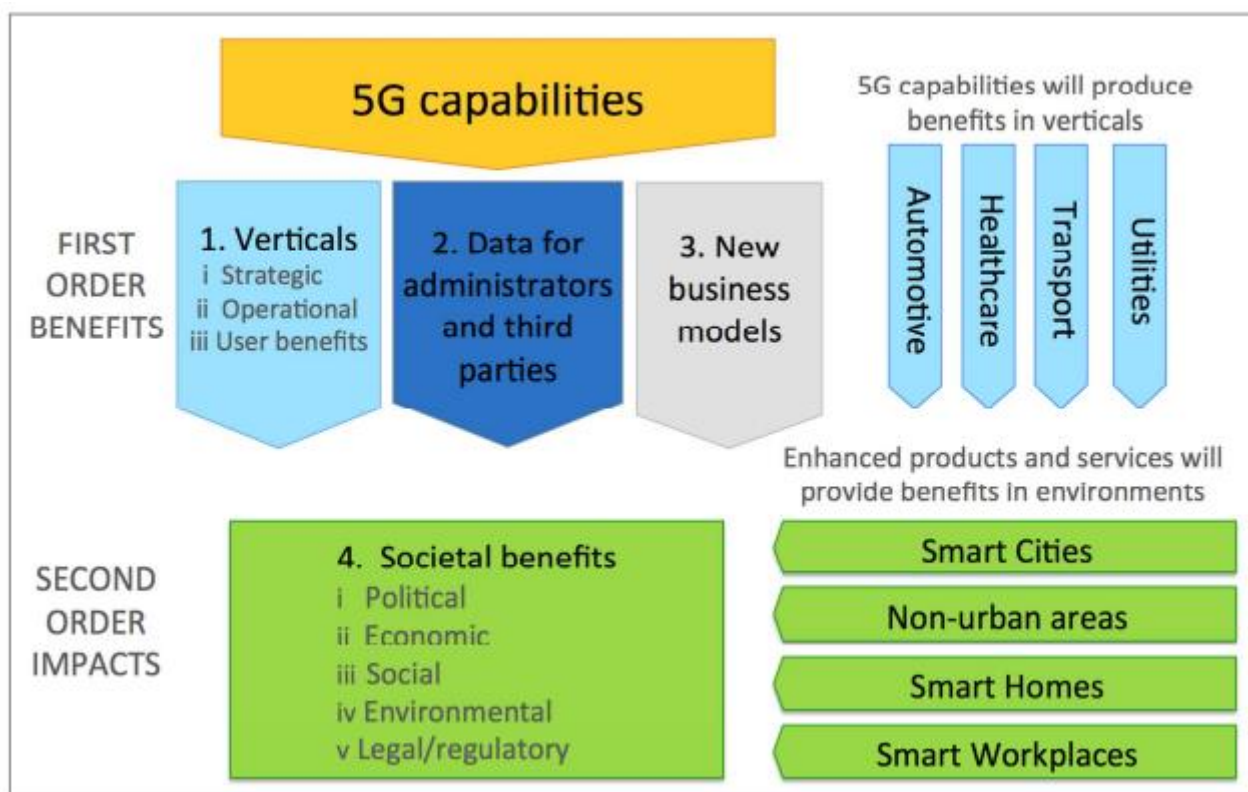
Připojení k 5G sítím se ukazuje jako stabilnější a kvalitnější i v případě situací s vysokou zátěží (tj. především vysokou koncentrací osob) ve srovnání se staršími technologiemi, i v případě 5G sítí ale od určité hranice hustoty připojených uživatelů kvalita připojení výrazně klesá (tím spíše pokud jsou využívána nízká frekvenční pásma). Operátoři v ČR i v Evropě tato omezení (kdy zároveň lze pozorovat trend výrazného zvyšování poptávky po kvalitním připojení ve srovnání s minulostí, resp. objemů datových toků v případě akcí s vysokou koncentrací osob) řeší rozmístováním mobilních základnových stanic nebo výrazným posílením infrastruktury na stadionech, koncertních halách a dalších lokalitách, kde lze vysokou koncentraci uživatelů pravidelně očekávat. Plného využití potenciálu 5G sítí pro zvládnutí takových situací je ale možné dosáhnout až při aplikaci technologie „stand alone“.

6 Socio-ekonomické přínosy 5G sítí

6.1 Kvantifikace (socio)ekonomických přínosů

Odhad socioekonomických dopadů rozvoje 5G sítí je zpracován v řadě sekundárních studií, které využívají různé metodiky pro jeho kvantifikaci. Již v roce 2017 odhaduje Evropská komise²⁶ ekonomické přínosy zavedení a rozvoje 5G sítí ve čtyřech klíčových strategických sektorech (automotive, zdravotnictví, doprava a energetika) na cca 113 mld. EUR ročně a vytvoření cca 2,3 milionů pracovních příležitostí. Tyto odhady byly zpracovány na základě expertních odhadů v rámci workshopů a následně robustní input-output analýzy modelovaných scénářů a ze strany autorů jsou tyto odhady označovány jako spíše konzervativní. Socio-ekonomické přínosy jsou vymezeny jako přínosy prvního řádu (přímé) a druhého řádu (zprostředkované). Přínosy prvního řádu jsou vyčísleny na cca 62,5 mld. EUR / rok, přínosy druhého řádu potom činí, dle modelu EK z roku 2017, cca 50,6 mld. EUR / rok. Podrobněji ke klasifikaci přínosů viz diagram níže:

Obrázek 22: Přínosy a dopady zavedení a rozvoje 5G sítí dle modelu EK z roku 2017



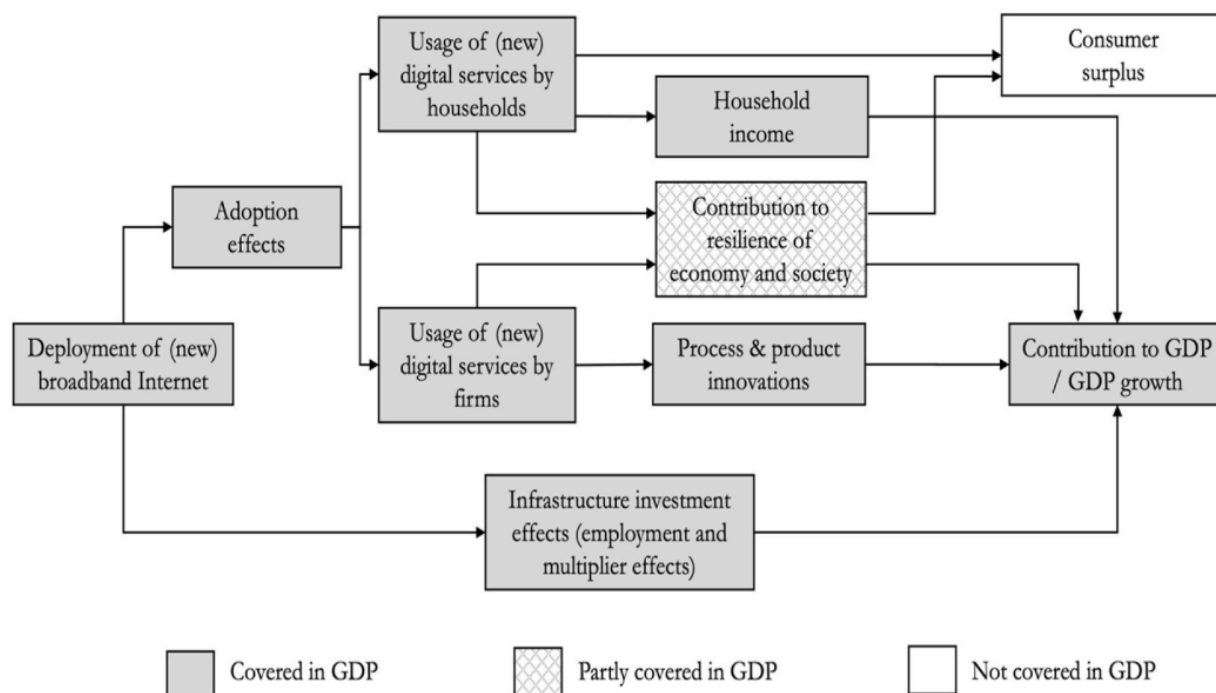
Zdroj: Evropská komise 2017.

²⁶ Evropská komise: *Identification and quantification of key socio-economic data to support strategic planning for the introduction of 5G in Europe*, 2017

Klíčovými příjemci těchto vertikálních i sekundárních přínosů mají být podniky (62,2 mld. EUR), spotřebitelé a obecněji společnost (37,1 mld. EUR) a „třetí strany“ – veřejná administrativa, atd. (13,8 mld. EUR).

Zpráva Evropského účetního dvora z roku 2021 potenciální přínosy vyčísluje především na úrovni příspěvku zavedení a rozvoje 5G sítí k celkovému HDP EU v období 2021 – 2025, který odhaduje na až 1 bil. EUR, přičemž má dojít k vytvoření nebo transformaci až 20 mil. pracovních míst²⁷. Mechanismus jak rozvoj 5G sítí, resp. vysokorychlostního připojení k internetu obecněji, přispívá k socio-ekonomickému růstu, vyjádřeného mimo jiné příspěvkem rozvoje této technologie k HDP, teoreticky rozpracovává například Briglauer ve své studii z roku 2024²⁸:

Obrázek 23 Schéma ekonomických dopadů rozvoje 5G sítí / vysokorychlostního internetu.



Zdroj: Briglauer et al. 2024: 6.

Schéma ukazuje komplexnost socio-ekonomických dopadů, které jsou ve studiích zaměřených na jejich kvantifikaci zohledněny.

Při výše zmíněném odhadu dopadu zavedení a rozvoje 5G sítí na HDP a zaměstnanost se citovaná zpráva EÚD opírá především o analýzu dopadu 5G sítí na ekonomiku EU společnosti Accenture²⁹. Tato analýza odhaduje, že v přímém důsledku zavedení a rozšiřování 5G technologií dojde v období 2021 – 2025 k navýšení agregátních tržeb (resp. hrubých výkonů) v ekonomice EU o cca 2 biliony EUR. Pro odhad těchto efektů bylo využito několika metod ekonomického modelování, mimo jiné využívající historických dat o ekonomických dopadech zavedení předchozích generací mobilních sítí. Dále je rovněž využito input-output modelování, které sleduje tok zboží a služeb mezi sektory v ekonomice a umožňuje tak kvantifikovat dopady změn v jednom sektoru na další sektory ekonomiky a další ekonomické modely využívající dynamická panelová data. Metodologie také využívá odhadu multiplikačního efektu dopadu zavádění 5G technologií na hodnotový řetězec (odhadnutá hodnota 2,0).

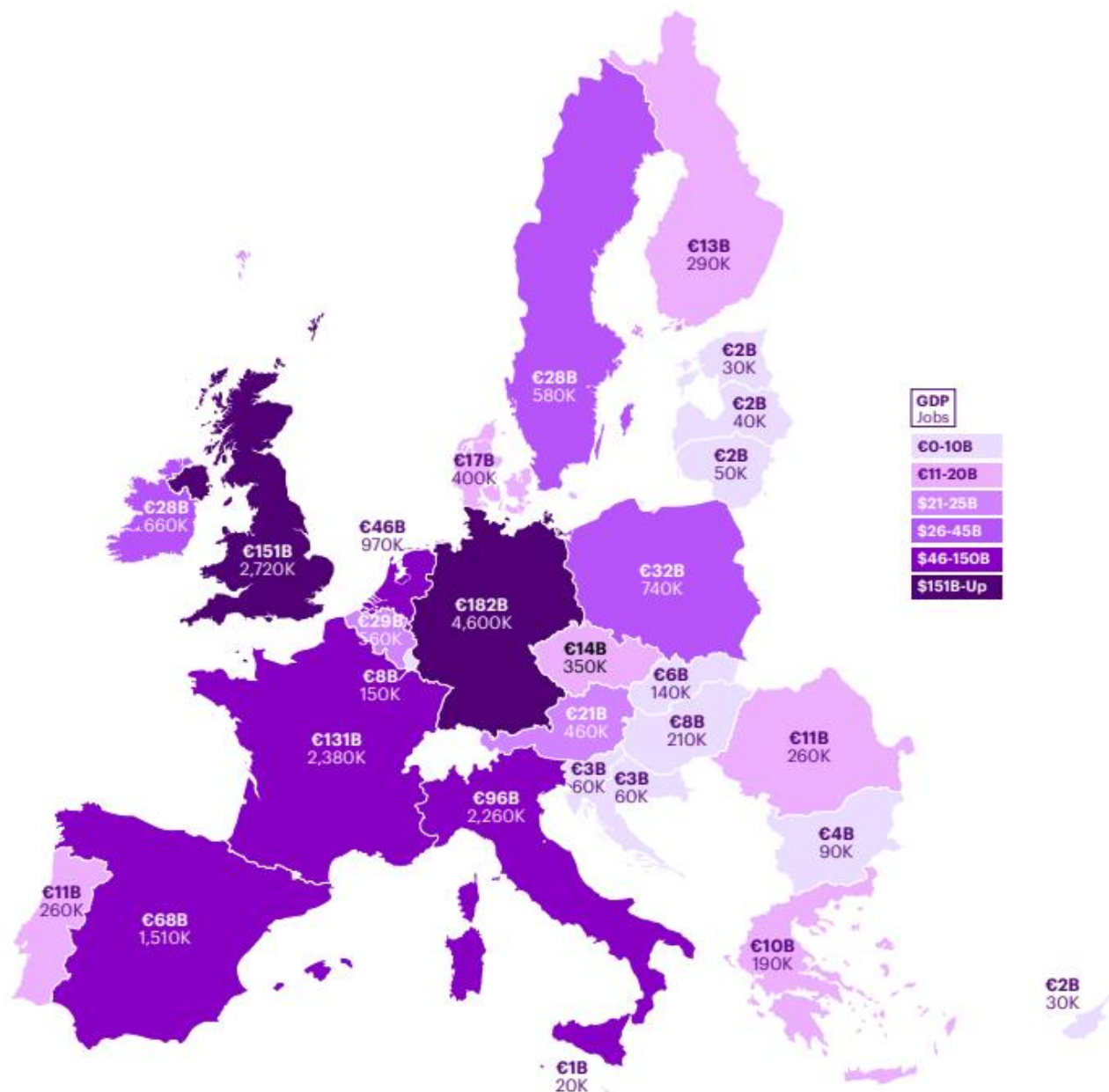
Dopady této projekce v podrobnosti na jednotlivé státy EU (vč. Velké Británie) jsou zpracovány v následujícím kartogramu:

²⁷ European Court of Auditors: Special Report 03/2022 „5F roll-out in the EU: delays in deployment of networks with security issues remaining unresolved, 2022: 7-8.

²⁸ Briglauer, W. – Kraemer, J. – Palan, N. (2024): *Socioeconomic benefits of high-speed broadband availability and service adoption: A survey*, Telecommunications Policy 48(7).

²⁹ Accenture: *The Impact of 5G on European Economy*, 2021.

Obrázek 24 Odhad dopadů 5G sítí na HDP a pracovní místa v jednotlivých státech

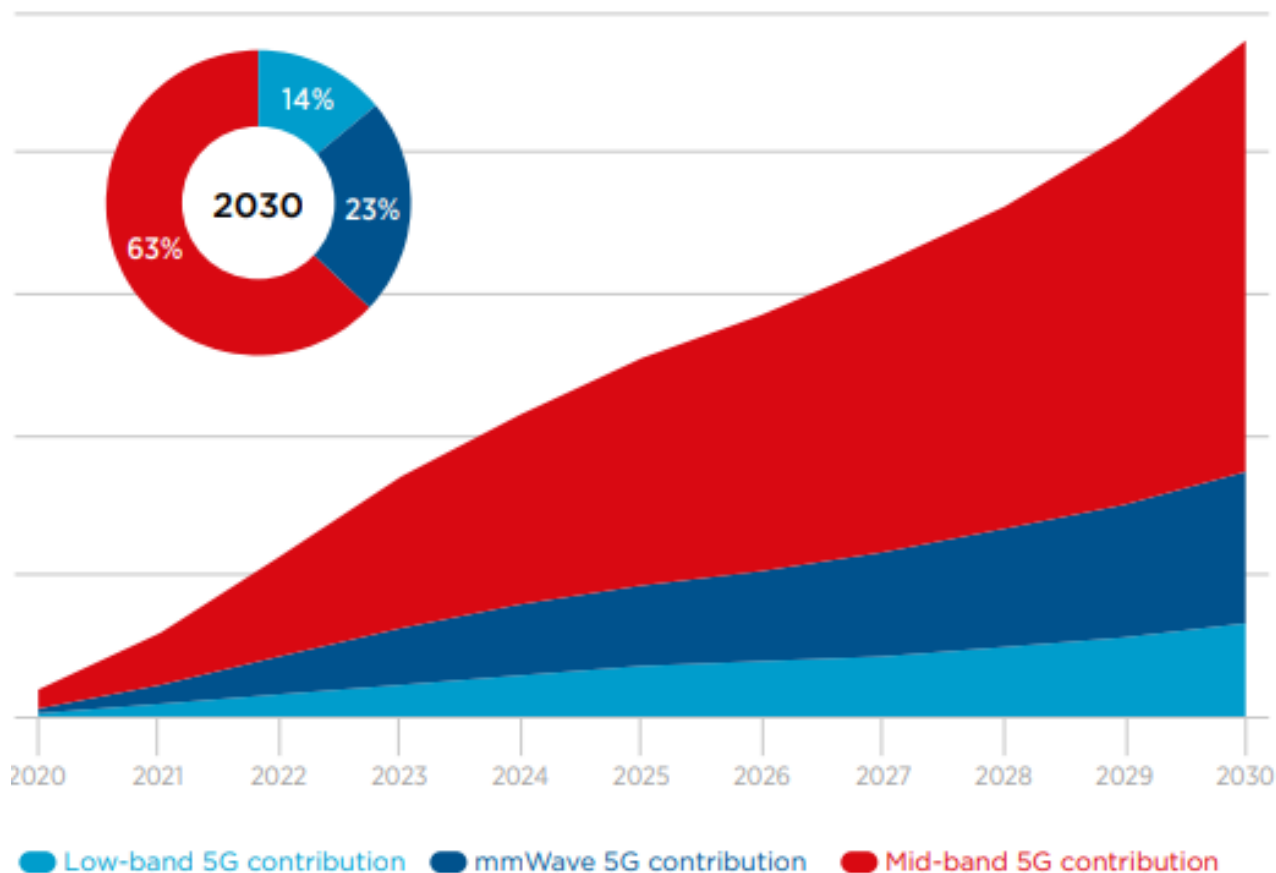


Zdroj: Accenture 2021: 75.

Dopady rozvoje 5G sítí na HDP ČR jsou tedy odhadnuty na cca 14 mld. EUR (do roku 2025) a vytvořit nebo transformovat by měly až 350 tis. pracovních míst (tj. cca 1,5 – 2 % z dopadů odhadnutých pro EU jako celek). Při celkové výši HDP ČR, která v roce 2020 dosahovala cca 220 mld. EUR tedy odhadovaný příspěvek činí až 6,3 % této hodnoty pro období 2021-2025 – to představuje průměrný podíl, kdy u většiny států EU se odhad příspěvku 5G sítí k HDP v období 2021 – 2025 pohybuje v rozmezí cca 5,5 – 6,5 % (výjimku tvoří Kypr a Lucembursko s cca 9, resp. 12 %; mírně nižší podíl je naopak odhadován v Litvě nebo Rumunsku).

Další pohled na ekonomické přínosy zavádění a rozšiřování 5G sítí poskytuje analýza globální asociace mobilních operátorů (GSMA) z roku 2022³⁰. Ta odhaduje, že roční příspěvek 5G technologií ke globálnímu HDP bude v roce 2032 činit 960 miliard USD a přinese tedy dodatečný nárůst globálního HDP o cca 0,7 %. Podrobněji viz graf níže:

Obrázek 25 Roční dopad 5G technologií na globální HDP, rozděleno podle pásem



Zdroj: GSMA 2022: 12.

6.2 Socio-ekonomické přínosy dle sektorů

Zavedení a rozšiřování 5G technologií má potenciál výrazně ovlivnit řadu sektorů a oblastí života. Z tohoto důvodu je zpracován stručný sektorový přehled potenciálních socio-ekonomických přínosů rozšíření 5G sítí.

³⁰ GSMA: *The Socio-Economic Benefits of Mid-Band 5G Services*

Obrázek 26 Rozmanité aplikace 5G sítí v širším socio-ekonomickém kontextu.



Zdroj: Evropská komise

V souladu se sekundárními zdroji je tento přehled rozdělen do následujících sektorů („vertikál“):

- Zdravotnictví
- Zemědělství
- Energetika
- Doprava a logistika
- Výroba
- Vzdělávání

6.2.1 Zdravotnictví

Dle odhadů GSMA bude v sektoru zdravotnictví (v zemích OECD) koncentrováno až 11 % přínosů 5G sítí diskutovaných výše³¹. Podle analýzy společnosti Accenture (citováno výše) potom má zavedení a rozšíření 5G sítí v oblasti zdravotnictví potenciál přinést (v období 2021 – 2025) až 77 mld. EUR dodatečných příjmů (51,2 mld. EUR dodatečného příspěvku k HDP v EU) a vytvořit nebo transformovat až 400 tis. pracovních míst.

Socio-ekonomické přínosy v oblasti zdravotnictví lze shrnout do následujících bodů:

Zlepšení přístupu k zdravotní péči

5G technologie mohou výrazně zlepšit přístup k zdravotní péči zejména pro venkovské a odlehlé oblasti, kde je přístup ke kvalitní zdravotní péči omezený. Jak uvádí analýza společnosti Deetken Insight³², díky 5G technologiím se mohou rozšířit telemedicína a dálková diagnostika, což umožní lékařům poskytovat konzultace a léčbu pacientům na dálku prostřednictvím vysoce kvalitních video přenosů a dalších digitálních nástrojů. To může vést ke snížení čekacích dob a zvýšení dostupnosti odborné péče. Toto hodnocení potvrzují také další analýzy (viz např. Accenture 2021: 47 – 48), když uvádí, že 5G umožní poskytovat zdravotní péči na dálku, čímž selepší přístup k zdravotní péči pro pacienty, kteří žijí v odlehlých oblastech nebo mají omezenou mobilitu.

³¹ Srov.: GSMA: *5G and economic growth – an assessment of GDP impacts in Canada*, 2020.

³² Deetken Insight: *The Socio-Economic Impacts of 5G*, 2022.

Navíc umožní rychlou a efektivní komunikaci mezi pacienty a zdravotnickým personálem, což může zlepšit výsledky léčby a snížit potřebu fyzických návštěv v nemocnicích.

Zvýšení efektivity zdravotní péče

5G technologie mohou pomoci zvýšit efektivitu zdravotní péče prostřednictvím integrace různých digitálních technologií, jako jsou IoT (Internet věcí) zařízení, která mohou monitorovat zdravotní stav pacientů v reálném čase a posílat data přímo zdravotníkům. To umožňuje rychlejší a přesnější rozhodování o léčbě a může vést ke snížení hospitalizačních nákladů. Rychlejší přenos velkých objemů dat, je navíc klíčový pro implementaci AI aplikací a strojového učení ve zdravotnictví. Tyto technologie mohou pomoci při analýze zdravotních dat a poskytovat lékařům lepší nástroje pro diagnostiku a léčbu nemocí.

Inovace a nové technologie

Rozvoj 5G technologií rozvoj inovativních řešení v oblasti zdravotnických technologií, včetně vývoje nových zařízení a aplikací pro zdravotní péči. Například, rozšířená realita (AR) a virtuální realita (VR) mohou být využity pro vzdělávání zdravotnického personálu a pro chirurgické operace s pomocí dálkově řízených robotů. Analýza společnosti Accenture navíc uvádí, že 5G umožní také rozvoj „chytrých ambulancí“ vybavených pokročilými diagnostickými nástroji, které mohou přenášet zdravotní data v reálném čase do nemocnic. To může zlepšit urgentní péči a zkrátit reakční dobu na kritické zdravotní situace.

Zlepšení výsledků léčby a patientské zkušenosti

Autoři studie Deetken (viz výše) podotýkají, že díky 5G mohou pacienti očekávat vyšší kvalitu péče a lepší výsledky léčby. Včasný přístup k lékařským konzultacím a monitorování v reálném čase může vést k lepšímu managementu chronických onemocnění a snížení počtu hospitalizací. Pacienti budou mít díky 5G lepší přístup k informacím o svém zdravotním stavu a léčbě, což potenciálně zvýší jejich zapojení do péče o své zdraví a zlepší celkovou patientskou zkušenost.

6.2.2 Energetika

Oblast energetiky je dalším významným sektorem, který má ze zavedení 5G sítí významně profitovat. Studie společnosti Accenture (viz výše) odhaduje, že přínosy zavedení 5G technologií v širší pojetém sektoru „utilities“, který ovšem rozpracovává především jako hodnotový řetězec výroby a distribuce elektrické energie, budou v období 2021 – 2025 v EU dosahovat cca 74 mld. EUR dodatečných příjmů.

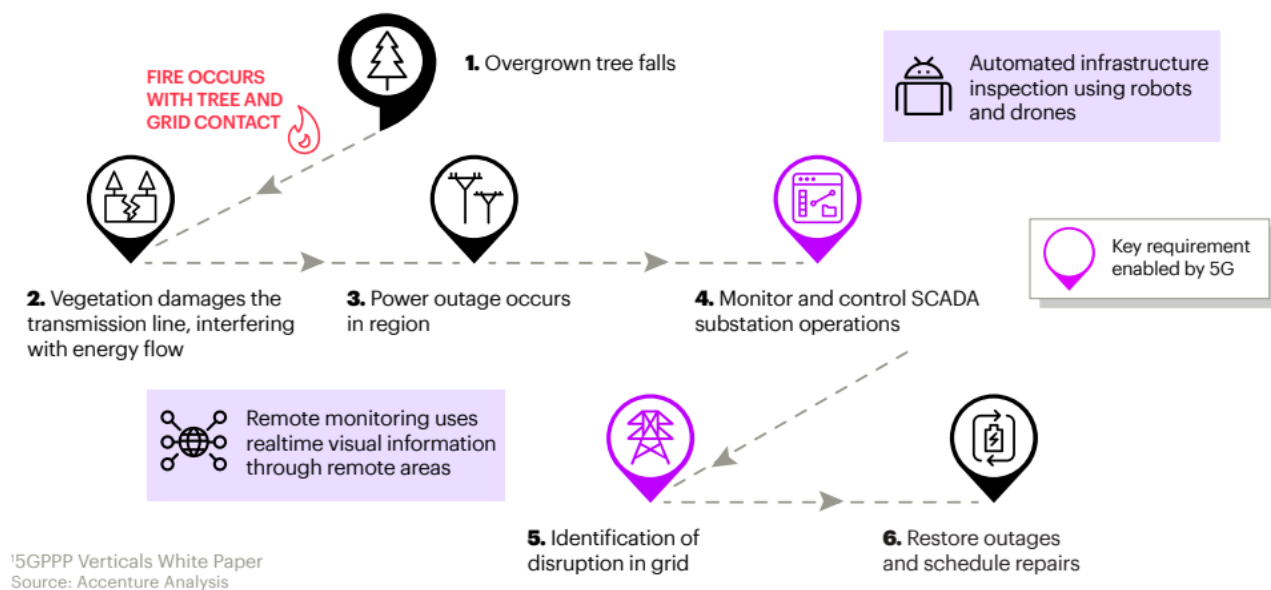
Tyto přínosy jsou rozprostřeny v celém hodnotovém řetězci. Konkrétně lze vymezit především následující socio-ekonomické přínosy v oblasti energetiky:

Obrázek 27

Zlepšení efektivity a produktivity 5G technologie umožňují pokročilou automatizaci a digitalizaci energetické infrastruktury. To zahrnuje nasazení inteligentních senzorů a systémů monitorování v reálném čase, které mohou významně zvýšit efektivitu a produktivitu provozu. Využití 5G umožní přesnější řízení spotřeby energie, optimalizaci výroby a distribuce, což povede ke snížení nákladů a zvýšení spolehlivosti dodávek energie (viz např. Deetken 2022: 61 - 64).

Chytré sítě (Smart Grids) 5G technologie je klíčová pro rozvoj chytrých sítí, které zlepšují řízení a distribuci energie. Chytré sítě umožňují lepší integraci obnovitelných zdrojů energie, což přispívá k udržitelnosti energetických systémů. 5G poskytuje potřebnou konektivitu pro rozsáhlé nasazení inteligentních měřidel, které umožňují real-time sběr a analýzu dat o spotřebě energie, což pomáhá optimalizovat její využití a snižovat náklady na výrobu a distribuci. Potenciální aplikace 5G technologií v kontextu Smart Grids viz následující schéma:

Obrázek 28 „Use Case Journey“ inteligentních rozvodných systémů



Zdroj: Accenture 2021: 55

Snížení emisí a energetická účinnost Implementace 5G technologií v energetice má potenciál přispět ke snížení emisí skleníkových plynů. Například inteligentní sítě a měřidla umožní lepší sledování a řízení energetické spotřeby, což povede k optimalizaci výroby energie a snížení energetických ztrát.

Bezpečnost a spolehlivost 5G technologie mohou zlepšit bezpečnost a spolehlivost energetických systémů. Díky nízké latenci a vysoké kapacitě přenosu dat budou energetické společnosti schopny rychleji reagovat na výpadky a jiné krizové situace. To zahrnuje rychlejší detekci a opravu poruch v distribuční síti, což minimalizuje dobu výpadku a zvyšuje spolehlivost dodávek energie (srov. např. Evropská komise 2022: 96 – 99, podobně také další zdroje).

Podpora nové pracovní síly 5G technologie umožní vzdálenou správu a monitorování energetických zařízení, což sníží potřebu fyzické přítomnosti pracovníků v terénu. Jak uvádí analýza společnosti Accenture, toto je zvláště důležité vzhledem k stárnutí pracovní síly v energetickém sektoru. Moderní nástroje a technologie umožní efektivnější školení a nasazení nové generace pracovníků, kteří budou vybaveni dovednostmi potřebnými pro řízení a údržbu pokročilých energetických systémů.

Nové obchodní modely 5G technologie otevírá dveře k novým obchodním modelům, jako je například "energie jako služba". Tento model umožní energetickým společnostem nabízet zákazníkům komplexní balíčky energetických řešení namísto tradičního prodeje elektřiny. Zákazníci tak budou moci platit za konkrétní služby, jako je vytápění, chlazení nebo provoz domácích spotřebičů, což zvyšuje flexibilitu a hodnotu poskytovaných služeb.

6.2.3 Zemědělství

Významný očekávaný dopad zavedení 5G technologií v oblasti zemědělství indikuje řada sekundárních zdrojů. Například zpráva Cambridge Econometrics z roku 2021³³ uvádí, že 5G technologie budou mít zásadní přínos také pro venkovský průmysl, poněvadž umožní lepší monitoring rostlinné i živočišné výroby – přínosy 5G technologií tak budou vyšší výnosy zemědělské produkce, nižší nákladnost (veterinární) péče o dobytek, snížení nákladů a zároveň pozitivní environmentální dopady díky efektivnějšímu využívání pesticidů a dalších přípravků, atd. (srov. Cambridge Econometrics et al. 2021: 36). Dle zprávy GSMA má zemědělství v rozvinutých zemích čerpat cca 1 % ze všech (socio-)ekonomických přínosů zavedení 5G technologií,

³³ Cambridge Econometrics a Analysys Mason: *Realising the Benefits of 5G – A report for the Department for Digital, Culture, Media and Sport*, 2021.

společnost Accenture potom pro období 2021 – 2025 predikuje cca 50 mld. EUR dodatečných příjmů v sektoru zemědělství v EU díky zavedení 5G technologií a jejich rozvoji a vytvoření nebo transformaci cca 300 tis. pracovních míst.

Konkrétní očekávané socioekonomické přínosy 5G technologií v zemědělství lze shrnout do následujících bodů:

Rozvoj precizního zemědělství a zvýšená produktivita. 5G umožní rychlý rozvoj pokročilé techniky přesného zemědělství, které zvýší efektivitu využití zdrojů a výnosnost plodin. Například sensorové sítě a IoT zařízení budou poskytovat v reálném čase data o půdních podmínkách, které umožní přesné dávkování hnojiv a pesticidů. To může vést k nárůstu produktivity a snížení nákladů. Podle studie Accenture může využití 5G v zemědělství zvýšit výnosy až o 25% a snížit náklady na vodu a energii (srov. Accenture 2021: 61-64). Přínosy precizního zemědělství, jehož rozvoj je technologiemi 5G umožněn, na snížení množství aplikovaných pesticidů, hnojiv, herbicidů a dalších látek je odhadován v desítkách procent. Empirické analýzy potom ukazují, že zavedení a rozvoj precizního zemědělství vede k prokazatelnému zvýšení produktivity až o 10 %³⁴.

Automatizace pomocí dronů. Drony vybavené 5G technologií umožní sledování plodin a dobytka automatické / autonomní provádění přesných zemědělských zásahů (viz Deetken 2022: 52). Tyto drony mohou izolovat problémové oblasti na polích a aplikovat hnojiva a pesticidy až 60krát rychleji než manuální metody (viz Accenture 2021: 62).

Chytré skleníky. S využitím 5G, IoT a propojených zařízení budou chytré skleníky schopny vytvářet samoregulační mikroklima, které optimalizuje růst plodin a snižuje vliv nepříznivých podmínek a predátorů .

Zvýšení produktivity při současném snížení manuální práce. Nedostatek pracovní síly v zemědělství je zásadním omezujícím faktorem. Dle některých odhadů přechází až třetina zemědělců v zemědělství k produkci méně náročné na lidskou práci z důvodu omezené nabídky pracovních sil (Accenture 2021: 62-63). Rozvoj technologií, které závisí na 5G konektivitě povede ke snížení potřeby manuální práce a zároveň vytvoří nová pracovní místa v oblasti analýzy dat a chytrého řízení zemědělských podniků.

6.2.4 Doprava a logistika

Rozvoj 5G technologií v oblasti dopravy a logistiky bude mít zásadní dopad – díky lepší konektivitě ve všech oblastech dopravy a logistiky, především potom co se týče autonomních systémů. Rozvoj konektivity má dále také pozitivní dopad na efektivitu dopravy a zvyšování její plynulosti. Zvýší se také operativní efektivita dopravy (především dopravy zboží) díky dostupnosti dat o vytíženosti nákladní dopravy v reálném čase³⁵ - Evropská komise ve své zprávě odhaduje, že pouze v oblasti silniční nákladní dopravy přinese zavedení 5G technologií více než 8 mld. EUR ročně (viz Evropská komise 2017: 63).

Konkrétní přínosy lze shrnout následovně:

Inteligentní doprava. 5G umožní efektivní správu dopravního provozu a snižování dopravních zácp prostřednictvím chytrých dopravních systémů, které analyzují data v reálném čase. To může vést ke zlepšení plynulosti provozu a snížení doby dojíždění .

Autonomní vozidla. Díky 5G budou autonomní vozidla schopna komunikovat mezi sebou a s infrastrukturou měst, což zvýší jejich bezpečnost a efektivitu. To zahrnuje také zlepšení v logistice, kde autonomní nákladní vozidla mohou snížit náklady na dopravu a zvýšit efektivitu doručování .

Chytré sklady. Ve skladech umožní 5G technologie lepší řízení zásob pomocí robotiky a IoT zařízení, které optimalizují uskladnění, řízení zásob a expedici zboží. To může vést k rychlejšímu zpracování objednávek a snížení nákladů na skladování. Zavedení těchto zásadních inovací v logistice se neobejde bez 5G technologií, které umožňují propojit digitální řešení a konkrétní technologie jako jsou například chytré sensory nebo robotická řešení (srov. Deetken 2022: 82-83).

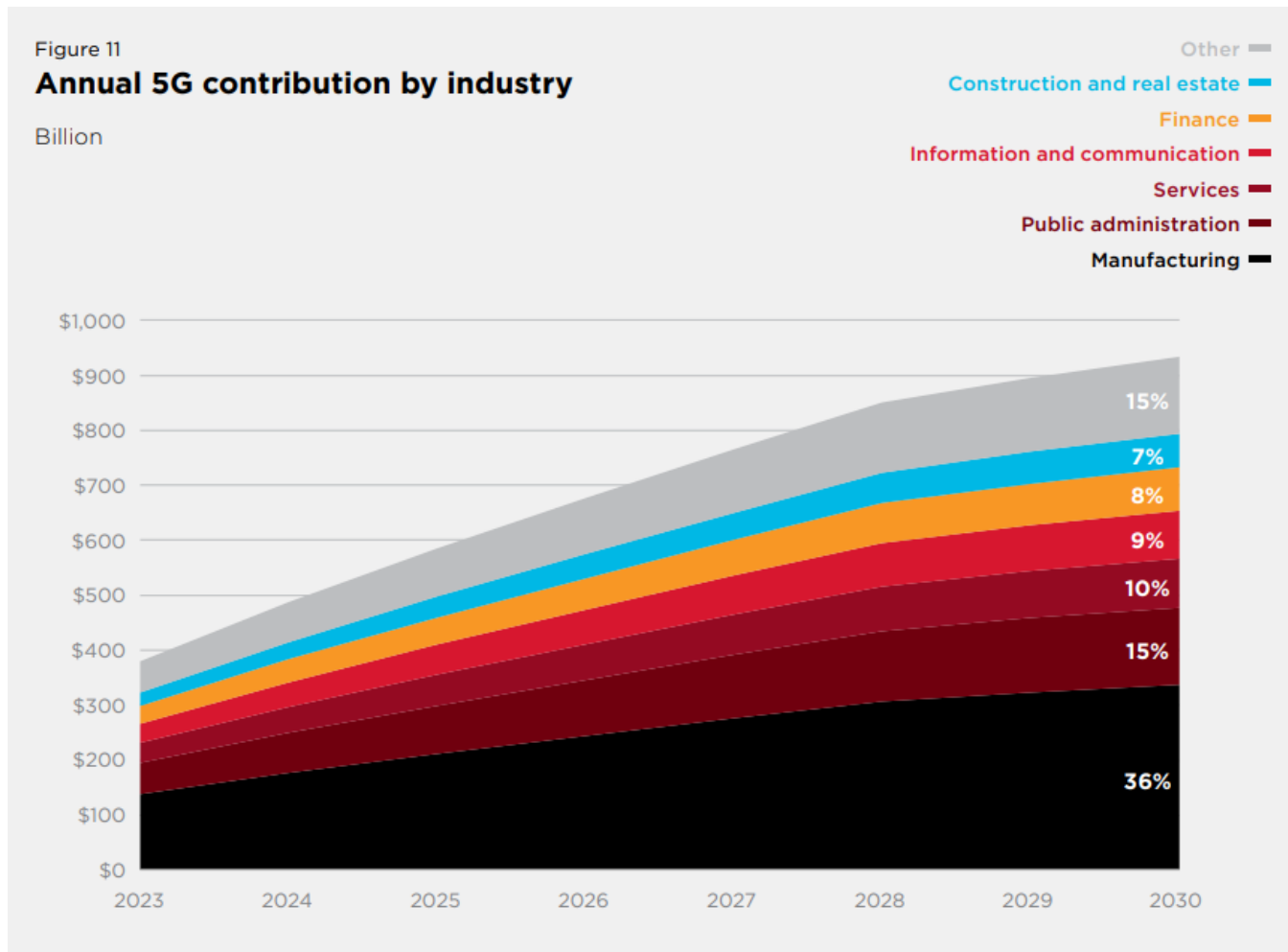
³⁴ Viz např. AEM et al.: *The Environmental Benefits of Precision Agriculture in the United States*, nedatováno.

³⁵ Jak uvádí závěrečná zpráva z projektu European Platform Driving Knowledge to Innovation in Freight Logistics, podpořeného ze Sedmého rámcového programu EU, neefektivita v silniční nákladní dopravě (například až čtvrtina nákladních aut jede prázdných, nákladní auta jsou průměrně naložena pouze z 57 %, atd.) generují ztráty ve výši až 160 mld. EUR ročně. Viz <https://cordis.europa.eu/project/id/314743/reporting>.

6.2.5 Výroba

V oblasti průmyslové výroby (manufacturing), má, dle analýzy GSMA, ze zavádění a rozšiřování 5G technologií profitovat ze všech sektorů nejvíce, viz následující graf:

Obrázek 29 Příspěvek 5G technologií ke globální ekonomice dle sektorů



Zdroj: GSMA 2024: 20³⁶

Dle výše několikrát citované analýzy společnosti Accenture potom přispějí 5G technologie k nárůstu tržeb v ekonomikách EU o téměř 460 mld. EUR v období 2021 – 2025 a vytvoří nebo transformují až 5,4 mil. pracovních míst. I z pohledu této analýzy tak jsou dopady 5G technologií v sektoru průmyslové výroby dominantní – tvoří cca 23 % celkových očekávaných dodatečných tržeb generovaných díky 5G technologiím a až 27 % nových nebo transformovaných pracovních míst. Konkrétní socio-ekonomické dopady 5G technologií v průmyslové výrobě jsou velmi rozmanité, je možné je utřídit do následujících kategorií:

IoT v průmyslu. Síť 5G umožní široké nasazení technologií IoT, kde propojená zařízení a senzory umožní sledování výrobních procesů v reálném čase. To povede ke zvýšení produktivity, snížení prostojů a optimalizaci výrobních linek. Rozvoj IoT umožní také automatizaci procesů v oblasti nákupu zásob a vstupů výroby a jejich řízení v procesu výroby což sníží jak náklady na vstupy a zásoby, tak i spotřebu energie, nákladů na dopravu a skladování, atd. Mimo ekonomických tak jsou pozorovány také environmentální přínosy zavedení 5G technologií v tomto kontextu (srov. např. Deetken 2022: 67-68).

³⁶ GSMA: *The Mobile Economy 2024*, 2024.

Prediktivní údržba („Intelligent Asset Management“). Díky rychlému přenosu dat umožní 5G prediktivní údržbu strojů, což sníží výpadky a prodlouží životnost výrobních zařízení. Sensory mohou detekovat a hlásit problémy ještě před jejich vznikem, čímž se předejde neplánovaným výpadkům a jimi generovaným ekonomickým ztrátám. Rozvoj konektivity umožněný 5G technologiemi umožní rozšíření AI řešení pro předvídání defektů a zbývající životnosti výrobních prostředků, což povede nejen ke zmíněnému snížení ztrát způsobených neplánovanými výpadky, zároveň ale umožní také plánování údržby tak, aby minimalizovaly dopad na náklady i výrobu.

Automatizace a robotika. Vyšší konektivita umožní pokročilé řízení robotických systémů a automatizovaných výrobních procesů, což zvýší flexibilitu a přizpůsobivost výroby na měnící se požadavky trhu. Analýza společnosti Accenture v této souvislosti uvádí, že rozvoj automatizace a robotizace přinese 20-30% zvýšení produktivity a třetinový nárůst efektivity výroby (Accenture 2021: 31).

Dalšími socio-ekonomickými přínosy zdůrazňovanými v sekundárních zdrojích, jsou například zavádění rozšířené reality a s tím spojeným využíváním „vzdálených expertů“, posílení bezpečnosti zaměstnanců³⁷ (např. inspekce na dálku v rizikovém prostředí), zvýšení efektivity tréninku a vzdělávání zaměstnanců nebo efektivity kontroly kvality (viz Cambridge Economics et al 2021: 37).

6.2.6 Vzdělávání

V oblasti vzdělávání umožní 5G technologie rozvoj řady inovací, které zlepšují kvalitu a dostupnost vzdělávání, např.:

Virtuální a rozšířená realita (VR/AR). 5G umožní rozšířené využití VR a AR ve výuce, což povede k interaktivnějšímu a poutavějšímu učení. Studenti mohou pomocí těchto technologií lépe pochopit složité koncepty a získat praktické zkušenosti v bezpečném prostředí (blíže viz Deetken 2022: 78).

Umělá inteligence (AI). AI v kombinaci s 5G může poskytovat personalizovanou podporu studentům, analyzovat jejich pokroky a navrhnout vhodné učební metody a projekty, což zvýší úspěšnost a retenci studentů .

Lepší přístup ke vzdělání. Díky 5G bude kvalitní vzdělání dostupnější i v odlehklých a podfinancovaných oblastech, což sníží digitální propast a zvýší šance na úspěch pro všechny studenty³⁸.

³⁷ Konkrétní zkušenost společnosti Lockheed Martin například uvádí, že zavedení rozšířené / virtuální reality snížilo výskyt pracovních úrazů o 5 – 15 %, viz článek „Lockheed Martin Embraces AR on the Factory Floor“, <https://www.assemblymag.com/articles/95163-lockheed-martin-embraces-ar-on-the-factory-floor>

³⁸ Podrobněji viz např. analýza Světové banky v článku „How can 5G make a difference to education?“ (<https://blogs.worldbank.org/en/digital-development/how-can-5g-make-difference-education>)

Shrnutí kapitoly a závěr

Socioekonomické přínosy 5G sítí jsou hodnoceny především z hlediska jejich dopadu na hrubý domácí produkt (HDP), zaměstnanost a ekonomické přínosy v různých sektorech.

Evropská komise již v roce 2017 odhadovala, že ve čtyřech klíčových strategických sektorech (automotive, zdravotnictví, doprava a energetika) může roční ekonomický přínos dosáhnout až 113 miliard EUR, přičemž se očekává vytvoření přibližně 23 milionů pracovních příležitostí. Také další zdroje se shodují na významném přínosu rozvoje 5G sítí co se týče HDP i pracovních míst. Zpráva Evropského účetního dvora z roku 2021, která cituje odhady společnosti Accenture, například uvádí, že zavedení a rozvoj 5G sítí může přispět k celkovému HDP EU až 1 bilion EUR v období 2021–2025 a vytvořit nebo transformovat až 20 milionů pracovních míst. Analýzy využívají různé ekonomické modely, včetně input-output modelování, které sleduje tok zboží a služeb mezi sektory ekonomiky, a dynamických panelových dat.

5G technologie mají specifické přínosy v konkrétních sektorech. V zemědělství mohou zvýšit výnosy až o 25 % a snížit náklady na vodu a energii. Přínosy v oblasti zemědělství zahrnují rozvoj precizního zemědělství, zvýšenou produktivitu, snížení nákladů a pozitivní environmentální dopady. Rozvoj 5G sítí má potenciál přinést významné ekonomické dopady také v dalších sektorech, podpořit inovace a zlepšit kvalitu života. Tyto přínosy jsou komplexní a zahrnují jak přímé ekonomické dopady, tak širší socio-ekonomické efekty, které přispívají k růstu a konkurenceschopnosti evropské ekonomiky.

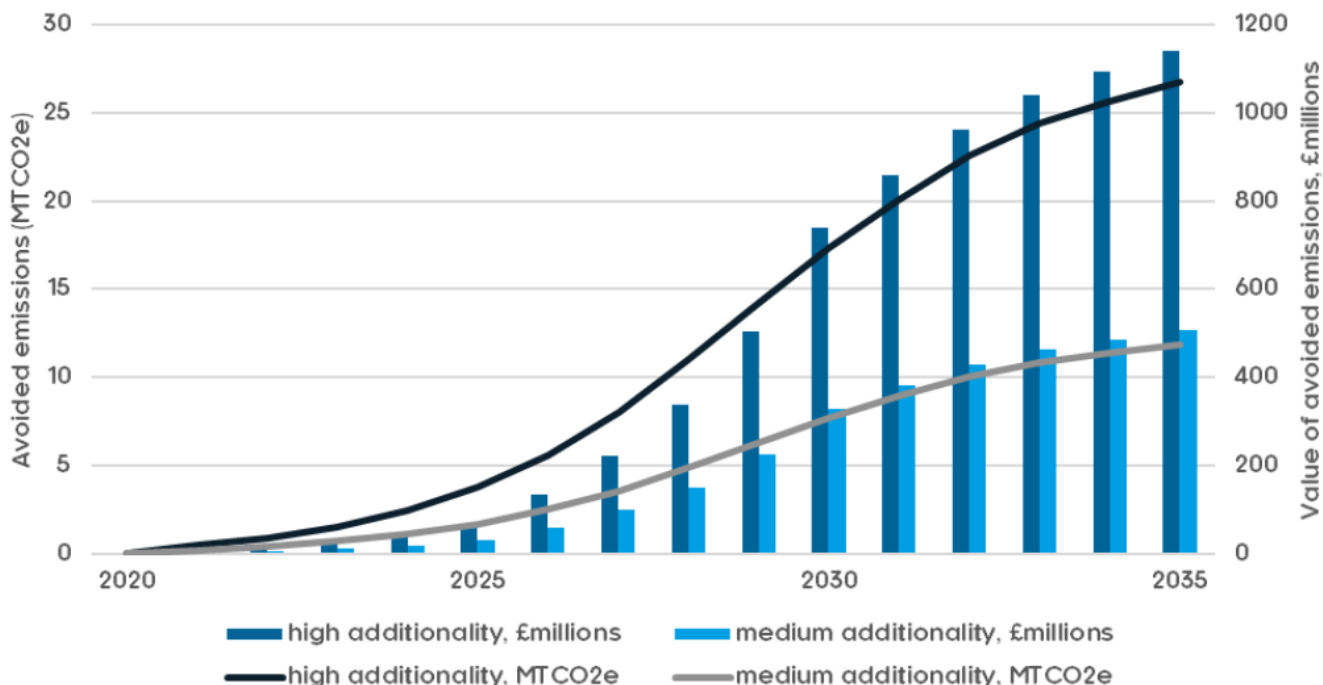
7 Environmentální kontext rozšiřování pokrytí 5G sítěmi

Dopady rozšiřování pokrytí 5G sítěmi na životní prostředí byly zčásti zpracovány již v textu výše, při hodnocení socio-ekonomických přínosů. Mezi pozitivními efekty rozšiřování pokrytí 5G sítěmi sekundární zdroje zdůrazňují především následující:

Snížení emisí skleníkových plynů (GHG):

5G technologie může přispět k významnému snížení emisí skleníkových plynů. Například využitím IoT senzorů v zemědělství lze optimalizovat spotřebu vody, energie a hnojiv, což vede k nižším emisím CO₂ a dalších GHG. Dle modelu společnosti Cambridge Analytics může rozvoj 5G technologií ve Velké Británii přinést úsporu emisí CO₂ dosahující v roce 2035 až 27 milionů tun ekvivalentu oxidu uhličitého (MtCO₂e) a celkově v období 2021 – 2035, v optimistickém scénáři až 184 milionů tun ekvivalentu CO₂. (viz Cambridge Analytics 2021: 118 – 123).

Obrázek 30: Model projektující úspory CO₂ v důsledku zavedení 5G technologií v UK



Zdroj: Cambridge Analytics 2021: 120.

Studie společnosti Deetken potom v tomto kontextu uvádí, že v sektoru zemědělství mohou 5G technologie snížit emise až o 15-25% (srov. Deetken 2022) a dále rozvádí, že v kanadském kontextu (pro který byla primárně zpracována) mohou úspory emisí skleníkových plynů, jichž bude dosaženo díky rozvoji 5G technologií, dosáhnout až 54 metrických tun ekvivalentu CO₂ (MtCO₂e), tedy až 20% redukce. Klíčové sektory, které k tomu přispějí, zahrnují chytré pracovní, životní a zdravotní technologie

(29 %), chytrou dopravu a města (24 %), chytrou výrobu (18 %), chytré budovy (16 %), chytré zemědělství (7 %) a chytrou energetiku (5 %)³⁹.

Další efekty rozvoje 5G technologií na snižování emisí GHG zahrnují například:

- Inteligentní systémy řízení dopravy: Technologie, jako je platooning vozidel (skupiny vozidel jedoucí společně), mohou snížit emise CO₂ o 10 % až 30 % díky zlepšení aerodynamického odporu a optimalizaci vzdáleností mezi vozidly
- Chytrá veřejná doprava a sdílení jízdy: Emise na osobu u veřejné dopravy jsou přibližně o 53 % nižší ve srovnání s jízdou či sdílením jízdy sólo. 5G umožní lepší sledování a optimalizaci veřejné dopravy, což zvýší její využití a sníží energetickou spotřebu
- Energetická účinnost budov: 5G umožňuje chytrým budovám používat IoT zařízení pro monitorování a kontrolu topných, chladicích a osvětlovacích systémů v reálném čase. To může vést k významným úsporám energie a nižším emisím skleníkových plynů
- Lepší koordinace logistických operací

Efektivnější využívání zdrojů v průmyslu a domácnostech:

5G umožňuje přesnější monitorování a řízení spotřeby energie a dalších zdrojů. Například chytré měřiče energie mohou snížit spotřebu energie v domácnostech a podnicích, což vede k nižším emisím CO₂. Podle Evropské komise by chytré měřiče v domácnostech s 5G konektivitou mohly v roce 2025 přinést environmentální přínosy ve výši přibližně 609 milionů EUR (Evropská komise 2017: 79). Co se týče „smart workplace“, tedy efektivnější využívání zdrojů energie a zároveň (především) snižování produkce odpadů díky zavádění 5G technologií, Evropská komise odhaduje, že jejich rozvoj může v tomto kontextu generovat environmentální přínosy ve výši až 16,1 mld. EUR ročně (tamtéž, s. 81).

„Smart cities“ a rozvoj udržitelné městské mobility

Integrace 5G v chytrých městech by měla významně snížit znečištění díky vylepšené správě dopravy a nasazení chytrých měřičů. Tyto technologie mohou generovat snížení spotřeby energie a tím i emise GHG. 5G technologie mohou podporovat rozvoj chytré městské mobility, jako jsou autonomní vozidla a inteligentní dopravní systémy, které optimalizují dopravu a snižují dopravní zácpy, což vede k nižší spotřebě paliva a menším emisím z výfukových plynů.

Rozvoj 5G technologií a obecněji rozšiřování pokrytí 5G sítěmi ale může generovat také negativní dopady na životní prostředí. Mezi těmi nejvýznamnějšími je nutné zmínit především:

- Vyšší spotřeba energie sítí: Ačkoli 5G sítě mohou být energeticky efektivnější v provozu, výstavba a údržba rozsáhlé infrastruktury pro 5G (včetně základnových stanic a nových zařízení) může vést ke zvýšené spotřebě energie a emisím spojeným s výrobou a instalací těchto zařízení. To je důsledek husté sítě malých základnových stanic potřebných k zajištění pokrytí a kapacity 5G sítí. I když 5G technologie může být energeticky efektivnější při přenosu dat na bit, celková spotřeba energie se může zvýšit kvůli většímu počtu stanic a vyšším požadavkům na jejich provoz a údržbu. Tedy 5G technologie může být až o 90% efektivnější z hlediska spotřeby energie na jednotku provozu (W/Mbps)⁴⁰ ve srovnání se 4G – a to především díky efektivnější technologii, energeticky úspornějším anténám a systematickému využívání algoritmů na úsporu energií (Chochliouros et al. 2021⁴¹:6). Celková energetická náročnost ale může přesto růst kvůli potřebě mnohem většího počtu malých buněk pro dosažení potřebné kapacity – a to rovněž v kontextu

³⁹ Srov. Deetken 2022: 95 – 97.

⁴⁰ Srov. např. <https://www.viavisolutions.com/en-us/resources/learning-center/what-5g-energy-consumption> nebo <https://www.telecompetitor.com/study-5g-has-90-better-energy-efficiency-than-4g/>; podobně také Deetken 2022: 94.

⁴¹ Chochliouros, I.P. et al. (2021): *Energy Efficiency Concerns and Trends in Future 5G Network Infrastructures* – článek rozebírá zdroje energetických úspor v 5G technologiích do vysokého detailu.

využívání vyšších kmitočtových pásem⁴². Tato infrastruktura vyžaduje více zařízení, což zvyšuje celkovou spotřebu energie⁴³.

- Environmentální náklady na výrobu a instalaci 5G technologií: výroba a instalace nových zařízení pro 5G sítě zahrnuje těžbu surovin, výrobu a logistiku, což může mít negativní environmentální dopady, včetně zvýšení emisí CO₂ a dalších škodlivých látek
- Elektromagnetické záření: Existující obavy ze zvýšeného elektromagnetického záření způsobeného hustější sítí malých buněk a zařízení využívajících 5G připojení může, jak ukazují konkrétní případy citované ve studii Accenture, vést k omezením pro rozvoj infrastruktury z důvodu ochranných pásem v okolí vysílačů 5G sítě – ty často znemožňují zahustit 5G infrastrukturu v hustě osídlených územích (aglomeracích); viz Accenture 2021: 66.
- E-waste: Rozšíření 5G technologií povede k vyšší produkci elektronického odpadu – nejruznějších zařízení a senzorů využívajících 5G technologií, které budou průběžně nahrazovány nebo vypoví službu.

Shrnutí kapitoly a závěr

5G sítě přinášejí zvýšenou efektivitu přenosu dat, což vede k energetickým úsporám na jednotku přenosu. Nicméně, celková spotřeba energie se může zvýšit kvůli potřebě husté sítě malých základnových stanic. Tyto stanice, nezbytné pro zajištění pokrytí a kapacity, zvyšují celkovou energetickou náročnost sítě.

Kromě energetických aspektů jsou environmentální náklady spojeny také s výrobou a instalací nových zařízení, což zahrnuje těžbu surovin, výrobu a logistiku. Tyto procesy mohou vést k vyšším emisím CO₂ a produkci elektronického odpadu. Existují také obavy ze zvýšeného elektromagnetického záření způsobeného hustou sítí malých buněk, což může vést k omezením rozvoje infrastruktury.

⁴² Analýza společnosti Accenture uvádí, že především ve vyšších frekvenčních pásmech bude 5G síť vyžadovat 10x – 100x vyšší počet vysílačů než předchozí 4G technologie – z důvodu nižšího dosahu ve vyšších frekvenčních pásmech a také jejich nižší schopnosti procházet překážkami. Viz Accenture 2021: 66.

⁴³ K podobnému závěru dochází také zpráva „Environmentally Sustainable 5G Deployment“ publikovaná společnostmi InterDigital a ABI Research, která uvádí, že v důsledku rozvoje 5G technologií dojde k nárůstu spotřeby energie až o 160 % do roku 2030. Viz <https://go.abiresearch.com/lp-environmentally-sustainable-5g-deployment>.

