

Systémová modulární architektura funkcí železničních stanic zapojených do systému vysokorychlostních železnic (VRT) se zaměřením na jejich udržitelnost a odolnost

Školitel: prof. Miroslav Svítek

JUDr. Vladimír Kremlík

Katedra dopravní telematiky

Fakulta dopravní, ČVUT v Praze

8. září 2025

Motivace a cíle

Úvod do problematiky Stanice VRT v České republice – hybatel změny a rozvoje

Strategická role připravovaných železničních stanic zapojených do systému vysokorychlostní železnice (dále též „stanice VRT“):

- Stanice VRT zásadně změní podobu dopravního systému nejen v ČR – zkrácení časové dostupnosti, posílení spojení mezi regiony a metropolémi.
- Stanice VRT = nové vstupní brány do regionů – významný vliv na rozvoj měst, ekonomiku i krajinu v okolí.
- Stanice VRT jako integrační prvky – propojují vysokorychlostní železnici s regionální a městskou dopravou, příměstským systémem i veřejným prostorem.
- Hybatel Smart City a Smart Neighborhood – stanice VRT musí být součástí doležených inteligentních a udržitelných územních celků.
- Nutnost systémového přístupu – vyhodnocení dopravních, urbanistických i technologických aspektů jako vzájemně propojeného celku.
- Nové obchodní příležitosti – první generace stanic VRT v ČR má potenciál nastavit standard pro 21. století. Podobně jako v 19. století města, která odmítla železnici, ztrácela na hospodářském významu, může i dnes opomenutí této příležitosti znamenat ztrátu konkurenceschopnosti.

Úvod do problematiky Stanice VRT v České republice – hybatel změny a rozvoje

Pro účely disertační práce jsou navrženy tři vzorové typy stanic VRT:

- Železniční stanice VRT (nově budované přímo na vysokorychlostní trati),
- Stávající železniční stanice na konvenční síti, do kterých budou zajíždět vlaky VRT,
- Smíšené stanice, kde se stýká vysokorychlostní trať s trati konvenční železniční sítě, přičemž tyto tratě nemusí být kolejově propojeny. Tyto typy stanic mohou být buďto nově budovány nebo rozsáhle rekonstruovány a umožňují přestup mezi oběma typy železniční dopravy – vysokorychlostní a konvenční.

Úvod do problematiky Stanice VRT v České republice – hybatel změny a rozvoje

Disertační práce se zabývá návrhem systémové a modulární architektury funkcí železničních stanic VRT zapojených do systému vysokorychlostní železnice (VRT) v České republice. Cílem je vytvořit standardizovaný rámec, který umožní:

- efektivní plánování, návrh a implementaci funkcí stanic VRT v kontextu konceptů Smart City a Smart Neighborhood,
- kvantifikaci přínosů jednotlivých modulů funkcí železničních stanic s využitím metodiky **Shapley value**,
- participativní rozhodování v prostředí vícero zúčastněných subjektů (města, manažeri infrastruktury, dopravci, cestující, občanská sdružení),
- zvýšení odolnosti, udržitelnosti a přizpůsobitelné (budoucí) kapacity stanic VRT v dlouhodobém horizontu.

Úvod do problematiky



Digitally connected: public transport and sharing

- Smart City | DB / Sebastian Berger

<https://smartcity.db.de/en/mobilityhub>



Stations function as a focal point for urban living

- Smart City | DB / Marko Gutsche

<https://smartcity.db.de/en/places>



Development of new and strategic potentials

- Smart City | DB

<https://smartcity.db.de/en/#portfolio>

Úvod do problematiky

Stanice VRT v České republice – hybatel změny a rozvoje

Strategická role připravovaných železničních stanic zapojených do systému vysokorychlostní železnice (dále též „stanice VRT“):

- **Stanice VRT zásadně změní podobu dopravního systému nejen v ČR** – zkrácení časové dostupnosti, posílení spojení mezi regiony a metropolemi.
- **Stanice VRT = nové vstupní brány do regionů** – významný vliv na rozvoj měst, ekonomiku i krajinu v okolí.
- **Stanice VRT jako integrační prvky** – propojují vysokorychlostní železnici s regionální a městskou dopravou, příměstským systémem i veřejným prostorem.
- **Hybatel Smart City a Smart Neighborhood** – stanice VRT musí být součástí dotčených inteligentních a udržitelných územních celků.
- **Nutnost systémového přístupu** – vyhodnocení **dopravních, urbanistických i technologických aspektů** jako vzájemně propojeného celku.
- **Nové obchodní příležitosti** - první generace stanic VRT v ČR má potenciál nastavit standard pro 21. století. Podobně jako v 19. století města, která odmítla železnici, ztrácela na hospodářském významu, může i dnes opomenutí této příležitosti znamenat ztrátu konkurenceschopnosti.

Úvod do problematiky

Stanice VRT v České republice – hybatel změny a rozvoje

Pro účely disertační práce jsou navrženy tři vzorové typy stanic VRT:

- **Železniční stanice VRT (nově budované** přímo na vysokorychlostní trati),
- **Stávající železniční stanice na konvenční síti**, do kterých budou zajíždět vlaky VRT,
- **Smíšené stanice**, kde se stýká vysokorychlostní trať s tratí konvenční železniční sítě, přičemž tyto tratě nemusí být kolejově propojeny. Tyto typy stanic mohou být buďto nově budovány nebo rozsáhle rekonstruovány a umožňují přestup mezi oběma typy železniční dopravy – vysokorychlostní a konvenční.

Úvod do problematiky

Stanice VRT v České republice – hybatel změny a rozvoje

Disertační práce se zabývá návrhem **systémové a modulární architektury funkcí železničních stanic VRT** zapojených do **systému vysokorychlostní železnice (VRT)** v České republice. Cílem je vytvořit **standardizovaný rámec**, který umožní:

- efektivní **plánování, návrh a implementaci funkcí stanic VRT** v kontextu konceptů **Smart City** a **Smart Neighborhood**,
- kvantifikaci **přínosů jednotlivých modulů funkcí železničních stanic** s využitím **metodiky Shapley value**,
- **participativní rozhodování** v prostředí vícero zúčastněných subjektů (města, manažeři infrastruktury, dopravci, cestující, občanská sdružení),
- **zvýšení odolnosti, udržitelnosti a přizpůsobitelné (budoucí) kapacity stanic VRT** v dlouhodobém horizontu.

Úvod do problematiky

Stanice VRT v České republice – hybatel změny a rozvoje

Vybraní stakeholderi a jejich pojetí:

Typ cestujícího	Doba čekání na nádraží	Způsob čekání	Specifika skupiny
Pravidelně cestující (do práce/školy) – vlak	5-10 minut (63% méně než 10 min)	„svoje“ místo a rutina Klidně svačina, káva, cigareta	Různé chování při odjezdu/příjezdu Specifické chování při přestupu na autobus Primárně dopravní špičky
Cestující ve volném čase	15-20 minut	Prohlíží, poznává místo, něco si dá	Turisté, příležitostní cestující, ochotní vyzkoušet, objevit Rozložení v průběhu dne
Pracující, bydlící v místě, kolemjdoucí	n/a	Jdou přímo za konkrétním obchodem či službou	Mají nádraží po cestě či blízko, využívají služby z důvodu „proximity“ Využívají facility, které jsou vhodně situované případně pokračují jinam
Cestující pracovně Cestující jednorázově za lékařem či „něco“ zařídit soukromého	10 minut	klidné místo, pracuje, telefonuje, mailuje	Menší skupina, obtížně odlišitelné v rámci pozorování ALE nemají už ty rutiny, rozhlíží se, objevují Dost splývá s dopravními špičkami
Cestující autobusem nebo jinou dopravou, ovšem necestující vlakem	<10 minut (typicky kratší dobu, na vlak se chodí „dřív“)	Mimo halu, tj. na zastávce, pokud neprší	Nutně nevnímají klasické nádraží jako relevantní místo pro svou cestu, autobus často staví vedle a má stánky atd. vedle. Vnímají to jako „různé“ věci.

Úvod do problematiky

Stanice VRT v České republice – hybatel změny a rozvoje

V rámci výzkumu je řešena zejména:

- identifikace **klíčových environmentálních, sociálních a institucionálních faktorů (ESG)**, které ovlivňují rozhodování o rozsahu funkcí a technologií,
- **systematizace funkcí železničních stanic** do přehledných kategorií modulů (dopravní, komunitní, komerční, environmentální, energetické, digitální, bezpečnostní, integrační),
- návrh **interoperabilní architektury subsystémů stanic VRT**, jejich vazeb a rozhraní s využitím **SysML**,
- aplikace herně-teoretického přístupu **Shapley value** pro ohodnocení přínosů různých kombinací modulů, prioritizace a alokace investic,
- posouzení vlivu těchto modulů na **městskou mobilitu včetně logistiky nákladů (city logistiky)**, **rozvoj regionu a kvalitu veřejného prostoru**.

Práce přináší nejen **teoretický rámec**, ale i **praktický návrhový postup** pro rozhodování o funkcích **stanic VRT**, které budou jako strategické uzly integrovány do městského a regionálního prostředí s ohledem na současné i budoucí potřeby mobility a rozvoje území.

Úvod do problematiky

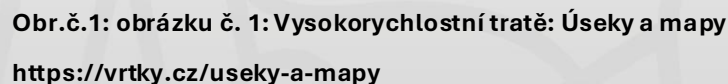
Stanice VRT v České republice – hybatel změny a rozvoje

Absence nově budovaných železničních stanic ležících přímo na tratích VRT v prvních fázích výstavby v ČR a jejich následná výstavba přináší výzkumný potenciál a zdůrazňuje potřebu nového metodického přístupu již ve fázi návrhu.

Výstupem disertační práce

bude návrh možné modulární systémové architektury řešení **železničních stanic VRT** pro vysokorychlostní železnice dle metodiky a a modelovacího jazyka SysML, který umožní vzájemnou interoperabilitu jednotlivých subsystémů včetně definice jejich vzájemných rozhraní (propojení), a to v rámci Smart Neighborhood v konceptu Smart City.

Na základě vzniklé modulární systémové architektury bude navržen optimalizační algoritmus pro efektivní integraci funkcí železničních stanic zapojených do systému vysokorychlostních železnic (VRT), který zajistí maximální naplnění principů odolnosti, udržitelnosti daného územního celku (Smart Neighborhood) v konceptu Smart City.



Úvod do problematiky

Stanice VRT v České republice – hybatel změny a rozvoje

Hlavní výzkumná otázka č. 1:

Jaké klíčové faktory — včetně ukazatelů environmentálních, sociálních a institucionálních (ESG) — ovlivňují rozhodování o výběru, rozsahu a prioritách funkcí a technologií v **železničních stanicích** VRT, v návaznosti na potřeby a očekávání různorodých subjektů a v kontextu konceptů Smart City a Smart Neighborhood?

- Hlavní otázka směřuje k identifikaci strategických, ekonomických, technických, institucionálních a společenských faktorů, které ovlivňují rozhodování o funkcích **stanic** VRT. Zohledňuje přitom cíle dopravní politiky, očekávání různých uživatelů, předpokládané klimatické změny, očekávaný budoucí technologický rozvoj, fázi životního cyklu železniční stanice VRT a úroveň digitální připravenosti města či regionu.

Úvod do problematiky

Stanice VRT v České republice – hybatel změny a rozvoje

Hlavní výzkumná otázka č. 2:

Jak navrhnout systémovou a modulární architekturu funkcí železničních stanic vysokorychlostní železnice v prostředí konceptů Smart City a Smart Neighborhood tak, aby pomocí metodiky Shapley value podporovala interoperabilitu jednotlivých subsystémů, nastavila jejich vzájemné rozhraní a schopnost pružně reagovat na měnící se potřeby dotčených subjektů — a zároveň přispěla k udržitelnosti, odolnosti a naplnění předdefinovaných ukazatelů (KPI)?

- Hlavní otázka směřuje k návrhu systémové a modulární architektury železničních stanic VRT a k posouzení, jak může metodika Shapley value podpořit interoperabilitu, flexibilitu a udržitelnost tohoto systému, a to na základě exaktního vyhodnocení přínosů a nákladů pro konkrétní kombinaci modulů. Součástí je také hodnocení přímých i nepřímých dopadů integrace chytrých prvků na funkčnost železniční stanice: přehlednost, uživatelský komfort, bezpečnost, multimodalitu, ale také na širší urbanistické efekty jako je kvalita veřejného prostoru, hodnota nemovitostí nebo podnikatelské příležitosti ve vztahu ke konceptu Smart City, udržitelné mobility a celkové atraktivity zkoumaného místa.

Úvod do problematiky

Stanice VRT v České republice – hybatel změny a rozvoje

- Absence nově budovaných železničních stanic ležících přímo na tratích VRT v prvních fázích výstavby v ČR a jejich následná výstavba přináší výzkumný potenciál a zdůrazňuje potřebu nového metodického přístupu již ve fázi návrhu.
- Chybí jednotný metodický rámec/architektura pro technický návrh a hodnocení funkcí železničních stanic VRT v kontextu Smart City a Smart Neighborhood.
- Výstavba VRT je příležitostí pro transformaci regionů směrem vyšší mezinárodní konkurenceschopnosti prostřednictvím udržitelné a inovativní mobility.
- Je nezbytné zajistit kvalitu a interoperabilitu těchto významných dopravních uzlů v kontextu Smart City a Smart již v raných fázích návrhu, zejména ve vztahu k jiným dopravním, městským a regionálním systémům, ale také k připravovaným průmyslovým zónám.

Výstupem disertační práce bude návrh modulární systémové architektury řešení železničních stanic pro vysokorychlostní železnice v metodice a modelovacím jazyce SysML, který umožní dosažení vzájemné interoperability jednotlivých subsystémů včetně definice rozhraní.

Na základě navržené systémové modulární architektury bude aplikován hodnotící algoritmus pro stanovení přínosů a nákladů jednotlivých skupin modulů, včetně návrhu jejich optimální implementace z pohledu předdefinovaných parametrů (KPI).

Teoretický rámec

06

V rámci teoretického rámce jsou vymezeny tematické oblasti, které se pojí s koncepty Smart City a Smart Neighborhood a které budou dále rozpracovány z pohledu jejich relevance pro návrh a fungování železničních stanic VRT:

- Smart City (makroúroveň): mobilita, správa, ekonomika, životní prostředí.
- Smart Neighborhood (mikroúroveň): životní styl, lidé, infrastruktura.
- Principy chytré infrastruktury: škálovatelnost, interoperabilita, digitalizace, participace.
- Rozhodovací rámec: strategické, ekonomické, technické, institucionální a společenské faktory.

Tento rámec slouží jako východisko pro identifikaci klíčových faktorů, které ovlivňují začlenění stanic VRT do městského a regionálního prostředí.

Dosažené výsledky

07

- Vytvoření návrhu nové kategorizace stanic vysokorychlostní železnice (VRT), která reflektuje úroveň integrace chytrých prvků, jejich urbanistickou roli i dopravní význam ve vztahu k síti konvenční železnice a ostatním druhům dopravy.
- Identifikace klíčových chytrých funkcí terminálů VRT, včetně návrhu sady hodnotících indikátorů v oblastech dopravní výkonnosti, socioekonomických přínosů a environmentálních dopadů.
- Vymezení modulární architektury terminálů umožňující přizpůsobení specifickým podmínkám území – rozčleněné na dopravní, informační, energetické a servisní moduly.

Metodologie

08

Metodologie řešení výzkumu a disertační práce

Disertační práce kombinuje kvalitativní i kvantitativní přístupy a využívá systémového inženýrství a principů teorie her:

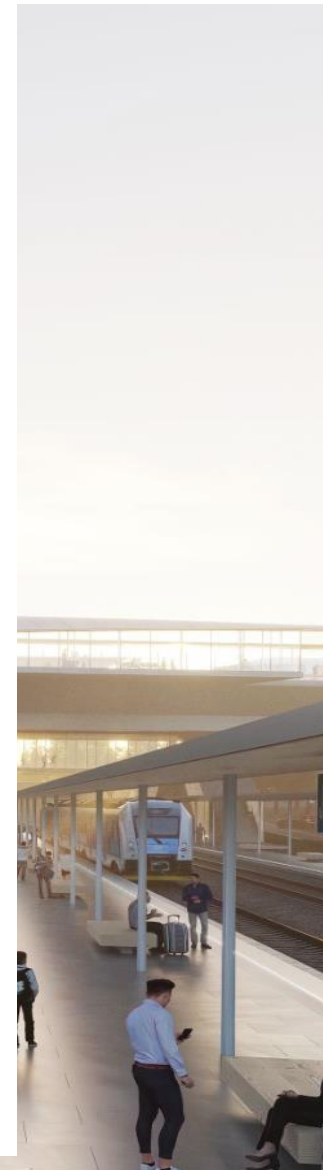
 **Komparativní analýza** a rešerše zahraničních případových studií a vybraných realizovaných projektů (např. Francie, Španělsko, Německo, Itálie) zaměřená na prostorové uspořádání, funkce, integraci **stanic VRT** do městského a regionálního prostředí.

 **Návrh systémové modulární architektury železničních stanic** VRT v prostředí konceptů Smart City / Smart Neighborhood pomocí SysML.

 **Výpočet Shapleyho hodnot** (teorie her) – ohodnocení přínosu modulů, prioritizace a alokace investic.

 **Dotazníkové šetření** mezi manažery infrastruktury a dalšími relevantními subjekty jako vstup pro modelování a validaci architektury.

 **Návrh hodnotícího algoritmu** pro optimalizaci funkcí podle principů udržitelnosti, odolnosti a KPI.



Cílem je vytvořit nástroj (praktickou podpůrnou metodiku) pro rozhodování o plánování a realizaci železničních stanic VRT jako katalyzátorů udržitelné urbanizace.

Your Role in This Research

This questionnaire will help identify key functionalities that modern high-speed rail stations should have. We are particularly interested in:

- How your station operates today.
- What challenges it faces.
- How it integrates into the surrounding area.
- Which smart technologies or services are in use (or missing).
- What future development is planned. How Your Input Helps

Your responses will contribute to a framework that ensures future Czech high-speed rail stations are efficient, sustainable, and connected to urban ecosystems—supporting not just transport, but also regional development and quality of life.

Key Areas of Focus

- Integration with Smart Cities and Smart Neighborhoods
- Energy-efficient and hydrogen-based solutions
- Automated and digital services (parking, ticketing, multimodal transport integration)
- Sustainable urban planning (beyond just train stations to entire city districts)
- Passenger and freight logistics optimization

Your insights are crucial for designing a high-speed rail station of the future—one that is not just a station, but a catalyst for regional growth and urban transformation.

Your participation is entirely voluntary. All responses will be treated with strict confidentiality and will be used exclusively for academic and research purposes.

Thank You for Your Participation!

9. Is the station equipped with charging stations for road BEVs? *

Tick all that apply.

- ☐ Fast charging
☐ High capacity (for public transport)
☐ For shared mobility (e-bikes, e-scooters, etc.)
☐ None
☐ Other: _____

10. Is the station equipped with charging systems for battery-powered trains? *

Tick all that apply.

- ☐ From overhead lines
☐ From cable networks
☐ Inductive charging
☐ None
☐ Other: _____

11. Is the station equipped with hydrogen refuelling stations? *

Tick all that apply.

- ☐ Low-pressure
☐ High-pressure
☐ Liquid hydrogen
☐ None
☐ Other: _____

12. Is the station equipped with hydrogen storage? *

26. On arrival *

27. In transit *

28. In total *

29. Please provide a breakdown of passenger numbers by the days of the week (departure/arrival/transit)

30. Please provide a breakdown of passenger numbers by times of the day (departure/arrival/transit)

Ideally time periods, such as 0:00–6:00, 6:00–10:00, 10:00–14:00, 14:00–19:00, 19:00–24:00

Konkrétní přínosy

- Vypracování postupu, který bude možné využít ve všech fázích přípravy stanic VRT – tedy při jejich územním plánování, při návrhu jejich konkrétní podoby při následném hodnocení jejich funkčnosti a přínosu.
- Podpora strategického rozvoje území v okolí železničních stanic zařazených do systému VRT, s důrazem na jejich urbanistickou a dopravní integraci.
- Vytvoření nástroje pro kvantifikaci přínosů **stanic VRT, který může být využit pro** jejich efektivního začlenění do územního plánování, nástrojů integrovaného územního rozvoje (ITI, IPRÚ) a krajské úrovně plánování.

Inovativní přístup

- Propojení dopravního plánování a urbanismu s konceptem Smart City, čímž vzniká nový rámec pro chápání stanic VRT jako hybatele proměny městského a regionálního prostoru.
- Železniční stanice je chápána nikoliv jen jako bod na dopravní síti, ale jako katalyzátor rozvoje, který ovlivňuje investice, přitažlivost místa a kvalitu života.
- Důraz na synergii chytrých technologií: kombinace prvků inteligentních dopravních systémů (např. dynamického řízení dopravy, integrovaných přestupních vazeb, sledování aktuální situace v reálném čase) s personalizovanými informačními nástroji nejen pro cestující. Tyto nástroje zahrnují jak informace podporující samotné cestování (navigace, aktuální spojení, přestupy), tak i informace o cestování - například prediktivní informace o vytíženosti vlaků, doporučení optimální trasy v případě mimořádných událostí nebo dispečersky řízená opatření ke zlepšení plynulosti pohybu cestujících v prostorách stanice).
- Vytvoření transparentního přístupu k rozhodování v podmínkách omezených finančních, prostorových a zdrojových kapacit, což umožňuje prioritizaci a optimalizaci návrhů v různých scénářích rozvoje.

Navrhovaný název disertační práce:

„Systémová modulární architektura funkcí železničních stanic zapojených do systému vysokorychlostních železnic (VRT) se zaměřením na jejich udržitelnost a odolnost“

Milníky

- Vymezení výzkumného problému a provedení komplexní literární rešerše zahrnující odborné publikace, koncepční dokumenty a technické normy.
- Návrh struktury potřebných dat a příprava nástrojů pro sběr podkladů, včetně částečného využití dotazníkového šetření.
- Sběr a analýza dat z národních a mezinárodních zdrojů včetně dotazníkového šetření, zahrnující i prostorové a dopravní aspekty.
- Tvorba návrhu systematického rozdělení železničních stanic VRT podle jejich role a charakteristik (kategorizace) a současně návrh jejich typologie, tedy rozlišení podle konkrétních funkcí, které v systému VRT plní, a podle míry jejich technické i provozní provázanosti s ostatními druhy dopravy a s okolním územím (tzv. úrovně integrace).
- Návrh hodnoticích kritérií a jejich aplikace na vybrané případové území, včetně simulačního ověření dopadů.
- Syntéza výsledků a formulace doporučení pro implementaci, zaměřených na plánovací praxi a strategický rozvoj.