

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta dopravní

HABILITAČNÍ PRÁCE

Praha 2017

Ing. Jiří Kolář, Ph.D.

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta dopravní

**PROGRESIVNÍ PŘÍSTUPY V ŘÍZENÍ KAPACITY
ŽELEZNIČNÍ DOPRAVNÍ CESTY**

HABILITAČNÍ PRÁCE

Ing. Jiří Kolář, Ph.D.

Praha 2017

OBSAH

1 ÚVOD	5
2 VZTAHY NA ŽELEZNIČNÍM TRHU A DOPRAVNÍ POLITIKA.....	8
2.1 Železniční trh	8
2.2 Dopravní politika EU a ČR.....	11
3 PROCES PŘIDĚLOVÁNÍ KAPACITY ŽELEZNIČNÍ DOPRAVNÍ CESTY	16
3.1 Definice kapacity a proces přidělování kapacity.....	17
3.1.1 Definice vlakové trasy	17
3.1.2 Proces přidělování kapacity na síti SŽDC	22
3.2 Koordinace sestavy jízdních řádů	27
3.3 Konstrukce jízdního řádu	28
3.3.1 Fáze tvorby jízdního řádu.....	29
3.3.2 Podpora simulačními nástroji.....	30
4 ZKOUMÁNÍ KAPACITY ŽELEZNIČNÍ DOPRAVNÍ CESTY	37
4.1 Metodiky stanovení propustné výkonnosti na SŽDC	39
4.2 Metodika Mezinárodní železniční unie	48
5 OPTIMALIZACE VYUŽÍVÁNÍ KAPACITY ŽELEZNIČNÍ DOPRAVNÍ CESTY V LIBERALIZOVANÉM TRŽNÍM PROSTŘEDÍ	54
5.1 Zkoumání kapacity železniční dopravní cesty v open access.....	54
5.2 Optimální propustnost a kapacita železniční dopravní cesty.....	61
6 PROGRESIVNÍ PŘÍSTUPY V ŘÍZENÍ KAPACITY ŽELEZNIČNÍ DOPRAVNÍ CESTY	66
6.1 Současná problematika kapacity železničních tratí SŽDC	66
6.1.1 Uplatňování integrovaného taktového jízdního řádu u vlaků osobní dopravy.....	67
6.1.2 Upozadřování nákladních vlaků na železničních koridorech a v uzlech	67
6.1.3 Vlakové trasy „ad hoc“	73
6.2 Metodické problémy v přístupu k stanovení kapacity	73
6.2.1 Teoretické východiska zkoumání kapacity na vysokorychlostních tratích	75
6.2.2 Problematika vztahu integrovaného taktového jízdního řádu a kapacity železniční infrastruktury.....	77
6.3 Metodické doporučení pro přidělování kapacity	81
ZÁVĚR	86
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	88
LITERATURA.....	89
SEZNAM PŘÍLOH	93

1 ÚVOD

Doprava je jeden z klíčových faktorů rozvoje moderní společnosti, přičemž samotná doprava není cílem ale prostředkem hospodářského rozvoje a předpokladem k dosažení sociální a regionální soudržnosti.

Poskytování železniční infrastruktury je hlavním požadavkem na zajištění konkurenčního trhu se železničními službami. Rozvoj infrastruktury EU se týká dvou hlavních účastníků: členské státy, obvykle národních vlád, které jsou vlastníky infrastruktury, a manažery železniční infrastruktury. Prvním předpokladem je konzistentní strategický rámec dopravní politiky. Stát by měl rozhodnout o dlouhodobých potřebách infrastruktury pro všechny druhy dopravy v rámci politiky dopravy v souladu s budoucími potřebami uživatelů. Tímto by se měly vzejít parametry nutné pro rozhodnutí o nejlepší úrovni kvality infrastruktury a rozsahu železniční sítě. Může to zahrnovat zrušení některých dopravních linek, kde nelze důvodně očekávat žádná poptávka, nebo rozšíření kapacity, aby mohl zvládnout rostoucí poptávku.

Restrukturalizace železničního trhu vytváří nové vztahy mezi subjekty působícími na tomto trhu. Správu a provoz infrastruktury provádí provozovatel infrastruktury, který je zpravidla ve vlastnictví státu. Tento subjekt odpovídá za nediskriminační přístup železničních podniků (dopravců) zajišťujících dopravu vlaků (trakci) ať už v osobní dopravě nebo v nákladní dopravě k železniční infrastruktuře (dopravní cestě). Samotný přístup železničního podniku k železniční infrastruktuře je komplexní proces, který je vymezen přesně definovanými legislativními podmínkami a postupy, avšak poskytuje provozovateli infrastruktury prostor pro obchodní a marketingové chování.

Zkoumání vztahu mezi subjekty provozovatel infrastruktury - železniční podnik je náplní teoretické části práce. Řešení této specifické problematiky zahrnuje přesné vymezení oblasti působnosti provozovatele infrastruktury na železničním trhu a z technologického hlediska je středem pozornosti přidělování kapacity železniční infrastruktury. Tento proces v sobě skrývá široké spektrum možností ovlivnění chování železničních podniků na trhu s cílem podpořit jejich aktivity, kvalitu poskytovaných služeb pro konečného zákazníka, a v konečném důsledku tak přispět ke zvýšení konkurenceschopnosti železniční dopravy.

Železniční podniky jako zákazníci provozovatele infrastruktury nakupují kapacitu železniční infrastruktury v podobě vlakových tras. Hodnocení přidělování kapacity železniční infrastruktury předpokládá poznání technologie dopravního provozu, traťové technologie, jakož i ekonomických aspektů těchto procesů. S touto komplexní problematikou úzce souvisí stanovení kapacity železniční infrastruktury, která představuje maximální možnou nabídku provozovatele infrastruktury. Sestavený jízdní řád představuje provozní plán a zároveň nabídku potenciálním zákazníkům. Každý odklon od tohoto plánu znamená odklon od očekávané kvality poskytovaných služeb, a proto musí být jízdní řád sestaven tak, aby byl stabilní. Ztrátu stability a kvality grafikonu vlakové dopravy resp. jízdního řádu může vyvolat absence volné kapacity, která byla vyčerpaná po přidělení a po ukončení konstrukce ročního jízdního řádu.

V komplexním procesu přidělování kapacity je třeba znát skutečnou hodnotu kapacity železniční infrastruktury, tj. její kvalitativní ukazatel při respektování kvalitativních parametrů

dopravního provozu. To je předpokladem k tomu, aby provozovatel infrastruktury nabízel trasy pro oprávněné žadatele o přístup na dopravní cestu a po splnění náležitých podmínek dopravcem následně přistoupil k přímému přidělení trasy do celoroční sestavy jízdního řádu, případně po ukončení konstrukce jízdního řádu k vytvoření katalogu volných tras.

Zjišťování kapacity železničních tratí prošlo od počátku železniční dopravního provozu až po současnost značným vývojem. Na začátku se dalo mluvit o úvahových způsobech a postupně se přecházelo k analytickým metodám, později ke grafickým řešením, případně k jejich kombinaci. Tyto metody jsou však založeny zpravidla na deterministickém chápání dopravního provozu, tedy neberou se v úvahu různé operativní opatření ani mimořádnosti v dopravě, a tedy narušení, které mohou mít rozmanitý charakter a většinou je nelze předvídat, proto s takovými omezeními ani nelze počítat v procesu zjišťování kapacity infrastruktury. V současnosti se stále více přistupuje k využívání simulačních nástrojů, které mohou pracovat s mnoha proměnnými tak náhodně generovanými mimořádnosti v dopravě a reagovat tak na poptávku po vlakových trasách v režimu „ad hoc“. Tyto nástroje dokážou při různé organizaci dopravy a při různých volitelných režimech simulace obsáhnout vzájemný vztah dopravního provozu a kapacity infrastruktury, přičemž se neustále klade důraz na zachování bezpečnosti a kvality dopravního provozu. Zde se nabízí prostor pro výzkum stanovení kapacity s využitím simulačních nástrojů nejen v podmínkách SŽDC, ale i v celosvětovém měřítku.

Hlavním cílem práce je definovat procesy řízení kapacity železniční dopravní cesty, od kterého závisí kvalitní řízení operativního dopravního provozu vzhledem k efektivitě dopravního toku na infrastrukturu. Tento postup závisí na vymezení optimální propustné výkonnosti prvků železniční infrastruktury a je následně důležitým podkladem pro rozhodování se o investicích na její rozvoj.

Hlavní cíl práce vychází z těchto předpokladů:

- úplná liberalizace trhu přepravních služeb v nákladní i osobní dopravě (vytvoření tzv. open access),
- železniční dopravní podniky jsou adaptované na trhu jako poskytovatelé komplexních služeb,
- orientace na zákazníka je v současnosti základní konkurenční výhodou, což platí i ve vztahu manažer infrastruktury - železniční podniky,
- přidělování kapacity infrastruktury vychází z platné evropské i národní legislativy,
- zjišťování kapacity se provádí pomocí softwarových nástrojů a principů vyhlášky UIC 406 Kapacita (UIC, 2013).

Dílními cíli je v návaznosti na definované postupy stanovení kapacity železniční dopravní cesty stanovit optimální propustnou výkonnost danou počtem tras vlaků, jejichž prodej bude pro správce infrastruktury výhodný. Zároveň je potřeba prozkoumat vliv systémových tras v systematických JŘ na kapacitu železniční dopravní cesty.

Parciálními cíli práce jsou:

- definice vlakové trasy a kapacity železniční infrastruktury,
- poznání komplexu faktorů, které ovlivňují řízení kapacity na železniční síti v kontextu transformace a restrukturalizace železnic,
- analýza procesů řízení kapacity a cíle řízení kapacity železniční dopravní cesty,

- teoretické a metodologické východiska pro návrh metodiky zjišťování kapacity pomocí softwarových nástrojů,
- analýza faktorů ovlivňujících kapacitu infrastruktury,
- stanovení optimální propustnosti jako oblasti efektivity přidělování kapacity provozovatelem infrastruktury,
- použití systematicky shrnutých poznatků ve výuce odborných disciplín zaměřených na železnic dopravní provoz.

Tyto cíle plně respektují dopravní politiku EU i ČR, která dává rámec pro vytváření transparentních podmínek a minimalizaci rizik při přístupu na dopravní trh a dopravní infrastrukturu a zabezpečení narůstajících přepravních potřeb společnosti v požadovaném čase a kvalitě při současném snižování nepříznivých dopadů dopravy na životní prostředí. Náležitě odpovědět na vznikající otázky v odvětví železniční dopravy v souladu s cíli udržitelného rozvoje je výzvou pro podporu mezinárodních výzkumných aktivit v oblasti dopravy v rámcovém programu Evropské unie Horizont 2020.

2 VZTAHY NA ŽELEZNIČNÍM TRHU A DOPRAVNÍ POLITIKA

Doprava je z hlediska marketingu považována za službu. Služba je definována jako jakákoliv činnost nebo užitek, který může jedna strana poskytnout druhé, který má nehmotnou povahu a jeho výsledkem není nabytí vlastnictví. (Buková a kol., 2013)

2.1 ŽELEZNIČNÍ TRH

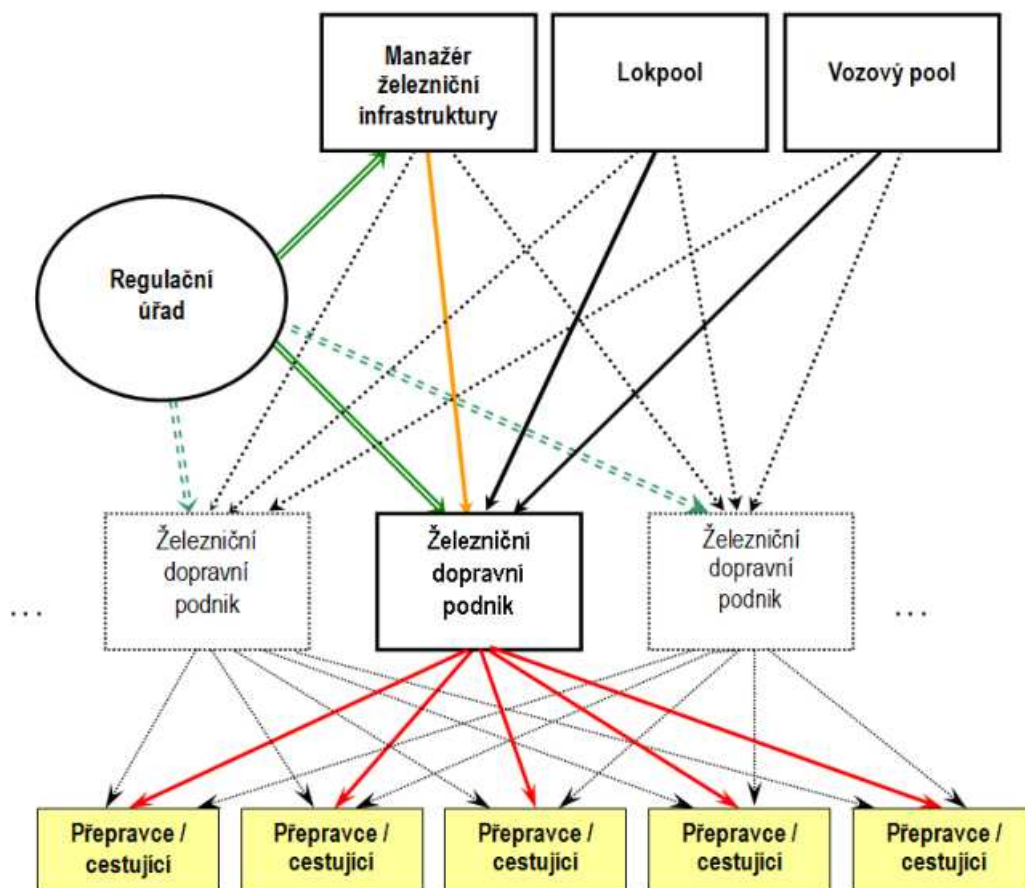
Na železničním trhu vystupuje na straně nabídky železniční podnik (železniční operátor, dopravce) nabízející dopravní výkony na uskutečnění přepravy osob a zboží, v prostoru a čase. Na straně poptávky je zákazník, kterým je fyzická nebo právnická osoba, požadující přemístění zboží (objektu přepravy) na místo určení. Zákazníkem může být samotný přepravce, pro kterého se potřebuje služba poskytnout, nebo zprostředkovatel, například zasílatel. (Buková a kol., 2009)

Zájmem dopravce je udržet a rozšířit trh svých výrobků (výkonů) a maximalizovat ekonomický výnos (zisk). Na přepravním trhu však musí čelit konkurenci, jak mezi jednotlivými dopravci všech druhů dopravy (tzv. intermodální konkurence), tak mezi dopravci stejného druhu dopravy (tzv. intramodální konkurence).

Restrukturalizace železničního trhu vytváří nové vztahy mezi subjekty působící na tomto trhu. Správu a provoz infrastruktury vykonává provozovatel infrastruktury (nazýván též manažer infrastruktury), který je zpravidla ve vlastnictví státu. Tento subjekt zodpovídá za nediskriminační přístup železničních podniků (dopraců) zabezpečující dopravy vlaků (trakci) ať už v osobní dopravě nebo nákladní dopravě na železniční infrastrukturu (dopravní cesta).

Z hlediska dopravního provozu je důležité znát, že železniční podnik je charakteristický tím, že se soustřeďuje na poskytování služeb koncovému zákazníkovi na konkurenčním trhu. Znamená to především poskytnutí trakce, tj. dopravu vlaku podle jízdního řádu (JŘ), který byl dojednaný s provozovatelem infrastruktury při přidělení kapacity železniční dopravní cesty. Od provozovatelů infrastruktury nakupují železniční podniky kapacitu železniční infrastruktury. Železniční podnik je tak zákazníkem provozovatele železniční infrastruktury. Poplatek za používání infrastruktury musí stanovit nediskriminačně. Stát zřizuje regulační orgány se záměrem vytváření rovných podmínek na podnikání, a tedy spravedlivé hospodářské soutěže. Vztahy mezi základními subjekty na železničním trhu jsou znázorněné na obr. 1.

Na železničním trhu se mohou ještě nacházet subjekty jako lokpool a vozový pool, které zajišťují leasing hnacích vozidel resp. vozů jako službu železničním dopravcem pro úsporu jejich investičních nákladů, ale i opravárenských kapacit.



Zdroj: Buková a kol., 2013

Obr. 1. Základní subjekty na železničním trhu a vztahy mezi nimi

Provozovatel infrastruktury plánuje poskytování služeb v intencích svého klíčového podnikatelského cíle a rámcových podmínek, které můžeme členit na externí, interní a podmínky související s orientací na trh. K dosažení úspěchu vede většinou cesta přes poskytování kvalitních služeb a správné nastavení technologických procesů v železničním dopravním provozu v součinnosti s železničním podnikem tak, aby byly uspokojeny požadavky konečného zákazníka. Z hlediska provozovatele infrastruktury se naplňují rámcové podmínky orientace na trh analýzou a plánováním dopravních toků na uspokojení potřeb zákazníka (převrava požadovaného množství substrátů a přeprava cestujících v požadovaném čase do požadovaných cílů cesty), jakož i vnitřní aspekty provozovatele infrastruktury při hodnocení využití kapacity železniční tratě a návrhu opatření k optimalizaci kapacity.

Funkci manažera železniční infrastruktury ve vlastnictví státu vykonává SŽDC ve smyslu směrnice 2012/34/ES Evropského parlamentu a Rady. Vznik SŽDC, její povinnosti a práva, jsou stanoveny zákonem č. 77/2002 Sb., o akciové společnosti České dráhy, státní organizaci Správa železniční dopravní cesty a o změně zákona č. 266/1994 Sb., o dráhách, ve znění pozdějších předpisů a zákonem č. 77/1997 Sb., o státním podniku, ve znění pozdějších předpisů.

Státní dozor ve věcech drah vykonává Ministerstvo dopravy, Drážní úřad, Úřad pro přístup k dopravní infrastruktuře a Drážní inspekce. Výkon státního dozoru kontroluje v rámci vrchního státního dozoru Ministerstvo dopravy. Dohled nad železničními podniky a provozovateli infrastruktury za podmínek stanovených Zákonem o drahách vykonává Drážní úřad (zejména dodržování a plnění povinností vlastníka dráhy, provozovatele dráhy a dopravce, které jsou stanoveny právními předpisy v zájmu bezpečného provozování dráhy a drážní dopravy). Při inspekci se v zásadě kontrolují:

- smlouvy o styku vzájemně zaústěných drah,
- vnitřní předpis o provozování dráhy a organizování drážní dopravy (resp. u dopravce předpis o provozování drážní dopravy) a o odborné způsobilosti a znalosti osob, zajišťujících provozování dráhy (resp. drážní dopravy) a způsobu jejich ověřování včetně systému pravidelného školení,
- doklady o provozovaných určených technických zařízeních na uvedených tratích a o prováděných technických kontrolách těchto zařízení,
- doklady o zdravotní způsobilosti osob provádějících činnosti při provozování dráhy,
- doklady o provádění pravidelných prohlídek a měření staveb dráhy,
- zajištění kontroly bezpečného technického stavu drážních vozidel,
- postupy zajišťující analýzu, proškolení a přijímání preventivních opatření k mimořádným událostem včetně odstraňování následků nehod,
- provádění periodických vnitřních kontrol systému zajišťování bezpečnosti.

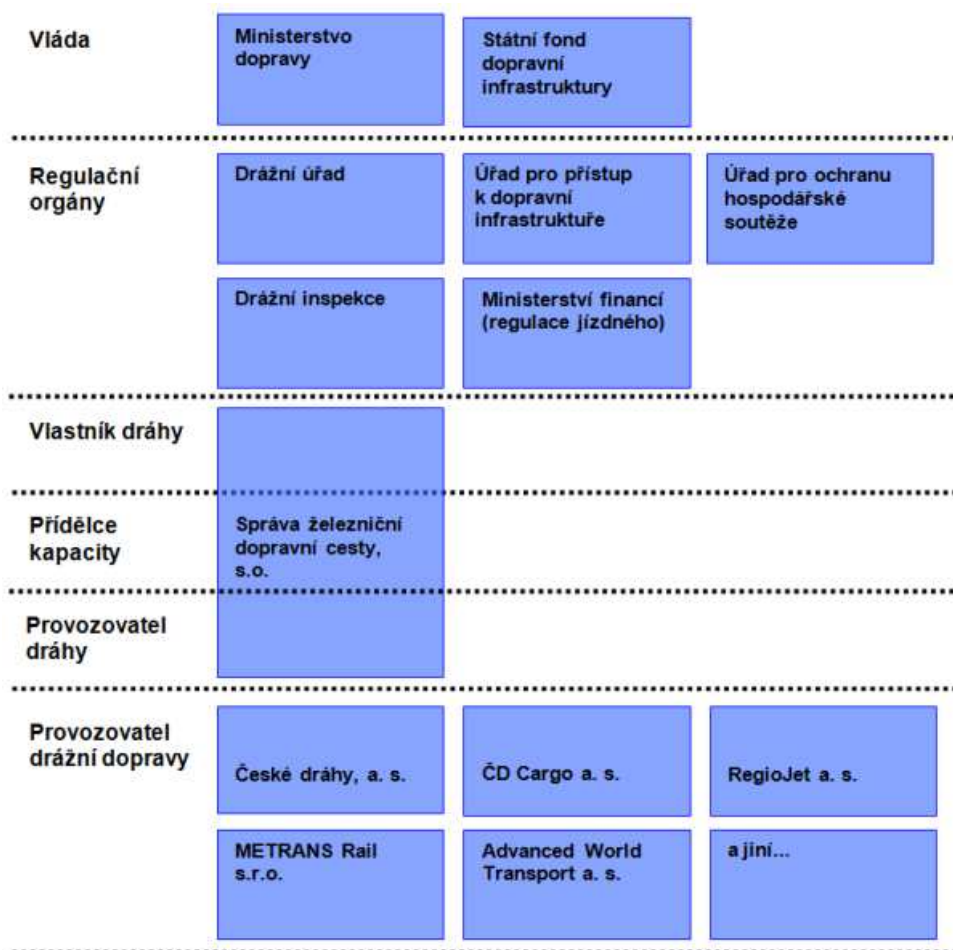
Drážní úřad informuje o stavu plnění a implementace bezpečnostní směrnice do národních právních předpisů. Podává přehled o vydávání bezpečnostních certifikátů u provozovatelů drážní dopravy a provozovatelů drah, kdy byly vydávány nové bezpečnostní certifikáty v souladu s nařízením (ES) č. 653/2007, se Směrnicí 2004/49/EC a Vyhláškou č. 376/2006 Sb., o systému bezpečnosti provozování dráhy a drážní dopravy a postupech při vzniku mimořádných událostí na dráhách.

Výroční zpráva o bezpečnosti je vykazována podle definic nařízení (EC) No 91/2003 a doplňujícího Nařízení (EC) No 1192/2003 v souladu se společnými bezpečnostními indikátory CSI. Evidenční přehled o mimořádných událostech je nejdůležitější částí výroční zprávy o bezpečnosti provozování dráhy nebo drážní dopravy. Obsahuje údaje o závažných nehodách, nehodách, ohroženích, následcích mimořádných událostí, naplňování ukazatelů týkajících se bezpečnosti a vnitřních kontrolách provedených provozovatelem dráhy nebo dopravcem podle dokumentace systému zajišťování bezpečnosti. Údaje od jednotlivých provozovatelů dráhy a dopravců zpracovává Drážní úřad a výsledky postupuje na Evropskou železniční agenturu (ERA) s cílem celoevropského porovnání účinnosti bezpečnostních opatření.

V roce 2016 byl schválen na základě Zákona č. 320/2016 Sb. vznik nového nezávislého regulačního úřadu na železnici s názvem Úřad pro přístup k dopravní infrastruktuře. Dohlíží na užívání drážní a letecké dopravní infrastruktury. Hlídá transparentní přístup provozovatele dráhy při přidělování kapacity jednotlivým dopravcům, řeší spory mezi dopravci

a provozovateli dráhy, uzavírání smluv o přístupu na dráhu, ale třeba také výlukový jízdní řád. Jedním z úkolů úřadu je i ochrana veřejné služby, tedy výkonů ve veřejném zájmu.

Organizační uspořádání sektoru železniční dopravy v ČR lze znázornit podle postavení jednotlivých subjektů – viz obr. 2.



Obr. 2. Organizační uspořádání sektoru železniční dopravy v ČR

2.2 DOPRAVNÍ POLITIKA EU A ČR

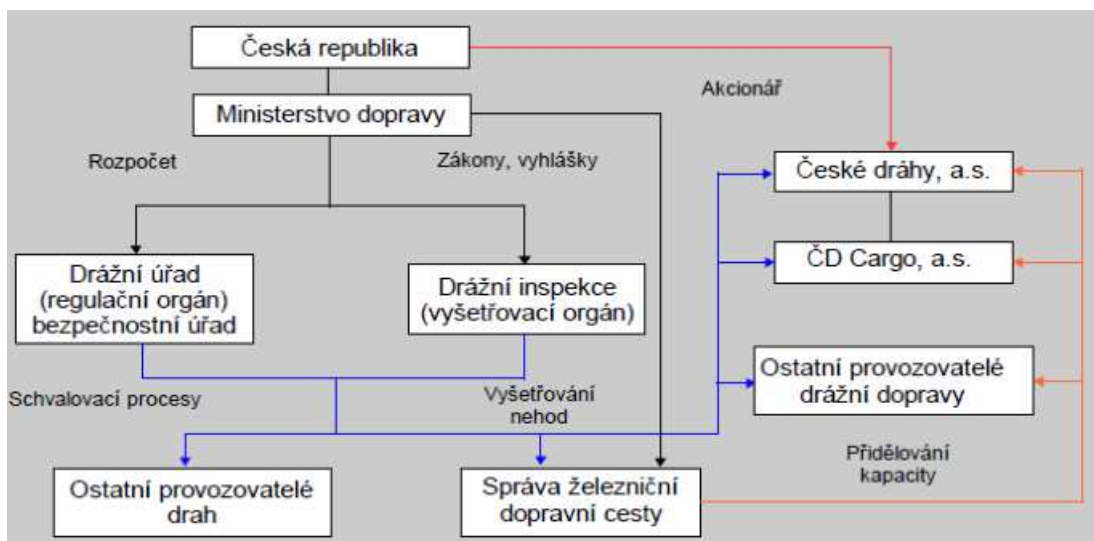
V evropské dopravní politice se stává základní prioritou další rozšiřování možností přístupu licencovaných železničních podniků k železniční infrastruktuře Společenstva. Státy mají všeobecnou zodpovědnost za rozvoj a provozování železniční infrastruktury. V tomto směru nabývá důležitost funkce státu spočívající v povinnosti zabezpečit, aby byl přístup železničních podniků k infrastruktuře zabezpečený prostřednictvím subjektu (provozovatel infrastruktury) nezávislého na železničních podnicích využívající tuto dopravní cestu. Kompetencí regulačního úřadu v této oblasti je možnost přezkoumání rozhodnutí provozovatele infrastruktury při přidělování infrastruktury.

Železniční infrastruktura má zůstat státní, na druhé straně operátor by měl být podle Evropské komise zprivatizován. Měla by to být soukromá firma, protože jde o služby a není

důvod, aby do této oblasti zasahoval stát. V souvislostech s bezpečností se však doporučuje, aby se vybudoval silný regulační úřad, který bude dohlížet na žadatele o licence, zda splňují bezpečnostní nároky, které železniční doprava poskytuje, a jsou jednou z jejích rozhodujících výhod v porovnání se silniční dopravou. Právní rámec pro jednotné uspořádání vztahů mezi dopravními podniky (operátory železniční dopravy), provozovatelem infrastruktury a státem v podmínkách jednotného evropského železničního prostoru je upravený ve směrnici EP a ER 2012/34/EÚ z 21. listopadu 2012 (EU, 2012), kterou se zřizuje jednotný evropský železniční prostor.

EU začala uskutečňovat politiku ve prospěch nové dynamiky železniční dopravy se zaměřením na tři oblasti:

- trh nákladní dopravy na celoevropské úrovni se vytvořil prostřednictvím prvního a druhého železničního balíčku. Postupné otevírání trhu železniční dopravy od ledna 2007 je doprovázeno restrukturalizací podniků,
- rozvoj technické interoperability a společných bezpečnostních pravidel. Do tohoto rámce zapadají iniciativy v oblasti evropského povolení pro řidiče vlaků a návrh Komise z konce roku 2006 o vzájemném schvalování železničních kolejových vozidel,
- určení železniční sítě v rámci transevropské dopravní sítě (TES-D), podpora evropského systému řízení železniční dopravy (ERTMS).



Zdroj: Drážní úřad ČR

Obr. 3. Funkční schéma železničního sektoru v České republice

Vzhledem k technickému pokroku a neustále se měnící specifikaci připravila v roce 2013 Evropská komise pro potřeby evropského železničního prostoru tzv. čtvrtý železniční balíček, který se opírá o čtyři klíčové oblasti (Buková a kol. 2013):

- odstranit zbývající bariéry vytvořením nového (přepracovaného) znění směrnice o interoperabilitě železničního systému v EU,
- dokončit liberalizaci železničního trhu a vytvořit tzv. jednotný evropský železniční prostor (prostřednictvím směrnice 2012/34/EU),

- novelizace směrnice 2004/49/ES o bezpečnosti železnic Unie, změna směrnice Rady č. 95/18/ES o vydávání licencí železničním podnikům a směrnice 2001/14/ES o přidělování kapacity železniční infrastruktury, zpoplatnění železniční infrastruktury a vydávání osvědčení o bezpečnosti,
- vytvoření nového právního aktu zabývajícího se kompetencemi Evropské železniční agentury (ERA).

Tyto oblasti jsou obsaženy v dokumentech a legislativě EU jako Strategie Evropa 2020 (deklarovaná snaha o snížení emisí, zvýšení energetické účinnosti a podílu energie z obnovitelných zdrojů), Bílá kniha o dopravě (Plán jednotného dopravního prostoru – k vytvoření konkurenceschopného dopravního systému účinně využívajícího zdroje). Cílem EU je podle Vize 2030 převést více než 30 % nákladní silniční dopravy na železniční a vodní, dobudovat multimodální páteřní síť TEN-T (tzv. „Core Network“) a priorizovat ve financování odvětví železnic, zejména dokončení transevropské železniční sítě.

Podpora nákladní dopravy je silně vytvořena přijatým Nařízením EU č. 913/2010 o evropské železniční síti pro konkurenceschopnou nákladní dopravu (EU, 2010), které ukládá manažerům infrastruktury na evropských koridorech pro nákladní dopravu (RFC – ve znění Přílohy II Směrnice Nařízení EU 1316/2013 (EU, 2013) zřizovat předpřipravené katalogové trasy pro nákladní vlaky tak, aby kapacita na trase koridoru byla dostupná rovnoměrně a souvisle. Cílem je vytvořit kvalitní nabídku kapacity pro nákladní vlaky během dne, a tedy usnadnit plánování, řízení a vlastní průběh jízdy vlaků na důležitých evropských tazích a zjednodušit tyto procesy pro manažery infrastruktury i dopravce, stejně jako zjednodušit jejich spolupráci. Síť SŽDC je do těchto koridorů pro nákladní dopravu zapojena čtyřma koridory (FRC 5, RFC 7, RFC 8, RFC 9). V příloze 3 je uvedena mapa koridorů RFC na síti tratí SŽDC.

Vzniklé změny si vyžádají potřebu převedení jednotlivých směrnic a nařízení do národní legislativy, v důsledku čehož lze očekávat výrazné změny v oblasti kompetencí příslušných odpovědných orgánů. Uvedený proces bude realizován v průběhu příštích období.

Oblast organizací a subjektů železničních dopravních činností upravují následující právní předpisy:

- *Zákon č 266/1994 Sb. o drahách*, v znění pozdějších předpisů. Zákon upravuje podmínky pro stavbu drah železničních, tramvajových, trolejbusových a lanových a stavby na těchto drahách. Dále se zabývá podmínkami pro provozování drah a drážní dopravy na těchto drahách, jako jsou práva a povinnosti fyzických a právnických osob s tím spojené. Zákonem se zavádí regulace přístupu jednotlivých dopravců na dopravní cestu ze strany státu, státní regulace provozování dráhy a nová právní úprava zákonného břemeně a povinnosti vlastníků drah. Zákon také upravuje výkon státní správy a státního dozoru ve věcech drah železničních, tramvajových, trolejbusových a lanových.
- *Zákon č 77/2002 Sb. o akciové společnosti Českých drah*, státní organizaci Správa železniční dopravní cesty a o změně zákona č. 266/1994 Sb. o drahách, ve znění pozdějších předpisů. Zákon upravuje způsob zřízení a činnost akciové společnosti České dráhy a zřízení a činnost státní organizace Správa železniční dopravní cesty jako právních nástupců státní organizace České dráhy. Založení, vznik, postavení orgánů a právní prameny akciové společnosti upravuje zejména obchodní zákoník.

První část zákona upravuje vedle vzniku a založení akciové společnosti zejména převod státního majetku, předmět podnikání (provozování železniční dopravy a železniční dopravní cesty ve veřejném zájmu), činnost orgánů akciové společnosti (představenstvo, dozorčí rada). Ve druhé části zákona se upravuje vznik státní organizace, předmět její činnosti jsou zde popsány orgány státní organizace (správní rada a generální ředitel).

- *Nařízení vlády č. 133/2005 Sb. o technických požadavcích na provozní a technickou propojenost evropského železničního systému*, ve znění nařízení vlády č. 371/2007 Sb. Toto nařízení vlády předpis Evropských společností a upravuje technické požadavky na součásti a subsystémy evropského železničního systému a podmínky pro prověření právních osob k činnostem při posuzování shody a vhodnosti použití stanovených výrobků. Interoperabilitou evropského železničního systému se rozumí jeho schopnost umožnit při splnění specifikací provozní a technické propojenosti vyhlášených v Ústředním věstníku Evropské unie bezpečný a nerušený pohyb drážních vozidel po dráze a zajistit požadovanou výkonnostní úroveň, bezpečnost a kvalitu dopravy. Součástí interoperability evropského železničního systému se rozumí všechny součásti dráhy a drážních kolejových vozidel, na kterých přímo nebo nepřímo závisí interoperabilita evropského železničního systému; za účasti interoperability se považují hmotné i nehmotné objekty, například programové vybavení.
- *Vyhláška č. 173/1995 Sb., kterou se vydává dopravní řád drah*, ve znění pozdějších předpisů. Tato vyhláška upravuje pravidla pro provozování dráhy, které stanovují způsob a podmínky pro zajištění a obsluhu dráhy a pro vykonávání drážní dopravy celostátní a regionální, vleček, speciálních drah, drah trolejbusových a tramvajových a v neposlední řadě i drah lanových. Další část vyhlášky je věnována způsobu zpracování, obsahu a zveřejňování jízdního řádu a jeho změn. Zabývá se i otázkou vozidel a to zejména způsobem a podmínkami schvalování technické způsobilosti drážních vozidel.

Základním předpokladem podnikání v dopravě, stejně jako v jiných odvětvích národního hospodářství, je vytvoření konkurenčního prostředí pro fungování v dopravě, která však má svoje určitá specifika. Patří mezi ně **harmonizace podmínek** pro podnikání v dopravě a zabezpečování dopravní obslužnosti plněním závazků veřejné služby a úhrady vznikající prokazatelné ztráty z prostředků příslušného orgánu, který tento požadavek uplatnil. Všichni provozovatelé dopravy musí mít rovné podmínky na podnikání v dopravě, a proto je nezbytné dosáhnout jejich harmonizaci při:

- vstupu na dopravní trh,
- přístupu k povolání v dopravě,
- zatěžování různých druhů dopravy a podniků a jejich břemen veřejných služeb s kompenzací veřejných služeb s kompenzací případných prokazatelných ztrát,
- používání infrastruktury konkurence.

Podle zákona o dráhách může v České republice už od roku 1994 podnikat jako železniční dopravce právnická nebo fyzická osoba, která prokáže bezúhonnost a odbornou a finanční způsobilost na získání licence udělené drážním správním úřadem. V roce 2016 kromě Českých drah, a.s. podniká resp. má licenci na provozování drážní dopravy dalších více než 106 železničních dopravců, zejména v oblasti nákladní dopravy.

Po vstupu České republiky do EU byl zavedený systém alokace kapacity a přidělování kapacity dopravní cesty na žádost „oprávněné osoby“.

Oprávněnou osobou je:

- osoba, která má platnou licenci,
- osoba usazená v jiném členském státě ES, oprávněná provozováním nákladní a osobní drážní dopravy na dráze celostátní a dráze regionální,
- mezinárodní sdružení oprávněných osob, pokud má osoba, která je součástí sdružení, sídlo na území ČR.

Pro dráhy ve vlastnictví státu přiděluje kapacitu dopravní cesty Správa železniční dopravní cesty, s.o. (SŽDC), která je dostupná všem žadatelům o přidělení kapacity železniční dopravní cesty. Dopravce nemůže přidělenou kapacitu převést na jiné osoby.

Dopravce je osoba fyzická nebo právnická, která vykonává dopravu na dráze, podniká na základě licence a uzavřené smlouvy s provozovatelem dráhy, vlastní dopravní prostředky nebo je má zapůjčeny. K provozování drážní dopravy veřejné i neveřejné je potřeba licence od Drážního úřadu ve smyslu zákona o dráhách. Licence k provozování drážní dopravy udělena úřadem členského státu Evropského společenství platí na území České republiky. Na dráze celostátní a regionální je další podmínkou provozování dopravy přidělení kapacity dopravní cesty.

Dopravce na dráze je povinný získat také **Osvědčení dopravce**, které vydává Drážní správní úřad na dobu maximálně 5 let. Osvědčení dokládá, že organizační struktura, vnitřní předpisy, odborné zabezpečení a systém řízení zajišťuje bezpečnou činnost dopravců při provozování drážních vozidel a určených technických zařízení.

3 PROCES PŘIDĚLOVÁNÍ KAPACITY ŽELEZNIČNÍ DOPRAVNÍ CESTY

Přidělování kapacity železniční infrastruktury představuje komplexní produkt provozovatele infrastruktury, který se skládá z množství dílčích služeb. Klíčem při určení marketingových přístupů přidělování kapacity je samotné definování kapacity. Mezinárodní železniční unie (UIC) vydala vyhlášku 406 "Kapacita" (UIC, 2013), v níž je uvedena rámcová metodika definování a stanovení kapacity. Co je to kapacita, z visí na vnímání konkrétního provozovatele infrastruktury, protože kapacita sama jako taková neexistuje a kapacita železniční infrastruktury je závislá od toho, jak se využívá. Přidělení kapacity je prodej konkrétní vlakové trasy (tras) na konkrétních traťových úsecích v konkrétní časové poloze. Právě tento moment představuje specifikum v poskytování služeb provozovatelem infrastruktury. (Buková a kol. 2013)

Provozovatel infrastruktury je povinen zveřejnit podmínky přístupu na infrastrukturu (tzv. Prohlášení o dráze celostátní a regionální) a stanovit volnou kapacitu jednotlivých traťových úseků. Následně má umožnit nediskriminační přístup železničním podnikům. V EU je však množství různých přístupů ke stanovení kapacity infrastruktury. Objektivním řešením se jeví používání simulačních nástrojů, které odpoví na konkrétní požadavky zátěže konkrétních úseků vlakovou dopravou a dokáží zejména kvantifikovat stabilitu zkonstruovaného jízdního řádu (JŘ) při modelování nepravidelností v dopravě. (Muthmann, 2004)

Základním dilematem provozovatele infrastruktury je, že na jedné straně chce prodat co největší počet tras vlaků a na druhé straně musí zvažovat jaká bude kvalita vlakové dopravy v reálném provozu. Tento rozpor nese v sobě tak technologický, tak ekonomický rozměr. Z technologického hlediska je důležité správně stanovit praktickou propustnou výkonnost traťového úseku, tj. jakým rozsahem vlakové dopravy je možné zatížit traťový úsek, aby i při provozních nepravidelnostech vykazoval dostatečnou stabilitu vlakové dopravy. Ekonomický aspekt nese v sobě riziko placení sankcí železničním podnikům za neplnění JŘ z důvodu špatné organizace vlakové dopravy.

K dalším významným kritériím poskytování kvalitních služeb provozovatelem infrastruktury patří pružnost při zohledňování požadavků železničních podniků. Železniční podniky často kritizují zdlouhavost procesu přidělování kapacity infrastruktury pro pravidelné vlaky, tj. od podání objednávky po začátek platnosti grafikonu, ve kterém jsou obsaženy trasy těchto vlaků. Směrnice EU požaduje, aby konečný termín pro přijetí žádostí o přidělení kapacity nepřesahoval dvanáct měsíců před vstupem v platnost JŘ. I když tento proces je náročný na sladění požadavků všech dopravců i vzhledem k technologické povahy železniční dopravy, nutí to železniční podniky předvídat přepravní proudy a komoditním toky ve střednědobém časovém horizontu, které však mohou do doby začátku JŘ změnit svou velikost, případně směřování. V tomto ohledu je třeba hledat maximálně rezervy na zkrácení tohoto přípravného období.

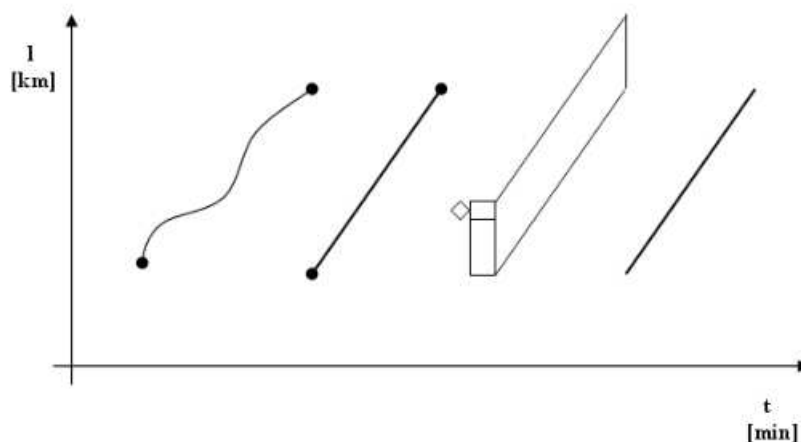
3.1 DEFINICE KAPACITY A PROCES PŘIDĚLOVÁNÍ KAPACITY

Kapacitou dopravní cesty se pro účely provozování drážní dopravy rozumí její využitelná propustnost v rámci rozvržení požadovaných tras vlaků na úseku dopravní cesty v určitém období.

Kapacita dráhy, tj. schopnost vložit vlakové trasy požadované na určité části dráhy v určitém časovém období, je vyjádřena počtem vlakových tras, které je možno zkonstruovat za určité časové období při daném technickém, provozním a personálním vybavení a při dodržení potřebné kvality dopravy. (Molková a kol., 2010)

3.1.1 Definice vlakové trasy

Vlaková trasa se z hlediska Směrnice EP a ER 122/34/EÚ z 21. 11. 2012, kterou se zřizuje jednotný evropský železniční prostor, definuje pro potřeby přidělování kapacity železniční infrastruktury jako vlaková cesta, která spotřebuje kapacitu infrastruktury potřebnou pro jízdu vlaku mezi dvěma místy během daného časového úseku. Plánem využití železniční infrastruktury je jízdní řád (JŘ), v užším pojetí nákrešní jízdní řád (NJŘ), který představuje grafické znázornění jízdy vlaku v souřadnicové soustavě vyjadřující závislost ujeté dráhy a času. (Široký a kol., 2012)



Obr. 4. Grafické znázornění jízdy vlaků

Uvedené zjednodušení umožňují pak znázornit trasu vlaku analyticky jednoduchým lineárním vztahem dráhy jako funkce času (Molková a kol., 2010):

$$l = f(t) \quad (1)$$

Princip zjednodušení zobrazování vlakové trasy v NJŘ je zobrazen v závislosti dráhy a čas na obr. 4. Tangentou trasy vlaku určující její strmost je rychlost, která je dána podílem ujeté dráhy l za určitý čas t :

$$v = \frac{\Delta l}{\Delta t} \quad [\text{km} \cdot \text{h}^{-1}] \quad (2)$$

Vlaková trasa je definovaná těmito důležitými atributy:

- druh vlaku,
- dny provozu,
- směrování,
- časy příjezdů, odjezdů, přestupů v dopravnách, stanovištích a zastávkách,
- stanovená rychlost.

V NJŘ jsou zakresleny trasy všech vlaků pravidelných, vlaků podle potřeby a vlaků rušících. Vlaky podle potřeby a rušící vlaky musí zavádět. Rušící vlaky jsou vlaky, které svou jízdou ruší jízdu jiného, ale pravidelného vlaku a jsou v NJŘ zakresleny červenou barvou.

Vkládání tras vlaků do NJŘ musí být v souladu s technologickými postupy provozních procesů stanic a bezpečností dopravního provozu. V této souvislosti je třeba zachovávat některé zásady (Bulíček, 2010):

- dodržování ustanovení předpisů a provozních řádů stanic,
- dodržování stanovených časových normativů a provozních intervalů,
- bezpečnost cestujících na neperonizovaných stanicích a zastávkách,
- zajištění dostatečného času na přestup cestujících vzhledem k rozmístění vlaků,
- respektování počtu dopravních kolejí v dopravnách.

Trasy se do nákrešného jízdního řádu vkládají postupně dle základních druhů (SŽDC, 2013b):

- mezinárodní a vnitrostátní Ex a R,
- dálkové vlaky osobní dopravy,
- trasy Nex vlaků,
- vlaky k přepravě do/ze zaměstnání,
- trasy vlaků obsluhujících mezilehlé traťové úseky před stanovením definitivní polohy Pn vlaků,
- nakonec vlaky rušící.

Dopravci předkládají **požadavky na trasy vlaků** ke konstrukci JŘ spolu s údaji o:

- požadované časové poloze,
- kalendářním omezení jízdy vlaku,
- dopravní hmotnosti vlaku a typu jízdního odporu,
- pravidelné délce vlaku,
- způsobu a režimu brzdění a nejvyšší výměře brzdících procent, která mohou být vlaku předepsána,
- nejvyšší rychlosti,
- řadě hnacího vozidla a jeho použití (vlakové, přípřežní, vložené, postrkové),
- požadovaných zastavení, jejich účelu a minimální době pobytu.

Dopravní hmotnost a délka vlaku se stanoví v tunách a metrech. Stanovené hodnoty musí být v souladu s ustanoveními předpisu SŽDC D1 (SŽDC, 2013c). Je-li ve stanici užitečná délka koleje kratší, než je normativ délky vlaku, je nutno k této okolnosti přihlížet při sestavě JŘ. Dopravní hmotnosti vlaků ve vztahu k pravidelným jízdním dobám a návazně technické

normativy hmotností se liší podle typů jízdních odporů souprav jednotlivých druhů vlaků. Značka typu jízdního odporu (M, R, S, T, U) musí být vždy uvedena před příslušnou hodnotou normativu hmotnosti. Má-li být konstruována trasa vlaku nákladní dopravy, u něhož dopravní hmotnost tažených vozidel je na traťovém úseku vyšší než technický normativ hmotnosti, musí být dohodnut počet, řada a způsob nasazení dalších činných hnacích vozidel.

Z uvedených podkladů je potřeba co nejprecizněji stanovit jízdní dobu závaznou pro konstrukci vlakové trasy.

Jízdní doba je časový úsek, který vlak potřebuje k ujetí určité vzdálenosti mezi dvěma dopravními nebo mezi dopravnou a místem na širé trati (stanovištěm), kde zastavuje nebo se rozjíždí (například zastávka pro osobní vlaky). Jízdní doba začíná od okamžiku, kdy je vlak uveden do pohybu z místa, kde pravidelně stojí, končí zastavením vlaku v dopravně nebo stanovišti na místě, kde vlak pravidelně zastavuje. U projíždějících vlaků jízdní doba začíná okamžikem, kdy čelo vlaku míjí odjezdové návěstidlo, popřípadě jiné určené hlavní návěstidlo, v dopravně bez odjezdových návěstidel návěst konec vlakové cesty. Pokud stanice nemá odjezdové návěstidlo, určuje se počátek jízdní doby pomocí námezničku odjezdové koleje na odjezdové straně. Průjezd vlaku na hlásce, hradle a automatickém hradle je okamžik, kdy čelo vlaku míjí oddílové návěstidlo. Průjezd vlaku na odbočce je okamžik, kdy čelo vlaku míjí vjezdové návěstidlo. Rovněž, u projíždějících vlaků jízdní doba končí, když čelo vlaku míjí návěstidla následujícího prostorového oddílu (nebo námezničku odjezdové koleje na odjezdové straně).

Výpočet jízdních dob se na síti SŽDC vykonává podle předpisu V 7 Trakční výpočty (SŽDC, 1982). Metodika stanovení teoretických jízdních dob předpokládá grafické i numerické řešení vlakové rovnice. Potřebné je sestavit tachogram jízdy vlaku, tedy algoritmus nebo simulace jízdy, který má za úkol sestavení dráhových a časových průběhů pomocí diferenciálních rovnic jízdy vlaku, jejímž výsledkem jsou grafy závislosti rychlosti jízdy na dráze $v = f(l)$ a doby jízdy na dráze $t = f(l)$. (Gašparík, Kolář, 2017)

Vstupními parametry jsou trakční charakteristiky lokomotiv, parametry zátěže vlaku a také tratě s přesnými sklonovými poměry.

V jakékoli fázi pohybu vlaku musíme brát v úvahu trakční odpory, které jsou překonávané tažnou silou vyvíjenou hnacími nápravami. V této části se pojednává o překonávání trakčních odporů vznikajících při rozjezdu, jízdě rovnoměrnou rychlostí, jízdě výběhem a brzdění popsané v těchto fyzikálních rovnicích:

$$F_t = F_a + F_{0L} + F_{0V} + F_S + F_b \quad [\text{N}] \quad (3)$$

kde:

F_t	tažná síla lokomotivy, její grafické vyjádření ve vztahu k rychlosti je trakční charakteristika $F_t = f(V)$
F_a	odpor ze setrvačnosti hmot
F_{0L}	jízdní odpor hnacího vozidla
F_{0V}	jízdní odpor dopravovaných vozidel (zátěže, resp. soupravy vozidel)
F_b	brzdový odpor
F_S	odpor ze sklonu

Proti tažné síle působí při jízdě železničních vozidel odpory jízdy, která závisí na konstrukčním uspořádání vozidel, na rychlosti a na směrových a sklonových poměrech trati. Jízdni odpor je způsobem především valivým třením mezi kolem a temenem hlavy kolejnice, třením čepů náprav v ložiscích a odporem vzduchu (prostředí). Jízdni (valivý) odpor ocelového kola po ocelové kolejnici je vcelku nepatrný, což je ostatně hlavní devizou železnice v energetickém a ekonomickém porovnání se silniční dopravou. Odpor vzduchu je při nízkých rychlostech téměř zanedbatelný, jeho hodnota však narůstá s třetí mocninou rychlosti, což u běžného vlaku na trati obvyklých parametrů znamená, že od rychlosti zhruba $130 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ už převládá. Právě odpor vzduchu je u vysokorychlostních vlaků základním faktorem diktujícím výkon hnacích vozidel.

Mezi traťové odpory řadíme zejména odpory ve směrovém oblouku, odpory ve výhybce, odpory v tunelu a ve stoupání. Tyto odpory mají značný vliv při nízkých rychlostech a zejména při rozjezdech, jejich význam však podstatně klesá při vyšších rychlostech, kdy se stále více uplatňuje pohybová energie vlaku. Odpor ze zakřivení koleje ve směrovém oblouku se skládá ze tření mezi jízdni plochami, okolky a hlavou kolejnice, silami způsobujícími změnu směru pohybu a vlastního odporu vozidla. Odpor v oblouku není tedy čistým odporem traťovým, ale i částečně odporem jízdni. Odpor ve výhybce je způsoben rázy při jízdě do odbočné větve výhybky. Odpor v tunelu je způsoben jednak odporem vzduchu (vlak před sebou vytlačuje sloupec vzduchu), jednak se v tunelu srážejí vodní páry na hlavách kolejnic, čímž zmenšují součinitel adheze. Odpor ve stoupání je určen rovnoběžnou složkou tíhy s podélným sklonem trati, která působí proti pohybu.

Pro součinitel jízdniho odporu, který je zadán každému vozidlu i zátěži zvlášť, platí vztah:

$$p_0 = \frac{F_0}{G} = \frac{A}{G} + \frac{B}{G} \cdot V + \frac{C}{G} \cdot V^2 = a + b \cdot V + c \cdot V^2 \quad (4)$$

Jedná se o kvadratickou závislost a vzorce platné pro schválená vozidla zjišťovaná podle skutečných měření na vozidlech.

Při výpočtech se využívá tzv. setrvačný sklon, který je definován jako sklon, který je číselně roven sklonu tratě, na němž konkrétní vlak jede konstantní rychlostí. Při stanovení setrvačného sklonu **vycházíme ze základní rovnice pohybu vlaku** za předpokladu, že rychlost je konstantní, je-li odpor zrychlení roven nule. Grafická závislost setrvačného sklonu na rychlosti je s_0 - V diagram. Je jedinečný pro daný typ hnacího vozidla, typ vozidlového odporu a tíhu tažených vozidel. Pro získání průběhu závislosti velikosti tažné síly na rychlosti se sestavují tzv. trakční charakteristiky pro každé hnací vozidlo. Na svislé ose se vynášejí tažná síla, na vodorovné ose rychlost. Právě průběh tažné síly na trakční charakteristice napovídá mnoho o provozních vlastnostech lokomotivy.

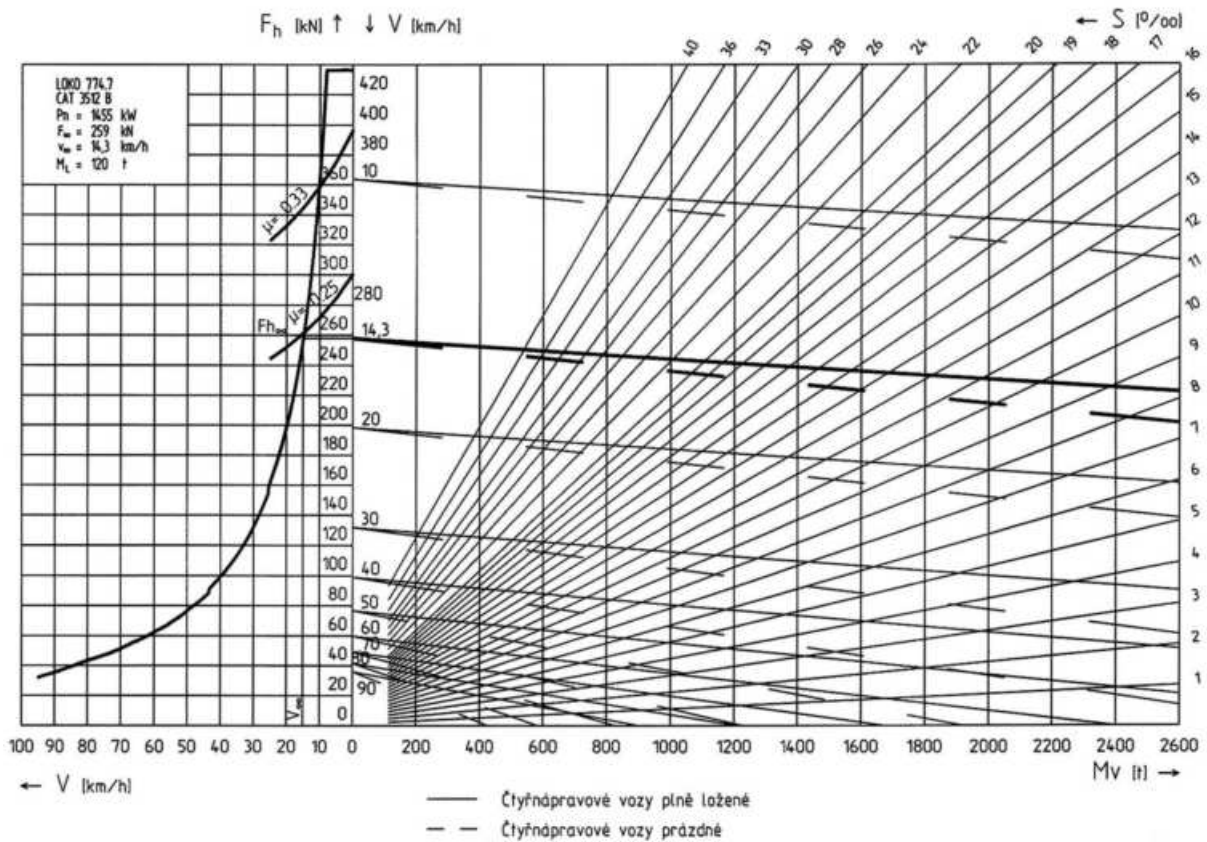
Konstrukce grafických metod na určení technického normativu hmotnosti je založena na teorii nomogramů. V praxi se nejčastěji používá Koreffův průsečíkový nomogram, konstruovaný za podmínky $V = konst$. Hodnoty tažné síly na spřáhlu pro dané hnací vozidlo jsou dané trakční charakteristikou, součinitel vozidlového odporu je možno stanovit z empirických vztahů. Sklon trati je dán parametry trati. Z rovnice pohybu vyplývá, že levá strana odpovídá lineární závislosti na odporu dopravovaných vozidel a pravá strana lineární závislosti na sklonu. Vztahy po úpravě pro stanovení hmotnosti dopravovaných vozidel jsou reprezentovány dvěma rovnicemi přímek, jejichž vzájemný vztah můžeme řešit graficky.

$$F_{ts} - G_D \cdot f_{0V} = (G_L + G_D) \cdot f_S \quad (5)$$

kde:

- F_{ts} tažná síla lokomotivy na spřáhlu
- G_D tíha dopravovaných vozidel [kN]
- G_L tíha hnacího vozidla [kN]
- f_{0V} součinitel jízdního odporu dopravovaných vozidel
- f_S součinitel odporu ze sklonu

Grafická interpretace a postup řešení jsou patrné z obrázku 5.



Obr. 5. Příklad Koreffova nomogramu pro lokomotivu řady 774 jako grafické řešení technického normativu hmotnosti (propojen s trakční charakteristikou uvedenou v levé části)

Praktickým vyjádřením Koreffových nomogramů pro dopravní praxi jsou tabulky technického normativu hmotnosti, v praxi známé jako „zátěžová tabulka“. Jsou obsaženy v předpisu D2/1 „Doplňk s technickými údaji k Dopravním předpisům“ (SŽDC, 2001), který slouží pro výběr hnacího vozidla na dopravu dané zátěže. Tabulky jsou sestavené pro každou řadu hnacího vozidla, v průřezu určitého stoupání (traťové třídy) a hmotnosti soupravy je uvedena hodnota ustálené rychlosti, kterou je hnací vozidlo dané řady schopno dopravovat na daném stoupání a s danou hmotností tažených vozidel.

- podmínky přístupu na dopravní cestu,
- podmínky pro přidělení kapacity dráhy na období přesahující platnost ročního JŘ a zásady uzavírání rámcových smluv o rezervaci kapacity dráhy s dopravci,
- možnost vzdání se přidělené kapacity dráhy při jejím nevyužívání,
- podmínky odebrání přidělené kapacity dráhy při jejím nevyužívání nebo částečném využívání včetně informace o ceně za nevyužívání přidělené kapacity dráhy,
- informace o ceně za přidělení kapacity dráhy a stanovení ceny za použití dopravní cesty,
- náležitosti žádosti o přidělení kapacity dráhy,
- podrobnosti o omezeních při přidělování kapacity dráhy,
- stanovení rezervní kapacity dráhy pro opravy a údržbu a pro mimořádné případy a postup při jejím využívání; povinnou součástí jsou lhůty pro přidělování,
- vymezení systému finančních pobídek pro přidělce i dopravce k zajištění minimalizace závad na dopravní cestě a zvyšování její propustnosti pro účely sjednávání smlouvy o provozování drážní dopravy; systém může zahrnovat pokuty i odměny.

Žádost o přidělení kapacity dopravní cesty může podat osoba, která má platnou licenci, osoba, usazená v jiném členském státě Evropských společenství, oprávněná provozovat nákladní drážní dopravu na dráhách zařazených do evropského železničního systému, nebo mezinárodní sdružení oprávněných osob, pokud osoba, která je součástí mezinárodního sdružení, má sídlo na území ČR.

Žádost o přidělení kapacity dopravní cesty podává osoba uvedená v odstavci 1 přidělci v době od zveřejnění prohlášení o dráze nejpozději do 12 měsíců přede dnem platnosti jízdního řádu.

Žádost o přidělení kapacity dráhy se rozlišuje podle toho, či zájemce žádá o trasu vlaku do ročního jízdního řádu (resp. jeho pravidelných změn) nebo žádá o přidělení kapacity dráhy „ad hoc“ (náhlý požadavek).

Žadatel je povinen v žádosti uvést:

- obchodní firmu, identifikační číslo a sídlo žadatele, v případě žadatele bez platné licence i označení dopravce, který bude přidělenou kapacitu dráhy využívat, pro mezistátní žádosti musí mít žadatel přiděleno mezistátní číslo společnosti přidělené UIC (tzv. RICS kód),
- popis požadované kapacity dráhy, tj. vlakové trasy, která vyjadřuje logické spojení výchozího a cílového bodu (příp. styku vzájemně zaústěných drah) a uvedení nácestných dopravních bodů potřebných pro jednoznačné určení trasy, přičemž platí, že tato trasa nesmí obsahovat vícenásobně pojížděné úseky či dopravní body vyjma případů speciálně odsouhlasených provozovatelem dráhy,
- návrh časového vedení požadované vlakové trasy včetně uvedení požadavků na pobyty v určitých dopravních bodech a důvody těchto pobytů,
- druh vlaku vedeného v požadované vlakové trase včetně vymezení jeho maximální pravidelné hmotnosti, maximální rychlosti, délky, traťové třídy, profilu kontejnerů, režimu brzdění, maximální výměry brzdících procent a jízdního odporu,

- druh trakce, řady a počty hnacích drážních vozidel, jejich funkce, uvedení požadavku na plánovaný přeprah hnacích vozidel apod.,
- časový rozsah požadované kapacity dráhy (tj. kalendář využití vlakové trasy),
- druh provozované drážní dopravy včetně údaje, zda je vlak veden na základě závazku veřejné služby,
- uvedení požadovaných tarifních a netarifních poznámek do ročního jízdního řádu včetně jejich časového a prostorového omezení,
- druh a rozsah požadovaných služeb,
- další požadavky žadatele na pohyb kolejových vozidel a obsazení kolejí v obvodu stanice, v níž začíná nebo končí přidělená trasa, popřípadě manipulaci v nácestných stanicích, příp. minimální požadovanou technologickou dobu pobytu v pohraniční stanici apod.,
- v případě individuální „ad hoc“ žádosti o přidělení kapacity dráhy také uvedení technologie v cílovém dopravním bodě a technologie v nácestném dopravním bodě, pokud je v něm požadován pobyt nebo úkon, který znamená požadavek na jakékoliv obsazení staničních kolejí, nebo v případě, že dopravce požaduje během pobytu další součinnost provozovatele dráhy,
- mimořádnosti na vlaku, jsou-li mu v době podání žádosti známy,
- u písemné žádosti podpis oprávněné osoby jednat za společnost podle obchodního rejstříku,
- v případě žádosti podané žadatelem, který není držitelem platné licence, písemné prohlášení držitele licence o tom, že v případě přidělení kapacity dráhy tuto kapacitu skutečně využije.

Proces přidělování kapacity se dělí na logický sled dílčích fází, které jsou přizpůsobeny sjednanému časovému rozvrhu konstrukce JŘ.

Jednotlivé dílčí fáze obsahují:

- přijetí žádosti do ročního jízdního řádu,
- předložení návrhu konstrukce tras vlaků,
- uplatnění připomínek dopravců,
- proces koordinace,
- přidělení kapacity dráhy resp. nepřidělení kapacity dráhy z důvodu vyčerpané kapacity.

Pro vzájemnou spolupráci žadatelů a přidělců kapacity v procesu přidělování kapacity dráhy se využívají informační systémy IS KANGO, RNE PCS, KADR, které jsou blíže charakterizovány v kapitolách 3.2 a 3.3.2.

Pro sestavu ročního JŘ je ze strany SŽDC nabízena technická kapacita dráhy, která vychází z infrastrukturního vybavení dopravní cesty.

Trasu a jízdní řád vlaku určuje provozovatel dráhy v rámci posouzení kapacity dráhy před následným přidělením kapacity dráhy.

V případě mezistátní trasy je návrh jízdního řádu vlaku na straně provozovatelů drah koordinován a společně předložen dopravcům.

Přídělce přidělí kapacitu dopravní cesty za cenu sjednanou podle cenových předpisů stanovením rámcových časových tras vlaků na dobu platnosti jízdního řádu, pokud žadatel splnil podmínky pro přidělení kapacity stanovené ve zveřejněném Prohlášení o dráze a kapacita dopravní cesty to dovoluje. Přitom postupuje tak, aby nedošlo ke zvýhodnění některého žadatele. Přídělce je oprávněn přednostně přidělit kapacitu dopravní cesty žadateli v rámci závazků veřejné služby, a jehož základním předmětem podnikání je veřejná drážní osobní doprava.

Nelze-li uspokojit všechny uplatněné požadavky na přidělení volné kapacity dráhy do ročního jízdního řádu, provede manažer infrastruktury koordinaci řádných žádostí žadatelů a navrhne všem žadatelům v přiměřené míře jinou vhodnou kapacitu dráhy, která nemusí odpovídat v plném rozsahu jednotlivým žádostem.

Nelze-li uspokojit všechny uplatněné požadavky na přidělení volné kapacity dráhy, je SŽDC oprávněna přednostně přidělit kapacitu dráhy žadateli pro provozování:

- pravidelné veřejné drážní dopravy k zajištění dopravních potřeb státu,
- pravidelné veřejné drážní osobní dopravy k zajištění dopravní obslužnosti územního obvodu kraje,
- pravidelné kombinované dopravy,
- drážní dopravy v rozsahu dle rámcové smlouvy,
- pravidelné mezistátní osobní dopravy,
- pravidelné mezistátní nákladní dopravy,
- pravidelné vnitrostátní osobní dopravy,
- pravidelné vnitrostátní nákladní dopravy,
- ostatní dopravy.

Pokud při provedené **koordinaci žádostí** dle výše uvedených kritérií pro přednostní přidělení kapacity a konzultacích s žadateli i nadále nebude možné adekvátním způsobem uspokojit žádosti o přidělení kapacity, přidělce v rámci jednotlivých kategorií rozhodne o přidělení kapacity:

- dle priorit stanovených žadatelem, pokud přidělce provádí v rámci jednotlivých kategorií koordinaci tras jednoho žadatele a ten si priority pro konkrétní případ stanoví;
- v ostatních případech s ohledem na níže uvedené skutečnosti a následující pořadí důležitosti:
 - dopravce požaduje kapacitu pro trasu pravidelného mezinárodního vlaku – v rámci tohoto kritéria se dále upřednostní vlaky dálkové dopravy před vlaky regionální dopravy,
 - dopravce požaduje na úseku tratě stíženě kolizí větší rozsah drážní dopravy co do celkového počtu vlaků jedoucích ve stejné časové poloze (taktu) za období platnosti celého jízdního řádu,
 - dopravce zajišťuje u kolizních vlaků větší rozsah dopravní obslužnosti měřený, resp. vypočtený jako součin délky trasy vlaku v km, počtu nácestných zastavení a počtu dní jízdy v rámci platnosti jízdního řádu,
 - dopravce požaduje kapacitu pro vlak s větším rozsahem přepravní kapacity a větším rozsahem nabízených služeb,

- požadovaná kapacita zajišťuje návaznost jízdních řádů jednotlivých dopravců i k jiným druhům dopravy.

V procesu přidělování kapacity dráhy pro pozdní žádosti do ročního jízdního řádu, pro žádosti do pravidelných změn ročního jízdního řádu a pro žádosti v rámci individuálního přidělení kapacity „ad hoc” jsou konflikty v přidělování kapacity dráhy řešeny tak, že je upřednostněna ta žádost, která byla doručena na SŽDC dříve.

Nesouhlasí-li žadatel s provedenou koordinací řádných žádostí, sdělí svůj nesouhlas společně s odůvodněním, příp. návrhem alternativního řešení koordinace řádných žádostí, písemně do 3 dnů ode dne doručení návrhu na přidělení kapacity dráhy SŽDC. SŽDC vyřídí nesouhlas nejpozději do 10 pracovních dnů ode dne doručení nesouhlasu žadatele.

Žadatel o přidělení kapacity dráhy, kterému SŽDC nevyhověla ani po ukončení procesu koordinace požadavků je oprávněn do 15 dnů od doručení vyjádření požádat drážní správní úřad, kterým je Úřad pro přístup k dopravní infrastruktuře, o přezkoumání postupu při přidělování kapacity dráhy včetně jeho výsledků a způsobu stanovení cen. Zjistí-li správní úřad nesprávný postup při procesu přidělování kapacity dráhy včetně jeho výsledků a způsobu stanovení cen, rozhodne o změně přidělení kapacity dráhy včetně způsobu stanovení cen.

V případech, kdy po koordinaci požadovaných tras a konzultacích s žadatelem nebude možné adekvátním způsobem uspokojit žádosti o volnou kapacitu dráhy, vyhlásí SŽDC na příslušný element infrastruktury, na kterém k této situaci došlo, vyčerpání kapacity.

Nevyužitou kapacitu dopravní cesty přiděluje přidělcem žadatelům v průběhu platnosti jízdního řádu.

SŽDC je oprávněna odebrat žadateli přidělenou kapacitu dráhy na úseku dráhy, kde došlo k vyčerpání kapacity, nebo na úseku, kde je plánované omezení provozování dráhy, v případě, že přidělené trasy vlaků podle jízdního řádu nejsou na tomto úseku využívány alespoň na 75 % v průběhu jednoho měsíce. Uvedené oprávnění odebrat kapacitu dráhy se nevztahuje na případy, kdy k nečerpání kapacity dráhy dojde z důvodů na straně provozovatele dráhy.

Je-li daná infrastruktura provozovatelem dráhy prohlášena za infrastrukturu s vyčerpanou kapacitou dráhy, používá SŽDC pro přidělování této kapacity dráhy kritéria priorit procesu koordinace.

Jízdní řád veřejné drážní osobní dopravy na dráze celostátní a regionální zpracovává provozovatel dráhy podle přidělené kapacity dopravní cesty žadatelům stanovením konkrétních časových tras vlaků. JŘ zpracovává provozovatel dráhy koordinovaně s JŘ silniční dopravy. Návrh JŘ musí být vypracován nejpozději 4 měsíce po termínu stanoveném k předání žádosti o přidělení kapacity dopravní cesty. Provozovatel dráhy projedná návrh JŘ a návrh změny JŘ s kraji a s dopravci na dráze ve lhůtě nejméně 180 dnů před stanovenou dobou platnosti JŘ, jedná-li se o nový JŘ, a nejméně ve lhůtě 15 dnů před stanovenou dobou platnosti, jedná-li se o změnu JŘ. (SŽDC, 2014b)

Proces přidělování kapacity dráhy do ročního jízdního řádu a v režimu ad-hoc je prováděn v souladu s evropskými směrnici zahrnutými v zákoně o dráhách a jeho prováděcích vyhláškách, v platném znění a dále v souladu s ujednáními evropských provozovatelů drah a přidělců kapacit dráhy pracujících v organizaci RNE. Na SŽDC se proces přidělování této kapacity vykonává podle Směrnice SŽDC číslo 70 pro přidělování kapacity dráhy „ad hoc” a využívání přidělené kapacity dráhy na tratích provozovaných SŽDC (SŽDC 2013d).

3.2 KOORDINACE SESTAVY JÍZDNÍCH ŘÁDŮ

K podpoře spolupráce mezi železničními podniky při přípravě JŘ a dojednávání tras mezistátních vlaků jsou železniční podniky (provozovatelé infrastruktury, dopravci, podpůrné služby apod.) sdružovány v mezinárodních organizacích, kterými jsou především Forum Train Europe, Organizace pro spolupráci železnic a RailNet Europe.

Forum Train Europe (FTE) sdružuje železniční dopravce v osobní a nákladní dopravě a také společnosti provozující lůžkové a restaurační služby či lodní společnosti. Sídli v Bernu a má 70 členů z 35 evropských zemí. **Forum Train Europe** předkládá požadavky železničních podniků, je platformou pro koordinaci mezinárodní dopravy, odsouhlasení jízdních řádů mezinárodních vlaků osobní i nákladní dopravy. Cílem je sestavit kvalitní jízdní řád pro konečného zákazníka. Aktivně vystupuje v operativních a strategických zájmech svých členů před evropskými provozovateli infrastruktury, organizacemi a úřady. Pořádá konference na koordinaci jízdních řádů, sladění činnosti dopravce, jakož i objednávek tras u provozovatelů infrastruktury.

Organizace pro spolupráci železnic (OSŽD) se sídlem ve Varšavě sdružuje společně provozovatelů infrastruktury a železničních dopravců zemí východní Evropy a asijských států. Význam spolupráce mezi jednotlivými železničními podniky je stejný jako v organizacích FTE a RNE. Při přípravě jízdních řádů se konají tzv. konference WMPS.

RailNet Europe (RNE) sdružuje evropských manažerů infrastruktury s cílem harmonizovat podnikání na evropské železniční infrastruktuře, zvýšit konkurenceschopnost mezinárodní železniční dopravy a zajistit efektivní využití Transevropské sítě železniční nákladní dopravy. Působí od roku 2004 se sídlem ve Vídni. Má 38 členů zahrnujících přes 230 tisíc km železničních tratí. Zaměřuje se na celý proces provozování železniční infrastruktury a má tyto cíle:

- zvýšit dopravní výkony na evropské železniční infrastruktuře,
- umožnit snadný a rychlý přístup na evropskou železniční infrastrukturu,
- zvýšit kvalitu poskytovaných služeb v železniční dopravě,
- zvýšit efektivitu tvorby jízdních řádů a provozních procesů,
- spolupráce s FTE jako s platformou na kontakt se zákazníky.

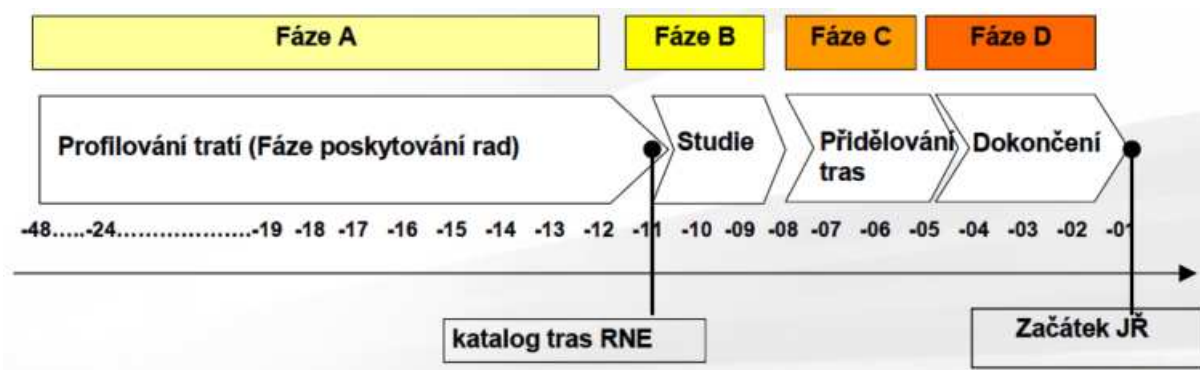
Evropští manažeři infrastruktury a přidělci kapacity sdružení v RNE zakládají kanceláře One-Stop-Shop (OSS), které pracují jako síť zákaznických kontaktních míst v rámci RNE. Zákazník si může zvolit kterýkoliv OSS jako kontaktní, který bude odpovědný za všechny potřebné informace o dopravě, dokumentech až po konečnou fakturu pro zákazníka. One-Stop-Shop poskytuje další služby jako poradenství dopravcem v oblasti získání licencí a přístupu na dopravní cestu, mezinárodní koordinaci požadavků dopravců "ad-hoc" na mezinárodní trasy nákladních vlaků, informace o poplatcích za použití dopravní cesty a sledování kvality jízdy vybraných mezinárodních nákladních vlaků na jejich celé trase.

RNE sestavuje katalog tras, ve kterém jsou o každé trase dostupné následující informace:

- výchozí a cílová stanice,
- dny možné rezervace,
- požadavky na studii tras od rozhodujících stanic,

- hmotnost vlaku a řada hnacího vozidla.

RNE vyvinulo i webovou podporu svých procesů. Nejvýznamnějším je nástroj PCS v podobě webové aplikace podporující proces žádostí o trasu a jejich koordinaci. CIS je aplikace pro orientační stanovení infrastrukturních poplatků.



Zdroj: Neustadt, 2008

Obr. 7. Harmonogram přidělování kapacity železniční dopravní cesty

Postup pro podání žádosti o vlakovou trasu v systému PCS sestává ze dvou hlavních kroků:

- žádost o studiu trasy a
- objednávka trasy.

Časový sled jednotlivých činností při přípravě mezinárodního jízdního řádu je zobrazen na obrázku 7, přičemž jednotlivé činnosti se udávají v měsících před zahájením platnosti připravovaného jízdního řádu. Období 48 měsíců až 12 měsíců před zahájením platnosti jízdního řádu je určeno k definování strategických požadavků, jako např. nová infrastruktura, vysokorychlostní vlaky, taktové jízdní řády atd. Cílem je vyprofilovat kapacitu ze střednědobého hlediska.

TIS je webová aplikace, která zobrazuje jízdu mezistátního vlaku z výchozí stanice do stanice cílové. Slouží k podpoře řízení mezistátní vlakové dopravy poskytováním informací o mezistátních osobních a nákladních vlacích na koridorech.

3.3 KONSTRUKCE JÍZDNÍHO ŘÁDU

Železniční dopravní provoz představuje kontinuální proces, který je koordinován na všech řídicích úrovních a je determinován technologickými postupy. Soulad práce všech složek se zabezpečuje organizací vlakové dopravy, která je určena jízdním řádem (grafikon vlakové dopravy).

Jízdní řád (JŘ) se však nechápe jako „železný řád“, ale jako předpokládaný model realizace dopravy.

Při trasování vlaků musí být dodrženy všechny časové prvky NJŘ, jako jsou jízdní doby a pobyty vlaků, provozní intervaly, následné a elektrické mezidobí. Konstrukce tras vlaků ve stanicích a na dvoukolejných, případně souběžných tratích a zastávkách s jednostranným nástupištěm musí zaručovat bezpečnost cestujících. Při konstrukci tras nákladních vlaků je třeba přihlížet k požadavkům plynulosti, optimálních pobytů, křižování a předjíždění podle možností umístit do stanic, kde mohou být spojeny s jiným potřebným pobytem a kde je dostatečný počet dopravních kolejí. Při konstrukci tras vlečkových vlaků se musí dodržovat i ustanovení Provozního řádu přípojné stanice. Při uplatňování čekacích dob je považován za první vlak ten, od něhož je zajištěn přípoj. Vlak, na který je zajištěn přípoj, je považován za druhý vlak.

Zkonstruovaný nákrešný jízdní řád (NJŘ anebo též nazýván list grafikonu vlakové dopravy) se vypracovává ve formě služebních pomůcek JŘ (zejména NJŘ, sešitový JŘ, rozkaz o zavedení grafikonu vlakové dopravy, katalog nabídkových tras provozovatele dráhy a jiné vydávány dopravcem) a také pomůcek určených pro veřejnost (např. knižní jízdní řád, vývěsné jízdní řády). Podklady pro konstrukci JŘ jsou kromě rozsahu vlakové dopravy i normativy JŘ.

Normativy JŘ můžeme rozdělit do těchto základních skupin:

- kvantitativní údaje, které se člení na:
 - údaje technického charakteru (zejména normativ hmotnosti a délky vlaku),
 - údaje odvozené z Plánu vlakové dopravy (počty, druhy a trasování vlaků nákladní dopravy),
- kvalitativní:
 - propustnost (viz kapitola 4.1),
 - stupeň obsazení a koeficient využití kapacity (viz kapitola 4.1),
 - rychlosti v železniční dopravě (základná, konstrukční, traťová, stanovená, cestovní apod.),
- časové údaje, které jsou také často označovány jako časové prvky JŘ (jízdní doby, pobyty, provozní intervaly a následná mezidobí).

Některé kvantitativní a kvalitativní ukazatele jsou charakterizovány v podkapitolách 3.1.1 a 4.1.

3.3.1 Fáze tvorby jízdního řádu

Sestava JŘ je rozdělena na tři části:

- část **přípravná**: cca 12 až 8 měsíců před začátkem platnosti JŘ, teda od zveřejnění „Prohlášení o dráze celostátní a regionální“ do posledního dne přijímání žádostí o kapacitu dráhy v řádném termínu podle Prohlášení o dráze, dopravci mohou předjednat koncepcí osobní i nákladní dopravy a rámcové polohy vlaků osobní i nákladní dopravy, které jsou zkonstruovány a předány trasy pro nákladní koridory RFC podle Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 913/2010. Během přípravné části probíhají rovněž přípravné konference a konference FTE o mezinárodní osobní i nákladní dopravě.

- část **konstrukční**: 8 až cca 3 měsíce před začátkem platnosti JŘ, nejprve se trasují polohy mezinárodních vlaků, dohodnuté na mezinárodní konferenci, poté vnitrostátních vlaků osobní dopravy, dále dálkových nákladních vlaků, po nich se vloží do NJŘ trasy nákladních vlaků místní obsluhy a nakonec ostatních vlaků.
- část **závěrečná**: 2 měsíce před začátkem platnosti JŘ, provádí se vyhotovení pomůcek JŘ.

Konstrukce JŘ se může provádět:

- ručně nebo
- s podporou výpočetní techniky.

Zkonstruovaný NJŘ se zavádí do platnosti a zveřejňuje ve formě pomůcek JŘ.

3.3.2 Podpora simulačními nástroji

S rozvojem výpočetní techniky se otevřely nové možnosti konstrukce JŘ a vyhodnocení zkonstruovaného JŘ, zejména simulačními nástroji.

Racionalizace tvorby JŘ výpočetní technikou spočívá v:

- zásadních změnách technologie a tvorby grafikonu (jízdního řádu), které umožňuje výpočetní technika,
- zkrácení doby tvorby JŘ (možnost tvorby variantních alternativ JŘ),
- zlepšení možností hodnocení JŘ s vazbou na optimalizaci rozsahu infrastruktury,
- úspore zaměstnanců podílejících se na tvorbě JŘ.

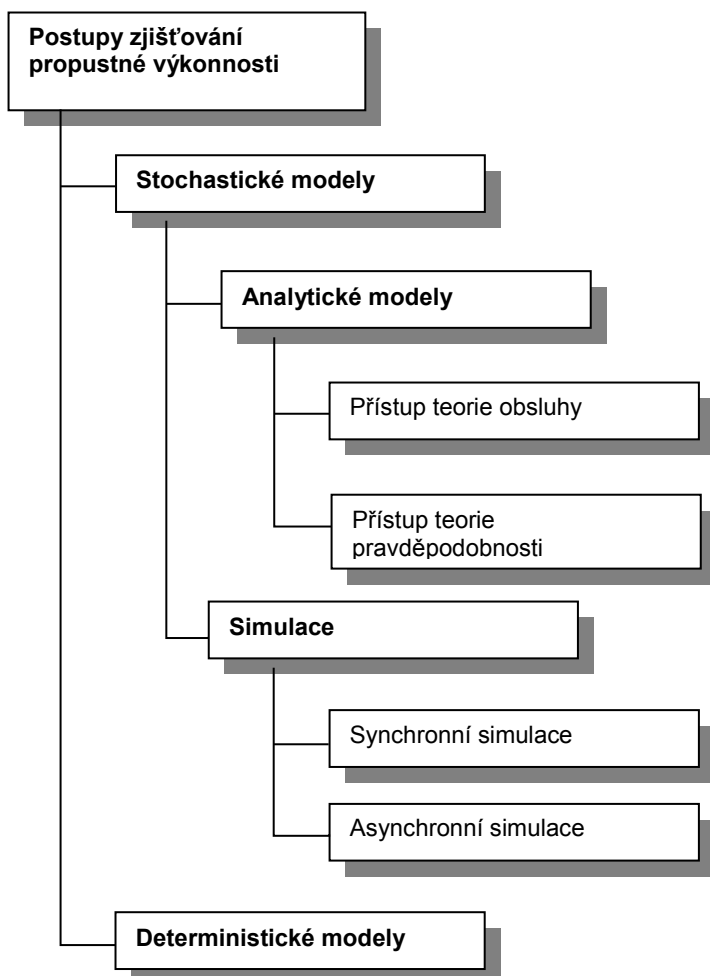
Při zohlednění všech výhod a nevýhod stávajících informačních systémů pro zjišťování provozních charakteristik železniční infrastruktury, lze specifikovat obecné požadavky na interaktivní nástroj na analytické zkoumání železniční infrastruktury (Gašparík, Šulko, 2016):

- možnost podrobného zobrazení větších částí sítě, grafické uživatelské rozhraní,
- kompatibilitu s existujícími databázemi,
- automatizované algoritmy ve zkoumané oblasti,
- využívání nejnovějších poznatků z procesů železničního dopravního provozu,
- integrace různých metod pro zachycení podmínek sítě a zvýšení vypovídací hodnoty o kvalitě dopravy,
- flexibilní modelování dat s dostatečnou přesností,
- uživatelsky příznivé rozhraní a výměna dat s jinými aplikacemi,
- dostatečná rychlost a stabilita softwaru s přihlédnutím na hardware.

Nejdůležitějším hlediskem při výběru a vývoji softwaru pro posuzování kapacity železniční infrastruktury je kompatibilita údajů a úroveň detailního zobrazení zkoumané infrastruktury. Existuje celá řada různých softwarových řešení pro plánování železniční infrastruktury, uzlů a vyhodnocení grafikonu. Základní je členění na stochastické a deterministické modely. Pro výpočet ukazatelů zkonstruovaného grafikonu jsou většinou použity přístupy teorie hromadné obsluhy. Teorie pravděpodobnosti je zpravidla využita na výpočet druhotných zpoždění a na provozní charakteristiky.

Simulační postupy lze dále členit na asynchronní a synchronní. Asynchronní simulace zahrnuje samostatné zkoumání fází konstrukce JŘ a simulace reálného provozu. Při simulaci

tvorby JŘ jsou vkládány trasy do NJŘ podle jejich důležitosti. Ve fázi simulace provozu s přihlédnutím na náhodně generované poruchy asynchronní sestaví nový JŘ. Synchronní simulace je přímým obrazem časově synchronizované probíhající procesů. Synchronní simulací je možné zaznamenat pouze provozní procesy, i když jen podmíněně. Přesto, že synchronní přístup je velmi blízko ke skutečnému průběhu procesů, je konfigurace systému obtížně modelovatelná. (Vakhtel, 2002)



Zdroj: Vakhtel, 2002

Obr. 8. Členění přístupů používaných softwarů pro zjišťování kapacity železniční infrastruktury

V současnosti používané softwary na zkoumání kapacity železniční infrastruktury jsou přizpůsobeny požadavkům provozovatelů infrastruktury. Byly koncipovány pro různé oblasti použití, obsahují různé systémové vlastnosti a zpravidla nejsou kompatibilní. V tab. 1 je uvedena charakteristika nejpoužívanějších softwarových nástrojů ke konstrukci NJŘ a zkoumání kapacity železničních tratí.

Dopravní modelování a simulace má uplatnění při vlastním dimenzování rozsahu dopravní infrastruktury. Lze tak s předstihem stanovovat vliv podpory řady technologických ukazatelů vystupujících z modelu. Vliv změn na dopravní infrastrukturu lze určit též na základě vypočtených výstupů modelu, například stupně obsazení daného prvku. Podle těchto

informací lze komplexně posoudit přínosy nebo ztráty vycházející z provádění opatření na dopravní infrastrukturu. (Gröger, 2002)

Tab. 1. Vybrané softwarové nástroje a zkoumání kapacity železniční infrastruktury

Software	Model	Vlastnosti modelu	Výstupy	Oblast využití
KADR EDYN	analytický	deterministická konstrukce jízdního řádu	detailní JŘ, časové prvky JŘ	management tras, sestava základního a výlukového JŘ
ROMAN	simulační	asynchronní simulace na konstrukci bezkonfliktního JŘ	přípustný počet vlaků v závislosti na plánované a neplánované době čekání	management tras, konstrukce základního JŘ, přezkoumání konfliktních situací
STRELE (SLS)	analytický	přístup teorie pravděpodobnosti	přípustný počet vlaků při potřebné střední době záloh v závislosti na přípustném zpoždění	plánování infrastruktury dvoukolejných tratí
STRESI (SLS)	simulační	asynchronní simulace na konstrukci bezkonfliktního JŘ	přípustný počet vlaků v závislosti na plánované a neplánované době čekání	plánování infrastruktury dvoukolejných tratí
ALFA (SLS)	analytický	přístup teorie obsluhy a teorie pravděpodobnosti	přípustný počet vlaků v závislosti na délce fronty v systému s čekáním	plánování infrastruktury uzlů a zhlaví
FAKTUS (RUT-0)	analytický	deterministická konstrukce JŘ	detailní JŘ, časové prvky JŘ	management tras, konstrukce základního JŘ
RAILSYS	simulační	synchronní simulace	přezkoumání bezkonfliktnosti JŘ a posouzení délek a rozložení časových záloh	management tras: přezkoumání konfliktních situací aktuálního a navrhovaného JŘ
FBS	analytický	deterministická konstrukce JŘ	detailní JŘ, plán obsazení kolejí	management tras, sestava základního JŘ

Pokračování tab. 1. Vybrané softwarové nástroje a zkoumání kapacity železniční infrastruktury

Software	Model	Vlastnosti modelu	Výstupy	Oblast využití
TrainPlan	simulační	synchronní simulace	přezkoumání bezkonfliktnosti JŘ a posouzení stability JŘ	management tras, sestava JŘ, plánování infrastruktury
DONS-SIMONE	simulační	synchronní simulace	přezkoumání bezkonfliktnosti JŘ a posouzení stability JŘ	plánování infrastruktury
OPEN TRACK	simulační	synchronní simulace	přezkoumání bezkonfliktnosti JŘ a posouzení stability JŘ	management tras: přezkoumání konfliktních situací aktuálního a navrhovaného JŘ
VISUM	analytický	deterministická konstrukce JŘ	linkový JŘ, kapacita hromadné dopravy	konstrukce intervalových JŘ v městských aglomeracích, přepravní kapacita

Zdroj: Zpracováno podle Kontaxi, Ricci, 2009

Jelikož se dnes v prostředí provozované drážní dopravy stále více objevuje závislost na konkrétních podmínkách, jako jsou například sledovanost vlaků či periodický JŘ, nabízí se možnost využití simulace nejen k ověření stability navrženého JŘ, ale i k posouzení kapacity jako takové. Prakticky se jedná jak o stanovení parametrů jedné varianty JŘ, tak o porovnání více variant JŘ navzájem. Podle posunu v hodnotách jednotlivých výstupů (v závislosti na změnách vstupů) lze sledovat citlivost změn v chování systému na vstupech.

V Evropě se nejčastěji využívají simulační softwary ROMAN (Route Management), RuT (Rechnerunterstützte Trassenkonstruktion), RailSys (Fahrplan und Infrastrukturmanagement), OpenTrack, a Viriato (Široký, Cempírek, Gašparík, 2012). Jejich společným znakem jsou moduly zaměřené na databáze dat potřebných pro další moduly systému, modul pro konstrukci jízdního řádu, výpočet jízdních dob, modul simulace vlakové dopravy podle sestaveného jízdního řádu, modul exportu pomůcek JŘ a do dalších informačních systémů.

V podmínkách SŽDC se využívají především systémy KANGO, KADR a SIMU-T. (Šotek a kol., 2008)

Při zohlednění všech výhod a nevýhod stávajících informačních systémů pro zjišťování provozních charakteristik železniční infrastruktury lze specifikovat obecné požadavky na interaktivní nástroj pro analytické zkoumání železniční infrastruktury:

- možnost podrobného zobrazení větších částí sítě, grafické uživatelské rozhraní,

- kompatibilita s existujícími databázemi,
- automatizované algoritmy ve zkoumané oblasti,
- využívání nejnovějších poznatků z procesů železničního dopravního provozu,
- integrace různých metod pro zachycení podmínek sítě a zvýšení vypovídací hodnoty o kvalitě dopravy,
- flexibilní modelování dat s dostatečnou přesností,
- uživatelsky příznivé rozhraní a výměna dat s jinými aplikacemi,
- dostatečná rychlost a stabilita softwaru s přihlédnutím na hardware.

Komplexní aplikace návrhu grafikonu on line - KANGO

Systém KANGO (Komplexní aplikace návrhu grafikonu on line) je určen pro konstrukci základního JŘ. Informační systém KANGO/KASO úspěšně nahradil dosluhující IS SENA. Technologicky je mnohem výše a umožňuje efektivní plánování železniční dopravy.

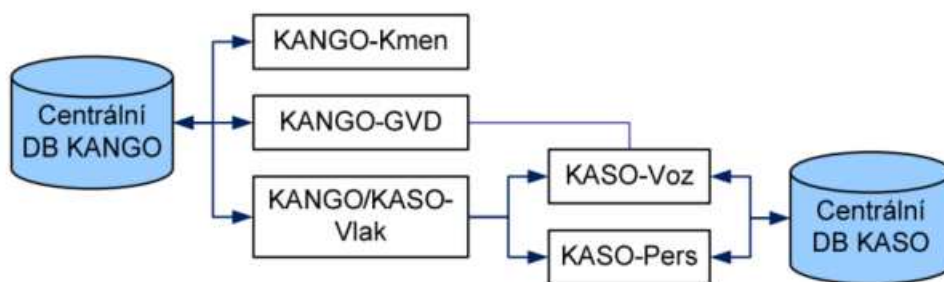
Systém obsahuje následující subsystémy (Široký, Cempírek, Gašparík, 2012):

- KANGO-Kmen - editor kmenových dat (železniční sít, vozy, hnací vozidla atd.),
- KANGO-Vlak - editor vlaků,
- KANGO-GVD - konstrukce jízdnic řádů a většiny pomůcek jízdnicového řádu.

Je to komplexní řešení pro tvorbu základního plánu v reálném čase, rovněž i pro požadavky na „ad hoc“ trasy, vedení vlaku odkloněné trasami, aj. Tvorba grafikonu začíná naplněním kmenových dat o železniční síti, hnacích vozidlech, a dalších v modulu KANGO-Kmen. Základní údaje vlaků pořizuje dopravce, případně provozovatel dráhy, v modulu KANGO-Vlak, pomocí něhož si objednává trasy vlaků u provozovatele dráhy.

Samotná konstrukce probíhá v modulu KANGO-GVD ve kterém jsou zadány časové polohy vlaků, projížděné traťové i staniční koleje a další údaje potřebné pro tvorbu grafikonu. Po dokončení konstrukce vlaků jsou v systému KASO-Voz vytvořeny oběhy hnacích vozidel a v KASO-Pers turnusy lokomotivních a vlakových čet. V současnosti je propojen s informačním systémem KASO, který je určen pro dopravce a obsahuje následující subsystémy:

- KASO - Vlak - editor vlaků,
- KASO - Voz - slouží pro tvorbu oběhů hnacích vozidel a souprav,
- KASO - Pers - slouží pro tvorbu turnusů vlakových a lokomotivních čet.
- Údaje dopravcem požadovaného vlaku a skutečné údaje udržované provozovatelem dráhy jsou zaznamenávány v samostatných vlcích - požadovaném a skutečném. Uloženy jsou v jedné databázi. Požadovaný vlak zadává dopravce v systému KANGO-Vlak jako požadavek na vlak provozovatelům dráhy. Skutečný vlak upravuje provozovatel dráhy v systému KANGO-GVD (dále jen konstruktér). Konstruktér může v trase skutečného vlaku zadávat časové údaje, údaje o staničních a traťových kolejích. V dopravních bodech, které mu dopravce povolí, může dále měnit posloupnost dopravních bodů trasy skutečného vlaku. Údaje, vztahující se k části trasy, která nepatří do konstrukční oblasti KANGO-GVD, jsou naplňovány do požadovaného vlaku uživatelem K-Vlak přímo nebo jsou importovány z informačního systému PCS (provozuje RNE).



Zdroj: Greiner, 2009

Obr. 9. Propojení mezi moduly KANGO a KASO a její moduly

Kmenová data a data o vlacích jsou dostupná pro ostatní informační systémy. Jedním z nejdůležitějších prvků tohoto schématu je propojenost systémů ISOŘ ŘVD a ISOŘ CDS.

V současnosti se pracuje na úplném rozdělení systémů KANGO a KASO a vytvoření jednotného datového rozhraní KANGO-TSI. Pomocí tohoto rozhraní bude probíhat komunikace s dopravci pomocí standardizovaných XML zpráv.

Kapacita dráhy - ISOŘ KADR

ISOŘ KADR poskytuje nástroje pro zadávání požadavků na trasy, pro řešení problémů týkajících se přidělování volné kapacity železniční dopravní cesty a pro plánování a vyhodnocování nepravidelných („ad hoc“) dopravních výkonů, včetně obchodování s katalogovými trasami.

Systém vytváří prostředí pro tři základní typy uživatelů – dopravce, přidělcce kapacity a provozovatele dráhy.

ISOŘ KADR umožňuje vedení agendy Žádost o trasu vlaku „ad hoc“ včetně integrovaného rozhraní, část Žádost o trasu přes webovou službu, kdykoliv generovat statistické a finanční sestavy nad vybranými žádostmi o trasu včetně exportu do různých formátů. Systém poskytuje rychlou konstrukci vlakových tras a okamžitou reakci na dynamické požadavky dopravců a při konstrukci vlakové trasy „ad hoc“ nabízí nejvhodnější volné katalogové trasy a dále graficky upozorní uživatele na omezení infrastruktury (výluky infrastruktury, výluky služby dopravních zaměstnanců apod.) Rozhraní pro provozovatele infrastruktury umožňuje prezentaci všech vlakových tras v celém úseku navržené trasy vlaku, včetně textového a grafického zobrazování konfliktů.

Simu-T

Vývojem simulačního modelu Simu v aplikaci Excel se zabývá provozovatel infrastruktury SŽDC. Primárně je tento program určen pro ověřování nových provozních konceptů v závislosti na definované dopravní infrastruktury. Počítačová simulace je výhodná pro své široké uplatnění a použití prakticky na všech osobních počítačích.

V programu je možné vytvořit dopravní infrastrukturu (tratě a dopravní body), definovat rozsah dopravy, přičemž model pracuje s listem grafikonu, ze kterého převezme časové prvky jízd vlaků, kde je možnost volit dynamické chování jednotlivých druhů vlaků. Výhodou simulačního programu je, že nevyžaduje zadávání vozového parku a nepoužívá trakční vlastnosti. Dynamika vlaků v programu je podpořena pomocí převzatých jízdnicích dob z programu dynamika 3.0, který používá např. modul KANGO nebo i OpenTrack. Zde je garance 4 % -ní provozní zálohy jízdnicího času a uživatel si může nastavit libovolné krácení jízdnicích dob v rozmezí od 1 % do 4 %. Simulační nástroje, které uživateli program nabízí, jsou (Brejcha, 2011):

- vypnutí / zapnutí generování náhodných vstupních zpoždění,
- volba počtu simulací,
- možnost volby výpočetní doby (implicitně 1 440 min),
- možnost grafického zobrazení (staniční koleje, časové kóty, zpoždění),
- vypnutí / zapnutí řešení konfliktů staničních kolejí,
- možnost volby výhledu simulace v min.,
- možnost volby redukce počtu řešených větví,
- vypnutí / zapnutí povolení jízdy nákladních vlaků s náskokem.

Software obsahuje i analytická řešení propustnosti mezistaničních úseků, je tedy možnost posuzovat závěry simulační a analytické. Výstupem simulačního programu je koeficient stability a průměrné zpoždění vlaku na vstupu a výstupu z řešené oblasti.

4 ZKOUMÁNÍ KAPACITY ŽELEZNIČNÍ DOPRAVNÍ CESTY

V procesu přidělování kapacity vlakových tras železničním podnikům je pro provozovatele infrastruktury nezbytné znát kapacitu infrastruktury. Definovat kapacitu železniční infrastruktury (dopravní cesty) je poměrně obtížné a existuje množství různých přístupů k jejímu stanovení. Tento široce používaný pojem postupně nahrazuje v našich podmínkách zažitý termín propustná výkonnost, i když v jistém smyslu rozšiřuje význam pojmu propustná výkonnost. Propustnost je definována jako výkonnost, vyjádřená počtem vlaků, kterou lze na železničním zařízení realizovat, aniž by byla snížena požadovaná kvalita vlakové dopravy.

V této definici se uvádí rozsah vlakové dopravy v souvislosti s její kvalitou. Tím se především zdůrazňuje důležitost kvality dopravní práce i okolnost, že doprava se uskutečňuje většinou v stochastických podmínkách. Propustná výkonnost se tedy udává počtem vlaků za časové období, ale je neúplná o udání prostorového vztahu. Propustná výkonnost se proto musí uvádět pro určitý traťový úsek, nebo nejčastěji pro určitý mezistaniční úsek.

Mezinárodní železniční unie v UIC Code 406 Kapacita (UIC, 2013) definuje kapacitu železniční infrastruktury jako „celkový počet možných vlakových tras ve stanoveném časovém rámci, s přihlédnutím k aktuální kombinaci tras, příp. na známý vývoj a vlastní hypotézu provozovatelů infrastruktury v uzlech, na jednotlivých tratích nebo části sítě s kvalitní orientací na trh.”

Kapacita železniční infrastruktury je tedy významově podobně jako propustnost vyjádřená počtem vlaků za určitý čas, vztahuje se k definovanému úseku dopravní cesty a reflektuje požadavky na dosahování požadované kvality dopravního procesu. Pojem kapacita však v porovnání s propustností přináší nový rozměr, a to zohlednění jejího využívání, čili aktuální kombinace tras vlaků, tzv. mix vlaků. Stabilitu grafikonu vlakové dopravy tak ovlivňuje konkrétní různorodost tras vlaků a jejich pořadí v grafikonu. Kapacita je tedy využitelná propustnost v rámci rozvržení tras vlaků.

Definice kapacity ve směrnici UIC 406 Kapacita, představuje určitý konsensus jednotlivých provozovatelů infrastruktury z pohledu na tuto specifickou problematiku a uvádí myšlenku, že jednoznačnou definici kapacity není možné stanovit. Pojmy používané v této vyhlášce v souvislosti s kapacitou naprosto nekorespondují se zavedenými pojmy v našich podmínkách, jako například časový rámec ve smyslu výpočetní doba, využití kapacity ve smyslu doba obsazení a jiné. Z tohoto důvodu i z důvodu určení významové hranice, vztahu mezi definicí kapacity a propustností a navzdory tvrzení, že jednoznačná definice kapacity není možná, navrhl autor upravenou definici kapacity v následovném znění:

Kapacita železniční dopravní cesty je určena stupněm využití kapacity s ohledem na aktuální mix vlaků, který je možné naplánovat v určitém časovém okně v určité části železniční dopravní cesty a s ohledem na požadovanou kvalitu vlakového provozu.

V principu lze stanovit kapacitu (propustnou výkonnost) těmito přístupy (Bulíček, 2010):

- graficky,
- analyticky,
- simulačním modelováním.

Graficky lze kapacitu zjišťovat ve zkonstruovaném JŘ, do kterého se vloží dodatečné trasy průměrných vlaků tak, že se nebudou vyskytovat žádné mezery, tj. nákrešný JŘ bude maximálně zaplněn. Při dokreslování se přitom musí brát v úvahu všechny omezující veličiny, jakož i časové prvky grafikonu (provozní intervaly apod.). Výsledná propustnost tedy bude dána prostým součtem všech tras zakreslených v grafikonu.

Analyticky se kapacita zjišťuje v průměrných vlacích a zkoumá se čistý čas obsazení analyzovaného omezujícího mezistaničním úseku a hodnota záložního času na jeden průměrný vlak (zpravidla průběžný nákladní vlak). Jde o metody založené na matematických (statistických, pravděpodobnostních) výpočtech. Pracují s rovnoměrným a průměrným obsazením daného provozního zařízení nebo prvku.

Analytické a grafické metody pro zjišťování kapacity lze členit na metody zjišťování propustnosti v zkonstruovaném a ve výhledovém JŘ podle toho, zda rozsah dopravy a konfiguraci technických zařízení dopravního provozu máme k dispozici. Při zjišťování propustné výkonnosti se nevyhnutelně setkáváme s tím, že provozní podmínky nemusí být vždy stejné. Podle toho bude třeba volit i adekvátní metodiky. To znamená, že pro deterministické provozní podmínky volíme přístupy používající konstantní hodnoty, zatímco v stochastických podmínkách provozu použijeme postupy založené na matematické statistice, počtu pravděpodobnosti a teorii hromadné obsluhy. Pro řešení složitějších případů se jeví jako nejvhodnější metoda stochastického modelování. Stanovená propustná výkonnost jednotlivých technických zařízení je podkladem pro posouzení řady sériově na sebe navazujících zařízení (kaskádu obsluhovacích systémů). Výslednou propustnou výkonnost souvislého sledu několika technických zařízení - např. vjezdových kolejí jako linek obsluhy v seřadovacích nádražích, několika stanic a jejich spojujících mezistaničních nebo trat'ových úseků - můžeme nazvat provozní výkonností (Gašparík, Šulko, 2016).

V deterministických podmínkách provozu lze stanovit provozní výkonnost na základě propustné výkonnosti nejméně výkonného zařízení. V stochastických provozních podmínkách je tento problém nutno řešit na základě poznatků teorie hromadné obsluhy jako kaskádu obsluhovacích systémů. Přitom dojdeme k závěru, že provozní výkonnost bude nižší než propustná výkonnost nejméně výkonného zařízení. (Bulíček, 2010)

Nejmodernějším přístupem je **využívání simulačních nástrojů**, které umožňují na základě modelu reálného provozu vyhodnotit kapacitu železniční infrastruktury (viz kap. 5.1). Posouzení kapacity pomocí metod simulačního modelování poskytuje komplexní posouzení kapacitních charakteristik řešené dopravní infrastruktury, byť výsledek z hlediska obecného přístupu pouze suboptimální v závislosti na průběhu simulace. Jako problematické se zde jeví rozsah vstupních dat, která simulační model vyžaduje (detailní popis infrastruktury i dynamických vlastností vozidel), stejně jako časová náročnost simulačního posouzení. Na druhou stranu nové možnosti, které simulační modelování přináší, jsou předpokladem jeho úspěšné implementaci v těch případech, kdy je to opodstatněné. Jako kritérium se zde používá především stabilita jízdního řádu (schopnost nezvýšit, resp. redukovat zadané vstupní zpoždění). (Hansen, Pachel, 2008)

4.1 METODIKY STANOVENÍ PROPUSTNÉ VÝKONNOSTI NA SŽDC

Na síti SŽDC je metodika určení propustné výkonnosti stanovena ve směrnici D 24 (SŽDC, 1965). Využívá kombinaci grafického a analytického přístupu.

Přípustná výkonnost stanovujeme na těchto železničních zařízeních (Molková, 2010):

- traťová kolej,
- staniční záhlaví,
- dopravní kolej.

Přípustná výkonnost (přípustnost) můžeme v zásadě dělit na (Bulíček, 2010):

- teoretickou (maximální),
- praktickou.

Teoretická propustnost (nazývá se i maximální) je udána jako podíl výpočetního období a doby obsazení infrastruktury jedním vlakem nebo obecně technologickou operací, ve kterých se zjišťuje propustnost. Výpočet teoretické propustnosti je daný vztahem (6). Při výpočtu teoretické propustnosti se předpokládá, že zařízení slouží výlučně svému hlavnímu účelu. Neuvažují se časové ztráty, nevznikají mezery v obsazování zařízení.

Maximální přípustnou výkonnost určíme na základě vztahu:

$$N_{\max} = \frac{T}{t_{\text{obs}}} \quad [\text{technologických operací za výpočetní období}] \quad (6)$$

kde:

T výpočetní období (buď špičkový čas, anebo celodenní časový rámec)
 t_{obs} průměrný čas potřebný na uskutečnění sledovaných technologických operací (jízda vlaku, rozřazení vlakové soupravy, posunovací jízda atd.)

Praktická propustnost (technická) udává největší rozsah vlakové dopravy, stanovený se zřetelem na čas potřebný k výkonu předepsaných kontrolních prohlídek, údržby provozních zařízení, a dále se zřetelem na nutnost vyrovnávání zpoždění z nepravidelnosti a poruch ve vlakové dopravě.

Výpočet praktické propustnosti se provádí podle vztahu:

$$n_{\text{prakt}} = \frac{T - (T_{\text{výl}} + T_{\text{stál}})}{t_{\text{obs}} + t_{\text{dod}} + t_{\text{ruš}}} \quad [\text{technologických operací za výpočetní období}] \quad (7)$$

kde:

n_{prakt} praktická propustná výkonnost daného zařízení nebo prvku v době T , vypočtena s ohledem k potřebné časové záloze a vyjadřující maximální počet vlaků, pro které platí t_{obs}
 T výpočetní období, pro které se počítá propustnost [min]
 $T_{\text{výl}}$ celková doba, ve které je dané provozní zařízení ve výpočetním období vyloučeno z provozu pro předepsané prohlídky, opravy a údržbu [min]
 $T_{\text{stál}}$ celková doba stálých manipulací v minutách, tedy doba, ve které je dané provozní zařízení nebo prvek obsazeno v období T jinými úkony, než ve kterých je zjišťována propustnost [min]
 t_{obs} technologický čas (časový normativ) obsazení daného provozního zařízení nebo prvku jedním vlakem (průměrný vlak = vlak s průměrnou dobou obsazení), ve kterých je zjišťována propustnost [min]

- t_{dod} průměrná doba připadající na jeden vlak, který se skládá [min]:
- z času, o který je třeba prodloužit dobu obsazení daného provozního zařízení (prvku) proto, že jeho uvolnění zabraňuje obsazení dalšího provozního zařízení (prvku)
 - z času na vyrovnání zpoždění z nepravidelností a poruch ve vlakové dopravě
- $t_{ruš}$ průměrný čas pravděpodobného vzájemného rušení jízd vznikajícího v místech možného ohrožení z důvodu nemožnosti současných jízd na daném zařízení nebo prvku, připadající na jeden vlak [min]

Stupeň obsazení s_o vyjadřuje míru obsazení, kterou vypočteme jako poměr celkové doby obsazení zkoumaného zařízení (traťové koleje, dopravní koleje, staničního zhlaví apod.) T_{obs} k celkovému výpočetnímu času T (většinou 24 hodin), zmenšenému o prodlevy $T_{výl}$ (jsou zapříčiněny například opravami, údržbou) a obsazení stálými manipulacemi $T_{stál}$.

$$s_o = \frac{T_{obs}}{T - (T_{výl} + T_{stál})} \quad [-] \quad (8)$$

Využití propustnosti vyjadřuje procentuální koeficient využití praktické propustnosti K_{prakt} , který je poměrem mezi počtem pravidelných vlaků N_{prav} k praktické propustnosti n .

$$K_{prakt} = \frac{N_{prav}}{n} \cdot 100 \quad [\%] \quad (9)$$

Železniční dopravní infrastruktura představuje sled technických zařízení (Bulíček, 2010):

- obsluhovací linky seřadovací stanice,
- několik stanic a je spojujících mezistaničních úseků,
- několik traťových úseků.

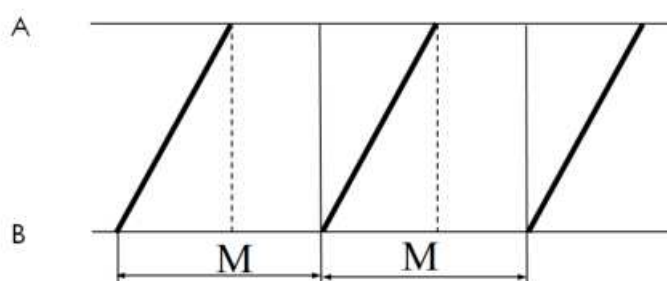
Traťový úsek jako obslužný systém v procesu obsluhy (jízda vlaku) se skládá z mnoha za sebou řazených a navazujících dílčích obsluhovacích systémů obsluhy, a to jedolinkových (mezilehlé úseky, prostorové oddíly) a vícelinkových systémů (výhybny, železniční stanice apod.).

Propustnost jednotlivých dílčích systémů je zpravidla rozdílná a mnohdy nestačí srovnání propustností jednotlivých obsluhovacích systémů a vybrat z nich tu, která má nejnižší hodnotu a tuto následně prohlásit za propustnost celého systému. A to z toho důvodu, že v okamžiku uvolnění omezujícího dílčího systému nemusí být k dispozici další vlak, který by úsek znovu obsadil. Dochází tedy k časové ztrátě, o kterou se výpočetní čas snižuje a tím se snižuje i propustnost celého sledu dílčích systémů. Využití kapacity bude tím vyšší, čím více vlaků se bude v systému nacházet a čím více dopravních kolejí (charakter zásobníku) bude ve stanicích, které ohraničují omezující úsek. Propustnost mezistaničního úseku závisí nejen na provozních podmínkách, ale také na způsobu organizace jízd vlaků v tomto úseku (rovnoběžný nebo nerovnoběžný grafikon, resp. jednosměrný nebo obousměrný grafikon apod.). (Molková, 2010)

Železniční stanice vyžaduje samostatnou analýzu kapacity rozhodujících prvků (zařízení) navzdory komplexnímu vnímání systému obsluhy, jehož je součástí. Jednou ze základních součástí výpočtu propustnosti všech rozhodujících prvků jsou správně stanoveny hodnoty časů obsazení jednotlivými úkony. Tyto časy se určují podrobným rozbořením dílčích úkonů.

V deterministických podmínkách se výsledná propustnost určí podle nejméně výkonného zařízení. Ve stochastických podmínkách se postupuje podle teorie hromadně obsluhy, infrastrukturu pak lze popsat jako kaskádu obslužného systému. Výsledná provozní propustnost zjištěná stochasticky je pak ještě menší než kapacita nejméně výkonného zařízení.

Propustná výkonnost traťového úseku bude závislá nejen na provozních podmínkách, ale také od toho, jaký bude způsob organizace jízdy vlaků, zda se jedná o JŘ rovnoběžný nebo nerovnoběžný, jednokolejný nebo dvoukolejný. Základem vyjádření propustnosti traťového úseku je definování doby obsazení. Dobou obsazení v jednosměrném grafikonu bude následně mezidobí M (viz obr. 10), v obousměrném grafikonu perioda grafikonu T_{per} (viz obr. 11 se znázorněním jednoduché periody grafikonu). Jednotkovou dobu obsazení jedním průměrným vlakem t_{obs} vypočteme z periody grafikonu, jako podíl doby periody a počtu vlaků vyskytujících se v periodě. Doba obsazení obsahuje určitou část jízdni doby a provozních intervalů.



Obr. 10. Následné mezidobí M – doba obsazení v dvoukolejném grafikonu

Periodu jednoduchého grafikonu možno na základě obr. 11 stanovit:

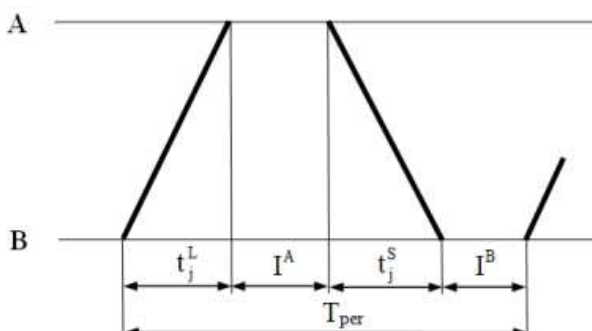
$$T_{per} = t_j^L + I^A + t_j^S + I^B + \sum \tau_{rz} \quad [\text{min}] \quad (10)$$

kde:

$t_j^L (t_j^S)$ jízdní doba v lichém (sudém) směru

$I^A (I^B)$ staniční provozní interval v stanici A (B)

$\sum \tau_{rz}$ přírážky na rozjezd a zastavení



Obr. 11. Perioda jednoduchého grafikonu

Provozní interval je nejkratší doba potřebná na splnění všech úkonů předepsaných pro zajištění bezpečnosti a plynulé jízdy vlaků v místech možného vzájemného ohrožení v dopravnách a na širé trati. Provozní interval je tedy nejkratší doba mezi příjezdem, odjezdem nebo průjezdem prvního vlaku a příjezdem, odjezdem nebo průjezdem druhého vlaku.



Zdroj: SŽDC, 2013a

Obr. 12. Místa ohrožení při stanovení provozních intervalů

Normy provozních intervalů se zjišťují zvláště pro každou stanici a pro každý směr do ní zaústěných tratí, nejsou-li dovoleny současné jízdy těchto vlaků. Podle toho, kde se nachází místo vzájemného ohrožení, se provozní intervaly dělí na staniční a traťové. Zjištěné hodnoty provozních intervalů jsou podkladem pro sestavu JŘ (Široký, Cempírek, Gašparík, 2009).

Staniční provozní intervaly:

- a) interval postupných vjezdů,
- b) interval postupného vjezdu a odjezdu,
- c) interval postupného odjezdu a vjezdu,
- d) interval postupných odjezdů.

Traťové provozní intervaly:

- a) interval následné jízdy,
- b) interval protisměrné jízdy.

Délka provozních intervalů závisí na (Gašparík, Šulko, Kolář, 2012):

- technickém vybavení a způsobu zabezpečení stanice a trati,
- způsobu obsluhy a zabezpečení výměn a návěstidel,
- způsobu řízení dopravy,
- kolejovém uspořádání stanice, délce vjezdových kolejí, rozmístění návěstidel, délce záhlaví, umístění dopravní kanceláře (rozhodující vzdálenosti pro výpočet se zjišťují z dopravní schémata stanice,
- sklonových poměrech prostorových oddílů přilehlých k dopravně, zábrzdné vzdálenosti a na vzdálenosti vjezdových návěstidel od krajní výměny,
- druhu, délce, rychlosti a zatížení vlaku,
- zda druhý vlak ve stanici zastavuje nebo projíždí,
- organizací práce vyplývající z technologických postupů a místních podmínek.

Některé případy staničních provozních intervalů jsou stanoveny na obrázku 13. Stanovení provozních intervalů v podmínkách SŽDC upravuje Směrnice č. 104 „Provozní intervaly a následná mezidobí“ (SŽDC, 2013a), kde jsou uvedeny postupy výpočtu analytickým způsobem.

Hodnota provozních intervalů se skládá z pěti dílčích dob:

$$I = j_1 + r + p + j_2 + d \quad (11)$$

kde:

- j_1 jízda prvního vlaku k uvolnění (dynamická složka 1. vlaku)
- r rušení vlakové cesty po prvním vlaku (staniční operace)
- p příprava vlakové cesty pro druhý vlak (staniční operace)
- j_2 jízda druhého vlaku od obsazení (dynamická složka 2. vlaku)
- d dohlednost nebo výprava druhého vlaku

Některé dílčí doby se skládají z více částí (viz tabulku 2).

Tab. 2. Rozdělení jednotlivých dílčích dob provozních intervalů a následných mezidobí

Dílčí doba	Složky	Označení
Jízda prvního vlaku k uvolnění		j_1
Rušení vlakové cesty po prvním vlaku (r)	Zjištění konce vlaku	r_k
	Obsluha zabezpečovacího zařízení pro zrušení vlakové cesty	r_{zz}
	Odhláška	r_o
Příprava vlakové cesty pro druhý vlak (p)	Změna traťového souhlasu, resp. telefonická nabídka a přijetí	p_s
	Telefonický nebo osobní příkaz k přípravě vlakové cesty	p_p
	Přestavování výhybek	p_v
	Obsluha zabezpečovacího zařízení pro přípravu vlakové cesty	p_{zz}
	Doba zpoždění rozsvícení návěstidla	p_{zn}
Jízda druhého vlaku od obsazení		j_2
Dohlednost nebo výprava vlaku		d

Zdroj: SŽDC, 2013a

Složky j_1, j_2, d jsou složky dynamické, složky r, p jsou složky staničních operací. Složky j_1, r se vztahují k prvnímu vlaku (souhrnně t_I), složky p, j_2, d se vztahují ke druhému vlaku (souhrnně t_{II}).

Délku složky staničních operací (r, p) ovlivňuje druh staničního a traťového zabezpečovacího a sdělovacího zařízení, způsob obsluhy výměn, typ návěstidel (světelná, mechanická), počet zaústěných tratí, umístění výpravní budovy, počet a pozice provozních pracovníků, místní ustanovení (staniční řád, obsluhovací řád).

Délku dynamické složky (j_1, j_2) ovlivňuje zejména rychlost (traťová, stanovená pro vlak), délky částí infrastruktury (dopravní koleje, záhlaví, zhlaví), zjišťování konce vlaku apod. Závisí na místě, kde se počítá (odjezd, vjezd, průjezd). Příkladem dynamické složky j_1 je čas jízdy prvního (odjíždějícího) vlaku od okamžiku odjezdu po uvolnění odjezdového záhlaví. Dynamickou složkou j_2 může být doba jízdy druhého vlaku od dohledné vzdálenosti před

předzvěstí vjezdového návěstidla až po okamžik zastavení, nebo průjezdu v dopravně (Gašparík, Šulko, Kolář, 2012).

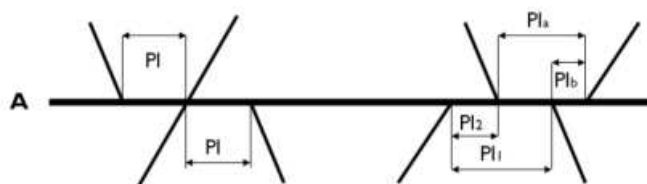
Jednotlivé dílčí doby na sebe bezprostředně navazují, po skončení jedné složky neprodleně následuje složka následující. Při výpočtech se používají dílčí technologické doby uvedené v Směrnici SŽDC č 104 (2013a).

Časová hodnota provozního intervalu musí zohledňovat všechny předepsané úkony. Doba, v níž probíhají dva nebo více dílčích úkonů, které se časově překrývají, se počítá jen jednou. Úkony, jež nejsou součástí provozního intervalu, resp. následného mezidobí (lze je vykonat předem, anebo naopak později), se nezapočítávají.

Kromě staničních a traťových intervalů je důležité stanovit následné mezidobí a příjezdové mezidobí.

Následné mezidobí (M) je nejkratší doba mezi okamžikem odjezdu nebo průjezdu prvního vlaku a okamžikem odjezdu nebo průjezdu druhého vlaku z téže (zadní) dopravní na tutéž traťovou kolej při dodržení pravidelných jízdních dob a předepsaných pobytů (viz obr. 10). Následné mezidobí se stanoví vždy pro konkrétní kombinaci dvou druhů vlaků. Podobně lze určit **příjezdové mezidobí** (M_{PR}) jako nejkratší dobu mezi příjezdem nebo průjezdem prvního vlaku a příjezdem nebo průjezdem druhého vlaku do téže (přední) dopravní z téže traťové koleje při dodržení pravidelných jízdních dob a pobytů.

Další podrobnosti a metodiky stanovení provozních intervalů a následných mezidobí jsou uvedeny v literatuře např. Bulíček (2010), Molková a kol. (2010), Gašparík, Šulko (2016), SŽDC (2013a), Gašparík, Šulko, Kolář (2012).



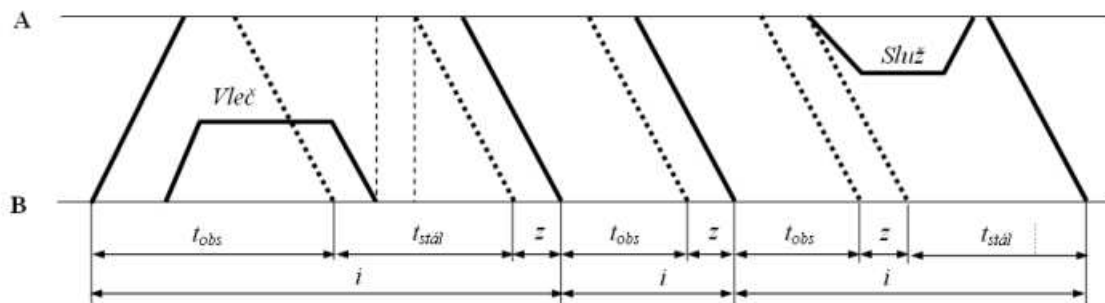
Zdroj: Bulíček, 2010

Obr. 13. Schematické znázornění staničních provozních intervalů v NJŘ

Deterministický přístup v rovnoběžných grafikonech se využívá ke stanovení omezujícího mezistaničního úseku. Postup je založen na vyhledání maximálního mezistaničního úseku (ve kterém je nejvyšší součet jízdních dob bez přírážek výpočtových vlaků), následném stanovení schémat provázení vlaků a period v jednotlivých mezistaničních úsecích a výpočtu teoretických propustností. Omezujícím úsekem je pak ten, který vykazuje nejnižší teoretickou propustnost. **V omezujícím úseku se aplikují přístupy stanovení praktické propustné výkonnosti.**

Součástí stanovení praktické propustnosti jsou záložní časy (doby mezer $t_{mez, z}$), který zajišťuje určitý kvalitativní stupeň dopravy. Při výpočtu praktické propustnosti se setkáváme s pojmy **průměrná doba mezer** v grafikonu, jako skutečná doba mezer, zjištěná výpočtem na základě rozboru JŘ, a **požadovaná doba mezer**, stanovená na základě požadavků vedoucích

k možnosti realizace zkonstruovaného grafikonu. V podmínkách SŽDC jsou tyto podmínky stanoveny v interní směrnici D 24 (SŽDC, 1965) jako závislé na době obsazení. Na obrázku 14 jsou znázorněny odstupy vlaků i v deterministickém JŘ, dané jako součet doby obsazení t_{obs} a průměrného záložního času (doby mezer) z .



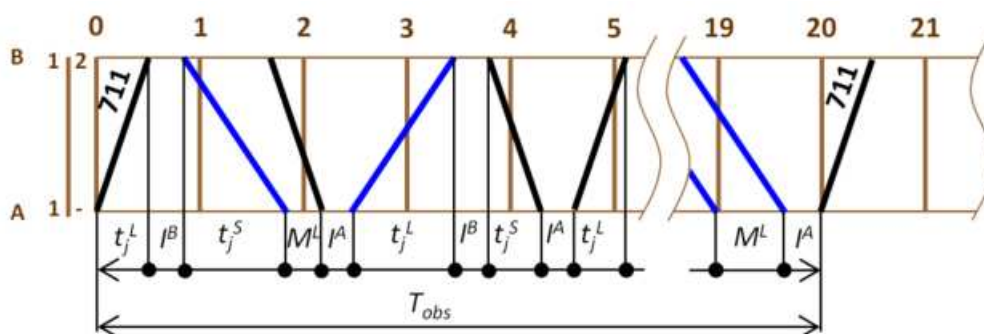
Obr. 14. Doby obsazení a záložní doby v jednokolejném grafikonu

Nerovnoběžný nákrešní JŘ je charakteristický tím, že se v něm nacházejí vlaky jedoucí různou rychlostí. Tato skutečnost způsobuje, že ve většině případů bude doba obsazení mezistaničního úseku pro každý druh vlaku různá. (Bulíček, 2010)

Na rozdíl od rovnoběžného JŘ, kde se zjišťuje maximální propustnost, v nerovnoběžném JŘ se zjišťuje praktická propustná výkonnost. Je stanovena ve vyhledaném omezujícím mezistaničním úseku.

Propustná výkonnost se stanoví buď ve vypočtených vlcích základní (rovnoběžné) sítě (obvykle jsou reprezentovány průběžnými nákladními vlaky, resp. nejčastěji se vyskytujícím druhem vlaků), nebo v průměrných vlcích (průměr času obsazení za všechny vlaky podle daného uspořádání sledu vlaků).

SŽDC používá ke zjištění propustné výkonnosti traťových kolejí upravenou graficko-analytickou a analytickou metodu.



Zdroj: upraveno podle Gašparík, Šulko, 2015

Obr. 15. Grafický způsob stanovení celkového času obsazení

V graficko-analytické metodě se v zkonstruovaném JŘ kreslí dodatečné trasy vlaků a pak se v omezujícím úseku zakreslí trasy všech vlaků (včetně dodatečně dokreslených) v takovém pořadí, v jakém za sebou následují v grafikonu bez jakýchkoliv časů mezer a bez ohledu na

sousední mezilehlou úseky. Jako poslední v pořadí se zakreslí znovu trasa prvního vlaku. Celkový čas obsazení se pak na časové ose odečte mezi nulou a kótou zakončujícího vlaku - vždy na ose, znázorňující jednu a tutéž stanici. Z něj se stanoví průměrná doba pobytu, průměrná doba mezer i praktická propustnost (viz princip na obrázku 15).

Pro výhledové JŘ se stanovuje propustnost na základě požadavků na kvalitu dopravy, jakož i kvantitativních charakteristik zkoumané traťové koleje. Pro stanovení výhledové praktické propustnosti trati (není třeba mít vykonstruovaný jízdní řád) se používají především metody matematické statistiky a počtu pravděpodobnosti. Výpočet se opírá o statistický rozbor existujících nákrešných jízdních řadů pro trať s podobnými infrastrukturními a provozními podmínkami. Využity jsou i obecné zákonitosti a poznatky teorie pravděpodobnosti a matematické statistiky.

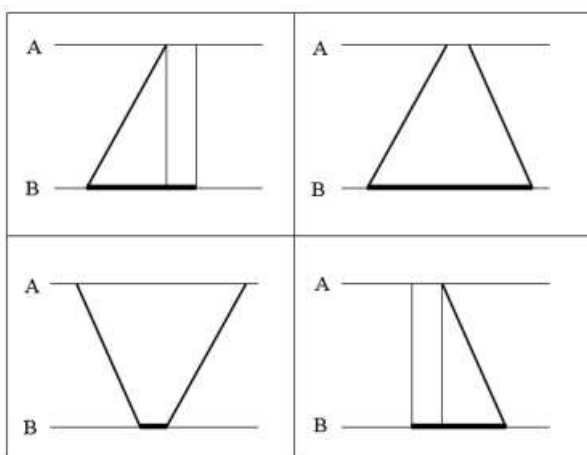
Celková doba obsazení mezistaničního úseku všemi vlaky se určí jako skalární součin tabulky četnosti a tabulky nejkratších dob obsazení (viz obrázek 16), resp. sestavením tabulky celkových dob obsazení jednotlivými sledy a součtem jejich prvků. Pro zjišťování charakteristik výhledových JŘ je nutné znát pravděpodobnost jízdy vlaku, jakožto i pravděpodobnost jízdy daného sledu vlaků. Ta se vypočítá podle následujícího vztahu:

$$P_{(i,j)} = \frac{N_i}{N} \cdot \frac{N_j}{N} = \frac{N_i \cdot N_j}{N^2} \quad (12)$$

kde:

- $p_{(i,j)}$ pravděpodobnost jízdy sledu vlaků i -té a j -té kategorie
- N_j počet vlaků j -té kategorie [vlaků]
- N počet všech vlaků

Pravděpodobnost je veličina relativní, proto je namísto pravděpodobnosti sledu vlaků vhodnější pracovat s četností jejich výskytu.



Obr. 16. Princip analýzy doby obsazení pro různé sledy vlaků v mezistaničním oddíle

Další metodika zkoumá teoretický **rozbor dob mezer pro vložení dodatečných vlakových tras**. Podmínkou je splnění vztahu $z > z_{\min}$, tedy průměrný záložní čas je větší jako minimální záložní čas. Z rozboru mnoha splněných grafikonů vlakové dopravy vyplývá, že

rozdělení záložních časů v JŘ se řídí exponenciálním rozdělením pravděpodobnosti a jeho hustota má tvar (Bulíček, 2010):

$$p(z) = \int_{\alpha}^{\infty} e^{-\alpha} d\alpha \quad (13)$$

Četnost odpovídající této hustotě pravděpodobnosti je pak dána vztahem:

$$h(z) = N \cdot \int_{\alpha}^{\infty} e^{-\alpha} d\alpha \quad (14)$$

kde:

- $p(z)$ pravděpodobnost [$\cdot 100\%$],
- $h(z)$ četnost [počet mezer],
- N počet všech vlaků na úseku [vlaků],
- α je poměr konkrétního (proměnného) záložního času k průměrnému záložnímu času, viz poměr:

$$\alpha = \frac{z_i}{z} \quad \text{je proměnný záložní čas k průměrnému záložnímu času.}$$

kde:

- z_i záloha připadající na konkrétní vlak [min],
- z_p průměrná záloha [min],
- α je poměr konkrétního (proměnného) záložního času k průměrnému záložnímu [-].

V normálním zaplněném nákresem JŘ se budou kratší a krátké záložní časy vyskytovat častěji. Od určité hodnoty, která je však závislá na charakteru dopravy, se velikost záložního času asymptoticky blíží k nule.

Hranice integrálu α_1 a α_2 lze tedy určit podle vztahu (10). Vychází to tedy ze záložních časů pro vložení 1 a 2 vlaků z_1 a z_2 .

Pokud známe distribuční zákon rozdělení záložních časů, můžeme řešit úlohu stanovení počtu takových jejich hodnot, do nichž lze vložit určitý počet dodatečných tras. Četnost záložních časů, do kterých lze vložit x dodatečných vlakových tras, bude možné určit ze vztahu:

$$h_x = N \cdot \left(e^{\frac{z_x}{z_p}} - e^{\frac{z_{x+1}}{z_p}} \right) \quad \text{[počet mezer]} \quad (15)$$

Před vloženou trasou i za ní musí být zachován nejméně minimální záložní čas z . Pro vložení jedné x vlakových tras bude třeba v JŘ najít takový časový prostor, jehož délku lze vyjádřit vztahem:

$$z_x = x \cdot t_{obs} + (x+1) \cdot z \quad \text{[min]} \quad (16)$$

kde:

- t_{obs} doba obsazení jízdou dodatečně vloženého vlaku, resp. jeho trasou [min],
- z minimální záložní doba (někdy též požadovaná mezera tempa) [min]
- z_1 minimální doba nutná pro vložení jedné vlakové trasy [min].

Celkový počet dodatečně vložených tras průměrných tras vlaků určíme podle vztahu:

$$N_{dod} = 1 \cdot h_1 + 2 \cdot h_2 + 3 \cdot h_3 + \dots + x \cdot h_x \quad [\text{tras}] \quad (17)$$

Praktickou propustnou výkonnost vypočteme jako součet plánovaného počtu N a počtu dodatečně vložitelných tras N_{dod} :

$$n = N + N_{dod} \quad (18)$$

kde:

N celkový počet plánovaných tras [počet tras]

N_{dod} celkový počet dodatečně vložených vlakových tras [počet tras]

Propustnost železničních stanic je určena propustností dvou prvků:

- staničních zhlaví,
- dopravních kolejí.

Pro výpočet propustnosti staničních zhlaví se použije vztah pro výpočet praktické propustnosti, do kterého se dosadí doba obsazení zhlaví jedním vlakem.

Tato doba se skládá z:

- přípravy jízdní cesty,
- vlastní jízdy,
- zrušení jízdní cesty.

V případě, že by kapacita elektrických trakčních zařízení omezovala výslednou propustnost tratě, je potřebné respektovat i tuto kapacitu. Výsledná propustnost traťových úseků se stanoví z rozboru propustnosti jednotlivých jejích prvků. Je dána propustností tzv. omezujícího prvku, která při dané organizaci práce vykazuje nejmenší propustnost.

Podrobnější postupy k stanovení propustnosti železničních stanic jsou uvedené v literatuře např. Bulíček (2010), Molková a kol. (2010).

4.2 METODIKA MEZINÁRODNÍ ŽELEZNIČNÍ UNIE

Novější pohled na problematiku je řešen ve Vyhlášce UIC č. 406 o kapacitě (UIC, 2013), pro všechny členy Mezinárodní železniční unie (UIC). Cílem této vyhlášky byla standardizace dosud používaných národních metodik na jednotlivých evropských železničních sítích tak, aby výsledky posuzování na jednotlivých částech koridorů byly vzájemně srovnatelné. Tato metodika používá pojem kapacita infrastruktury. Vyhláška UIC 406 nemá direktivní, ale doporučující charakter, tedy umožňuje také provozovatelem infrastruktury používat pro vlastní potřebu národní metodiku. (Krýže, 2014)

Stanovení kapacity je i v této metodice založeno na vyhodnocení existujícího JŘ, v případě posuzování nově navržených tratí závisí na vyhodnocení případové studie JŘ. Podobně jako metodika předpisu D 24 (SŽDC, 1965), tak i metodika UIC (2013) využívá při zjišťování propustnosti traťového úseku, resp. kapacity infrastruktury, metody vkládání dodatečných tras vlaků do předem zkonstruovaného grafikonu vlakové dopravy.

Vlastní stanovení kapacity probíhá podobnými postupy, jaké zná i zmiňovaná směrnice SŽDC D24, a to grafickou a výpočetní metodou. Grafická metoda spočívá ve zhuštění

(kompresi) navržených vlakových tras na časový odstup podle provozních intervalů a následných mezidobí.

Během procesu komprese není dovoleno zkracovat pobyty vlaků ve stanicích, jízdní časy a provozní intervaly.

Na definovaném traťovém úseku a v definovaném výpočetním čase se stanoví hodnota vyjadřující stupeň využití kapacity jako procentuální podíl, označovaný jako „spotřeba kapacity” (UIC, 2013):

$$\text{Spotřeba kapacity} = \frac{\text{doba obsazení} + \text{dodatečná doba}}{\text{definovaná výpočetní doba}} \cdot 100 \text{ [\%]} \quad (19)$$

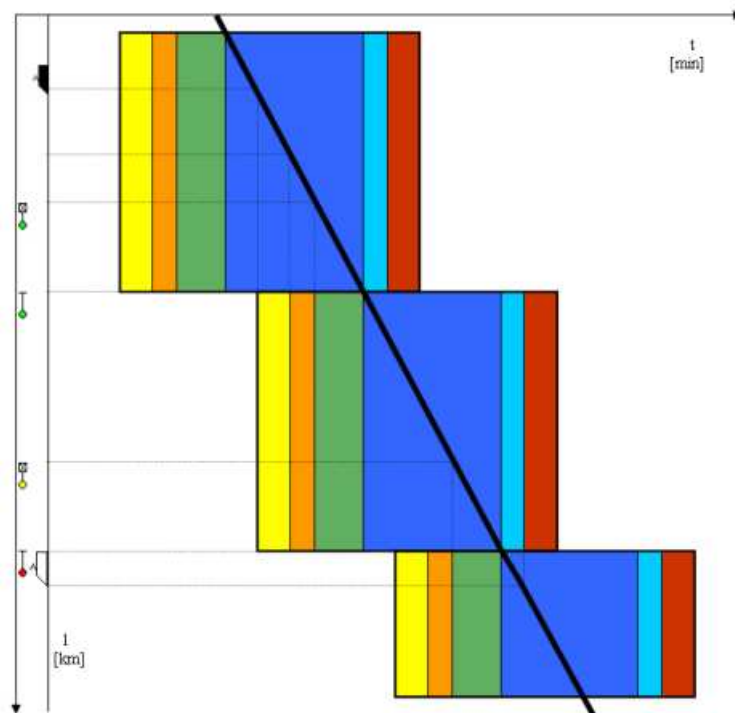
Do hodnocení jsou zařazeny kompletní vlakové trasy na celém traťovém úseku vstupující do traťového úseku v rámci definovaného výpočetního času. Kapacita může být analyzována během delšího času (například 24 h), i když zhušťování v grafikonu se provádí v kratším definovaném výpočetním čase.

Při zhuštění jsou všechny trasy vlaků přiblížené do minimální teoretické vzájemné vzdálenosti bez ohledu na časové mezery při zachování sledu vlaků v JŘ, ale při dodržení následných mezidobí a provozních intervalů. Během procesu zhušťování není dovoleno zkracovat pobyty vlaků ve stanicích, jízdní doby a provozní intervaly. Úkolem zhušťování je určit přímý čas obsazení infrastruktury vlaky, čili určit přímé využití kapacity infrastruktury. Po provádění zhuštění se přihlíží i na nepřímé časy obsazení železniční infrastruktury.

Důležitou částí zkoumání spotřeby kapacity je stanovení doby obsazení. Doba obsazení traťového oddílu je tvořena těmito dílčími časy (UIC, 2013):

- čas na postavení vlakové cesty,
- čas na osvojení si návěsti,
- přibližovací čas (čas jízdy zábrzdou vzdáleností),
- čas jízdy čela vlaku prostorovým oddílem,
- čas jízdy vlaku kolem hlavního návěstidla za pojistnou vzdálenost,
- čas na zrušení vlakové cesty a přestavení návěstidel do základní polohy.

Doba obsazení traťového oddílu jako částka těchto parciálních časů obsazení je uveden na obr. 17.



- Vysvětlivky:
- | | | | |
|---|--|---|---|
|  | Doba postavení vlakové cesty |  | Doba jízdy čela vlaku oddílem |
|  | Doba na osvojení návěsti |  | Doba jízdy vlaku okolo hlavního návěstidla |
|  | Přibližovací doba (doba jízdy zábrzd-
ní vzdáleností) |  | Doba na zrušení vlakové cesty a přestavění
návěstidel do základní polohy |

Zdroj: upraveno podle Hansen, Pachtl, 2008

Obr. 17. Dílčí doby obsazení traťových oddílů podle metodiky UIC

Doba obsazení traťového úseku vychází z metody grafického zhušťování sledu vlakových tras v grafikonu v definované výpočetní době a určuje ho časové rozpětí mezi první a poslední vlakovou trasou. Je ovlivněn zvolenou délkou traťového úseku (viz obr. 18).

Dodatečná doba zajišťuje určitou úroveň kvality vlakové dopravy, a tedy poskytovaných služeb provozovatelem infrastruktury, protože doba obsazení nepočítá s žádnými mezerami mezi zhušťování trasami. Dodatečný čas však nezahrnuje záložní čas ani čas na zajištění kvality dopravy. Obecně je omezována povolená spotřeba kapacity o určité procento (viz tab. 4). Na zvládnutí specifických situací (údržba, různé situace v grafikonu během dne, pomalejší nákladní vlaky) mohou být požadovány další časy, které bude nutné vložit.

Kritéria nezbytná pro přesné určení dodatečného času jsou založena na provozních vlastnostech stávajícího JŘ, resp. skutečných zpožděních. Následná extrapolace potřebných časových řad může být časově velmi náročná až s omezeným řešením. Z tohoto důvodu byla stanovena standardní hodnota koeficientu času obsazení jako výraz požadované úrovně kvality poskytovaných služeb. Koeficient času obsazení je stanoven jako podíl času obsazení a definovaného výpočetního času udaný v procentuálním vyjádření:

$$\text{Koeficient doby obsazení} = \frac{\text{doba obsazení}}{\text{definovaná výpočetní doba}} \cdot 100 [\%] \quad (20)$$

V procesu zhušťování tras vlaků doporučuje vyhláška UIC 406 standardní hodnoty koeficientu času obsazení podle typu dopravy na trati - viz tab. 3.

Tab. 3. Doporučené hodnoty koeficientu doby obsazení

Typ tratě	Dopravní špička	Celý den
Vyhrazená pro příměstskou dopravu	85 %	70 %
Vysokorychlostní trať	75 %	60 %
Trať se smíšenou dopravou	75 %	60 %

Zdroj: UIC, 2013

Zhodnocení spotřeby kapacity. Spotřeba kapacity je daná jako procentuální podíl charakterizující využití kapacity (viz vztah 14).

Zhodnocení spotřeby kapacity se vykoná podle vztahu:

$$\text{Spotřeba kapacity} = \frac{\text{doba obsazení} \cdot (1 + \text{koeficient dodatečné doby})}{\text{definovaná výpočetní doba}} \cdot 100 [\%] \quad (21)$$

Pokud hodnota spotřeby kapacity je pod doporučenou hodnotou stanovenou v UIC 406 (viz tab. 3 a vztah (21)), určitá část kapacity traťového úseku je stále nevyužita (viz obr. 18).

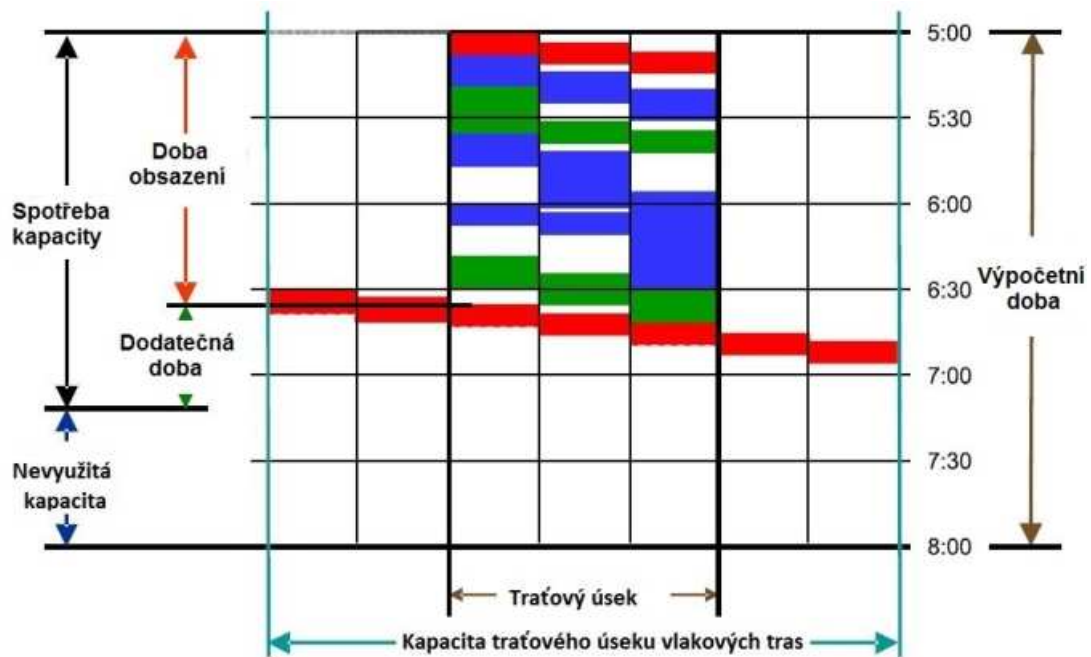
Při posuzování kapacity mezinárodních koridorů se musí provozovatelé infrastruktury dohodnout na srovnatelných traťových úsecích a traťových úsecích tras vlaků.

Zjišťování kapacity procesem zhušťování je rozdílné podle toho, zda se jedná o trať jednokolejnou, dvoukolejnou nebo o dopravnu (uzel). Příklad procesu zhuštění tras vlaků na jednokolejně trati (kyvadlový provoz) je uveden na obr. 18 (jsou zde vyměněny osy dráhy a času podle zvyklostí v západní Evropě). Příklad zhuštění tras vlaků a stanovení doby obsazení na dvoukolejně trati (jednosměrný provoz) v definovaném traťovém úseku je uveden na obr. 19.

Kapacita je určována v sestaveném NJŘ, přičemž rozhodujícím je výběr traťového úseku a tedy zároveň kompresního úseku. Od tohoto výběru pak závisí stanovený čas obsazení.

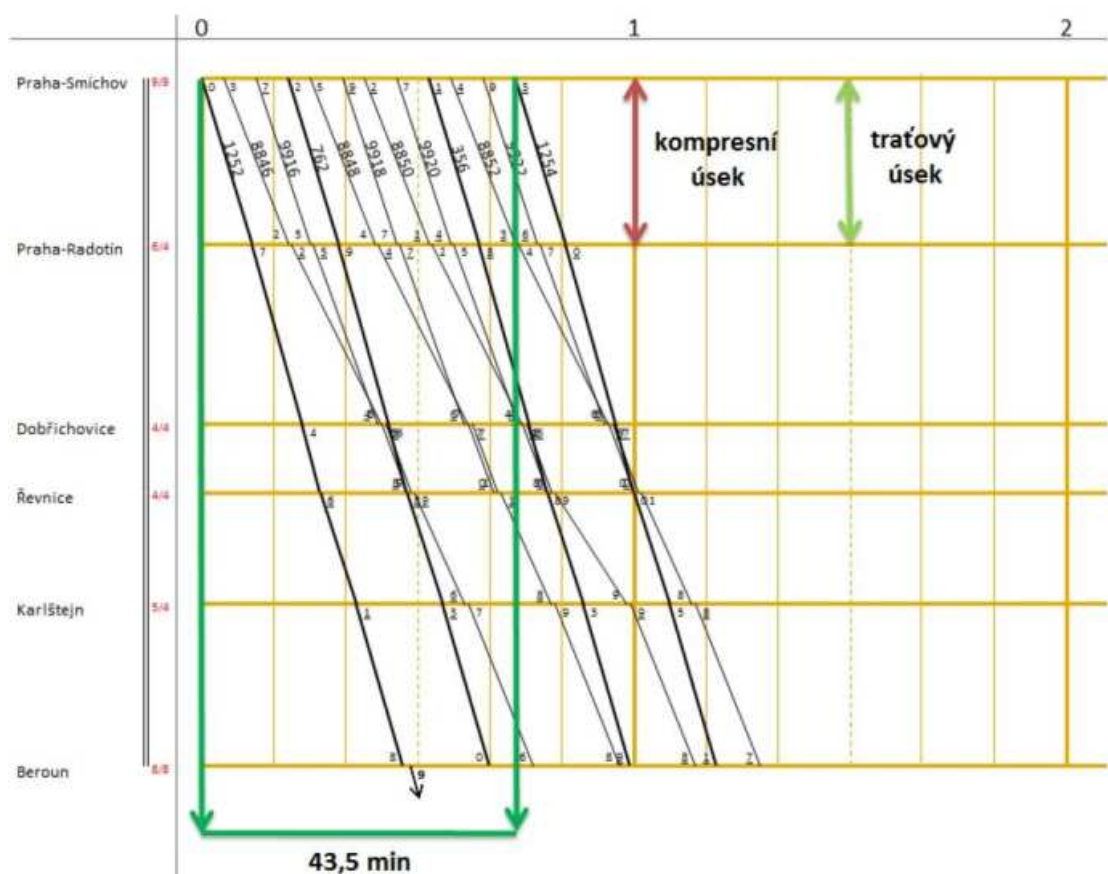
V dopravně se posuzuje obsazení na staničním zhlaví, kde se analyzují možné vlakové a posunové cesty. Z nich se identifikují ty, které nelze realizovat současně.

Při posuzování kapacity dopravních kolejí v dopravně se přistoupí ke zmapování doby obsazení jednotlivých kolejí, přičemž do doby obsazení se započítává i nepřímý čas obsazení (např. od okamžiku začátku přípravy vjezdové vlakové cesty). Proces zhušťování se provádí zvlášť pro každou dopravní kolej.



Zdroj: UIC, 2013

Obr. 18. Spotřeba kapacity a nevyužitá kapacita



Zdroj: Krýže, 2014

Obr. 19. Různé hodnoty doby obsazení v závislosti ve zvoleném traťovém úseku podle metodiky UIC v procesu zhušťování ve dvoukolejném grafikonu

K tomu, aby hodnoty spotřeby kapacity co nejlépe reprezentovali odpovídající infrastrukturu, je třeba mít na zřeteli:

- hodnoty spotřeby kapacity odrážejí charakteristiky infrastruktury definovaného traťového úseku trasy vlaku,
- traťový úsek s nejvyšší hodnotou spotřeby kapacity na traťovém úseku vlakové trasy je reprezentativním traťovým úsekem pro traťový úsek trasy vlaku,
- přijatelná kvalita služeb je reprezentována hodnotou spotřeby kapacity až do 100% (včetně),
- hodnoty spotřeby kapacity přesahující 100 % představují úzké místo, což znamená nižší kvalitu služby, přičemž toto místo by mělo být předmětem opatření v infrastruktuře nebo v konstrukci grafikonu,
- hodnoty spotřeby kapacitou nižší než 100 % představují volnou kapacitu a tím i potenciál pro další trasy na traťovém úseku vlakové trasy.

Dodatečný čas má být vkládán z těchto důvodů (UIC, 2013):

- plnění funkce záložního času umožňujícího eliminaci zpoždění a garantování požadované kvality služeb,
- uvažování plánovaného posunu, času přivěšování, odvěšování vozidel, kolizních bodů a křížení (pokud nebylo uvažováno v procesu komprese),
- plánovaná údržba infrastruktury,
- trasování dálkových vlaků, které ovlivňují spotřebu kapacity dvou nebo více přilehlých traťových úseků nebo traťového úseku vlakové trasy.

Hodnocení volné kapacity používá hodnoty spotřeby kapacity z reprezentativních úseků tratě a snaží se zaplnit traťový úsek dodatečně vloženými trasami vlaků, pokud se dosáhne specifická hodnota spotřeby kapacity. O zkoumání volné kapacity lze hovořit, pokud v procesu zhušťování bylo dosaženo hodnoty spotřeby kapacity méně než 100 %. Volná kapacita se váže ke zkonstruovanému grafikonu, traťovému úseku a výpočetnímu času.

Hlavním kritériem volné kapacity je počet vlakových tras, které lze vložit do grafikonu. Dynamické charakteristiky jednotlivých druhů vlaků mají významný vliv na stanovení volné kapacity, proto se v rámci zjednodušení doporučuje stanovit průměrné reprezentativní vlaky konstruovány pro každý typ vlakové trasy – např. regionální vlaky osobní dopravy, nákladní vlaky. Vkládání tras těchto vlaků může vést k nárůstu času čekání a ke konfliktům v konstrukci JŘ, proto se doporučují vložit časové zálohy do jízdních dob těchto vlaků. Limit prodloužení jízdních časů je definován jako procentní hodnota jeho původního jízdního času (např. 50 % prodloužení). Dodatečné trasy vlaků se doporučuje vkládat během celého dne, protože výběr výpočetního času má značný vliv na posouzení volné kapacity.

5 OPTIMALIZACE VYUŽÍVÁNÍ KAPACITY ŽELEZNIČNÍ DOPRAVNÍ CESTY V LIBERALIZOVANÉM TRŽNÍM PROSTŘEDÍ

V procesu přidělování kapacity vlakových tras železničním podnikům je pro provozovatele infrastruktury nezbytné znát maximální kapacitu železniční infrastruktury. Tato je zpravidla definována počtem vlakových tras, které je možné naplánovat v určitém časovém úseku na určitém úseku infrastruktury.

Při zkoumání a určování kapacitních možností vůbec, a tedy i při zkoumání a určování kapacitních možností železničních tratí, je nutné mít na zřeteli provozní poměry (podmínky), ve kterých se bude provoz na trati provádět. (Morgante, 2009)

V železniční dopravě je obvyklé nazývat kapacitní možnosti tratě propustnou výkonností tratě. Někdy také používáme zkrácený název propustnost tratě (viz kap. 4.1).

Optimalizované využití kapacity železniční infrastruktury je klíčovým interním cílem působení provozovatele infrastruktury. Na jedné straně je jeho zájmem prodat co nejvíce tras vlaků a na straně druhé zajistit dopravní proces na požadované kvalitativní úrovni. Zkoumání kapacity infrastruktury je součástí komplexu procesů řízení kapacity. Definování core byznysu provozovatele infrastruktury ukazuje důležitost analyzování požadavků zákazníků na jedné straně a optimální stupeň využití kapacity na druhé straně.

5.1 ZKOUMÁNÍ KAPACITY ŽELEZNIČNÍ DOPRAVNÍ CESTY V OPEN ACCESS

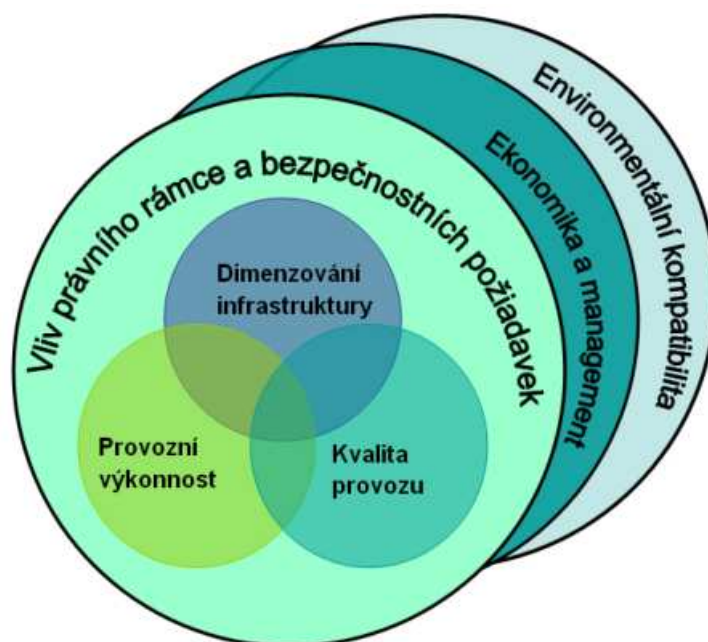
Infrastruktura je pro provozovatele železniční infrastruktury základním výrobním faktorem. Z tohoto důvodu zkoumání kapacity železniční infrastruktury a následně její poskytnutí je jeho základním zájmem. V zásadě je možné konstatovat, že na zkoumání kapacity železniční infrastruktury ovlivňují:

- konfigurace kolejíště a zabezpečovacích systémů,
- provozní výkonnost a
- kvality provozu.

Jde o komplex faktorů, které je nutné zkoumat v právním rámci, daných ekonomických podmínkách (náklady na infrastrukturu a její zpoplatnění) a environmentální požadavky.

Dimenzování infrastruktury, provozního výkonu a kvality provozu jsou vzájemně závislé. Pokud jsou známy dvě veličiny, třetí může být odvozena. Bezpečnostní požadavky a obecné ekonomické rámcové podmínky tak ekologická omezení jsou dány vnějším prostředím (viz obr. 20).

Nároky a požadavky na železniční infrastrukturu a pohled na ni jako takovou závisí na postavení na železničním trhu. Různé pohledy na kapacitu infrastruktury z hlediska potřeby trhu, plánování infrastruktury, plánování JŘ a samotné realizace provozu jsou uvedeny v tab. 4.



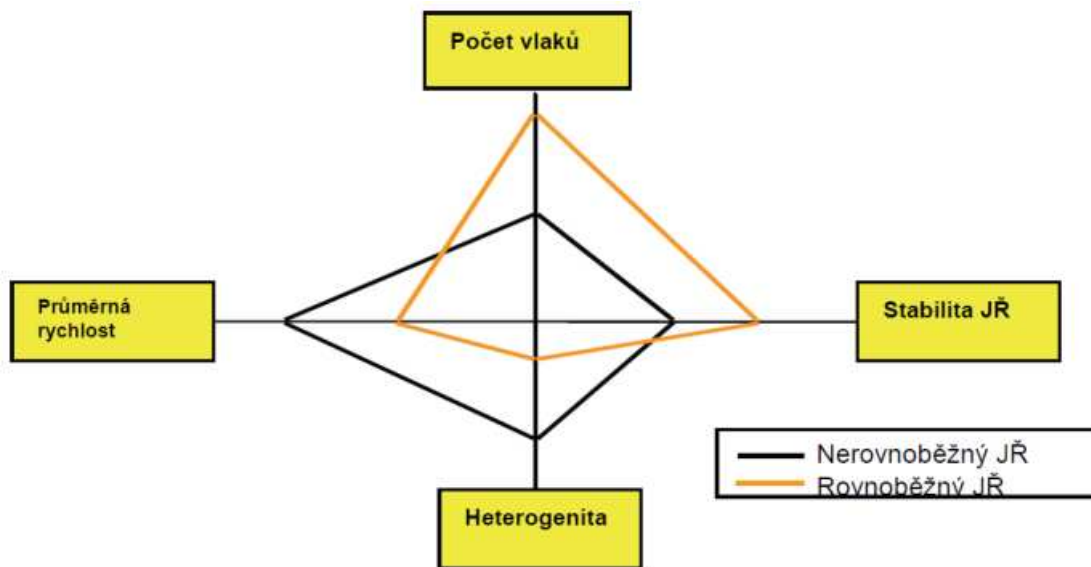
Zdroj: Hansen, Pachel, 2008

Obr. 20. Rámcové vlivy působící na zkoumání kapacity železniční dopravní cesty

Tab. 4. Různé pohledy na kapacitu železniční infrastruktury

Trh (potřeba zákazníka)	Plánování infrastruktury	Plánování JŘ	Provoz
Očekávaný počet vlakových tras	Očekávaný počet vlakových tras (průměr)	Požadovaný počet vlakových tras	Skutečný počet vlaků
Očekávaná struktura vlakové dopravy	Očekávaná struktura vlakové dopravy a rychlost vlaků (průměr)	Potřebné zmixování různých druhů vlaků a jejich rychlostí	Skutečná struktura vlakové dopravy a rychlosti vlaků
Potřebná kvalita infrastruktury	Očekávané předpoklady zatížení infrastruktury	Existující předpoklady infrastruktury	Skutečné předpoklady infrastruktury
Co nejkratší jízdní doby	Záložní doba	Záložní doba	Zpoždění z důvodu provozních poruch
Realizace všech krátkodobých a dlouhodobých potřeb trhu na dosáhnutí optimálního zatížení	Strategie údržby	Časové rezervy na údržbu Přípoje ve stanicích Časové prvky JŘ	Zpoždění z důvodu plánovaných výluk Přenesená zpoždění (přípojové vazby) Dodatečná kapacita získaná nevyžitím záložní doby

Zdroj: upraveno podle Vakhtel, 2002



Zdroj: Brejcha, 2011

Obr. 21. Balanční vyžití kapacity

Kapacita je na dané infrastruktuře ovlivňována těmito faktory:

- počet vlaků za určitý časový interval,
- průměrná rychlost,
- stabilita vlakové dopravy (schopnost likvidace prvotního zpoždění a jeho nepřenášení na jiné vlaky),
- heterogenita, tj. při velkém počtu různých jízdnicích dob a jejich velkých rozdílech stoupá využití kapacity.

Vztah mezi jednotlivými faktory, které ovlivňují využití kapacity, je znázorněn na obr. 21, který představuje kvalitativní model využití kapacity. Jednotlivé faktory jsou vzájemně propojeny v počátku souřadnicového systému. Hodnota každého faktoru je vyjádřena polohou úsečky na ose od počátku souřadnicového systému, přičemž spojení těchto bodů úsečkami a vytváří čtyřúhelník, který představuje míru využití kapacity. Využití kapacity je definováno polohami čar na osách. Zvýšení jednoho faktoru znamená i zvýšení využití kapacity infrastruktury. Je zřejmé, že při smíšené vlakového provozu má vyšší vliv na využití kapacity průměrná rychlost vlaků a jejich rozmanitost. Při rovnoběžném JŘ by měla na využití kapacity infrastruktury větší vliv stabilita a četnost spojů. (Vakhtel, 2002)

Další pohled na infrastrukturu se objevuje v požadavcích vznikajících z hlediska trhu s vlakovými trasami, plánování infrastruktury, JŘ a provozu. Zatímco požadavky trhu jsou orientovány na splnění špičkových hodnot, tak plánování infrastruktury se zaměřuje na její rentabilní využití. Kapacita z hlediska JŘ vychází z porovnání mezi danou infrastrukturou a stávajícími požadavky na vlakové trasy. Kapacita infrastruktury z provozního hlediska se stále mění a závisí na aktuální použitelnosti infrastruktury, počtu dodatečných tras, zpoždění, odklonů a stavebně - rekonstrukčních prací. Na velikost kapacity působí i následující faktory:

- *priorita* - existují předpisy o prioritě ovlivňující velikost kapacity, čímž se může stanovit poměr zpoždění. Provozovatel infrastruktury nemůže přímo ovlivňovat tyto předpisy, ale může vydávat doporučení pro jejich vypracování,

- *struktura JŘ* (integrované JŘ a taktové JŘ, v nichž je omezena pružnost tvoření tras vlaků),
- *proces přidělování kapacity* (hlavně mezinárodní trasy kvůli různorodosti metodik a plánování přidělování vlakových tras),
- *konstrukční pravidla JŘ* (opět především mezinárodní doprava z důvodu různých konstrukčních metod, různorodosti přírážek a pod.),
- *bezpečnostní aspekty a technické požadavky* (různorodost zabezpečovacích systémů, možnost dopravy jen po určitých tratích apod.),
- *životní prostředí* (omezení emisí hluku na některých tratích v určité části dne a určení vybraných tratí pro přepravu nebezpečných věcí).

Podmínkou pro kvalitní analýzu využití kapacity železniční infrastruktury je výběr vhodných traťových úseků, na kterých bude provedena simulace a analýza procesem zhušťování a vkládáním dodatečných tras vlaků. Výsledky na krátkých úsecích tratí se mohou podstatně lišit od výsledků na delších úsecích tratí. Obecně se doporučuje proces zhušťování provádět na kratších úsecích a proces přidávání dodatkových tras na delších úsecích tratě.

Využití kapacity železniční infrastruktury je analyzované dále podle následujícího algoritmu (upraveno podle Gašparík, Kolář, 2017):

1. přistoupí se ke zhuštění tras vlaků obsažených v nákresem JŘ,
2. stupeň využití infrastruktury K (%) vyplývající z tohoto zhuštění je porovnán s doporučenou hodnotou obsazení pro danou trať (viz tab. 3),
3. jestliže stupeň využití infrastruktury K (%) je stejný nebo vyšší než tato doporučená hodnota obsazení stanovena pro zkoumaný typ tratě (tab. 3), tak infrastruktura se považuje za přetíženou a nemůže se vložit žádná dodatečná trasa,
4. pokud obsazení infrastruktury je nižší než doporučená hodnota, přistupuje se k dalším etapám algoritmu zjištění kapacity,
5. vloží se dodatkové trasy vlaků doporučené pro daný traťový úsek (převládající druh vlaků), přičemž trasy se vkládají tak, aby nedocházelo ke konfliktům s ostatními vlaky, přičemž trasy vlaků základního JŘ jsou fixní,
6. pokud toto vložení není možné, grafikon je saturovaný a kapacita infrastruktury se považuje za ztracenou nebo nevyužitou,
7. pokud je vložení dodatečných tras možné, tak část zbytkové kapacity je využitelná, a následně se provede nová analýza na základě zhuštění,
8. tento postup se provádí tak dlouho, dokud se nedosáhne stavu přetížení infrastruktury, respektive do okamžiku, kdy není možné přidat novou trasu.

Počet dodatečně vložených vlakových tras (spolu s vlaky dle potřeby) představují volnou kapacitu daného traťového úseku. Tato je v souladu s legislativou EU publikována provozovatelem infrastruktury v prohlášení o dráze (SŽDC, 2014b). Na rozdíl od směrnice D24 (SŽDC, 1965) je třeba výsledky předchozích výpočtů porovnat s určitou standardní hodnotou, která je závislá na typu zkoumané tratě. Problémem je, že ani tuto standardní hodnotu nelze určit jednoznačně, protože zde působí více dalších faktorů, které mohou tuto hodnotu ovlivnit. Jedná se například o spolehlivost infrastruktury a vozidel, vzájemné

závislosti mezi zkoumaným traťovým úsekem a úseky na tento úsek navazujícími, úroveň kvality vyžadovaná dopravci (např. sjednání možnosti vynechání spoje při zpoždění), rozpětí jízdních dob, počet vlaků za hodinu, konkrétní délka traťového úseku a konkrétní možnosti křížování a předjíždění na tomto traťovém úseku. Proto jsou v tab. 5 uvedeny jenom orientační doporučení hodnoty využití kapacity železničních tratí.

Tab. 5. Příklady řešení některých konfliktů

Konflikt	Sled kroků k řešení konfliktu
Nedodržení staničního intervalu na vjezdovém záhlaví	použije se variantní vlaková cesta použije se jiná staniční kolej vlak zastaví / prodlouží pobyt v předchozí dopravně (zastávce)
Nedodržení staničního intervalu na odjezdovém záhlaví	použije se variantní vlaková cesta použije se jiná staniční kolej vlak ve stanici zastaví / prodlouží pobyt
Současné obsazení nádražní koleje dvěma vlaky	použije se jiná staniční kolej vlak zastaví / prodlouží pobyt v předchozí dopravně (zastávce)
Současné obsazení traťové koleje dvěma vlaky	vlak zastaví / prodlouží pobyt v předchozí dopravně (zastávce)
Délka vlaku je větší než délka koleje	použije se jiná staniční kolej vlak zastaví / prodlouží pobyt v předchozí dopravně (zastávce) vlak dopravnou projíždí

Zdroj: Šotek, Bachratý, 2004

Do modelu se zapracovává předpokládaná struktura vlaků včetně jízdních dob a stanovení časových poloh, dále omezující podmínky (zejména provozní intervaly a následná mezidobí, popř. omezení infrastruktury). Následně se provádí určitý počet simulačních kroků (zpravidla tři až pět, pro rozsáhlejší modely i desítky), přičemž každý běh si lze představit jako realizaci sestaveného JŘ v provozu. Jednotlivé vlaky jsou přitom „zatíženy“ náhodným zpožděním (s tím, že je použito např. exponenciální rozdělení pravděpodobnosti, které odpovídá reálnému provozu – kratší zpoždění se vyskytuje častěji než delší). Během procesu simulace se řeší konflikty vzniklé v důsledku zpoždění, čímž dochází k následným (druhotným) zpožděním u dalších vlaků, ale současně dochází i k postupné eliminaci zpoždění tím, že jsou přiměřeně kráceny jízdní doby a pobyty zpožděných vlaků. Po provedení simulace se pro každý simulační běh vypočte poměr součtu zpoždění všech vlaků na výstupu ze sledovaného úseku a součtu zpoždění na jeho vstupu dle vztahu:

$$K_s = \frac{\sum p_{výst}}{\sum p_{vstup}} \quad [-] \quad (22)$$

kde:

- K_s koeficient stability [-]
- $p_{výst}$ výstupní zpoždění na výstupu [min]
- p_{vstup} vstupní zpoždění na vstupu [min]

Výsledná průměrná hodnota koeficientu stability, která je vypočítána za všechny provedené simulace, je základem pro posouzení, zda zkoumaná infrastruktura odpovídá předpokládanému rozsahu dopravního provozu. Koeficient stability JŘ je bezrozměrné číslo. Pokud $K_s \leq 1$ hovoříme, že JŘ je stabilní, pokud přesahuje hodnotu 1, tedy $K_s > 1$, říkáme, že JŘ je nestabilní. Tehdy je hodnota součtu zpoždění na výstupu ze sledovaného traťového úseku větší, než na jeho vstupu. To znamená, že v analyzovaném traťovém úseku nabírají vlaky zpoždění.

Podmínkou provedení analýzy s dobrou vypovídací hodnotou je disponovat kvalitním simulačním nástrojem s funkčním modulem výpočtu časových prvků JŘ, umožňující generování náhodných narušení a řešení konfliktů změnou pořadí tras vlaků. V rámci simulačního chodu je tedy třeba co nejvěrněji reflektovat reálný provoz do simulačního chodu (změna dopravních kolejí ve stanici, změna pořadí vlaků apod.). Důležité je také správné pochopení a aplikace principů kompresní metody (grafické zhušťování tras vlaků v JŘ) zejména na jednokolejně trati, kde její použití je značně omezeno charakterem jednokolejných JŘ.

Výsledky a průběh simulačního běhu ovlivňují zejména:

- výběr traťového úseku na zkoumání,
- přiblížení simulace reálného provozu ke skutečnému řízení narušené dopravy,
- nastavení parametrů simulačního modelu, hlavně důležitosti vlaků podle druhu,
- správná aplikace kompresní metody pro zjištění celkového času obsazení, zejména na jednokolejně trati.

Z pohledu přidělce kapacity dopravní infrastruktury je nejvýhodnější stav, kdy kapacita omezujícího prvku je téměř vyčerpána při současném vyhovění všem požadavkům jednotlivých objednaných kapacit dopravní cesty. V takovém případě je třeba zhodnotit důsledek potencionální další žádosti o přidělení kapacity dopravní cesty. V případě zamítavého stanoviska na žádost z důvodu vyčerpání kapacity je povinností manažera infrastruktury začít realizovat kroky a postupy vedoucí k navýšení současné kapacity.

Nejobtížnější z hlediska kapacity je situace, kdy omezující prvek je kapacitně zcela vyčerpán, nicméně je po něm žádána další (doposud neexistující) kapacita. Zde jsou dvě možnosti řešení. Možností z hlediska kapacity (i když zároveň téměř vždy i finančně náročnější možností) je realizace opatření ke zvýšení kapacity. Tato opatření lze rozdělit na čtyři základní skupiny a to (Molková a kol., 2010):

- provozně-organizační,
- stavebně-rekonstrukční,
- změny v oblasti zabezpečovacího zařízení,
- změny v oblasti vozového parku.

Provozně-organizační opatření spočívají ve zlepšení technologie a úrovně řízení na již existujících provozních zařízeních, aby provozní prostředky byly lépe využity a organizace dopravy byla efektivnější. Tato opatření nekladou nároky na investice a jsou realizovatelné ve velmi krátkém čase. Jejich dopad na zvýšení kapacity je však omezený. Mezi provozně organizační opatření patří například vhodná úprava jízdního řádu či zrychlené provázení vlaků omezujícím úsekem.

Mezi **stavebně-rekonstrukční opatření** jsou zahrnuty veškeré změny v technickém vybavení a stavebním uspořádání tratí, dopraven, aj. Takováto opatření vyžadují náročnou technicko-ekonomickou dokumentaci a projekční přípravu. Stavebně- rekonstrukční opatření jsou finančně nákladná, časově náročná, z hlediska zvýšení kapacity však velmi účinná. Mezi stavebně-rekonstrukční opatření lze zařadit např. změnu počtu traťových kolejí či úpravy staničních zhlaví.

Změny v oblasti zabezpečovacího zařízení (ZZ) spočívají v zavádění moderních zařízení, která se zvýšením kapacity přinášejí zároveň i zvýšení úrovně bezpečnosti provozu a většinou i snížení tzv. živé práce. Jsou finančně nákladné a časově náročné. Jejich přínos pro zvýšení kapacity je však značný. Kromě toho dochází zpravidla v souvislosti se změnou ZZ i ke zlepšení pracovních podmínek provozních pracovníků. Zvyšují se však nároky na údržbu a kvalitu kontrolní činnosti. Mezi změny v oblasti ZZ lze uvést např. modernizaci staničního ZZ, nebo zavedení dispečerské centralizace.

Změny v oblasti vozového parku spočívají především ve zdokonalení trakčních vozidel a vozů.

Tab. 6. Orientační hodnoty procentuálního zvýšení propustné výkonnosti mezistaničního úseku

Popis opatření na zvýšení propustnosti		Rozpětí (%)	Střed (%)
A. Jednokolejný mezistaniční úsek			
1.	Provozně-organizační opatření	2–4	3
2.	Vybudování elektronického stavědla	5–10	7
3.	Vybudování automatického hradla	8–15	12
4.	Vybudování automatického bloku	20–25	22
5.	Zvýšení počtu dopravních kolejí v dopravně	30–40	35
6.	Vybudování výhybny	30–60	45
7.	Vybudování výhybny s více než dvěma dopravními kolejemi a automatického bloku do mezistaničního úseku	45–60	55
8.	Vybudování vložky pro letmé křížování a automatického bloku do mezistaničního úseku	60–90	75
9.	Vybudování druhé traťové koleje	(1 směr) 75–100	88
B. Dvukolejný mezistaniční úsek			
1.	Vybudování automatického hradla	110–170	140
2.	Vybudování automatického bloku	150–230	190
3.	Vybudování třetí koleje (v porovnání s dvukolejnou tratí)	190–210	200

Zdroj: zpracováno podle Molková a kol., 2010, Gašparík, Šulko, 2016

Často se jednotlivé druhy opatření kombinují, neboť jednotlivá opatření jsou různě účinná a různě finančně nákladná. Vždy je potřeba znát předem rozsah změny kapacity.

Opačný případ je, když je přebytek kapacity. V tom případě se správce infrastruktury snaží navrhnout opatření vedoucí ke snížení kapacity. Z hlediska praxe je nejčastěji aplikováno rušení dopravní služby v dopravných a rušení dopraven.

Orientační přehled údajů procentuálního zvýšení propustné výkonnosti mezistaničního úseku je uveden v tabulce 6. Za výchozí stav (100 %) je vzat jednokolejný mezistaniční úsek, jednoduché převážení vlaků, mechanické, případně elektromechanické staniční zabezpečovací zařízení a telefonický způsob dorozumívání. Údaje vztažené na jednokolejný mezistaniční úsek je nutno chápat jako zvýšení o uvedený počet procent. Při dvoukolejném provozu jsou údaje vztaženy na každou traťovou kolej zvlášť.

5.2 OPTIMÁLNÍ PROSPUSTNOST A KAPACITA ŽELEZNIČNÍ DOPRAVNÍ CESTY

Cílem hlavní činnosti (core business) provozovatele infrastruktury je poskytnout nejen co největší kapacitu, tedy prodat co největší počet tras vlaků, ale také zajistit kvalitu vlakové dopravy. Infrastruktura je pro manažera železniční infrastruktury základním výrobním faktorem. Z tohoto důvodu zkoumání kapacity znamená poznání velikosti potenciálu poskytování služeb.

Zájem provozovatele infrastruktury se soustřeďuje zejména na (Gröger, 2002):

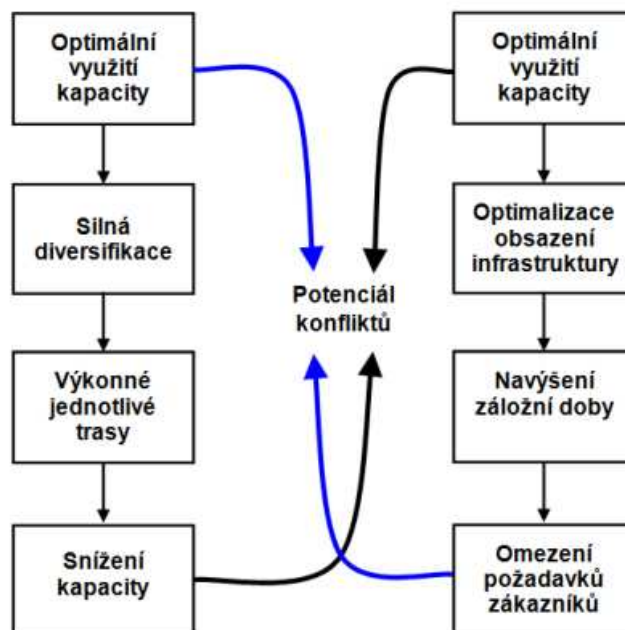
- co nejefektivnější využití kapacity železniční infrastruktury,
- snižování nákladů v oblasti údržby a rekonstrukce železniční sítě,
- modernizace vybraných tratí zařazených do mezinárodních evropských koridorů.

Hlavním požadavkem zákazníků provozovatele infrastruktury (železničních podniků) je dostat požadovanou kapacitu v požadovaném čase. Pro hodnocení dopravních systémů obecně mají časové aspekty mezi jinými kvalitativními kritérii významnou roli.

Požadavky železničního podniku na časová kritéria můžeme podrobněji specifikovat následovně:

- co nejkratší dobu přepravy (nebo co nejvyšší cestovní rychlost), z toho vyplývá implicitně co nejkratší dobu čekání v dopravním procesu,
- vysoká přesnost jízdy vlaků (eliminace odchylek od plánu),
- pravidelnost (především taktový jízdní řád - konstantní časové odstupy za sebou následujících vlaků).

Mezi těmito požadavky jsou komplexní, často rozporné vztahy. Rozpor mezi požadavky na vyšší cestovní rychlost a současně vysokou přesnost ilustruje schéma na obr. 22. Z uvedeného vyplývá důležitost faktoru záložního času, který podmiňuje kvalitu dopravního procesu a zároveň kapacitu infrastruktury



Zdroj: upraveno podle Gröger, 2002

Obr. 22. Nesoulad mezi zákaznickými požadavky a využitím infrastruktury

Doba mezer (záložní čas) sice není součástí času přepravy, je však důležitým rezervním časem a podstatně ovlivňuje dobu přepravy (umožňuje rychlejší likvidaci prvotního zpoždění). Jeho vliv na plánované a neplánované časy čekání je protichůdný. Pokud se vyžaduje velký časový odstup mezi vlaky, pak na jedné straně je třeba přijmout, že se zvýší plánovaný čas čekání a tím i celkový čas přepravy. Na druhé straně při odchylkách od jízdního řádu dochází k menšímu přenášení zpoždění. Při větších zpožděních pak velký čas mezer může mít i opačný efekt, protože při kratším plánovaném sledu vlaků by změna sledu vlaků mohla přenosu zpoždění zabránit.

Z důvodu omezené dostupnosti zdrojů, kterými jsou infrastruktura, provozní prostředky a lidské zdroje, vznikají časy čekání. Jsou to kladné nebo záporné rozdíly mezi přáními zákazníka (objednavatele) a polohou trasy a zpravidla vedou k prodloužení doby přepravy. Omezená dostupnost infrastruktury se projevuje, když dva nebo více vlaků (posunujících dílů) požadují jednu část infrastruktury, resp. více úseků, jejichž společné obsazení je vyloučeno. Důsledkem je čekání z důvodu předcházení, křižování, nebo čekání před omezujícími místy na infrastrukturu (tzv. úzká místa, hrdla). Omezená dostupnost vozidel a zaměstnanců se projevuje při současných požadavcích na tyto zdroje ze strany dvou nebo více vlaků. Důsledkem je doba čekání v podobě časového posunu tak, aby bylo umožněno propojení plánovaných tras v JŘ. Analogicky k plánované době čekání, která je obsažena v JŘ, existuje neplánovaná doba čekání, jako rozdíl mezi skutečnou dobou čekání v reálném provozu a plánovanou dobou čekání. Měření kvality reálného provozu je definováno neplánovanými dobami čekání, které vznikají z překážek během provozního procesu. Neplánované doby čekání jsou značně závislé na počtu vlaků na infrastruktuře a jejich následných mezidobí.

Významným problémem při zkoumání kapacity železniční infrastruktury je určení **optimální (doporučené) oblasti dopravního toku** (propustnosti, počtu vlakových tras). Do jaké míry je možné při různých druzích vlaků zvyšovat počet vlaků a úsekovou rychlost tak, aby čas čekání byl minimální, případně žádný, je možné vyjádřit pomocí **dopravní energie**, kterou definujeme jako součin propustnosti a rychlosti (vl/h·km/h).

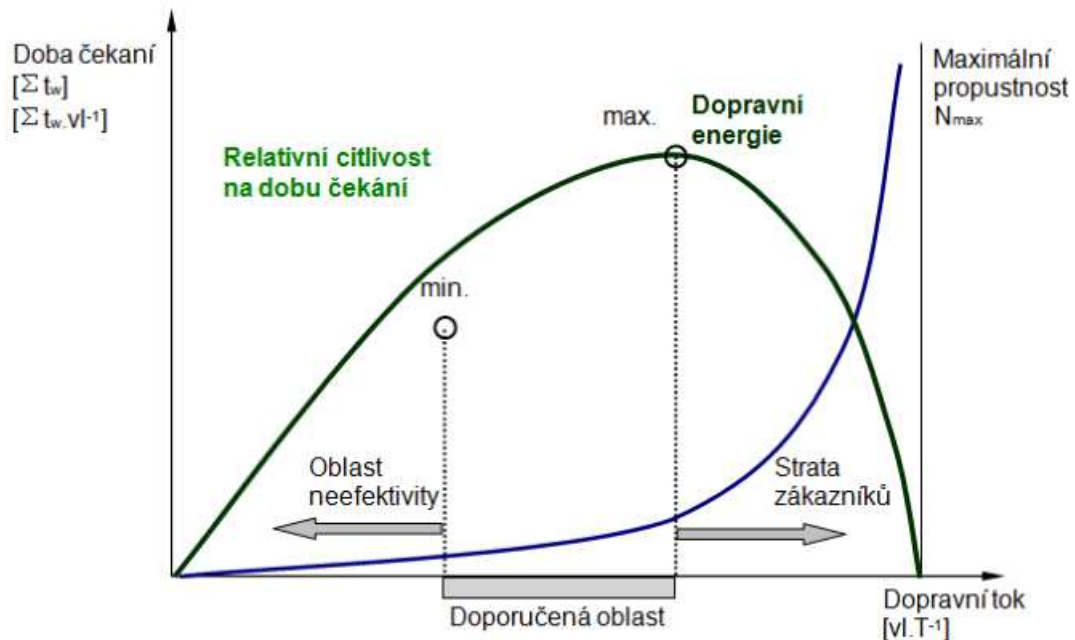
Dopravní energii můžeme zvětšovat jen do určitého bodu, od kterého začne přepravní energie klesat, dostává se do ztrátového pásma, kde již není možné obchodovat s vlakovými trasami. Průměrná úseková rychlost odráží nejen jízdní časy, ale i časy čekání. Na obr. 23 je znázorněna závislost dopravní energie, relativní citlivosti na čas čekání a maximální propustnosti od času čekání a dopravního toku. V této závislosti lze definovat doporučenou oblast obchodování s vlakovými trasami (počet vlakových tras jako dopravní tok). Dolní hranice doporučené oblasti dopravního toku je dána minimální hodnotou funkce relativní citlivosti času čekání (vlevo). Horní hranicí (vpravo) je maximální hodnota tzv. funkce dopravní energie, kterou poprvé popsal Hertel (1992). Je třeba si uvědomit, že každá časová přírážka (čas mezer) sice snižuje riziko odchylek od plánovaného trvání doby přepravy, současně však čas přepravy prodlužuje. Rozpor je možné vidět i mezi požadavkem na vysokou frekvenci spojů a zároveň krátkým časem přepravy. S rostoucím počtem vlaků se zvyšuje zatížení tratě a s tím přibývá konfliktních situací (viz schématické vyjádření nesouladu mezi zákaznickými požadavky a využitím infrastruktury). Křížování a předcházení jsou častější, při zpoždění jednoho vlaku dochází k jeho přenosu na jiné vlaky ve větší míře než při menším rozsahu dopravy. Při zkoumání časových aspektů dopravního procesu existují problémy, kterým není věnována patřičná pozornost, a zároveň mají vliv na efektivitu poskytování kapacity železniční infrastruktury.

Dosáhnout **optimální dopravní tok** na infrastruktuře v čase (optimální kapacitu) představuje pro provozovatele infrastruktury využívat při přidělování tras vlaků marketingové nástroje na usměrnění dopravního toku v čase tak, aby se co nejvíce přiblížil definované optimální hodnotě.

Snahou je vytvořit komplexní, účinný a motivující systém, který by sestával jednak z technologických postupů, jakož i z cenové politiky. Možnými marketingovými nástroji pro dosažení optimálního dopravního toku, a tedy stabilního JŘ, jsou:

- přidělování vlakové trasy v závislosti na její časové poloze, to znamená poskytnutí výhodnějších podmínek přidělení trasy v dopravním sedle,
- zohlednění energetické náročnosti trasy (znevýhodnění vlaků s hnacími vozidly nezávislé trakce na elektrifikovaných tratích, zvýhodnění vlaků dopravovaných novými hnacími vozidly),
- rozsah použití doplňkových služeb,
- odchylky od časové trasy, tj. sankce při zpoždění způsobeném železničním podnikem, ale i bonusy za zpoždění, které zavinil provozovatel infrastruktury,
- sankce za nevyužití přidělené kapacity,
- přísnější podmínky při přidělování kapacity v režimu „ad-hoc”,
- zohlednění hmotnosti vlaku (změna ve struktuře poplatku zohledňující ukazatel hmotnost vlaku, zvýhodnit nové hnací a přípojné vozidla např. ne starší než pět let),

- hlavní myšlenkou inovace postupu přidělování kapacity infrastruktury je přijmout takový systém přístupu na infrastrukturu a její zpoplatnění, který by vedl k rovnoměrnějšímu zatížení železniční dopravní cesty zejména z časového hlediska.



Zdroj: Hansen, Pachel, 2008

Obr. 23. Optimální dopravní tok

Železniční podniky si objednávají vlakové trasy v rámci dlouhodobého přidělování nebo operativní v režimu „ad hoc“. Správce železniční infrastruktury má při poznání kapacitních možností na základě definovaného konceptu managementu kapacity přehled o využívání kapacity podle jednotlivých traťových úseků na celé síti a zároveň v čase. Snaha o efektivní využívání železniční dopravní cesty vede k dosahování optimálních hodnot dopravního toku a zároveň ziskovou oblast při přiděleném počtu vlakových tras. Dosáhnout optimální dopravní tok v době představuje pro provozovatele infrastruktury využívat v managementu kapacity a při přidělování vlakových tras marketingové nástroje na ovlivnění dopravního toku v čase tak, aby se co nejvíce přiblížil definované optimální hodnotě. První oblastí jsou technické podmínky přístupu k infrastruktuře a druhou, velmi významnou oblastí je systém zpoplatnění přístupu k železniční dopravní cestě.

Definované **procesy řízení kapacity** jsou uvedeny v příloze 1. V zahajovacím procesu objednání vlakové trasy železniční dopravní podnik vstupuje do vztahu s provozovatelem infrastruktury. Cílem železničního dopravního podniku je požádání o přidělení kapacity a výsledkem provozovatele infrastruktury je samotné přidělení vlakové trasy. Objednávka se uskutečňuje na základě plánování (proces schvalování JŘ) resp. přidělení „ad hoc“ tj. operativně, na základě volných tras, na základě navržené posloupnosti podprocesů a činností, které jsou součástí ucelených procesů managementu kapacity.

Druhý proces strategický dialog a poradenská fáze je v navrhované metodice tvořený činnostmi, které podporují prvotní definování základních parametrů žádané služby - výběr druhu vlaku, územní hledisko, pravidelnost jízdy v požadované trase, směrování vlaku po infrastruktuře, definování technických normativů vlaku. Zároveň se posoudí výběr druhu trakce, přičemž metodika počítá s motivací dopravců na využívání závislé trakce na elektrizovaných tratích a také podporuje využívání nových, moderních hnacích vozidel.

Další skupina činností tvoří proces koordinace a řešení konfliktů, který je tvořen činnostmi zajišťujícími kapacitní analýzy podle definovaných metodik. V této fázi je třeba vypočítat tachogram jízdy vlaku a tedy pravidelné jízdní časy odpovídající stanoveným technickým normativem a složení vlaku. Výstupem analýzy kapacity je potvrzení stability JŘ se všemi umístěnými trasami na zkoumaných traťových úsecích a tedy potvrzení umístění požadované vlakové trasy.

Proces přidělení kapacity se završí samotným přidělováním kapacit a zároveň konstrukcí grafikonu vlakové dopravy, ve kterém je přesně časově vymezena trasa časovou polohou v jednotlivých dopravnách.

6 PROGRESIVNÍ PŘÍSTUPY V ŘÍZENÍ KAPACITY ŽELEZNIČNÍ DOPRAVNÍ CESTY

Výsledky zkoumání v oblasti řízení kapacity železniční dopravní cesty je potřeba aplikovat v reálném provozu. Na základě pojmenování hlavních problémů ve využívání kapacity a přidělování tras v podmínkách železniční sítě SŽDC budou definovány nové přístupy v analýze kapacity a stanoveny metodické postuláty pro nové přístupy v řízení kapacity.

6.1 SOUČASNÁ PROBLEMATIKA KAPACITY ŽELEZNIČNÍCH TRATÍ SŽDC

V posledním období je na síti SŽDC vloženo do NJŘ téměř 14 tisíc vlakových tras. Pro ilustraci je v tabulce 6.1 uveden počet tras podle druhů vlaků přidělených v celoročním JŘ 2014 na tratích SŽDC.

Tab. 7. Počty vlakových tras na síti SŽDC podle komerčních druhů obsažených v JŘ 2013

Ukazatel	Počet vlakových tras
Osobní vlaky (Os)	7 984
Spěšné vlaky (Sp)	357
Rychlíky (R, Rx)	442
Vlaky vyšší kvality (EC, EN, Ex, IC, LE, SC, railjet)	173
Nákladní expresy (Nex)	315
Průběžné nákladní vlaky (Pn)	680
Manipulační a vlečkové vlaky (Mn, Vleč)	828
Soupravové vlaky (Sv)	499
Lokomotivní vlaky (Lv)	500
Katalogové (nabídkové) trasy	1 926

Zdroj: Výroční zpráva SŽDC, 2014a

Současnou praxi v přidělování kapacity železniční dopravní cesty na SŽDC lze charakterizovat těmito okruhy problému:

- uplatňování integrovaného taktového jízdního řádu u vlaků osobní dopravy,
- preference nákladních vlaků s požadavky na nabídkovou nebo pravidelnou trasu zařazenou do nákladních koridorů (RFC),
- nedostatek výkonných vlakových tras pro vlaky nákladné dopravy na tranzitních koridorech,
- nárůst požadavek na „ad hoc“ trasy v nákladní dopravě.

Celkově je kapacita dopravní cesty důležitá zejména na hlavních tazích nákladní dopravy. V době, kdy je kladen důraz na přesnost a systematičnost železniční osobní dopravy (taktový jízdní řád – a to vlaků všech kategorií), jsou vlaky nákladní dopravy upořádovány. Přitom i na vlaky nákladní dopravy jsou mnohdy kladeny požadavky na přesnost jízdy, zejména na kontejnerové vlaky do přístavů, kde je rejdaři vyžadován příjezd s tolerancí do 15 minut. Plně využitá kapacita železniční dopravní cesty představuje problémy na některých úsecích

železniční síť SŽDC již nyní. Úseky s vyčerpanou kapacitou a s vlivem na nákladní dopravu na síti SŽDC jsou schematicky vyznačeny na mapě v příloze 2.

6.1.1 Uplatňování integrovaného taktového jízdního řádu u vlaků osobní dopavy

Vylepšení nabídky v osobní dopravě přineslo vyšší nároky na kapacitu, zejména při uplatňování integrovaného taktového jízdního řádu (ITJŘ – blíže viz část 6.2.2).

Problematickým bodem v rámci liberalizace železniční dopavy, který souvisí s udržováním počtu hnacích vozidel na minimu možného stavu, jsou mimořádné události. Dopravci zpravidla nedisponují vhodnými vozidly pro jízdu odklonem. Dřívější unitární železniční podnik disponoval hnacími vozidly pro nezávislou trakci, více systémovými lokomotivami a podobně, které bylo možné pro takové jízdy využít (neplatí jen pro nákladní dopravu).

Na trase Praha – Ostrava se na kapacitě výrazně projevuje stávající trend zkracování délky vlaků dálkové osobní dopavy s jejich narůstající frekvencí v důsledku liberalizace železničního trhu („open access” přístupu). Realizace modernizace prvního a zejména druhého koridoru probíhala nedávno, oba ještě nejsou zcela dokončeny a již nyní jejich kapacita přestává dostačovat. Je to vidět zejména u prvního koridoru, kde se omezení nachází prakticky v kterémkoli místě. Navíc se problém nedostatečné kapacity přesunul z jednokolejných tratí i na tratě dvou- a více Kolejné. Z této situace vyplývá jasná potřeba plánovat dopravní infrastrukturu pro budoucí rozsah dopavy a koncept dopavy.

6.1.2 Upozad'ování vlaků nákladní dopavy na železničních koridorech a v uzlech

K podpoře nákladní dopavy bylo vydáno i Nařízení EP a Rady (EU) č. 913/2010 o evropské železniční síti pro konkurenceschopnou nákladní dopravu, kde se uvádí, že: „na základě posouzení... provozovatelé infrastruktury příslušného koridoru pro nákladní dopravu... společně definují a organizují mezinárodní předem plánované vlakové trasy pro nákladní vlaky, přičemž zohlední potřebu kapacity pro jiné segmenty železniční dopavy, včetně osobní dopavy.“ A dále: „Je-li to odůvodněno potřebami trhu a posouzením..., provozovatelé infrastruktury společně definují rezervní kapacitu pro mezinárodní nákladní vlaky provozované v koridorech pro nákladní dopravu..., aby mohli rychle a přiměřeně reagovat na žádosti ad hoc o kapacitu...“.

S kapacitou tratí jako liniových staveb úzce souvisí i kapacita jednotlivých terminálů, kdy nedostatečná kapacita dopravních kolejí ve stanicích může způsobit odmítnutí přijetí vlaku a jeho čekání v nácestných stanicích, což způsobí další snižování kapacity tratí (navíc neproduktivně). Ilustračním případem může být seřad'ovací nádraží Česká Třebová.

Dochází k trvalé kumulaci jízd vlaků dálkové i regionální osobní dopavy do časového okna mezi 6:00 h až 21:00 h.

V této době se také osobní dopava stává nejvíce omezujícím prvkem v propustnosti tratí z pohledu dopavy nákladní, jak vyplývá z následujícího rozboru.

Pro krátkou případovou studii byl vybrán úsek dvoukolejné tratě Záboří nad Labem – Řečany nad Labem, který je charakterizován těmito znaky:

- dvoukolejná trať je po obnově bez omezení rychlosti ze stavebních důvodů (koridorová trať),

- trať je vybavena plně automatickým traťovým i staničním zabezpečovacím zařízením, s dosahováním krátkých staničních i traťových intervalů,
- traťový úsek leží spojnici důležitých průmyslových a sídelních center Ostrava - Olomouc – Pardubice – Praha,
- na trati je realizována jak osobní regionální doprava, tak i dálková expresní a rychlíková doprava,
- na trati je realizována mezistátní nákladní doprava i relační Pn vlaky,
- drtivá většina vlaků oběma stanicemi ohraničujícími zkoumaný mezistaniční úsek projíždí bez zastavení,
- takt zastávkových vlaků Os je 60 minut.

Základním postulátem pro přidělování tras v JŘ i pro přímé řízení pohybu vlaků je, že osobní doprava má vždy přednost před dopravou nákladní.

Z důvodu preference osobní dopravy v přidělování tras v grafikonu vlakové dopravy lze uplatnit předpoklad, že jakýkoli nákladní vlak může být trasován až v okamžiku, kdy nebude omezovat jízdu vlaků dopravy osobní. Problémem je doba obsazení nákladním vlakem, která je poměrně delší ve srovnání s vlaky osobní dopravy.

V JŘ 2017 jsou jízdní doby pro uvedený úsek u vlaků jedoucích ve směru z Prahy řádově:

- | | |
|---------------------------------|----------------|
| – Ex (EC, IC, SC, RJ, LE apod.) | 4,5 – 5,0 min, |
| – Os | 11,0 min |
| – Nex | 7,5 min |
| – Pn | 9,5 min |

K tomu je potřeba připočítat přírážky na rozjezd a zastavení v případě předjíždění ve výši 2,0 min.

Při konstrukci JŘ i v operativním provozu vypovídá stanovení následných mezidobí pro různé sledy vlaku o vlivu faktoru řazení sledu vlaků na dobu obsazení. Vlak nákladní dopravy nesmí omezit plynulost jízdy vlaku osobní dopravy.

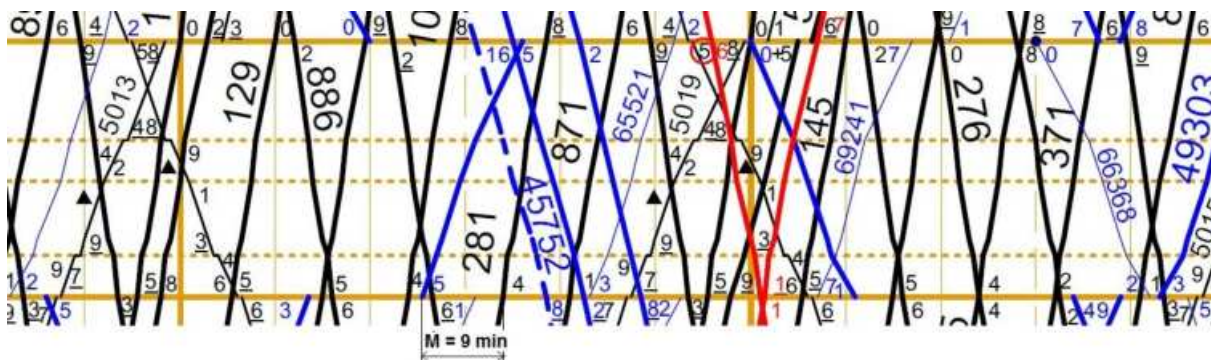
Z rozboru časových prvků jsou stanoveny tyto hodnoty následného mezidobí ve zkoumaném mezistaničním úseku:

- sled Ex – Ex 2,5 min,
- sled Ex – Nex 2,0 min,
- sled Nex – Ex 9,0 min.

Z uvedených hodnot je patrné, že minimální časová mezera mezi rychle jedoucími vlaky musí být ve výši 11,0 min, aby mohl projet vlak Nex do přední dopravní, kde bude předjížděn vlakem Ex. Následné mezidobí pro sled Nex – Ex činí 9,0 min (viz ukázkou ve výřezu NJŘ na obrázku 24). V případě, že budeme vlak Nex trasovat až do další dopravní (Přelouč), je potřeba časové mezery 11,5 min.

Rozbor zkonstruovaného NJŘ ve zkoumaném úseku hovoří, že doby mezer o hodnotě minimálně 11,0 min v tomto úseku je v špičkových hodinách průměrně 1 až 2 za hodinu. Vzájemné sledy vlaků Ex – Ex jsou přitom nejčastěji trasovány v odstavu 8 -10 min, který by

ale mohl být snížen na následné mezidobí v hodnotě 3 – 5 min (důkladnější svazkování vlaků).



Zdroj: zpracováno na podkladě SŽDC, 2016

Obr. 24. Následné mezidobí pro sled vlaků v lichém směru zastavující Nex – projíždějící Ex pro stanici Záboří nad Labem

Celkem pravidelných vlaků nákladní dopravy je trasovaných 66 vlaků / 24 hodin, vlaků podle potřeby 5 vlaků/24 hodin.

Z grafu na obrázku 25, který je histogramem četnosti vložených tras vlaků osobní i nákladní dopravy v jednotlivých hodinách, je patrné, že největší objem osobní dopravy se realizuje na tratích SŽDC v době mezi 6.00 h až 21.00 h.

Počet vložených tras vlaků osobní i nákladní dopravy v NJŘ ve zkoumaném úseku je znázorněn v příslušných tabulkách 8 a 9.

Pokud předpokládáme, že vlaky nákladní dopravy vznikají v pravidelném intervalu v průběhu celého dne, pak je patrné, že jejich jízda právě v době dopravní špičky osobní dopravy nemůže být plynulá.

Předpokládáme, že vlaky nákladní dopravy vstupují v pevných intervalech do zkoumaného úseku. Je proto třeba zkoumat časový model, reflektující posloupnost vzniku vlaků nákladní dopravy a schopnosti jejich průjezdu zkoumaným úsekem, a to i s využitím tras podle potřeby.

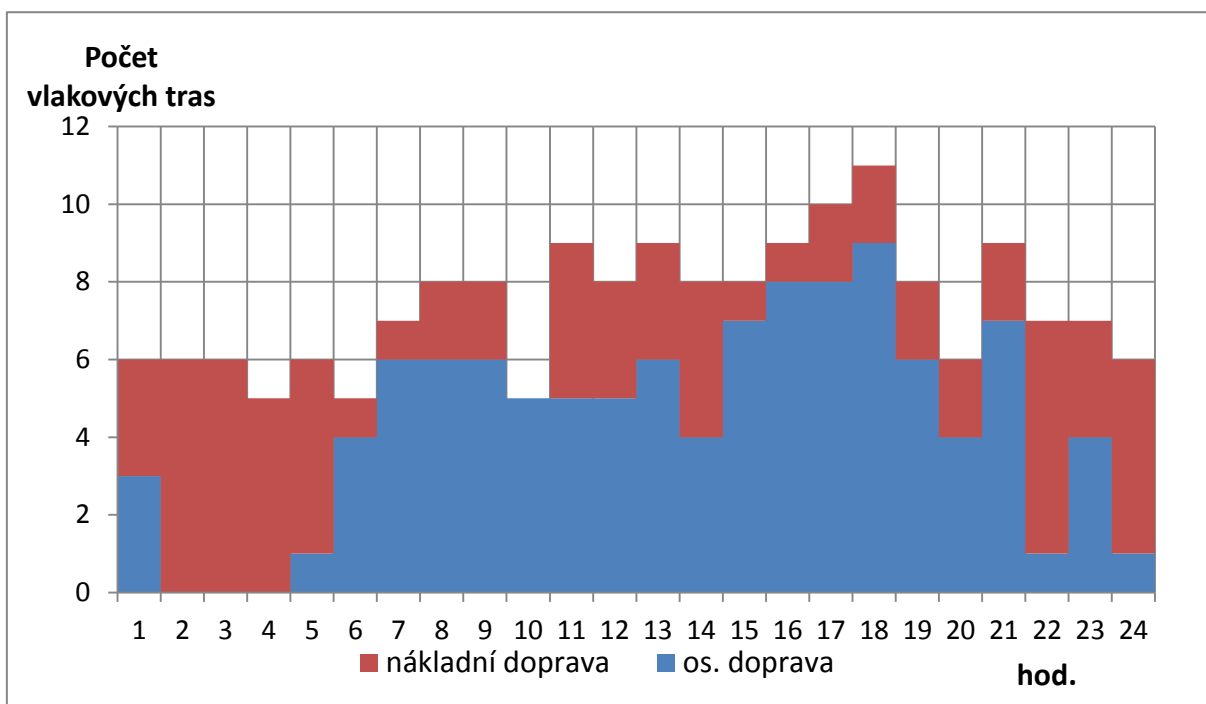
Při 66 vlacích za 24 h vzniká každou hodinu 2,75 vlaku, které je třeba dopravit. Z důvodu přesnosti celkového výsledku je modelována situace i s využitím zlomku vlaků.

Tab. 8. Početnost vlaků nákladní dopravy ve zkoumaném úseku od 0.00 h do 12.00 h

0:00 – 12:00												
Hodina	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00
Vlaky ND	3	6	6	5	5	1	0	2	2	0	3	3
Trasy podle potřeby	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
Celkem	3	6	6	5	5	1	1	2	2	0	4	3

Tab. 9. Početnost vlaků nákladní dopravy ve zkoumaném úseku od 12.00 h do 24.00 h

12:00 – 24:00												
Hodina	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	24:00
Vlaky ND	3	4	1	1	2	2	2	1	1	6	3	4
Záložní trasy:	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1
Celkem:	3	4	1	1	2	2	2	2	2	6	3	5



Obr. 25. Histogram četnosti vlakových tras v NJŘ v úseku Záboří nad Labem – Řečany nad Labem v JŘ 2017

Tab. 10. Průměrný počet zpožděných vlaků nákladní dopravy (0.00 h - 12.00 h)

0:00 – 12:00												
Hodina	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00
Vstupující vlaky ND + nedopravené	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75
K dispozici tras	0	0	0	0	0	0	1,75	3,5	4,25	5	7,75	6,5
Převis poptávky nad nabídnutými trasami	3	6	6	5	5	1	1	2	2	0	4	3
Neprovezeno vlaků	0,25	3,25	3,25	2,25	2,25	-1,75	-3,50	-4,25	-5,00	-7,75	-6,50	-6,25
	0	0	0	0	0	1,75	3,5	4,25	5	7,75	6,5	6,25

Tab. 11. Průměrný počet zpožděných vlaků nákladní dopravy (12.00 h - 24.00 h)

10:00 – 24:00												
Hodina	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	0:00
Vstupující vlaky ND + nedopravené	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75
	6,25	6	4,75	6,5	8,25	9	9,75	3,5	4,25	5	1,75	1,5
K dispozici tras	3	4	1	1	2	2	2	2	2	6	3	5
Převis poptávky nad nabídnutými trasami	-6,00	-4,75	-6,50	-8,25	-9,00	-9,75	-10,50	-4,25	-5,00	-1,75	-1,50	0,75
Neprovezeno vlaků	6	4,75	6,5	8,25	9	9,75	10,5	4,25	5	1,75	1,5	0,75

Z analýzy vyplynulo:

- při průměrné četnosti vzniku vlaků nákladní dopravy ve výchozích stanicích na síti projíždějících zkoumanou trať 2,75 vlaku/h začíná již v 8 hodin problém dopravit všechny vlaky ve zkoumaném úseku,
- počínaje 8.00 h začínají vlaky nákladní dopravy čekat v různých nácestných stanicích na průjezd vlaků osobní dopravy,
- počty čekajících vlaků dosahují v průměru 6 vlaků, po 16té hodině až 9 vlaků,
- situace se normalizuje až po 23. hodině a stabilizovaná zůstává až do 8.00 h následujícího dne,
- Součet prostojů, kterými je v průběhu celých 24 h jízda nákladních vlaků ovlivněna, činí 103 h,
- volná kapacita trati mezi 23.00 h až 4.00 h naopak využita není.

Generalizace závěrů případové studie pro kapacitu a mix vlakových tras v NJŘ tranzitních koridorů SŽDC:

- problémem je kumulace osobní dopravy v době mezi 6.00 h až 21.00 h, kdy dochází prakticky zastavení nákladní dopravy,
- v této době mohou mezi skupinami Ex, R a Os vlaky projet pouze vlaky Nex, nikoliv ale pomalejší relační Pn vlaky přepravující jednotlivé zásilky neb prázdné vozy,
- rozstup vlaků osobní dopravy v sledu 9-15 min nevytváří dostateční časové mezery pro vložení tras vlaků nákladní dopravy, je potřeba svazkování vlaků osobní dopravy stejného druhu 3-6 min,
- vlaky nákladní dopravy, které nelze provázet úsekem, musí čekat v nácestných stanicích, přičemž pro zkoumaný konkrétní úsek to znamená, že v době 16.00 h až 20.00 h musí čekat 9 vlaků v průměru 4 h,
- doba přepravní špičky se může mírně posouvat podle toho, který směr v osobní dopravě je silnější ráno a který odpoledne a také v závislosti na vzdálenosti příslušné tratě od velkých aglomerací,

- hustý sled vlaků osobní dopravy v průběhu dne zároveň nevytváří žádný prostor pro vyrovnávání mimořádností v nákladní dopravě. Pokud dojde ke zpoždění nákladních vlaků na jiných úsecích, například pro problémy na straně infrastruktury, pak se zpožděné vlaky mohou dopravit dále až po skončení dopravní špičky, většinou až v noční době s průměrným prostojem 10 h,
- vyčerpávání propustnosti tratí osobní dopravou způsobuje nákladním dopravcům měřitelné ekonomické ztráty.

Další problematické úseky je možné najít i na tratích v okolí městských aglomerací, patří mezi ně například úsek Střelice – Zastávka u Brna, Pardubice – Hradec Králové. Ty jsou však v současné době využívány pro nákladní dopravu jen okrajově. Z uvedeného vyplývá naléhavost řešení dopravní situace v okolí velkých měst. První tranzitní koridor již přestává požadavky na provoz kapacitně vyhovovat téměř v celé délce své trasy. Nákladní doprava na původním nákladním tahu přes Vysočinu (tedy Mělník, Havlíčkův Brod, Brno, Břeclav) je také výrazně narušena rozsahem osobní dopravy a to zejména v úsecích Velké Žernoseky – Sebzůn a Tišnov – Břeclav. Navíc tato trasa naráží na problém, že se na ní vyskytuje velké množství sklonově nepříznivých úseků a těžké nákladní vlaky je vhodné dopravovat s přípreží nebo postrkem. Toto však v současném liberalizovaném trhu představuje problém, protože vlastnění takových vozidel představuje vícenáklady na jejich držení i provoz, což ovšem není vzhledem k jejich minimálnímu a nárazovému využití u jednoho dopravce ekonomicky únosné. Za úvahu by stálo, zda by ČD Cargo, které na příslušné trase svoje náležitosti k postrku využívá, mohlo soukromým dopravcům nabízet tuto službu za úplatu. Tím by se zvýšil počet obslužených vlaků společně s využitím pracovní doby strojvedoucího. Na druhé straně soukromí dopravci využívají výkonnější lokomotivy a náklady na trakci jsou nižší přes Svitavy (méně sklonově náročná trasa).

Výkonnost přidělené trasy je spočítaná na plánovanou řadu hnacího vozidla, pro kterou jsou stanoveny pravidelné jízdní doby, co platí i v osobní dopravě. Často se stávalo, že vlak stejného druhu s vyšší stanovenou rychlostí popojížděl za vlakem s nižší rychlostí s aktuálně nasazenou lokomotivou s nižším výkonem. Moderní elektrické hnací vozidlo (například Taurus řady 1216.2 ÖBB) je u vlaků nákladní dopravy s hmotností 2 000 t (výjimkou není ani vozba vlaků s hmotností přesahující 3 000 t jednou lokomotivou) schopno zajišťovat provoz vlaků s diametrálně vyšší dynamikou jízdy než u stále převažujících elektrických lokomotiv zastaralé konstrukce s výrazně nižšími výkony. Pak není tento nákladní vlak brzdou osobní dopravě a zbytečně nemusí popojíždět za zastávkovým osobním vlakem na návěst „výstraha“ na autobloku, z čeho plynou ztráty času, trakční energie a zpoždování zásilek.

Na základě podnětů a stížností dopravců přistoupilo SŽDC k úpravě pravidel operativního řízení provozu v upřednostňování vlaků podle aktuálně stanovené rychlosti (daná aktuální sestavou vlaku) v rámci druhu vlaku. Pokud dojde u vlaku kategorie Ex k odchylce od stanoveného normativu hmotnosti podle tabelárního jízdního řádu, která má za následek překračování stanovených jízdních dob, zohlední se tato skutečnost při operativním řízení provozu. Mezinárodní expresní vlak o rychlosti $160 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ má přednost před mezinárodním expresním vlakem o rychlosti $140 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, vnitrostátní expresní vlak o rychlosti $160 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ má přednost před vnitrostátním expresním vlakem o rychlosti $140 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Přednost druhého vlaku se neuplatňuje, pokud druhý vlak jede s náskokem.

6.1.3 Vlakové trasy „ad hoc“

Dalším administrativním omezením je zásadní odlišnost přístupu národních provozovatelů infrastruktury k problematice rezervace, přidělu a využití tras. Srovnáním podmínek na síti SŽDC, rakouské ÖBB Infrastruktur a polské PKP PLK lze zjistit, že v zavádění změn JŘ do platnosti nefunguje jednotný přístup. Tím se stává, že dochází k situaci, že vlak je na síti jedné železnice již veden jako pravidelný, zatímco na sousední železnici ještě v režimu „ad hoc“.

Z hlediska manažera infrastruktury je negativním jevem nárůst žádostí o trasy „ad hoc“, tedy operativně zaváděné trasy nezpracované v JŘ na úkor plánování pravidelných vlakových tras zapracovaných v JŘ.

Pro vzájemnou spolupráci žadatelů a přidělců kapacity v procesu přidělování kapacity dráhy se využívají informační systémy pro sestavu ročního jízdního řádu KANGO, informační systém pro koordinaci přidělovaných vlakových tras PCS, informační systém pro stanovení kapacity dráhy KADR.

V rámci individuálního přidělování kapacity dráhy v režimu „ad hoc“ členíme žádosti o přidělení kapacity dráhy „nad 3 dny“, žádost o „ad hoc“ přidělení kapacity dráhy „pod 3 dny“, a žádost o „ad hoc“ přidělení kapacity dráhy pro technicko-bezpečnostní zkoušky drážních vozidel a dalších důvodů. Pro žádosti „pod 3 dny“ je na rozhodnutí provozovatele dráhy, zda přidělí trasy „ad hoc“ s vyřešením konfliktů (například přidělí nabídkové trasy ve zkonstruované poloze), nebo přidělí trasy ve zbytkové kapacitě dráhy bez vyřešení konfliktů. Konflikty jsou u těchto tras řešeny operativně provozními zaměstnanci provozovatele dráhy.

V procesu žádosti o trasu platí potřeba implementace telematické interoperability v nákladní a osobní dopravě TAF/TAP TSI pro všechny subjekty provozující železniční nákladní dopravu na území členských zemí EU. Všichni účastníci dopravního procesu budou muset být schopni vyměňovat si mezi sebou přesně definované informace a hlášení elektronickou cestou. Dotýká se to tedy i relativně malých dopravců. TAF/TAP TSI umožní koordinovat rozvoj informačních systémů pro procesy přijetí požadavku, přidělení kapacity, odsouhlasení návrhu trasy a aktivace trasy. V zájmu rozvoje podnikání v železniční dopravě je však snahou provozovatelů infrastruktury rozvíjet tyto technologie s co nejmenším finančním dopadem na železniční podniky.

6.2 METODICKÉ PROBLÉMY V PŘÍSTUPU KE STANOVENÍ KAPACITY

Dosud platná směrnice „Předpisy pro zjišťování propustnosti železničních tratí“ (D24) z roku 1965 už nevyhovuje progresivním požadavkům na stanovení kapacity z těchto důvodů:

- rozvoj výpočetní techniky a s tím související možnosti modifikací analytických metod,
- potřeba využívání simulačních nástrojů na stanovení využití kapacity,
- vývoj struktury a heterogenity dopravy (úbytek nákladní dopravy, rozvoj osobní dopravy příměstské a dálkové),
- přesazování integrovaných taktových jízdních řádů,
- posun od kvantitativního pojmání kapacity ke kvalitativnímu, potřeba optimalizace jejího využití z důvodu zajištění konkurenceschopnosti)

Využíváním simulačních metod se modeluje železniční dopravní provoz, včetně zahrnutí i provozních nepravidelností, tj. zpoždění, a to v míře odpovídající skutečnosti. Důležitým úkolem je naplnění příslušných dat modelu, která co nejvěrněji korespondují s realitou, co se týče infrastruktury i vozidel. Podstatný vliv na věrnost výstupů simulace má modelování zpoždění vlaků a reálnost řešení dopravních situací. Výstupem simulačního postupu je zjištění stability JŘ. Různé simulační programy (v našem prostředí RailSys, OpenTrack, SimuT) poskytují odlišné výsledky (používají odlišné způsoby výpočtu jízdních dob, řešení konfliktů mezi vlaky ad.). Zkoumání likvidace prvotního zpoždění znamená stanovit hodnotu průměrného přírůstek zpoždění připadající na 1 vlak. Ještě akceptovatelný může být nárůst zpoždění do 0,5 min/vlak, avšak tento přírůstek by však měly být schopny absorbovat přilehlé prvky infrastruktury. Vyslovení závěru, jaký rozsah je ještě na traťových kolejích akceptovatelný, není striktní. V současnosti jsou hraniční hodnoty dány dvojí vztahy – vztahem (7) pro praktickou propustnost, kde je člen záložní doba a ukazatel stupně obsazení uveden ve vztahu (8).

Doporučuje se hraniční hodnotu stanovit pouze jako stupeň obsazení, jelikož se jedná o rozšířený ukazatel, používá se ve vyhlášce UIC 406, dále u propustností dopravních kolejí v stanici a u staničních zhlavích).

Doporučené hraniční hodnoty stupně obsazení S_O se mohou zvýšit v těchto případech:

- ve špičkovém výpočetním období,
- jednotková doba obsazení t_{obs} je vyšší než 10 min,
- jedná se o trať se specifickým provozem (např. na trati převládá jen jeden druh vlaků, který dosahuje nízkých zpoždění),

Vhodné je provést pro každý případ individuální posouzení navýšení limitních hodnot stupně obsazení pomocí simulace. V potaz třeba brát, že kvalita provozu je ovlivněna počtem a mírou těsnosti přípojových vazeb a oběhů, skutečností, zda vlaky pojíždějí i další traťové úseky, počtem linek, které jsou na trati provozovány atd.

Ukazatele propustnosti je výhodné počítat i pro kratší období:

- špička (120 min, 240 min, 360 min),
- období, kdy se realizuje většina osobní dopravy (např. 5.00 h až 21.00 h).

Tyto ukazatele lze plně zkoumat v simulačních postupech, které podporuje i Vyhláška UIC 406 „Kapacita“.

Kapacita představuje potenciál infrastruktury, který lze neomezeně využívat (se zachováním potřebné kvality), kapacita je vztažena k jízdnímu řádu.

Důležité je definovat související pojmy:

- traťový úsek – úsek ohraničený stanicemi, kde se mění rozsah vlakové dopravy o aspoň 10 %,
- kompresní úsek – úsek, kde se provádí komprese (stlačování tras vlaků) za účelem stanovení doby obsazení.

Principiální rozdíly v analytických a simulačních přístupech ve zkoumání kapacity jsou uvedeny v tab. 12. Mezi stupněm obsazení a kvalitou provozu neexistuje exaktní závislost, proto analytické metody jsou méně přesné.

Tab. 12. Základní rozdíly v přístupech ve zkoumání kapacity

Metodika	Analytické metody (SŽDC)	Simulační metody (UIC)
Kvalita provozu	vycházejí ze stupně obsazení jednotlivých zařízení	používají veličiny přímo popisující kvalitu provozu (zpoždění)
Vztah kapacity	kapacita vztažená k infrastruktuře	kapacita vztažená ke konkrétnímu jízdnímu řádu
Determinističnost	založeny na rovnoměrném obsazování kolejí; možné využít hlavně u kolejí používaných pouze nákladní dopravou	nerovnoměrné obsazování kolejí

6.2.1 Teoretické východiska zkoumání kapacity na vysokorychlostních tratích

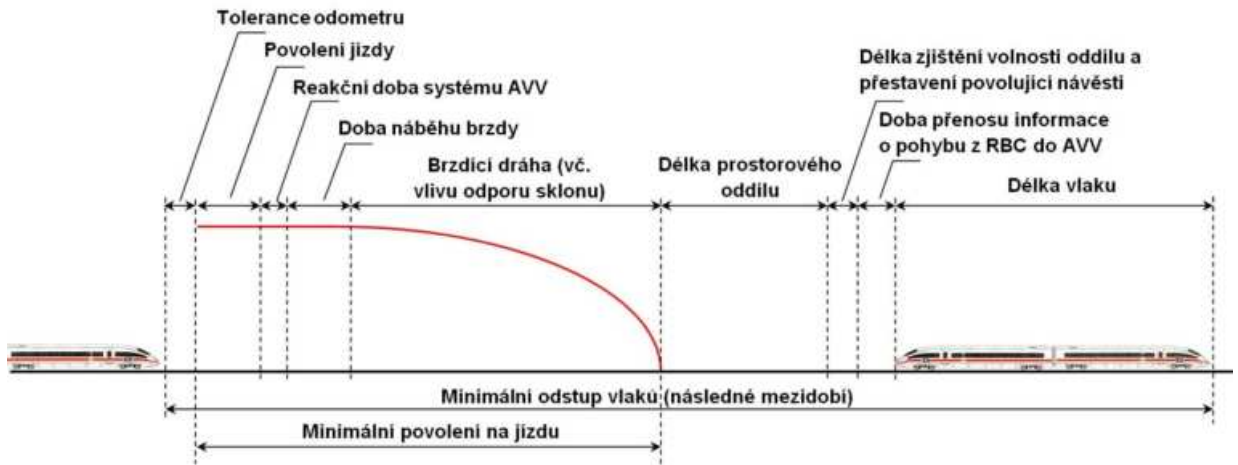
V případě zavádění evropského systému zabezpečení ERTMS a vysokorychlostních tratí (VRT) je potřeba zkoumat následná mezidobí a stanovit jej specifika. Obecnou zásadou je, že následný vlak musí za každých okolností zastavit těsně před hranicí obsazeného prostorového oddílu (bloku) před ním. Jízdní cesta vlaku bude prodloužena, když se uvolní další prostorový oddíl. Následné mezidobí mezi dvěma vysokorychlostními vlaky při předpokladu zabezpečení systémem ERTMS, úroveň 2, a vybavení vozidel systémem automatického vedení vlaku (AVV), můžeme stanovit jako dobu potřebnou k jízdě na vzdálenost odstavu čela prvního a druhého vlaku. Předpokládá se tedy pohyblivý prostorový oddíl. Platí to i pro části trati, kde rychlost vlaků není konstantní.

Nejkratší časový odstup mezi dvěma po sebe jedoucími vlaky zahrnuje tyto dobu jízdy těmato parciálními vzdálenostmi (viz obr. 22):

- doba přenosu informace o pohybu vlaku z radiobloku (RBC) do systému automatického vedení vlaku (AVV) - t_{pi} ,
- doba zjištění volnosti oddílu a přestavení návěsti na oddílovém návěstidle - $t_{př}$,
- doba jízdy v prostorovém oddíle - t_j ,
- doba brzdění (na brzdí dráze) - t_b ,
- doba náběhu brzdy - t_{nb} ,
- doba na vzdálenost jízdy s povolením automatického vedení vlaku (AVV) a reakční doba AVV - t_{pj} ,
- tolerance odometru - t_{od} .

Tento nejkratší časový odstup nazveme následné mezidobí, a tudíž vypočte se podle vztahu:

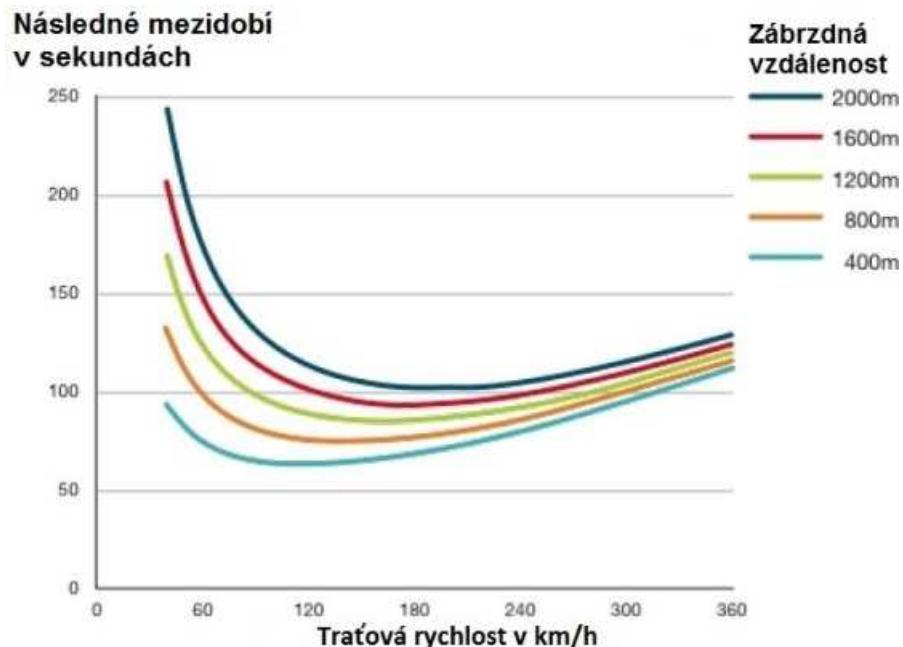
$$M = t_{od} + t_{pj} + t_{nb} + t_b + t_j + t_{př} + t_{pi} \quad (23)$$



Zdroj: Gašparík, Kolář, 2017

Obr. 26. Doby tvořící následné mezidobí na VRT

Na infrastruktuře VRT je dosahována maximální kapacita 18 vlaků za hodinu v jednom směru při uvažované délce 400 metrů a traťové rychlosti $330 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Znamená to následné mezidobí 200 sekund. Za účelem zajištění kapacity by teoreticky následné mezidobí nemělo přesáhnout 150 sekund. (Hunyadi, 2011) Závislost následného mezidobí na traťové rychlosti a zábrzdě vzdálenosti je uveden na obr. 27. Kapacitu VRT ovlivní rovněž možnost plánovat osobní dopravu v denní době a nákladní dopravu v noční době.



Zdroj: Hunyadi, 2011

Obr. 27. Následní mezidobí na VRT v závislosti na zábrzdě vzdálenosti a traťové rychlosti

6.2.2 Problematika vztahu integrovaného taktového jízdního řádu a kapacity železniční infrastruktury

V současnosti používaná metodika pro stanovení propustné výkonnosti traťových kolejí (metodika v směrnici D 24 (SŽDC, 1965) nepostihuje konstrukci systematických intervalových tras z důvodu vztahování výpočtu k průměrnému vlaku a stanovení průměrně požadované časové zálohy. V skutečnosti ITJŘ snižuje kapacitu tratí tím způsobem, že při požadavkách na pevné rozložení tras v čase se zabezpečí dodržení příslušné periody, kdy je v každém taktovém uzlu nutné rezervovat určitou část kapacity před jízdou vlaku. Takto rezervovaná kapacita ovlivňuje celkové propustnosti staničních zhlaví i traťových oddílů. Výzkumem v této oblasti se zabývají například práce Lichtenegger (1990), Stohler (1997), Nachtigall (1999), Hrabáček (2010), které tento fakt potvrzují.

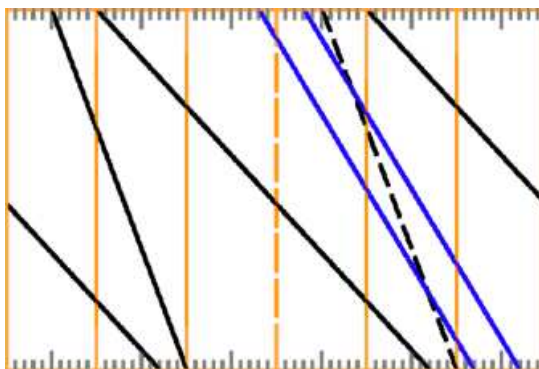
Uvedenou ztrátu kapacity je možno do určité míry kompenzovat a ž v případě přebudování traťového zabezpečovacího zařízení s využitím vlakového zabezpečovacího zařízení ETCS aplikační úrovně 3, kdy pro vlak odjíždějící z taktového uzlu se rezervuje pouze minimální „pohyblivý“ prostorový oddíl. Do určité míry lze tento přístup implementovat i na staniční záhlaví, v případě staničních zhlaví je nezbytné kromě minimálního oddílu definovat i závislosti přestavování jednotlivých výměn v rámci vazby na staniční zabezpečovací zařízení. Jelikož na zavedení ITJŘ na síti SŽDC reagují cestující pozitivně, je zapotřebí hledat řešení, jak tento přístup k sestavě JŘ zachovat.

Problematickým je vytěsňování tras vlaků nákladní dopravy na tranzitních koridorech. Je to dáno tím, že nezbyvá dostatečné časové „okno“ pro vložení trasy vlaku nákladní dopravy. Důsledky tohoto stavu jsou demonstrovány na vlastní případové studii uvedené v kapitole 6.2.2.

Jisté teoretické řešení nabízejí práce Lindnera a von Rederna (1989 a Drábka (2014). Nákladním vlakům by podle Lindnera a von Rederna (1989) měla mezi trasami osobní dopravy zůstat periodická časová okna, dlouhá podle požadovaného počtu nákladních tras za dobu taktu, do nichž pak mohou být konstruovány individuální trasy nákladních vlaků. Tato časová okna by měla být v rámci možností propojena mezi navazujícími tratěmi navzájem (v případě poptávky po nákladních trasách z jedné tratě do více navazujících by se pak mělo usilovat o spojení příslušného časového okna s více navazujícími). V případě nedostatečné kapacity časových oken nebo nutnosti příliš často předjíždět nákladní vlaky pak navrhuje přezkoumat strukturu nabídky osobní dopravy (např. vzájemné časové polohy jednotlivých linek či počet segmentů (vrstev) obsluhy na daném traťovém úseku). Požadavky nákladní dopravu samozřejmě nesmí vést k rozbití důležitých prvků síťové nabídky, např. (z hlediska přepravních proudů cestujících) významných přípojových vazeb.

Lindner a von Redern (1989) rovněž v rámci daného časového okna připouštějí variabilitu danou mírou rozdílu v úsekové jízdni době mezi nákladními vlaky a vlaky osobní dopravy – např. místo 2-3 nákladních vlaků o rychlosti $100 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ mohou dané časové okno využít 1-2 nákladní vlaky o rychlosti $90 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Závěrem je diskutováno opodstatnění této nově vzniklé vazby (taktových nákladních tras), kterou nelze zdůvodnit provozním plánováním ani strukturou produktů nákladních dopravců. Na druhé straně taktové trasy zajišťují kvalitní nabídku kapacity pro nákladní vlaky během dne, čímž pomáhají naplnit požadavky Nařízení EU č. 913/2010 (EU, 2010), které ukládá manažerům infrastruktury na

evropských koridorech pro nákladní dopravu (RFC – ve znění Přílohy II Směrnice Nařízení EU 1316/2013) zřizovat předpřipravené katalogové trasy pro nákladní vlaky tak, aby kapacita na trase koridoru byla dostupná rovnoměrně a souvisle. Tyto koridory RFC mají své Prohlášení o dráze a své koridorové OSS a tudíž s vlakovou trasou podél celého koridoru se pracuje jako s celkem.



Zdroj: Jánoš, Drábek, Michl, 2016

Obr. 28. Ilustrace konfliktu osobní a nákladní dopravy v požadavcích na kapacitu při snížení doby taktu rychlého segmentu osobní dopravy

Drábek (2014) ve své práci předkládá taktové trasy jako síťovou nabídku kapacity, která je do jisté míry obdobou ITJŘ v osobní dopravě, avšak zohledňuje potřeby nákladní železniční dopravy. Shodné a rozdílné vlastnosti této síťové nabídky tras a ITJŘ jsou uvedeny v tab. 13.

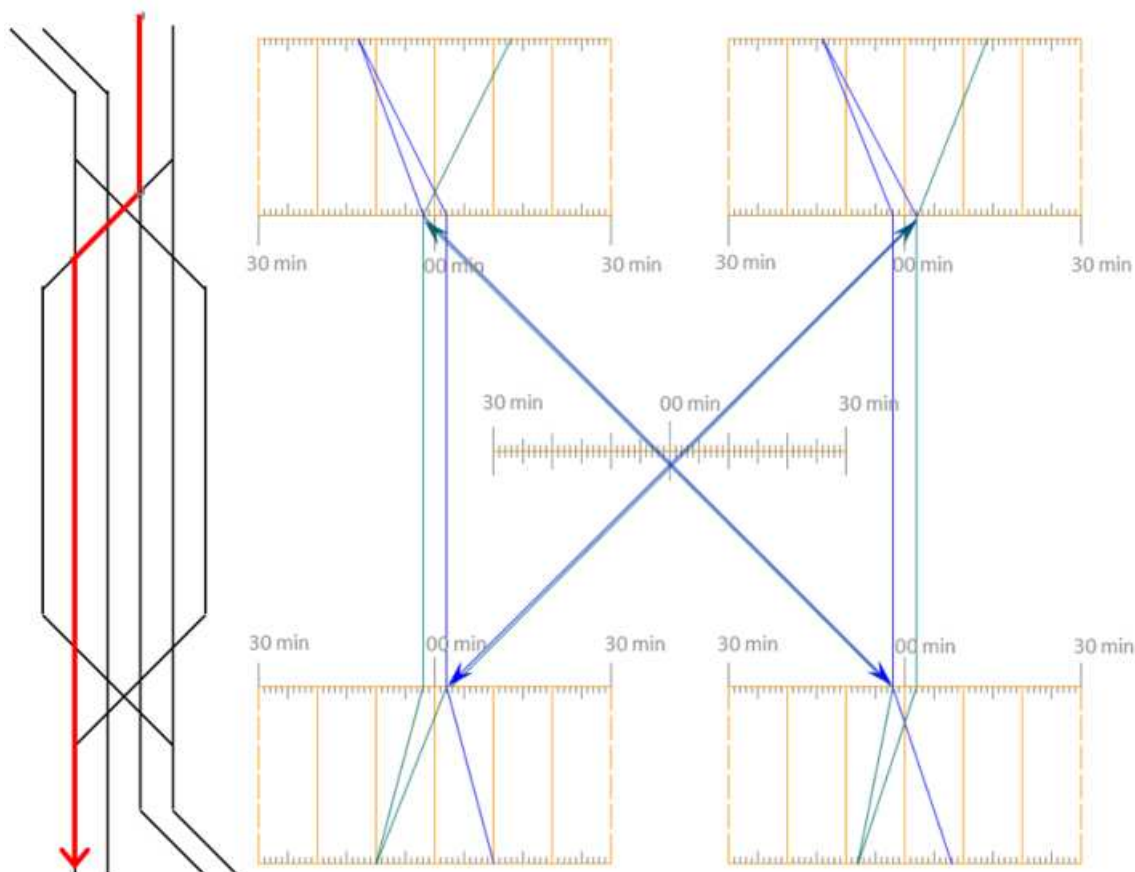
Navrhl rámcovou metodiku zobrazování potenciálních konfliktů v požadavcích na kapacitu v uzlové stanici s úrovnovým křížením – tzv. uzlový diagram (obr. 29) a sestrojil nákladní taktový uzel, kde na rozdíl od osobní dopravy není kladen důraz na pobyt s přestupy, ale na bezkonfliktní průjezd mezi různými směry navzájem. Následně byl navržen rámcový postup pro konstrukci síťově propojených taktových tras pro nákladní vlaky.

Je potřeba podotknout, že použití 60 minutového taktu pro zpracování výhledu (prognózy) dopravního provozu je diskutabilní. To je pro síťový pohled značně omezené a poskytuje zúžený prostor pro praktické uplatnění. Z toho důvodu je potřeba vnímat tyto metodické idey jako podklady k podrobnějšímu zpracování v celodenním časovém rámci.

Tab. 13. Shody a rozdíly mezi ITJŘ a síťovou nabídkou taktových nákladních tras

Prvek	Osobní doprava	Nákladní doprava
	linky	síťově propojené taktové trasy
doba taktu	ano	ano
nulová symetrie	ano	ano
systémová jízdní doba	ano	synchronizační jízdní doba
taktové skupiny (násobky)	ano	ne nutně
přípoje (z pohledu zákazníka)	pobyt + přestup	pokud možno průjezd
přípoje (plánování nabídky)	synchronizační doba	synchronizační jízdní doba

Zdroj: Drábek, 2014



Zdroj: Drábek, 2014

Obr. 29. Uzlový diagram se schematickými NJŘ přilehlých úseků (v hodinovém okně) a časovou osou současně vyloučených jízdních cest. Na diagramu je zobrazen nákladní taktový uzel

Uvedené studie prokazují náročnost řešení této problematiky. Metodicky je nutno rozlišovat postupy pro sestavu JŘ a postupy s přizpůsobením železniční infrastruktury.

Metodické doporučení pro sestavu JŘ, určeny pouze pro intence v aktuálních podmínkách a hledání technologických řešení v stávajícím stavu infrastruktury, které lze shrnout takto:

- *dosáhnutí systematizace a synchronizace jízdních dob vlaků nákladní dopravy.* Klást důraz na správné stanovení jízdní doby, vypočtené pro zvolenou hladinu stanovené rychlosti, čemu musí odpovídat normativ hmotnosti a řazené hnací vozidla. Dopravci, pokud chtějí získat zkonstruovanou synchronizovanou trasu, musí splnit požadavky na výkonnost této trasy zabezpečením také skladby vlaku, ve které řazené vozidla dosahují konstrukční rychlosti minimálně na úrovni stanovené rychlosti a hnací vozidla disponují požadovaným výkonem na zajištění systémové jízdní doby,
- *dosáhnutí systematizace a synchronizace jízdních dob vlaků osobní dopravy.* Obdobně jako u vlaků nákladní dopravy i u vlaků osobní dopravy se vytvoří systematizované trasy se synchronizovanými jízdními dobami. Sjednotí se rychlostní hladiny pro tyto trasy.

Cílem systematizace a synchronizace jízdních dob je dosáhnout menší heterogenity ve výkonnosti vlakových tras a její svazkování s minimalizací mezer mezi dobami obsazení (následnými mezidobími).

Typický příklad rozložení vlakových tras v NJŘ na tranzitním koridoru SŽDC je analyzován v případové studii uvedené v příloze 4 na trati s pěti stanicemi A - E na dvoukolejně trati vybavené automatickým traťovým zabezpečovacím zařízením. Studijní úsek je možné porovnat například s reálným úsekem Kolín - Pardubice. Vlaky osobní dopavy (kategorie Ex) jsou vedeny v různém taktu a s různým zastavováním. Na obrázku 3.1 v příloze 4 jsou patrné časové rozestupy mezi vlaky Ex přibližně 7,5 až 10,5 min při následném mezidobí 2,5 min. To znamená záložní dobu pro vložení trasy 5,0 až 8,0 min. Trasa nákladního vlaku kategorie Nex ale potřebuje větší časovou mezeru pro její vložení, konkrétně 12,0 min, což je patrné z obrázku 3.2 v příloze 3, kde jsou podbarvením znázorněny doby obsazení vlaky osobní dopavy. Do této šedé plochy nesmí zasahovat doba obsazení trasou jiného vlaku. V této konfiguraci tras je v dvojhodinovém časovém okně vloženo 8 tras vlaků nákladní dopavy (Nex a Pn). Pod výsečí NJŘ jsou uvedeny stanovené rychlosti vlaků v $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$. Vlaky Ex a R jsou trasovány na rychlost $160 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, vlaky Os na $140 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, vlaky Nex a Pn na $100 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a $90 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$.

Na obrázku 3.3 v příloze 4 je uvedena studie rozložení vlakových tras po dosažení systematizace a synchronizace jízdních dob vlaků osobní dopavy i vlaků nákladní dopavy. Po přijetí metodického doporučení jsou trasy vlaků Ex důkladněji svazkovány s odstupem do 5 min tak, aby se vytvořil prostor pro vložení vlakových tras nákladní dopavy se standardizovanou rychlostí $100 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. V tomto variante se v časovém okně 120 min podařilo vložit 14 tras vlaků nákladní dopavy. Jako problematické se ukazují časové přírážky na rozjezd a zastavení u vlaků nákladní dopavy, které značně prodlužují jízdni dobu a ovlivňují možnosti vložení trasy vlaku do časové mezery. Ideální by bylo dosáhnout stavu, že vlaky nákladní dopavy projíždějí všemi stanicemi.

Při trvalých potížích se vkládáním vlakových tras v požadovaném sledu a požadovaných pobytech při sestavě JŘ může vyplynout potřeba změny konfigurace železniční infrastruktury.

Metodické doporučení pro postupy s přízpusobením železniční infrastruktury pouze v případě strategických úvah a záměrů lze shrnout takto:

- konstrukce JŘ s výhledovým stavem mixu tras vlaků osobní i nákladní dopavy,
- následné definování potřebných infrastrukturních opatření pro zajištění realizace požadovaného rozsahu dopavy na požadované kvalitativní úrovni:
 - vybudování dalších staničních kolejí,
 - přestavba staničních zhlaví,
 - vybudování kolejové spojky,
 - vybudování další traťové koleje,
 - vybudování nového zabezpečovacího zařízení,
- adjustace a synchronizace jízdních dob,
- posouzení vybudování infrastruktury (tratě, stanic) se segregovaným provozem pro nákladní dopavu,
- posouzení vybudování vysokorychlostní infrastruktury se segregovaným provozem pro osobní dopavu podle TSI pro vysokorychlostní železnice.

Rámcové přírůstky kapacity pro různé definované opatření jsou identifikovány v tab. 6. Podrobně se vztahu infrastruktury a kapacity věnuje dizertační práce Brejchy (2011).

Například nelichotivou situaci kapacity na síti SŽDC dotváří problém s nedostatečnými užitečnými délkami dopravných kolejí v stanicích. Dokumentuje to i studie Ministerstva dopravy ČR (MD, 2015), která hodnotí stav předjízdných kolejí na koridorech pro nákladní dopravu (RFC) jako naprosto nevyhovující (navzdory faktu, že studie za dostačující považovala koleje s délkou min. 752 m).

6.3 METODICKÉ DOPORUČENÍ PRO PŘIDĚLOVÁNÍ KAPACITY

Předpokladem pro vytvoření konceptu managementu kapacity je plánování kapacity z hlediska jejího dalšího rozvoje a využívání. Podstatou managementu kapacity je na základě plánu vytvořit základní jízdní řád (grafikon), který platí zpravidla jeden rok a představuje tak střednědobý plán. Pro provozovatele infrastruktury znamená zkoumání kapacity infrastruktury poznání velikosti produkčního potenciálu. Důvody a cíle zjišťování kapacity infrastruktury jsou:

- konstrukci JŘ (přidělování kapacity pro pravidelné trasy a katalogové trasy),
- rozhodování o žádostech o trasy v režimu „ad hoc”,
- plánování údržby a rozvoje infrastruktury.

Tab. 14. Proces plánování kapacity železniční infrastruktury

Plánovací horizont	Plánování infrastruktury	Plánování produkce	Průběh produkce
Krátkodobý	Plánování infrastruktury a zkoumání infrastruktury	Plánování nabídky a nadregionální plánování stavěbních opatření	Provozní postupy, provozní předpisy a další vývoj postupů
Střednodobý	Údržba a opravy (čekání, inspekce, opravy)	Manažment vlakových tras, plánování lokálních stavěbních prací	Provozní kontrola, provozní statistika, analýza provozních procesů
Dlouhodobý	Dispozice a vykonání technické údržby	Plánování vlakových tras „ad hoc”	Realizace provozu, sledování provozu, řízení provozu a krizový management

Zdroj: upraveno podle Schaer, 2003

Plánování produkce provozovatele infrastruktury vychází z nejvyššího podnikatelského cíle. Strategické cíle managementu kapacity se dekomponují do hlavních oblastí plánování infrastruktury, produkce a průběhu produkce podle plánovacích horizontů. Při plánovacích procesech je nezbytné znát požadavky zákazníků. Železniční podniky kritizují zdlouhavý proces přidělování kapacity infrastruktury pro pravidelné vlaky. Tento proces není možné z objektivních důvodů zkrátit (příliš mnoho zúčastněných subjektů, množství zpětných vazeb, právní normy) a železniční podniky musí předvídat přepravní proudy ve střednědobém

časovém horizontu, které však mohou do začátku platnosti jízdního řádu změnit svou velikost nebo směr.

Při přípravě investičních akcí souvisejících s modernizací současné nebo výstavbou nové železniční infrastruktury je nutné posoudit, zda navržené řešení splňuje podmínky pro zvládnutí výhledových dopravních nároků při zachování požadované kvality provozu a také zda není v některých případech předimenzované, což by vedlo k neúčelné vynakládání investičních prostředků.

Podkladem pro posuzování jsou požadavky všech dopravců na výhledový rozsah dopravy a navržené technické řešení infrastruktury (může být i variantní). Na základě těchto podkladů bude zkonstruován výhledový grafikon, který bude podroben zjišťování kapacity podle navržené metodiky.

Základním úkolem managementu kapacity je na základě plánování kapacity infrastruktury a konkrétních objednávek vlakových tras zkonstruovat základní (roční) JŘ. Podmínkou pro přidělení vlakových tras je dostatečná kapacita, t. j. dodržení definovaných podmínek kladených na zajištění kvality grafikonu, zejména doby přepravy, se kterým úzce souvisí požadovaný čas mezer (záložní čas). Zbývající kapacita (volné trasy) jsou nabídnuty jako nabídkové katalogové trasy v režimu „ad hoc“ železničním podnikům.

Výstupem procesu managementu kapacity jsou přiděleny trasy vlaků a určení kvantitativních a kvalitativních ukazatelů zkonstruovaného JŘ (jako výsledek procesu důkazu stability), zejména doba obsazení, doba čekání, záložní doba či optimální dopravní tok.

Železniční podniky si objednávají vlakové trasy v rámci dlouhodobého přidělování nebo operativní v režimu „ad hoc“. Manažer železniční infrastruktury má při poznání kapacitních možností na základě definovaného konceptu managementu kapacity přehled o využívání kapacity podle jednotlivých traťových úseků na celé síti a zároveň v čase. Snaha o efektivní využívání železniční dopravní cesty vede k dosahování optimálních hodnot dopravního toku (viz obr. 23) a zároveň ziskové oblasti při přiděleném počtu vlakových tras.

Dosáhnout optimální dopravní tok v čase představuje pro provozovatele infrastruktury využívat v managementu kapacity a při přidělování vlakových tras marketingové nástroje na pokyny dopravního toku v čase tak, aby se co nejvíce přiblížil definované optimální hodnotě. První oblastí jsou technické podmínky přístupu k infrastruktuře a druhou, velmi oblastí je zúčtovacím systém přístupu na infrastrukturu.

V příloze 1 je uvedena náplň procesů a činností procesní posloupnosti navrhovaného rámcového postupu přidělování kapacity infrastruktury v železniční dopravě.

V zahajovacím procesu objednání vlakové trasy železniční dopravní podnik vstupuje do vztahu s provozovatelem infrastruktury. Cílem železničního dopravního podniku je požádání o přidělení kapacity a výsledkem provozovatele infrastruktury je samotné přidělení vlakové trasy. Objednávka se uskutečňuje na základě plánování (proces schvalování JŘ) resp. přidělení „ad hoc“ tj. operativně, na základě volných tras, na základě navržené posloupnosti podprocesů a činností.

Druhý proces strategický dialog a poradenská fáze jsou v navrhované metodice tvořeny činnostmi, které podporují prvotní definování základních parametrů žádané služby - výběr druhu vlaku, územní hledisko, pravidelnost jízdy v požadované trase, směrování vlaku po infrastruktuře, definování technických normativů vlaku. Zároveň se posoudí výběr druhu

trakce, přičemž se předpokládá pozitivní motivace dopravců pro využívání závislé trakce na elektrifikovaných tratích a také podporuje využívání nových, moderních hnacích vozidel.

Další skupina činností tvoří proces koordinace a řešení konfliktů, která je tvořena činnostmi zajišťujícími kapacitní analýzy podle definovaných metodik uvedených v kapitole 6.1 a 6.2.

V této fázi je třeba vypočítat tachogram jízdy vlaku a tedy pravidelné jízdní časy odpovídající stanoveným technickým normativem a složení vlaku. Zároveň se posoudí možnost synchronizace vlakové trasy ve smyslu metodických návrhů uvedených v kap. 6.2. Výstupem analýzy kapacity je potvrzení stability JŘ se všemi umístěnými trasami na zkoumaných traťových úsecích a tedy potvrzení umístění požadované vlakové trasy.

Proces přidělení kapacity se završí samotným přidělováním kapacity a zároveň konstrukcí JŘ, ve kterém je přesně časově vymezena trasa časovou polohou v jednotlivých dopravních. Následuje realizace dopravního provozu, ve kterém sehraje důležitou úlohu operativní řízení vlakové dopravy. V případě odchylek od plánu dopravy, tj. od JŘ, je nutno přijímat opatření.

Rámcové procesy související s přidělením kapacity i operativním provozem jsou uvedeny v příloze 4. Při uplatňování systematických jízdních dob každé zpoždění znamená nutnost řešit problém sledu vlaků. Při řešení konfliktů mezi vlakovými trasami (sledy vlaků, čekání) se zásadně bude dodržovat pevná specifikace a pořadí tras. V případě zpoždění nebude garantovaný nárok na vlakovou trasu, to znamená, že upřednostňovány budou vlaky jezdící podle JŘ. Princip časových slotů může prioritizovat nákladní vlak před zpožděným rychlíkem.

Bílá kniha EU neřeší jednoznačně vztah mezi osobní a nákladní dopravou. Je starým a stále osvědčeným pravidlem vyšší prioritou osobní dopravy a podle ní respektované priority jednotlivých druhů vlaků, což je dnes stále více ovlivňované komerčními požadavky dopravců v osobní i nákladní dopravě. Bez priorit, které stanoví důležitost jednotlivých vlaků se JŘ a další časové plány v železniční dopravě nedají vytvořit.

K dalšímu zkoumání vztahu železniční infrastruktury a dopravního provozu je potřebné z tohoto důvodu také zohlednit resp. navrhnout prioritu vlaků. Pojem priorita je podvědomě chápán jako pořadí, důležitost nebo upřednostňování. Priorita vlaků resp. pořadí důležitosti vlaků je velmi důležité pro samotné pozorování, zkoumání a následnou simulaci železničního provozu.

Prioritu vlaků lze členit na:

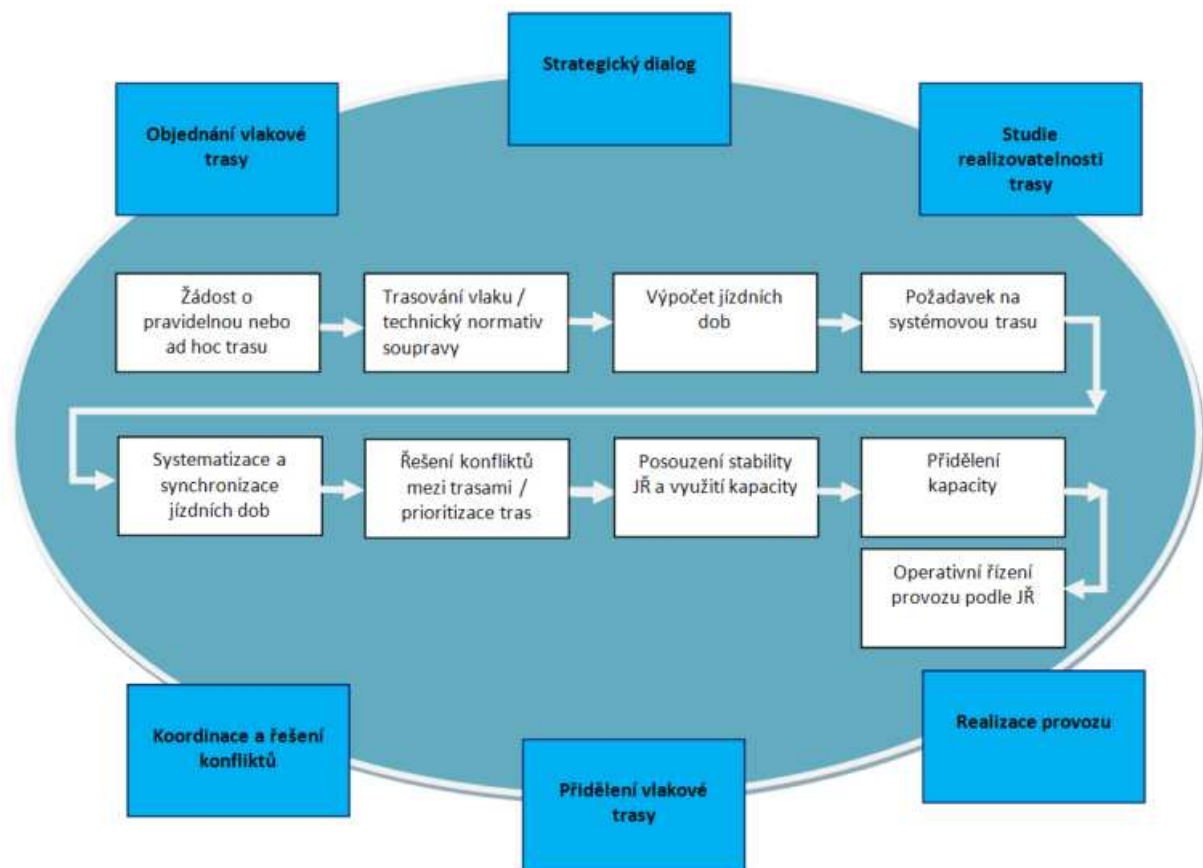
- předpisově-konstrukční prioritu,
- simulační prioritu při hodnocení stability JŘ,
- provozní prioritu v realizaci dopravního provozu.

Kapacita využita vlaky nákladní dopravy ovlivňuje celkovou kapacitu dopravní cesty. Zkoumání eliminace tohoto vlivu znamená hodnotit též zastavovací politiku vlaků osobní i nákladní dopravy, zejména v kapacitně omezených úsecích železniční infrastruktury.

Završení užívání kapacity infrastruktury představuje zúčtování poplatku za použitou dopravní cestu.

Snahou je vytvořit komplexní, účinný a motivující model, který by sestával jednak z technologických postupů, tak z cenové politiky, vedoucí k poskytování výkonných vlakových tras:

- přidělování vlakové trasy v závislosti na její časové poloze, to znamená poskytnutí výhodnějších podmínek přidělení trasy v dopravním sedle,
- zohlednění akceptace výkonných systémových tras vlaků dopravcem,
- odchylky od časové trasy, tj. sankce při zpoždění způsobeném železničním podnikům, ale i bonusy za zpoždění, které zavinil provozovatel infrastruktury (EPR systém),
- při zkoumání využití kapacity inovovat předpis SŽDC pro zjišťování propustné výkonnosti, sladit používání záložní doby a stupně obsazení s metodikou UIC, zejména definovat horní hranici stupně obsazení na tratích se specifickým provozem (homogenní JŘ), který může dosahovat až hodnot 0,90,
- sankce za nevyužití přidělené kapacity,
- přísnější podmínky při ad-hoc přidělování kapacity.



Obr. 30. Cyklus přidělení kapacity železniční dopravní cesty s využitím navržených progresivních metodických přístupů s ohledem na využití kapacity železniční infrastruktury

Na obr. 30 je zobrazen identifikovaný cyklus přidělení kapacity železniční dopravní cesty s využitím navržených progresivních metodických přístupů s ohledem na využití kapacity železniční infrastruktury. Jedná se o soustavu metodických postulátů v těchto definovaných oblastech:

- stanovení vyšší hranice stupně optimálního využití kapacity v specifickém JŘ,
- stanovení prioritizace vlakových tras při konstrukci JŘ i při operativním řízení provozu s pomocí definování systémových jízdních dob,
- v návaznosti na požadovanou heterogenitu a sled vlakových tras zabezpečit požadované výkonné trasy a při nemožnosti řešit konflikty technologickými opatřeními navrhnout infrastrukturní opatření.

Uvedené metodické návrhy jsou z hlediska tvůrců jízdního řádu jen zjednodušeným postupem. Pokud by měli sloužit jako podklad pro další zpracování, zejména pomocí výpočetní techniky, je nutno vytvořit matematický model, který bude po příslušné verifikaci přepracovaný na počítačový model. Ten po následné validaci slouží jako základ pro tvorbu aplikovaného počítačového programu. Navržené metodické postupy je pak možno inkorporovat do softwarových produktů podporujících konstrukci JŘ a stanovení kapacitních ukazatelů.

ZÁVĚR

Cílem dopravní politiky EU je nastavit takový rámec pro fungování železniční dopravy, který zajistí efektivní využití technické základny železniční dopravy, její přiměřený rozvoj a podmínky pro podnikání na železničním trhu.

Podstatným vztahem, který ovlivňuje využívání železniční dopravy, je vztah provozovatele železniční infrastruktury, kterým je zpravidla stát, k zákazníkům - železničním podnikům, tedy subjektům, které nakupují kapacitu a využívají ji jako prostředek pro poskytnutí služby konečnému zákazníkovi - přepravci.

Řízení kapacity jako specifická činnost v železniční dopravě je procesem, který komplexně pokrývá tento vztah k železničním podnikům, které však nejsou konečnými zákazníky a uživateli dopravy. Předmětem analýzy a návrhové části habilitační práce je zefektivnění a zvýšení kvality tohoto vztahu při poskytování klíčové služby - přidělování kapacity v liberalizovaném tržním prostředí, což bude mít dopad na kvalitu poskytovaných služeb konečnému zákazníkovi.

Dimenzování infrastruktury, provozního výkonu a kvality provozu jsou vzájemně závislé. Pokud jsou známy dvě veličiny, třetí může být odvozena. Pro vytváření harmonizovaných podmínek přístupu k infrastruktuře je důležité správně stanovit optimální kapacitu železniční infrastruktury, tj. počet tras vlaků, jejichž prodej bude pro provozovatele infrastruktury výhodný z provozního i ekonomického hlediska. Předpokladem toho je přínos v jednoznačném definování kapacity železniční infrastruktury a vlakové trasy, stanovení základních principů zjišťování kapacity pomocí simulačních nástrojů, stanovení optimální propustnosti a zajištění rovnoměrnějšího využití kapacity železniční dopravní cesty. Vycházeje z těchto premis je ve čtvrté kapitole definován optimální dopravní tok a zisková oblast při přidělování kapacity infrastruktury. Základním dilematem provozovatele infrastruktury je, že na jedné straně chce prodat co největší počet tras vlaků a na druhé straně musí zvažovat, jaká bude kvalita vlakové dopravy v reálném provozu.

Habilitační práce navržením procesního postupu zjišťování kapacity železniční dopravní cesty včetně progresivních přístupů přidělování kapacity jako klíčové součásti managementu kapacity splnila hlavní cíl.

Zároveň dílčími přínosy práce jsou:

- analýza postavení provozovatele infrastruktury a jeho úkoly na železničním trhu,
- systematizace teoretických poznatků při přidělování kapacity v rámci managementu kapacity železniční infrastruktury,
- analýza klíčových faktorů zajištění kvality dopravního provozu,
- vytvoření rámcového modelu managementu kapacity železniční infrastruktury, s cílem dosáhnout optimálního využití kapacity železniční dopravní cesty,
- návrh metodických postupů v procesu přidělování kapacity pro dosažení výkonných vlakových tras,
- přezkoumání vlivu heterogenity vlakových tras a jejich prioritizaci na kapacitu železniční dopravní cesty,
- podpora upřednostňování tras vlaků nákladní dopravy na koridorech nákladní dopravy (RFC) v intencích Nařízení EU č. 913/2010.

Vědecko-výzkumný přínos habilitační práce je v jednotlivých kapitolách prokázán v zaměření, prohloubení a aplikaci teoretických poznatků z oboru železniční dopravní technologie. Poznatky soustředěné v práci jsou publikovány v odborné literatuře a je možné je využít při výuce odborných disciplín zaměřených na technologii železniční dopravy v bakalářském i inženýrském stupni ve studijních programech zaměřených na technologii železniční dopravy.

Uvedené přínosy lze využít v praktických úkolech při přidělování kapacity železniční infrastruktury a zjišťování optimálního dopravního toku. Zároveň navržené postupy při zjišťování stability JŘ a optimalizace procesu vkládání vlakových tras do NJŘ s důrazem na jejich optimalizaci a systematizaci, lze uplatnit jako manuál pro potřeby konkrétních simulačních postupů, i pro tvůrce podpůrných softwarových produktů.

Řešena problematika svým dosahem na dopravní i přepravní provoz a obchodní vztahy na železničním trhu je tak komplexní, že množství souvisejících aspektů je předmětem dalšího výzkumu, zejména v oblasti liniových dopravních procesů. Při stanovení kapacity železniční infrastruktury je třeba soustředit se na požadovanou velikost záložního času a zkoumat časy čekání, tak z pohledu celkového managementu kapacity, jako core byznysu provozovatele infrastruktury a v celkovém kontextu na možnosti zefektivnění a zkrácení celého procesu přidělování kapacity železniční infrastruktury. Tyto úkoly představují malou část realizace cílů dopravní politiky, avšak významně ovlivňují hlavní cíl evropské dopravní politiky v oblasti železniční dopravy - posílit její konkurenceschopnost při udržitelném rozvoji.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

AVV	Automatické vedené vlaku
ČD	České dráhy, a. s.
EP	Evropský parlament
EPR	Evropský systém výkonnosti infrastruktury (European Performance Regime)
ER	Evropská rada
ERTMS	Evropský systém řízení železničního provozu
EU	Evropská unie
Ex	Expres
FTE	Forum Train Europe
IS	Informační systém
ISOŘ CDS	Informační Systém Operativního Řízení – Centrální Dispečerský Systém
ISOŘ KADR	Informační Systém Operativního Řízení – Kapacita Dráhy
ISOŘ ŘVD	Informační Systém Operativního Řízení – Řízení vlakové dopravy
JŘ	Jízdní řád
KANGO	Komplexní Aplikace Návrhu Grafikonu Online
KASO	Komplexní Aplikace pro Sestavu Oběhů
Nex	Nákladní expres
NJŘ	Nákresní jízdní řád
Os	Osobní vlak
OSS	OneStopShop, kontaktní místo RNE pro dopravce
OSŽD	Organizace pro spolupráci železnic
PCS	Path Coordination System
PKP PLK	Polskie koleje panstwowe - Polskie linie kolejowe
Pn	Průběžní nákladní vlak
RBC	Rádiobloková centrála
RFC	Rail Freight Corridors (železniční nákladní koridory)
RNE	Rail Net Europe
SŽDC	Správa železniční dopravní cesty, s.o.
TAF/TAP TSI	Telematics applications for freight service / Telematics applications for passenger service Technical specifications for interoperability
TSI	Technické specifikace interoperability
UIC	Mezinárodní železniční unie
VRT	Vysokorychlostní trať

LITERATURA

BINKO, M. 2015. *Železniční infrastruktura pro nákladní dopravu*. Vyzvaná přednáška. Czech Raildays: Současné pojetí moderní české železnice, prezentace, Ostrava, 16. 6. 2015. Dostupné online: <http://binko.webzdarma.cz/2015-6b.pdf>

BREJCHA, R. 2011. Modelové řešení dopravní infrastruktury v závislosti na rozsahu dopravního provozu. Dizertační práce, Univerzita Pardubice

BUKOVÁ, B., GAŠPARÍK, J., KOLÁŘ, J. 2013. *Doprava a přeprava II*. 1. vyd. České Budějovice: Vysoká škola technická a ekonomická v Českých Budějovicích, 153 s.

BUKOVÁ, B., NEDELIÁKOVÁ, E., GAŠPARÍK, J. 2009. *Podnikanie v železničnej doprave*. Iura Edition Bratislava, 1. vyd., 276 s., ISBN 978-80-8078-248-1

BULÍČEK, J. 2010. *Propustnost železniční dopravy*. Studijní opora, Univerzita Pardubice, dostupné online: <http://www.drda.wz.cz/opora.pdf>

ČR, 1994. Zákon č. 266/1994 Sb., o dráhách, ve znění pozdějších předpisů

ČR, 1995. Vyhláška č. 173/1995 Sb., kterou se vydává dopravní řád drah, ve znění pozdějších předpisů

DRÁBEK, M.: 2014. *Periodic Freight Train Paths in Network*. Dizertační práce. ČVUT FD, Praha. Dostupné online: http://takt.fd.cvut.cz/cargo/Drabek_thesis.pdf

EU, 2008. Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2008/57/ES ze dne 17. června 2008 o interoperabilitě železničního systému ve Společenství

EU, 2010. Nařízení EP a ER (EU) č. 913/2010 ze dne 22. září 2010 o evropské železniční síti pro konkurenceschopnou nákladní dopravu. Brusel, 2010. Dostupné online: www.mdcr.cz/NR/rdonlyres/98E3DE62-2667-4067-8F4F.../32010R0913TENN.pdf

EU, 2012. Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2012/34/EU ze dne 21. listopadu 2012 o vytvoření jednotného evropského železničního prostoru

EU, 2013. Nařízení EP a ER (EU) č. 1316/2013 ze dne 11. prosince 2013, kterým se vytváří Nástroj pro propojení Evropy, mění nařízení (EU) č. 913/2010 a zrušují nařízení (ES) č. 680/2007 a (ES) č. 67/2010. Brusel, 2010. Dostupné online: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2013:348:0129:0171:CS:PDF>

GAŠPARÍK, J., KOLÁŘ, J. 2017. *Železniční doprava – technologie, řízení, grafikony a dalších 100 zajímavostí*. Praha: Grada. V tisku.

GAŠPARÍK, J., PEČENÝ, Z. 2009. *Grafikon vlakovej dopravy a priepustnosť sietí*. EDIS, Žilinská univerzita v Žilině, 1. vyd., 258 s., ISBN 978-80-8070-994-5

GAŠPARÍK, J., ŠULKO, P. 2016. *Technológia železničnej dopravy – líniové dopravné procesy*. 1. vyd., EDIS Žilinská univerzita 2016, 383 s. ISBN 978-80-554-1171-2

GAŠPARÍK, J., ŠULKO, P., KOLÁŘ, J. 2012. *New aspects in railway traffic intervals computing*. In: Horizons of Railway Transport, scientific papers, No. 1, Vol. 3, University of Žilina, ISSN 1338-287X, p.46-52

GREINER, K. 2009. *Distribovaná aplikace editoru vlaků*. In: Perner's Contacts, Pardubice: Univerzita Pardubice, roč. 4., č. II, s. 38–46, ISSN 1801-674X, dostupné online na http://pernerscontacts.upce.cz/14_2009/greiner.pdf

GRÖGER, T. A. 2002. *Simulation der Fahrplanerstellung auf der Basis eines hierarchischen Trassenmanagements und Nachweis der Stabilität der Betriebs-abwicklung*. Dizertační práce, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen

HANSEN, I. A., PACHL, J. 2008. *Railway Timetable & Traffic*. Eurailpress Hamburg, 1. vyd., 228 s., ISBN 978-3-7771-0371-6

HERTEL, G. 1992. *Die Maximale Verkehrsleistung und die minimale Fahrplan-empfindlichkeit auf Eisenbahnstrecken*. In: Eisenbahntechnische Rundschau 10/1992, s. 665-671

HRABÁČEK, J. 2010. *Periodická doprava na dopravních sítích a její optimalizace*. Dizertační práce, Univerzita Pardubice.

HRABÁČEK, J. 2014. *Vliv kapacity na podnikání dopravce*. In: ŽELAKTUEL 2014, prezentace dostupná online <http://projekty.upce.cz/posta/vystupy/zelaktuel2014/hrabacek.pdf>

HUNYADI, B. 2011. *Capacity evaluation for ERTMS (European Rail Traffic Management System) Level 2 operation on HSR*. Bombardier, dostupné online: http://assets.hs2.org.uk/sites/default/files/inserts/bombardier%20transportation%20hs2%20final_121011.pdf

JANOŠ, V., DRÁBEK, M., MICHL, Z. 2016. *Quantitative Determination of Bottlenecks in Railway Networks with Periodic Service*. In: Proceedings of 20th International Scientific Conference. Transport Means. Juodkrantė, Litva

KONTAXI, E., RICCI, S. 2009. *Techniques and methodologies for railway capacity analysis: comparative studies and integration perspectives*. 3rd International Seminar on Railway Operations Modelling and Analysis. RailZurich. Dostupné online http://www.ivt.ethz.ch/news/railzurich2009/Presentations/b1_kontaxi.pdf

KRÝŽE, P. 2014. *Faktory omezující kapacitu železniční infrastruktury a připravované změny v metodice stanovování kapacity*. In: ŽELAKTUEL 2014, prezentace dostupná online <http://projekty.upce.cz/posta/vystupy/zelaktuel2014/kryze.pdf>

LICHTENEGGER, M. 1990. *Der Integrierte Taktfahrplan, Abbildung und Konstruktion mit der Hilfe Graphentheorie, Minimierung der Realisierungskosten*, Disertační práce, TU Graz.

LINDNER, H.-R., VON REDERN, H. W. 1989. *Güterzüge im Taktfahrplan – Möglichkeiten und Grenzen*. Die Bundesbahn 10/1989, s. 867-874

MD, 2015. Národní technologická platforma Interoperabilita železniční infrastruktury: Implementace požadavků Nařízení Evropského parlamentu a Rady č. 1315/2013 o hlavních

směrech Unie pro rozvoj transevropské dopravní sítě a interakce s TSI – Infrastruktura. Studie pro Ministerstvo dopravy, Praha.

MOLKOVÁ, T., MOJŽÍŠ, V., BULÍČEK, J., DRDLA, P., HRUBAN, I., MAZAČ, P., ZEMAN, A. 2010. *Kapacita železničních tratí*. 1. vyd. Pardubice: Univerzita Pardubice, 150 s. ISBN 978-80-7395-317-1

MORGANTE, B. 2009. *UIC Project European Performance Regime*. Seminář UIC, 27.10. 2005 Varšava, dostupné on-line: http://www.uic.org/html/infrastructure/cd_sem_peco/docs/2-jeudi27/morgante.pdf

MUTHMANN, T. 2004. *Rechnerische Bestimmung der optimalen Streckenauslastung mit Hilfe der Streckendurchsatzleistung*. Dizertační práce, TU Darmstadt

NACHTIGALL, K. 1999. *Periodic Network and Optimization and Fixed Interval Timetables*. Deutsches Centrum für Luft- und Raumfahrt e.V., Braunschweig.

NEUSTADT, M. 2008. *Rail Net Europe – RNE*. Setkání dopravců se zástupci odboru řízení provozu a organizování drážní dopravy. Dostupné online <http://provoz.szdc.cz/Portal/ViewArticle.aspx?oid=1174008>

RNE, 2013. Procedures for International Path Requests. Příručka RNE, Vídeň

SCHAER, T. 2003. *Der Einfluss von Betriebsführungskonzepten in großen Bahnnetzen*. In: Signal+Draht, č. 9/2003, Tetzlaff Verlag, Hamburg 2003, ISSN 0037-4997

STOHLER, W. 1997. *Integrale Taktfahrpläne und S-Bahnen*, In: ETR č. 46 (1997), H1-2, s. 33-38.

SŽDC, 1965. D24 Předpisy pro zjišťování propustnosti železničních tratí.

SŽDC, 1982. D7 Trakční výpočty.

SŽDC, 2001. D2/1 Doplněk s technickými údaji k Dopravním předpisům

SŽDC, 2013a. Směrnice SŽDC č. 104 Provozní intervaly a následná mezidobí

SŽDC, 2013b. Směrnice SŽDC č. 69 Směrnice pro tvorbu jízdního řádu

SŽDC, 2013c. D1 Dopravní a návěstní předpis, SŽDC Praha

SŽDC, 2013d. Směrnice SŽDC č. 70. Směrnice pro přidělování kapacity dráhy ad hoc a využívání přidělené kapacity dráhy na tratích provozovaných SŽDC

SŽDC, 2014a. Výroční zpráva 2013. Správa železniční dopravní cesty, s. o.

SŽDC, 2014b. Prohlášení o dráze celostátní a regionální platné pro přípravu jízdního řádu 2014 a pro jízdní řád 2014, Praha, dostupné online <http://www.szdc.cz/soubory/prohlaseni-o-draze/2014/prohlaseni-2014.pdf>

SŽDC, 2016. Pomůcky grafikonu vlakové dopravy pro JŘ 2016/17

ŠIROKÝ, J., CEMPÍREK, V., GAŠPARÍK, J. 2012. *Transport Technology and Control*. 2. přepr. vyd., Tribun EU Brno, 238 s. ISBN 978-80-263-0268-1

ŠOTEK, K., BACHRATÝ, H. 2004. *Využitie simulačného modelu pre určovanie kvality dopravnej siete stability dopravného plánu*. In: *Žel 2004* sborník z mezinárodnej konferencie, EDIS, Žilinská univerzita v Žiline 2004, ISBN 80-8070-249-7

UIC, 2013. Leaflet UIC 406. Capacity. International Union of Railways (UIC). Paris, ISBN 2-7461-0802-X

VAKHTEL, S. 2002. *Rechnerunterstützte analytische Ermittlung der Kapazität von Eisenbahnnetzen*. Dizertační práce, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen vyd. Pardubice: Univerzita Pardubice. 129 s.

SEZNAM PŘÍLOH

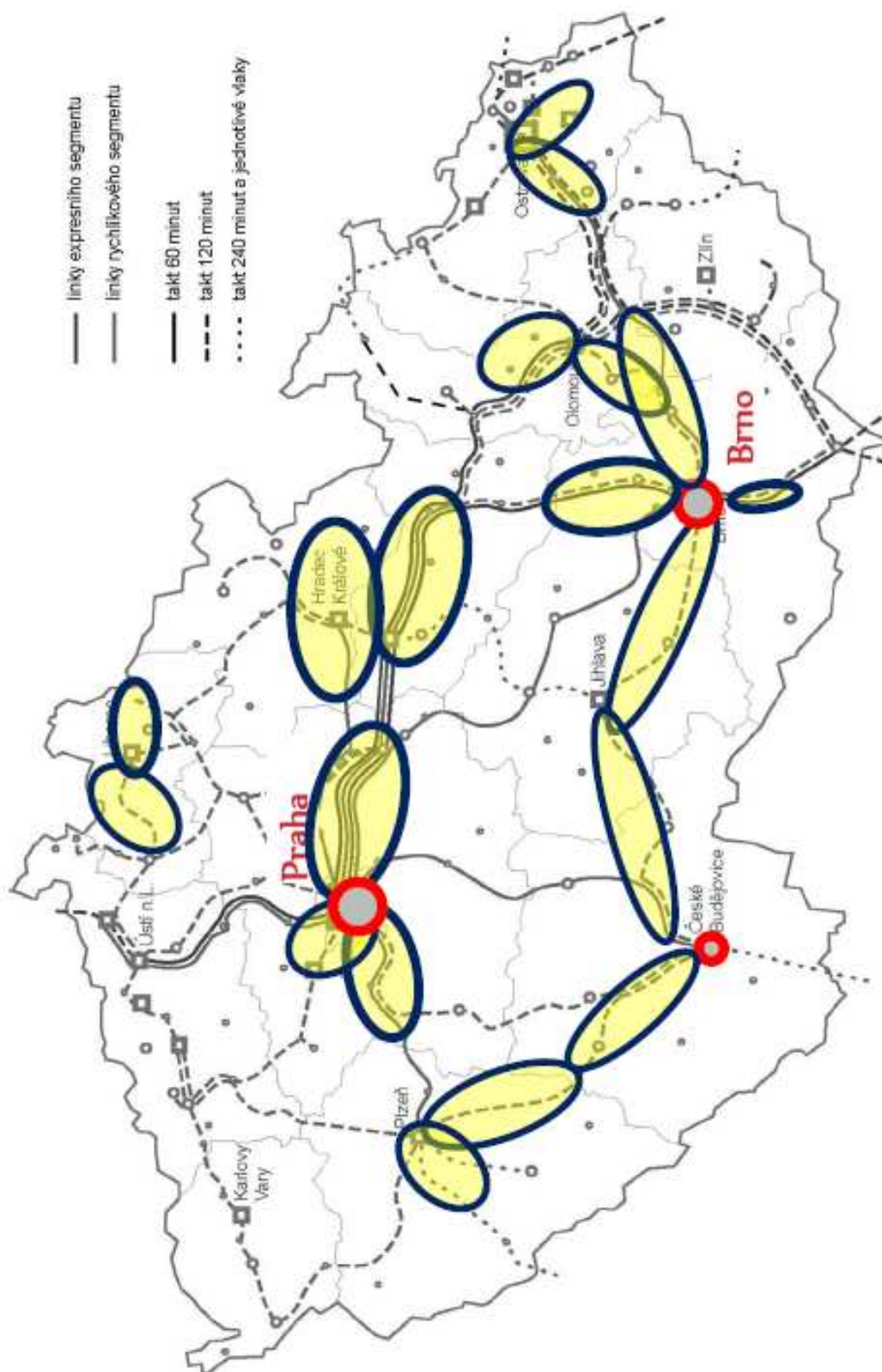
- Příloha 1. Náplň procesu přidělování kapacity železniční dopravní cesty v procesu řízení kapacity v podmínkách manažera železniční infrastruktury
- Příloha 2. Místa na železniční infrastruktuře SŽDC s nadměrně využitou kapacitou
- Příloha 3. Železniční nákladní koridory dle nařízení EU 913/2010, ve znění Přílohy II Nařízení EU 1316/2013, a alternativní nákladní trasa navržená Odborem strategie GŘ SŽDC
- Příloha 4. Případová studie vkládání systematických tras v traťovém úseku tranzitního koridoru
- Příloha 5. Příklad NJŘ tratě se specifickým provozem, pro kterou lze uvažovat vyšší hodnotu stupně obsazení v JŘ
- Příloha 6. Rámcové procesy podporující synchronizaci jízdních dob v procesu přidělování vlakové trasy

Příloha 1. Náplň procesu přidělování kapacity železniční dopravní cesty v procesu řízení kapacity v podmínkách manažera železniční infrastruktury

Proces	Podproces	Činnost	Popis podprocesu / činnosti
Objednání vlakové trasy	Objednávka trasy	Žádost	Žadatel vyjádří požadavku o přidělení kapacity železniční dopravní cesty.
Strategický dialog Poradenská fáze	Rozhodování se o druhu dopravy z věcného hlediska	Nákladní doprava	Žadatel bude žádat přidělení trasy pro vlak nákladní dopravy.
		Osobní doprava	Žadatel bude žádat přidělení trasy pro vlak osobní dopravy.
	Rozhodování o druhu dopravy z územního hlediska	Vnitrostátní doprava	Žadatel bude žádat přidělení trasy pro v rámci sítě SŽDC.
		Mezinárodní doprava	Žadatel bude žádat přidělení trasy, která zasahuje do více sítí.
	Periodicita jízdy vlaku	Pravidelný vlak	V přidělené trase bude žadatel provozovat pravidelný vlak.
		Podle potřeby	V přidělené trase bude žadatel provozovat vlak podle potřeby.
		Trasa ad hoc	Žadatel bude provozovat vlak v ad hoc trase v případě potřeby, ad hoc kapacita bude přidělená ve formě volných vlakových tras, nebo vypracovaná úplně nová studie tras.
		Přidělení trasy z katalogu volných tras	Trasa bude přidělená podle volné trasy v jízdním řádu.
	Volba druhu vlaku	Definování parametrů tras vlaků	Výběr dopravního druhu vlaku (Ex, R, Os, Sv, Nex, Pn, Mn, Vleč).
	Prvotní plánování trasy	Definování prvotní požadavky na trasování vlaku	Definování základní trasy vlaku (výchozí stanice, cílová stanice, směrování, nácestné technologické postupy a jiné).
	Prvotní určení normativu hmotnosti	Definování požadavky na složení soupravy	Definování technických normativů trasy (jízdni odpor, dopravní hmotnost, normativ délky, počet náprav, brzdicí procenta).
	Plánování trakce	Nezávislá trakce	Definování požadavky na způsob vozby: žadatel požaduje vedení vlaku závislou nebo nezávislou trakcí.
		Výkon hnacího vozidla	Definování minimálního výkonu hnacího vozidla pro plánování trasy.
		Věk hnacího vozidla	Žadatel doloží věk plánovaného hnacího vozidla a provozovatel infrastruktury rozhodne určení koeficientu pro použitý druh hnacího vozidla.
	Plánování vlakové soupravy	Jízdní odpor	Definování jízdniho odporu soupravy.
		Hrubá hmotnost	Definování hrubé hmotnosti soupravy.
		Délka	Definování normy délky soupravy.

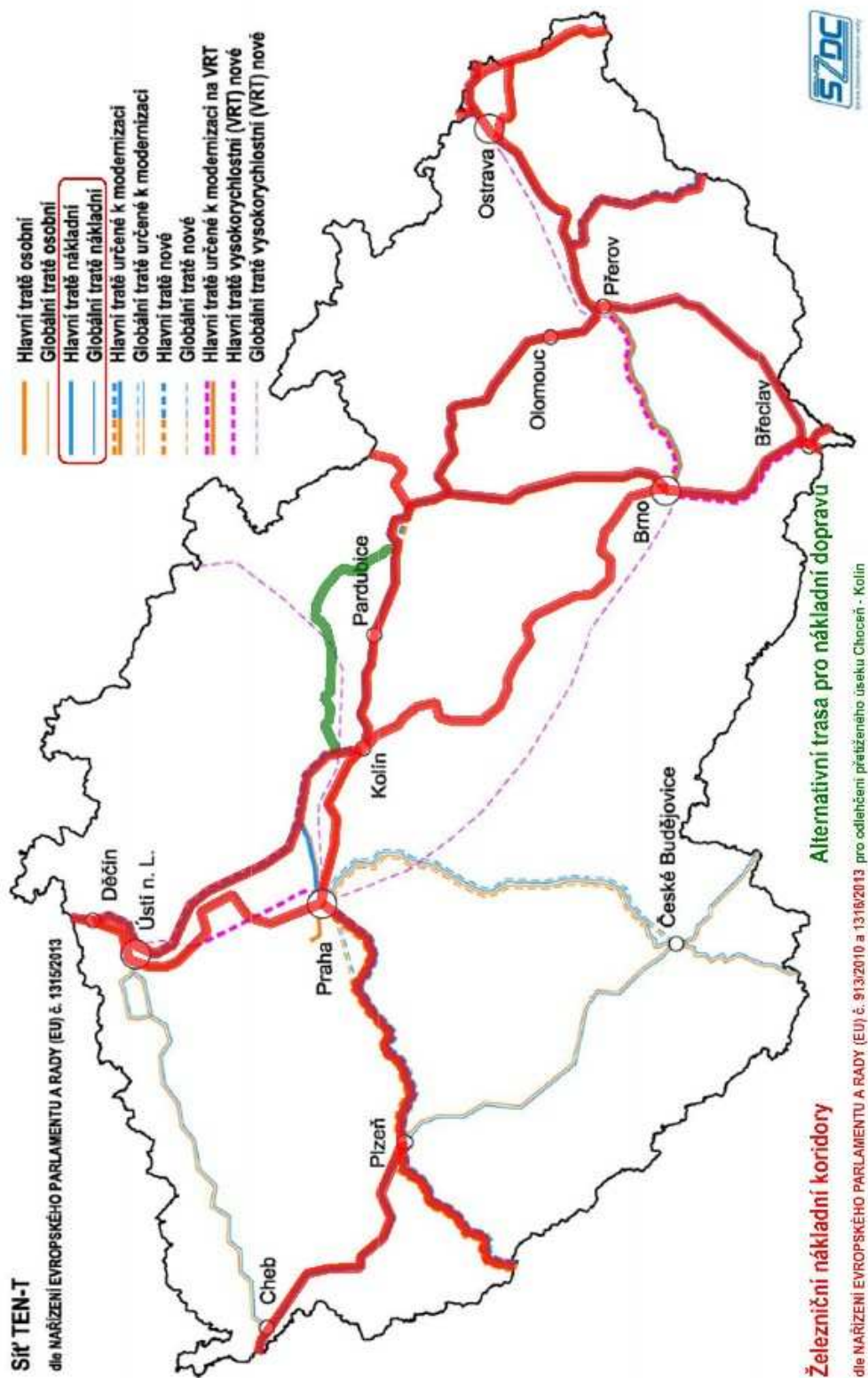
Proces	Podproces	Činnost	Popis podprocesu / činnosti
Strategický dialog Poradenská fáze	Nadlimitní jízda	Posouzení kritických bodů dopravní cesty	Provozovatel infrastruktury posoudí navrhované hnací vozidlo (trakce, výkon) a soupravu (hmotnost, jízdní odpor, délka).
	Trasa „ad hoc“	Prozkoumání trasování „ad hoc“ trasy	Pokud je požadováno přidělení ad hoc trasy, není třeba vypočítávat tachogram jízdy vlaku a provádět kapacitní analýzy, takže postup přidělování pokračuje určením normativu hmotnosti vzhledem k plánované řadě hnacího vozidla.
Studie realizovatelnosti trasy	Výpočet tachogramu jízdy	Jízdní doby	Provozovatel infrastruktury na základě shromážděných technických podkladů pro žádanou trasu vypočítá jízdní doby teoretické a stanoví pravidelné jízdní doby pro plánovanou trasu vlaku, které budou závazné pro konstrukci JŘ.
Koordinace a řešení konfliktů	Prvotní určení časové polohy trasy vlaku	Trasa v nákresem JŘ	Předběžné zadání polohy trasy vlaku v JŘ (udání pobytů, odjezdů a příjezdů v dopravních). Rozhodování o synchronizaci trasy vlaku do systémových jízdních dob.
	Určení normy vytížení	Norma vlakové trasy	Definitivní stanovení technických parametrů vlaku (jízdní odpor, dopravní hmotnost, normativ délky, počet náprav, třeba brzdící procenta).
	Specifické trasy	Trasování specifických vlakových tras	Posouzení, zda žádaná trasa je určena pro specifické dopravní toky. V případě specifických dopravních toků (trasa pro vlak charitativních akcí, výročí a oslavy, výstavy apod.) se posoudí využití nepřidělené kapacity.
	Kapacitní analýzy	Posouzení stability JŘ	Provedení analýzy kapacity podle vybrané metodiky (rámcový postup a metodiky viz kap. 4). Posouzení stability jízdního řádu.
Přidělení vlakové trasy	Přidělení vlakové trasy	Potvrzení žadateli	Definitivní potvrzení žadateli, že provozovatel infrastruktury akceptoval žádost a na základě analýzy kapacity a dalších parametrů přidělil trasu vlaku s přesným určením časové polohy a technických parametrů vlaku.

Příloha 2. Místa na železniční dopravní cestě SŽDC s nadměrně využitou kapacitou



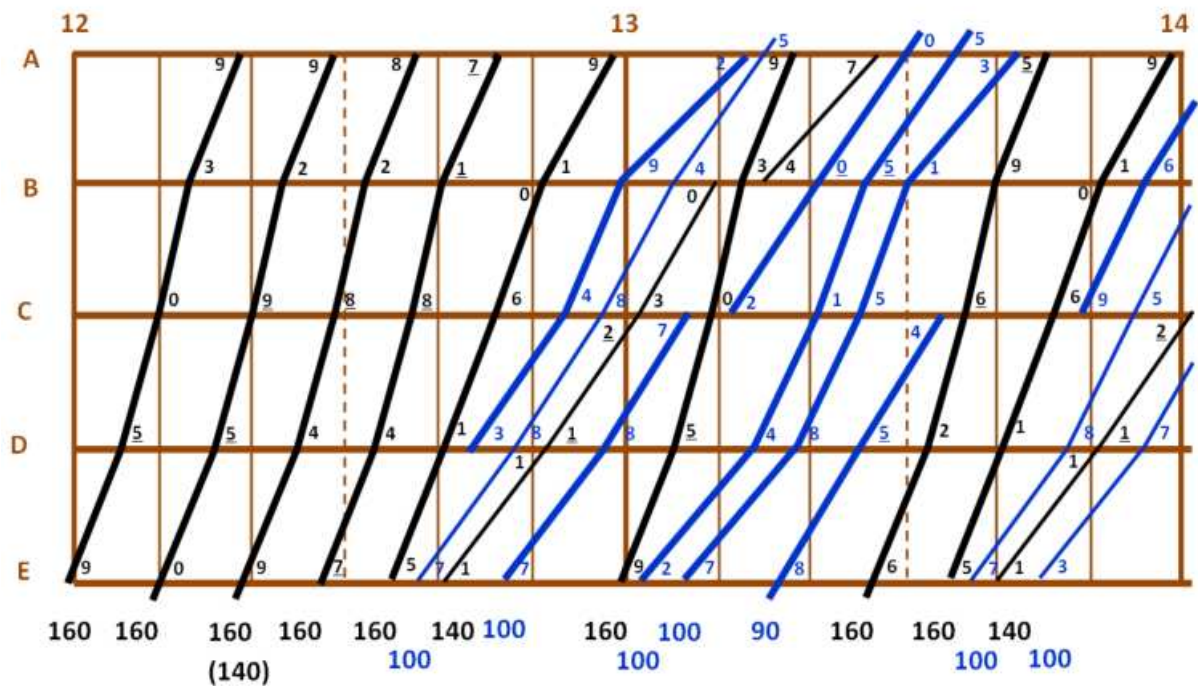
Zdroj: Hrabáček, 2014

Příloha 3. Železniční nákladní koridory dle nařízení EU 913/2010, ve znění Přílohy II Nařízení EU 1316/2013 a alternativní nákladní trasa

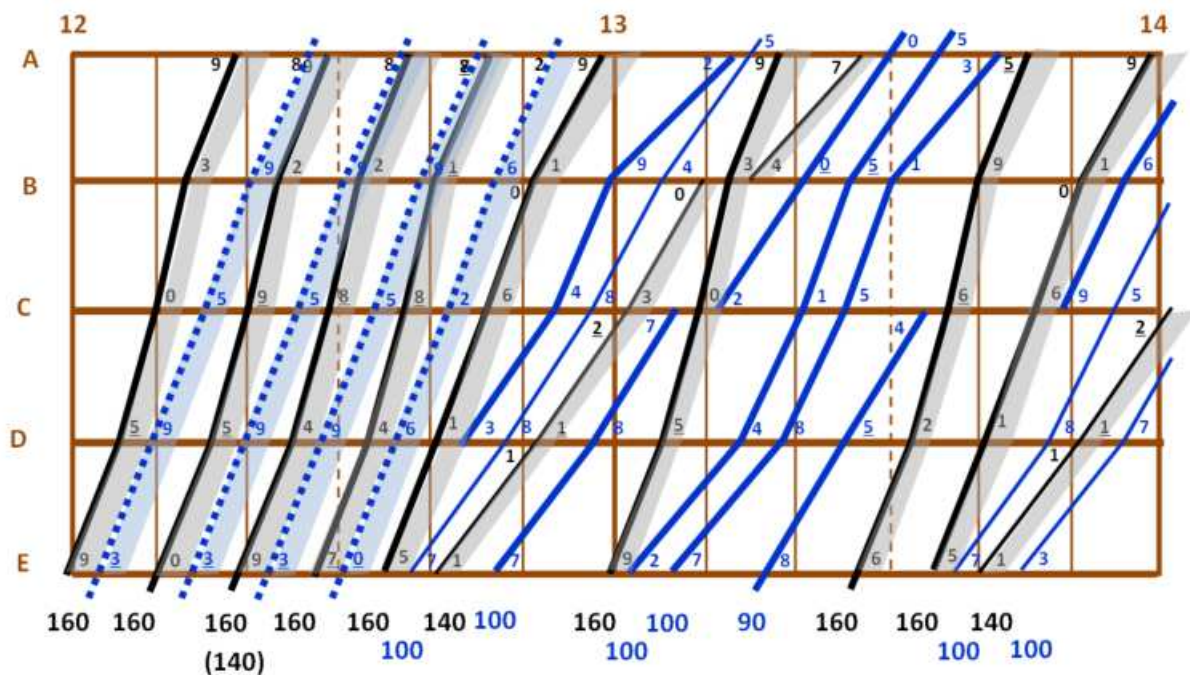


Zdroj: Binko, 2015

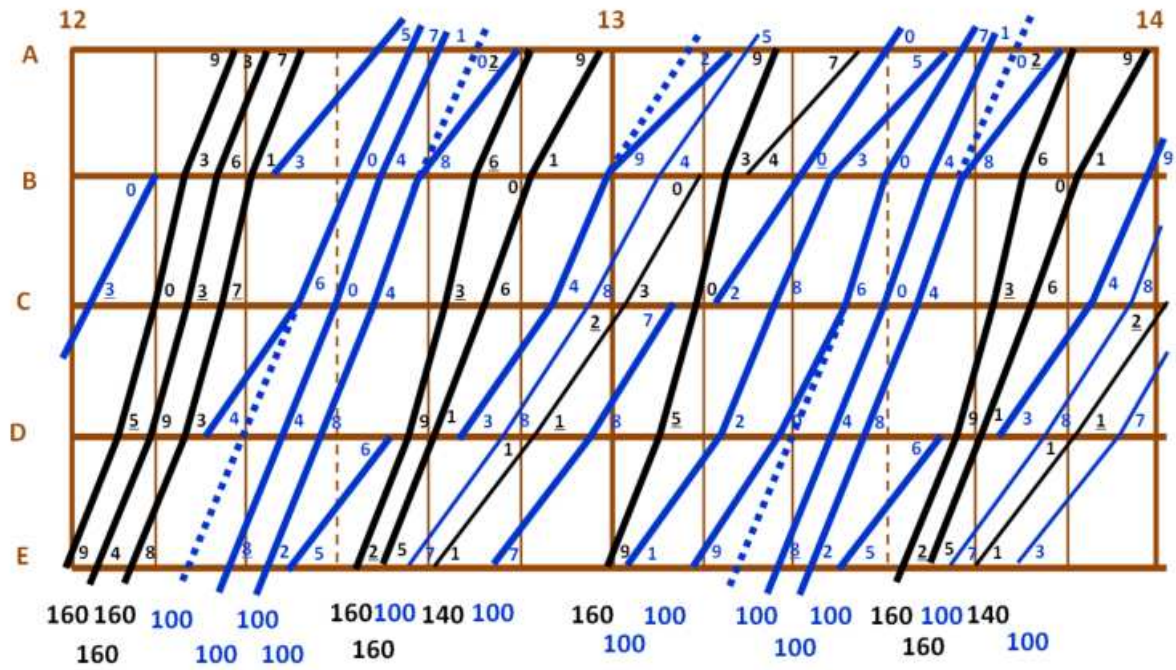
Příloha 4. Případová studie vkládání systematických tras v traťovém úseku tranzitního koridoru



Obr. 3.1. Typický mix a rozložení vlakových tras v jednom směru na traťovém úseku tranzitního koridoru (čísla pod trasami udávají stanovenou rychlost pro danou trasu)

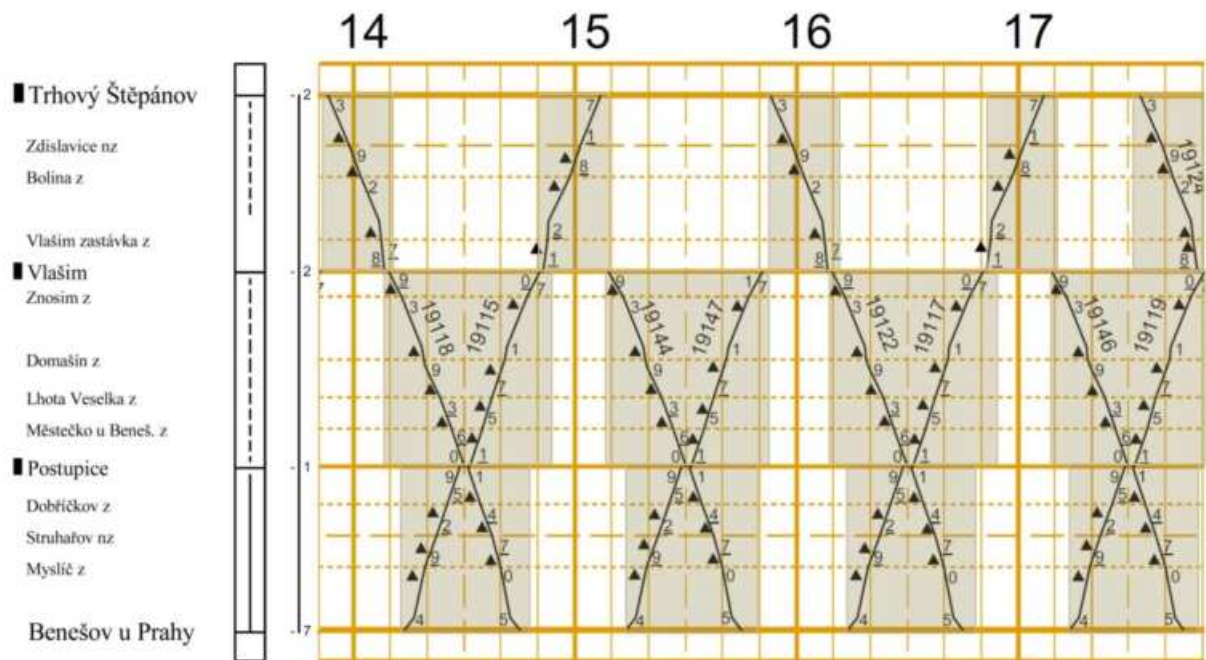


Obr. 3.2. Nemožnost vložení rychlých tras vlaků nákladní dopravy (Nex) do mezer mezi rychlými vlaky osobní dopravy (Ex) s vyznačením doby obsazení těmto trasami v typickém mixu vlakových tras na traťovém úseku tranzitního koridoru (čísla pod trasami udávají stanovenou rychlost pro danou trasu)



Obr. 3.3. Nemožnost vložení rychlých tras vlaků nákladní dopravy (Nex) do mezer mezi rychlými vlaky osobní dopravy (Ex) s vyznačením doby obsazení těmato trasami v typickém mixu vlakových tras na traťovém úseku tranzitního koridoru (čísla pod trasami udávají stanovenou rychlost pro danou trasu)

Příloha 5. Příklad NJŘ tratě se specifickým provozem, pro kterou lze uvažovat vyšší hodnotu stupně obsazení v JŘ



Příloha 6. Rámcové procesy podporující synchronizaci jízdních dob v procesu přidělování vlakové trasy

Objednání vlakové trasy	Strategický dialog	Studie realizovatelnosti trasy	Koordinační a řešení konfliktů	Realizace provozu
Žádost o vlakovou trasu	Druh dopravy: osobní / nákladní	Požadavek na systémovou trasu	Prioritizace vlakových tras	Operativní řízení provozu podle JŘ
	Vlak na více infrastrukturách: vnitrostátní / mezinárodní	Výpočet jízdních dob	Synchronizace jízdních dob	Řešení konfliktů mezi vlakovými trasami (sledy vlaků, čekání)
	Trasování vlaku / přiřazení dopravních bodů		Řešení konfliktů mezi trasami	Řešení mimořádností (odklony, náhradní autobusová doprava)
	Trasa pravidelná/ ad hoc / katalogová		Posouzení stability JŘ a stupně využití kapacity	Sledování plnění výkonnosti vlakových tras
	Plánování hnacího vozidla		Přidělení kapacity	Kompensace/ penalizace (bonus - malus)
	Plánování technického normativu soupravy			