

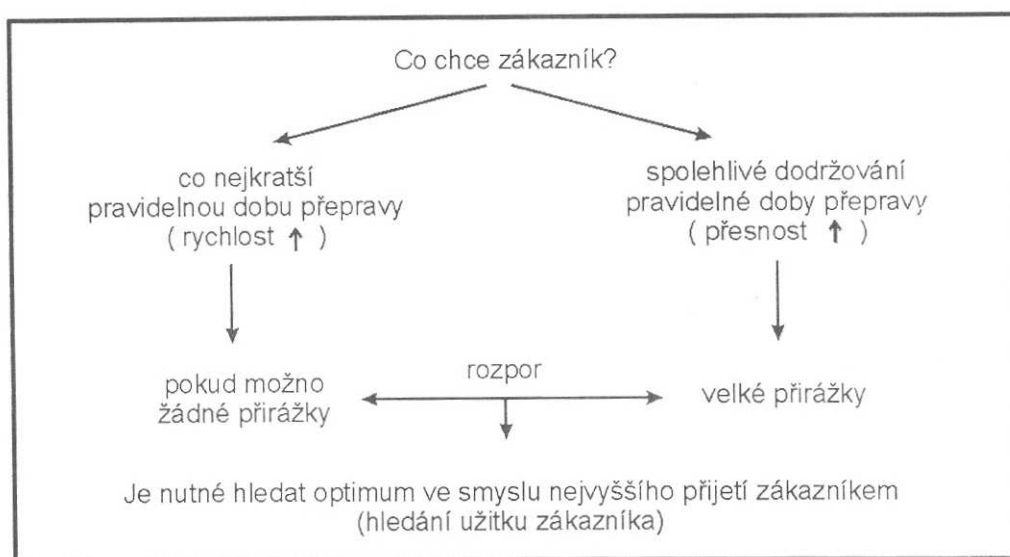
## Časové aspekty v železniční osobní dopravě

### 1. Úvod

Pro hodnocení dopravních systémů, dopravních oborů nebo jednotlivých dopravců mají časové aspekty mezi ostatními kvalitativními kritérii významnou roli. Požadavky na časová kritéria můžeme podrobněji specifikovat například následovně:

- 1) pokud možno co nejkratší doba přepravy (neboli co nejvyšší rychlost),
- 2) velká četnost spojů,
- 3) vysoká přesnost (eliminace odchylek od plánu),
- 4) pravidelnost (čili konstantní odstupy za sebou následujících dopravních prostředků, realizovaná taktovým jízdním řádem).

Mezi zmíněnými požadavky jsou složité, často protichůdné vztahy. Rozpor mezi požadavky na velkou rychlost a současně vysokou přesnost ilustruje schéma.



Obr. 1: Požadavky zákazníka na dobu přepravy [1]

Je třeba si uvědomit, že každá přírážka sice snižuje riziko odchylek od plánovaného trvání doby přepravy, současně však dobu přepravy prodlužuje.

Rozpor lze vidět také mezi požadavkem na vysokou četnost spojů a zároveň krátkou dobu přepravy: s rostoucím počtem vlaků se zvyšuje zatížení tratě a s tím přibývá konfliktních situací: křížování a předjíždění jsou častější, při zpoždění jednoho vlaku dochází k jeho přenosu na jiné vlaky ve větší míře než při menším rozsahu dopravy.

Výše uvedené příklady naznačují, že na poli časových aspektů přepravy existují problémy, kterým není věnována patřičná pozornost. Cílem článku je proto zevrubně čtenáře seznámit s tím, co o problematice časových aspektů přepravy uvádí zahraniční, zejména německá literatura a částečně provést srovnání se současným stavem u nás. Přestože příspěvek je zaměřen na železniční osobní dopravu, principy zde uvedené platí jak pro dopravu nákladní, tak i pro ostatní dopravní obory.

### 2. Součásti doby přepravy

V [1] je popisována doba přepravy v analogii k průběžné době výrobního procesu jako suma těchto časů:

- jízdní doby a nutné pobyty (ve výrobním procesu doba výroby),
- přírážky k jízdním dobám (ve výrobním procesu přírážky na výrobní nepřesnosti) ,
- doby čekání (čekání na uvolnění limitovaných zdrojů),
- doby synchronizace (synchronizace mezi dvěma nebo více procesy).

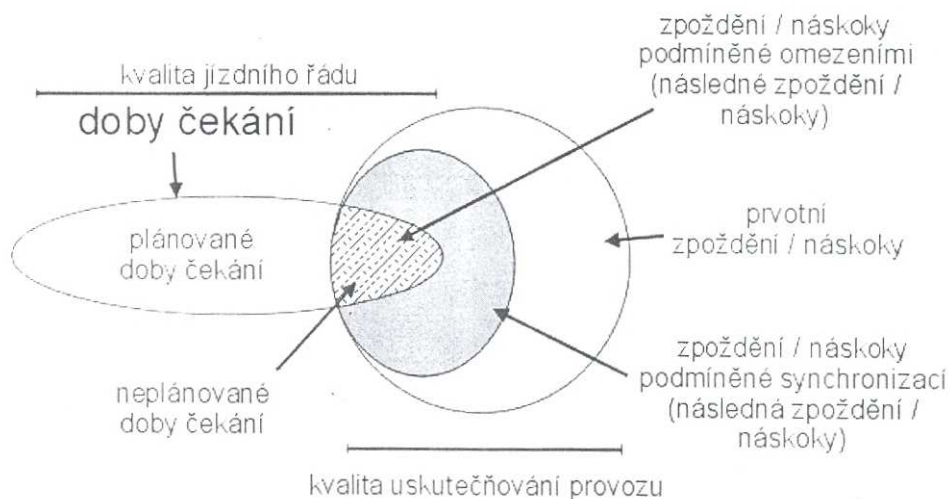
Tab. 1: Součásti realizované doby přepravy podle Hertla

čistá jízdní doba	dopravní a přepravní pobyty	minimální doba přepravy	+ doby synchronizace pro přechody mezi systémy zákazníky	+ plánované doby čekání následkem omezení podmíněných zatížením	neplánované doby čekání (zpoždění + náskoky) následkem omezení podmíněných zatížením + zpoždění nebo náskoky podmíněné synchronizací
zvláštní a pravidelné přírážky (tolerance)					
minimální jízdní doba + minimální pobyt					
základní doba přepravy					
plánovaná doba přepravy					
realizovaná doba přepravy					

Minimální doba přepravy je suma všech minimálních jízdních dob a pobytů, které by pro vlak byly dosažitelné, pokud by se pohyboval v síti jako jediný, a tím nebyl ve své jízdě nijak omezován jinými vozidly.

Plánovaná doba přepravy je složena z jízdních dob a pobytů nutných pro překonání prostoru a pro nástup a výstup cestujících, popř. nakládku a vykládku zboží nebo informací, eventuelních přírážek na nepřesnosti (v případě, že nejsou v jízdních dobách a pobytech implicitně), dob čekání a dob synchronizace.

Realizovaná doba přepravy se může od plánované (pravidelné) doby přepravy stanovené jízdním řádem lišit. Odchytky od plánovaných součástí, zpoždění nebo náskoky, vznikají jako důsledek neplánovaných dob čekání a neplánovaných dob synchronizace.



Obr. 2: Definice popisující příčiny dob čekání a odchylek od jízdního řádu [6]

### 3. Jízdní doby a příslušné přírážky

Výpočet jízdních dob je především problémem dynamiky jízdy. Jízdní doby byly od počátku železnice počítány pomocí sice postupně vylepšovaných, ale vždy jen deterministických modelů, které operují s deterministickými vstupy. Skutečná jízdní doba však kolem takto vypočítané hodnoty kolísá. Proto je k jízdní době přidávána přírážka. Železniční správy vyvinuly tři druhy přírážek:

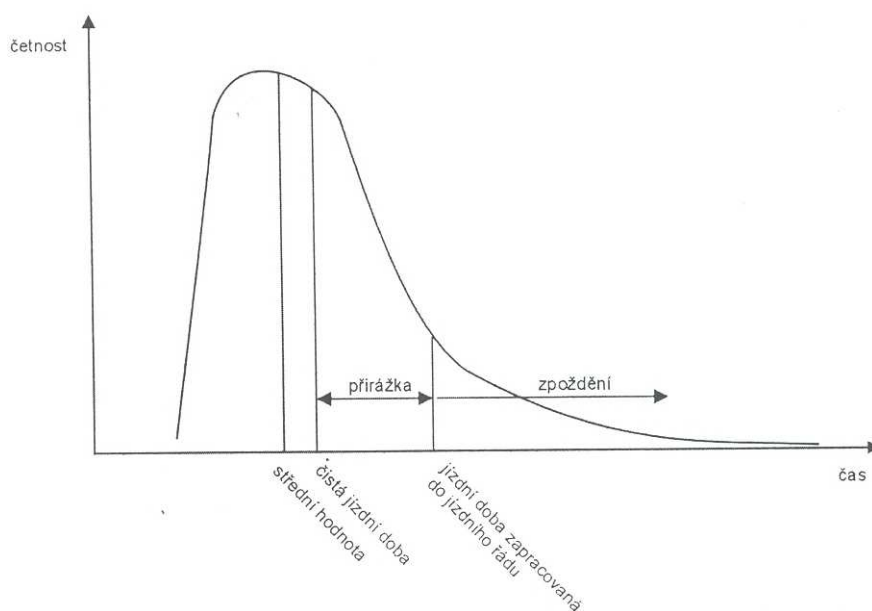
- přírážky závislé na vzdálenosti [min/km],
- přírážky vztažené k jízdní době [%],
- konstantní přírážky [min/stanice nebo uzel] .

Nejsou vyloučeny ani kombinace těchto metod. České dráhy používají přírážky vztažené k jízdní době, a to ve výši 4% pro vlaky osobní dopravy a 10% pro vlaky nákladní dopravy.

S používáním deterministických postupů je spojen rozpor: jízdní doby jsou zjišťovány simulačními postupy, jejichž algoritmus vykazuje vysokou preciznost. Naproti tomu přesnost použitých vstupních veličin je ve srovnání s praxí ve většině případů malá. Jako vstupní data simulačního postupu se používají konstanty, ačkoli v praxi se jedná o náhodné veličiny. Protože uživatelům současného určování jízdních dob jsou tyto slabiny známy, pomáhají si výše zmíněnými přírážkami k jízdním dobám.

Hertel a Steckel [2] koncem 80. let 20. století navrhli metodu určování jízdních dob na stochastickém základě. Metoda spočívá v důkladné analýze faktorů ovlivňujících jízdní dobu. Rozdělení četností jízdní doby se získá opakovanou simulací jízdy téhož vlaku. V dalším kroku se zkouší, zda rozdělení četností jízdní doby vyhovuje teoretickým modelovým rozdělením. Měření na síti Německých říšských drah (DR) prokázala, že lze použít Weibullovo rozdělení pravděpodobnosti. Z odvozené distribuční funkce jízdní doby může být pro libovolnou pravděpodobnost určena superiorní hodnota, která může být užívána místo jízdní doby zvýšené o přírážky. Výsledkem jsou tedy jízdní doby, které nejsou překročeny při zvolené statistické jistotě.

Jentsch a Gropler [4] tuto metodu dále rozvíjeli. Zabývali se však také možností použít nevyužitá rezervní časy ke snížení spotřeby energie. Simulacemi jízd konkrétních vlaků osobní dopravy zjistili, že rezerva v jízdních dobách ve výši 3% může oproti "ostrému způsobu jízdy" přinést úsporu energie i o velikosti 12-14%.



Obr. 3: Principiální rozdělení četnosti realizovaných jízdních dob [5]

#### 4. Doby synchronizace

Význam doby synchronizace lze popsat jako proces, ve kterém všechny dílčí procesy čekají, dokud poslední z nich není ukončen. Doby synchronizace se předpokládají v uzlech (nádrazích, letištích, přístavách, kontejnerových terminálech, překladištích atd.). Jsou nutné pro plánované

odsouhlasení více provozních procesů. Zpravidla jsou připočteny k minimálním pobytům, popř. minimálním jízdním dobám. Důvodem dob synchronizace nejsou omezení podmíněná zatížením.

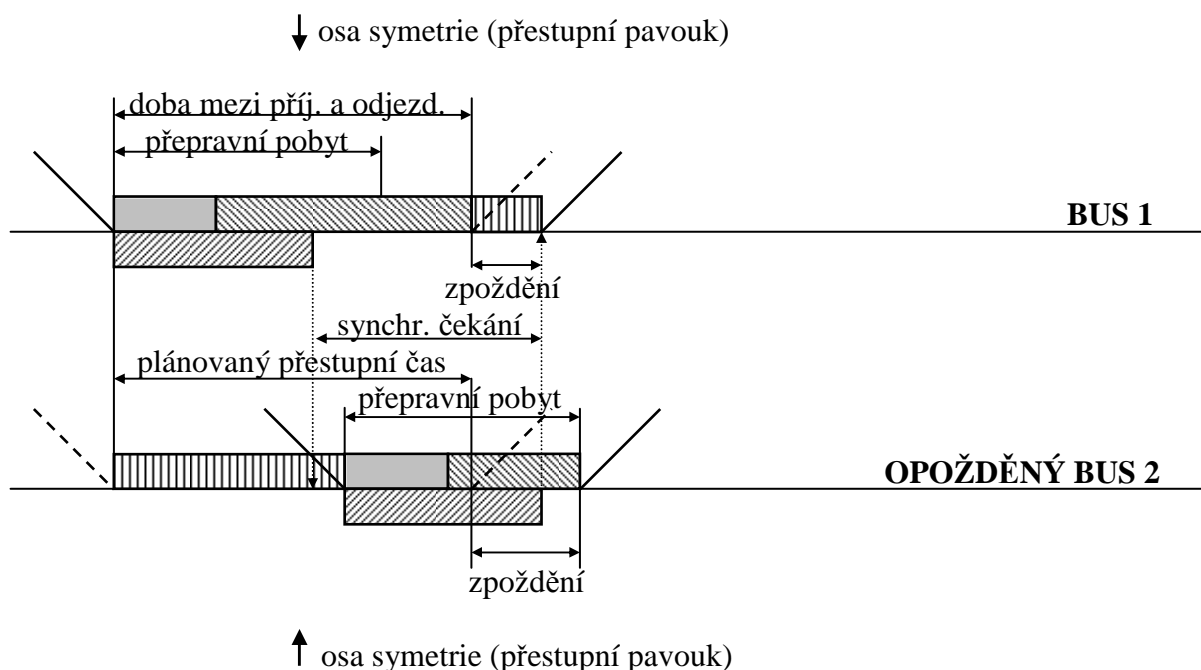
V železničním provozu se vyskytují dvě formy doby synchronizace:

1. Čekání vlaku za účelem přestupu cestujících:

- Prodloužení doby přepravy pro zákazníky, kteří nemají ze synchronizace žádnou výhodu.
- Pro zákazníky zpravidla není transparentní důvod, proč se nejede dál, a také není v jejich zájmu.
- Cestující čekají na další jízdu vlaku - nejsou vystaveni povětrnostním vlivům.

2. Čekání cestujících na přípojný vlak:

- Prodloužením doby přepravy je postižen zákazník, který synchronizaci potřebuje.
- Zákazníkovi je důvod prodloužení doby přepravy transparentní.
- Cestující je během synchronizace zpravidla vystaven povětrnostním vlivům.



Legenda obrázku:

- minimální čas pobytu
- čas synchronizace dopravního prostředku/spoje
- čas na operace v souvislosti s odjezdem
- minimální přestupní čas
- zpoždění spoje
- - - skutečný odjezd nebo příjezd spoje z důvodu zpoždění
- pravidelný odjezd nebo příjezd spoje

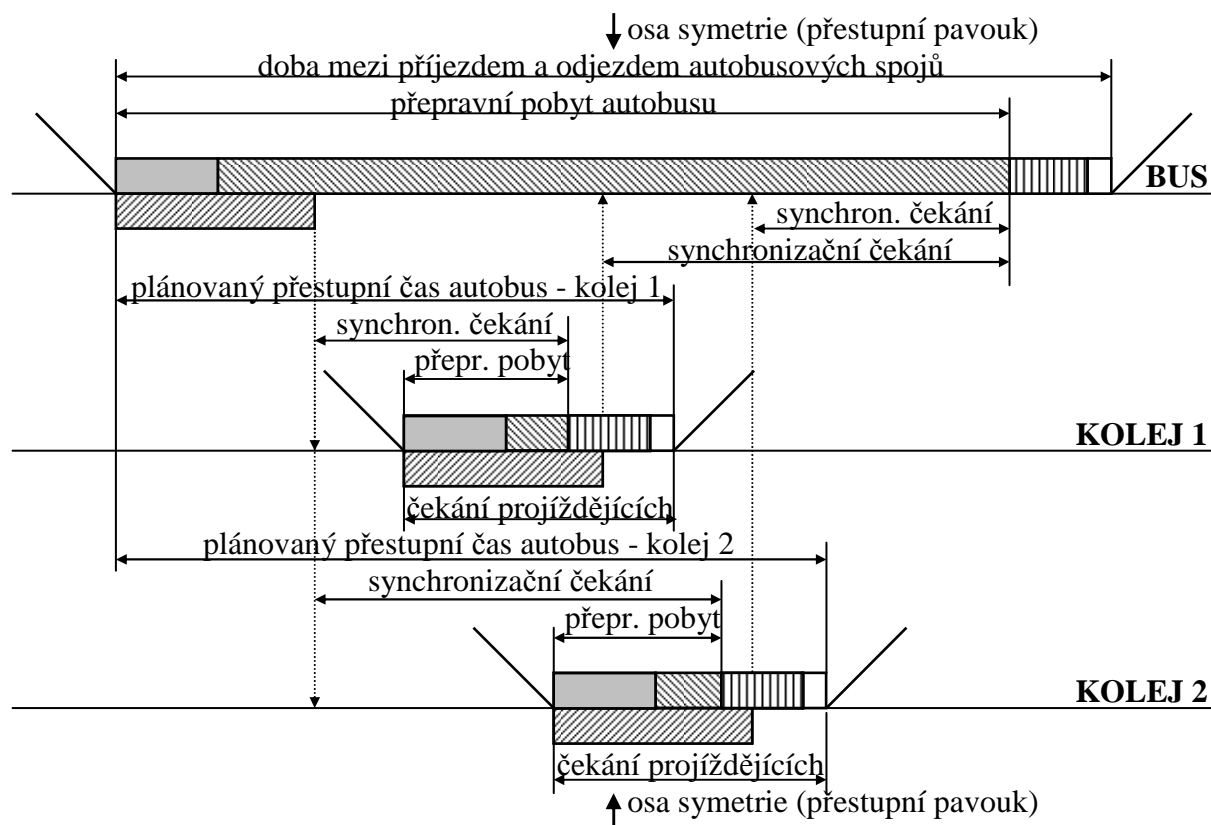
Obr. 4a: Tvorba doby synchronizace – 2 autobusy

Přinejmenším v osobní dopravě se vyskytuje výhradně u první formy doby synchronizace dodatečná vazba finančních zdrojů. Redukce je žádoucí jak z pohledu podniku, tak z pohledu zákazníka. Druhá forma dosahuje významu pro podnik přes aspekt užitku zákazníka, o který






je třeba usilovat. Je smysluplné a nutné do pozorování zahrnout hledisko zákazníka. Formy výskytu doby synchronizace ve svém působení na zákazníky v osobní dopravě jsou různé a záleží na úhlu pohledu.

Aby bylo možno obě vyskytující se formy synchronizační doby ve svém působení na (ne)uspokojení zákazníka vzájemně zvažovat, jsou potřebná měření spokojenosti zákazníků.

K tomu ale nejsou vyvinuty potřebné nástroje a zároveň zde působí mnoho dalších vlivů, jako účel cesty, denní doba apod. Princip tvorby doby synchronizace lze vyčíst z Obr. 4a a Obr. 4b.



Legenda obrázku:

-  minimální čas pobytu
-  čas synchronizace dopravního prostředku/spoje
-  plánovaná doba čekání
-  čas na operace v souvislosti s odjezdem
-  minimální přestupní čas z autobusu na vlak nebo naopak

Obr. 4b: Tvorba doby synchronizace – 2 vlaky a autobus

#### 4.1 Čekání vlaku za účelem přestupu cestujících

První formu času synchronizace, tj. čekání spoje za účelem přestupu cestujících, lze rozdělit na minimální dobu synchronizace a dobu synchronizačního čekání. Při jednostranné závislosti (viz Obr. 4b a Tab. 2), kde existuje přestup za autobusu na vlaky, ale ne mezi vlaky, je minimální doba synchronizace rovna nule. V případě vícestranné závislosti (viz Obr. 4a), kdy existuje přestup z autobusu 1 na autobus 2 a z autobusu 2 na autobus 1, je doba synchronizace sumou dob synchronizace obou autobusů.

Tab. 2: Pravidelná doba synchronizace vztažená na vlak

Minimální doba synchronizace	Doba synchronizačního čekání
<ul style="list-style-type: none"> <li>– vzniká jen při vícestranné závislosti jako suma nutných dob synchronizace obou vlaků</li> <li>– je suma obou minimálních dob synchronizace po odečtení obou minimálních dob pobytu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– doba synchronizace při jednostranné závislosti, popř. ne nutná část doby synchronizace při vícestranné závislosti</li> <li>– rozdíl mezi koncem minimální doby pobytu a koncem minimální přestupní doby, jestliže konec minimální přestupní doby nastává před koncem minimální doby pobytu</li> </ul>

#### 4.2 Čekání cestujících na přípojný vlak

Druhá forma času synchronizace (čekání cestujících na přípojný vlak) vzniká z rozdílu mezi koncem pobytu z přepravních důvodů vlaku, na který se přestupuje, a koncem minimální přestupní doby, jestliže konec minimální přestupní doby nastává před koncem dopravního pobytu.

Podstatný problém při synchronizaci představuje měření minimální přestupní doby. Ta se skládá z:

- maxima dopravní a provozní doby přestupu,
- přírůstek k vyrovnání neměřitelných vlivů (např. rozdělení cestujících ve vlaku a na nástupišti, dynamika proudu cestujících),
- záloha k vyvarování se, popř. k redukci přenosů zpoždění.

#### 4.3 Neplánovaná doba synchronizace

Vedle plánované (pravidelné) doby synchronizace, která je popsána v předcházející části, existuje též neplánovaná doba. Tu lze stručně charakterizovat jako odchylku od plánované doby synchronizace, tzn. jako rozdíl mezi skutečnou dobou synchronizace a plánovanou. Obecně doba synchronizace se dá vyjádřit jako maximum náhodných procesů spojených s přestupem cestujících. Je však nutno počítat s tím, že také čas potřebný pro přestup je chápán jako náhodná veličina a může docházet k odchylkám. Vlastní průběh přestupu je opět synchronizací více dílčích procesů (např. přechod jednotlivých cestujících). To je znesnadněno i tím, že tyto procesy jsou často závislé na limitovaných zdrojích. Navíc zde hrají roli faktory jako dynamika proudu cestujících a rozdělení cestujících ve vlaku a na nástupišti.

Neplánovanou dobu synchronizace je možno tedy vyjádřit jako funkci následujících faktorů:

- součásti plánovaného času synchronizace
- odchylky času příjezdu příslušných vlaků
- potřebný čas na přestup
- možnost synchronizace s jiným procesem.

Poslední faktor obsahuje otázku, kdy dochází ke ztrátě přípoje, a tedy následuje synchronizace na jiný vlak. Tato otázka představuje tíživý problém ve smyslu zohlednění různých zájmů zákazníků (cestujících).

Vztaženo na vlak, popř. na cestující, kteří se nacházejí v přípojném vlaku, by mohla vzniknout souvislost zobrazená na Obr. 5. Zde se čas synchronizace nejprve se zpožděním

na příjezdu zvyšuje. S rostoucím středním zpožděním však stále častěji dochází ke ztrátě přípoje, což neplánovanou dobu synchronizace, kterou je možno očekávat, zvyšuje. Při rostoucím středním zpoždění na příjezdu a s tím rostoucí pravděpodobnosti ztráty přípoje dochází k silnému vzestupu času synchronizace. Při ještě dále rostoucím středním zpoždění na příjezdu lze pak opět počítat s poklesem očekávaného času synchronizace, protože je pak s vyšší pravděpodobností synchronizován s jiným vlakem, jehož čas odjezdu se přibližuje.



Obr. 5: Možná souvislost mezi zpožděním na příjezdu a neplánovaným časem synchronizace

#### 4.4 Přestupní doba na ČD

V podmínkách Českých drah upravuje problematiku doby čekání na přípoje pro každou oblast OPŘ pomůcka ke GVD "Čekací doby a opatření při zpoždění vlaků osobní dopravy". Zde je možno uvést definici přípojného vlaku: "Přípojnými vlaky jsou vlaky, u nichž mezi pravidelným příjezdem prvního a pravidelným odjezdem druhého vlaku podle jízdního řádu není větší interval než 60 minut".

Pro každý přípojný vlak je v dané stanici stanoven pouze jeden druh čekací doby a to buď:

- Základní čekací doba - ta je stanovena mezi jednotlivými kategoriemi vlaků pro všechny stanice ČD shodně (např. vlaky R, Sp čekají na přípojné vlaky 5 minut),
- Čekací doba delší nebo kratší než je základní čekací doba - kratší čekací doba může být stanovena i na 0 minut.

V této pomůcce jsou uvedeny kromě pravidelných přestupních dob také čekací doby na určité vlakové spoje. Potřebná doba na přestup se stanoví jako doba, která se počítá od příjezdu prvního vlaku do odjezdu druhého vlaku a postačuje pro bezpečný přestup cestujících za podmínek v místě obvyklých. Tato přestupní doba se stanoví pro každou v úvahu přicházející stanici ve třech hodnotách jako:

- normální doba potřebná na přestup cestujících bez překládky malých zásilek a listovní pošty mezi dvěma vlaky při jejich nejnepríznivějším rozmístění ve stanici,
- speciálně stanovená kratší doba potřebná na přestup cestujících mezi dvěma konkrétními vlaky při jejich pravidelném rozmístění ve stanici,
- speciálně stanovená delší doba potřebná pro přestup mezi dvěma vlaky se současnou překládkou malých zásilek a listovní pošty. Použije se pouze mezi vybranými a příslušnou pomůckou určenými vlaky.

Je možno konstatovat, že problém časů synchronizace u železnice je dosud málo prozkoumán. Existují přístupy, které by mohly napomoci zdokonalit současnou úroveň přípojových vazeb v uzlových stanicích, vše je ovšem pouze na bázi teoretického řešení a bude předmětem dalšího zkoumání.

V Tab. 3 jsou shrnuty hlavní problémy a možné způsoby řešení této problematiky.

Tab. 3: Hlavní problémy a možné způsoby řešení

problémy	<ul style="list-style-type: none"> <li>– všechny součásti doby synchronizace dosud jen málo prozkoumány</li> <li>– měření minimální doby přestupu při zohlednění aspektu užítu zákazníků</li> <li>– jak je možno ocenit vyskytující se formy synchronizace (vlak čeká na cestující popř. cestující čekají na vlak) z kombinace pohled zákazníků / pohled podniku?</li> </ul>
cesty řešení	<ul style="list-style-type: none"> <li>– simulace</li> <li>– analytické řešení s pomocí metod teorie pravděpodobnosti</li> <li>– přenos metody stochastické jízdní doby na minimální dobu přestupu - zohlednit užitek zákazníků</li> <li>– mezioborová pozorování na téma: nalezení užítu zákazníka</li> </ul>
vize výsledku	<ul style="list-style-type: none"> <li>– vyobrazení plánované doby synchronizace jako funkce přinejmenším následujících veličin: <ul style="list-style-type: none"> <li>a) stavební uspořádání uzlu synchronizace</li> <li>b) frekvence odjezdů vlaků</li> <li>c) počet případů synchronizace</li> <li>d) dynamika proudu cestujících</li> <li>e) rozdělení cestujících ve vlaku a na nástupišti</li> </ul> </li> <li>– vědecky odůvodněné měření minimální doby přestupu</li> </ul>

Sice méně důležitým, ale přesto existujícím problémem je otázka, kdy je pro utváření nabídky třeba pozorovat problém synchronizace při zohlednění aspektu užítu zákazníka. Přitom hrají roli jak časové aspekty (především velikost taktu, ale také podíl času synchronizace na době přepravy apod.), tak řada dalších vlivů jako druh, účel, cíl cesty, délka cesty.

## 5. Doby čekání

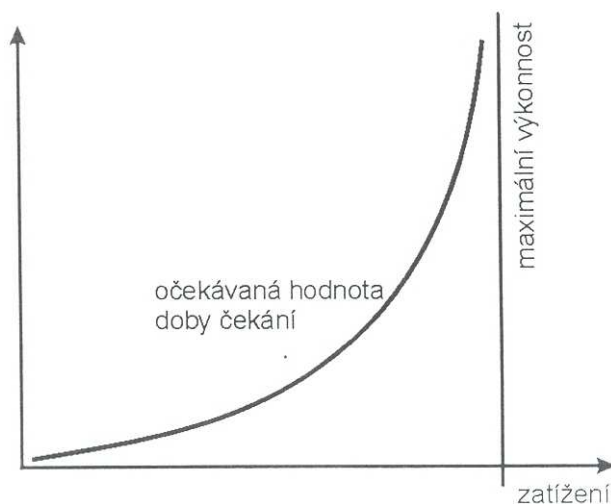
Z důvodu omezené dostupnosti zdrojů, kterými jsou infrastruktura, provozní prostředky a personál, vznikají doby čekání. Jsou to kladné nebo záporné rozdíly mezi přáními zákazníka



(objednavatele) a polohou trasy a zpravidla vedou k prodloužení doby přepravy.

Omezená disponibilita infrastruktury se projevuje, když dva nebo více vlaků (posunujících dílů) požadují jeden úsek infrastruktury, popř. více úseků, jejichž společné obsazení je vyloučeno. Důsledkem je čekání pro předjíždění, křížování nebo čekání před úzkými místy ("hrdly"). Omezená disponibilita vozidel a personálu 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 oběhů.

Analogicky k plánované době čekání, která je obsažena v jízdních řádech, existuje doba čekání neplánovaná. Oficiální definice DB AG uvádí, že neplánovaná doba čekání zahrnuje všechny výsledné odchylky od jízdního řádu, které vycházejí z omezení podmíněných zatížením. Mohou být kladné (zpoždění) nebo záporné (náskok). Neplánovaná doba čekání vzniká také poté, když z důvodu omezení není dosaženo nejkratší jízdní doby. Souhrnně lze tedy říci, že neplánovaná doba čekání je rozdíl mezi skutečnou dobou čekání a plánovanou dobou čekání.



Obr. 6: Principiální souvislost mezi plánovanou dobou čekání a zatížením [1]

V minulosti byla vyvinuta celá řada modelů pro zkoumání plánované i neplánované doby čekání, založených buď na teorii hromadné obsluhy (jednodušší jednofázové, složitější vícefázové) nebo na simulacích. Přehled modelů lze najít např. v [1]. Pro všechny dosud vyvinuté modely platí, že nejsou zohledněny limitované zdroje vozidla a personál. Moderní modely sice překonaly zkoumání pouze omezujícího úseku, nadále zůstávají omezeny na jednu trať. Je uvažován pouze jednosměrný provoz, nelze tedy zkoumat jednokolejnou trať, popř. dvoukolejnou trať s dočasně jednokolejnými úseky.

Pro výpočet neplánované doby čekání lze použít podobné modely jako pro plánovanou dobu čekání s tím rozdílem, že je nutno uvažovat existenci už sestaveného jízdního řádu všech vlaků osobní dopravy nemohou zásadně odjet před plánovanou dobou odjezdu.

## 6. Doby mezer

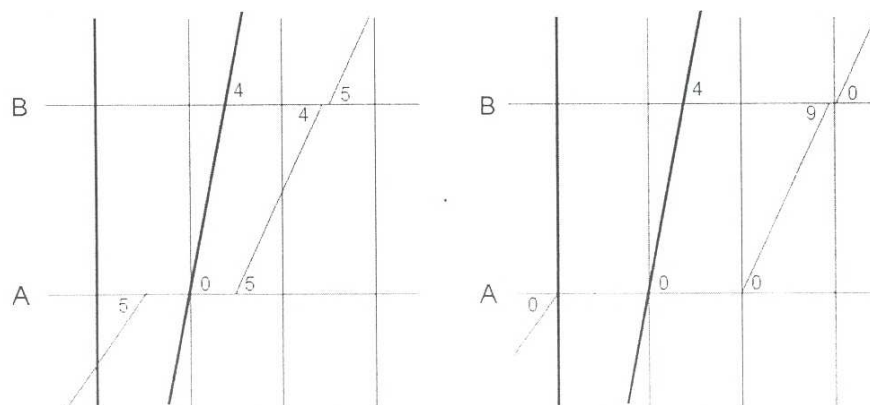
Doba mezery sice není součástí doby přepravy, je však důležitým rezervním časem a dobu přepravy velmi ovlivňuje. Jako doba mezery je označováno časové období, o které by dvě trasy vlaků mohly být posunuty k sobě, aniž by došlo k omezením mezi oběma vlaky.

Rozložení dob mezer, které jsou k dispozici, většinou odpovídá exponenciálnímu rozdělení pravděpodobnosti. Výjimky tvoří čisté taktové jízdní řády. Ale už při prokládání různých

taktových jízdních řádů může být rozdělení dob mezer zpravidla pojímáno jako exponenciální.

Zajímavé je působení doby mezery na plánované a neplánované doby čekání. Vliv na obě doby čekání je přesně protikladný. Vyžaduje-li se velký časový odstup mezi vlaky, pak na jedné straně je třeba přijmout, že se zvýší plánovaná doba čekání. Na druhé straně při odchylkách od jízdního řádu dochází k menším přenosům zpoždění. Velká doba mezery může při větších zpožděních mít i negativní efekt, protože při kratším plánovaném sledu vlaků by výměna sledu vlaků byla mohla přenosu zpoždění zabránit.

*Příklad:* rychlejší vlak předjíždí vlak pomalejší. Předjíždění na obrázku vlevo nemá zahrnuty mezery žádné, na obrázku vpravo jsou uvažovány mezery o velikosti 5 minut. Při zpoždění rychlého vlaku do 5 minut se zpoždění v prvním případě plně přeneso na vlak pomalejší, ve druhém případě k přenosu vůbec nedojde. Na druhou stranu při zpoždění rychlého vlaku o velikosti 15 minut odjede v prvním případě vlak pomalejší včas (provede se výměna sledu vlaků, k předjíždění dojde ve stanici B), zatímco ve druhém případě se zpožděním 10 minut.



Obr. 7: Předjíždění pomalejšího vlaku rychlejším, následné mezidobí uvažováno jednotně 5 minut

## 7. Přesnost

Přesnost je velmi rozhodující kritérium kvality pro zákazníky. Představuje konfrontaci mezi plánovanou a realizovanou dobou přepravy, neboli průzkum odchylek od jízdních dob, pobytů, neplánovaných dob čekání a neplánovaných dob synchronizace.

Jako následek rušení zdrojů - infrastruktury, provozních prostředků a personálu - vzniká prvotní zpoždění. Prvotní zpoždění se přenáší na další vlaky, a tím vznikají následná zpoždění. Velikost následného zpoždění závisí na velikosti prvotního zpoždění, přírážek a mezer, na traťových poměrech a na uspořádání jízdního řádu.

Tab. 4: Vlivy zvyšující a snižující zpoždění

Zpoždění zvyšuje	Zpoždění obecně snižuje	Zpoždění mohou snížit
– Kladné neplánované doby čekání	– Rezervy k jízdním dobám a pobytům	– Plánované doby čekání
– Kladné neplánované doby synchronizace	– Přírážky a mezery u minimálního času přestupu	– Plánované doby synchronizačního čekání

Poznatky, které jsou v současné době k dispozici, se vztahují vždy jen na jednotlivé součásti doby přepravy. Pro zkoumání přesnosti je zapotřebí získat poznatky z výzkumů zabývajících se současně plánovanými i neplánovanými součástmi doby přepravy. Takové studie ale zatím chybějí.

## **8. Shrnutí**

Jednotlivé části doby přepravy jsou prozkoumány s velmi různou hloubkou. Modely bývají vztažené převážně pouze na jednu trať, popř. její část. Jsou uvažovány jen vlivy dopravní cesty, chybí zahrnutí vlivu vozidel a personálu.

Většina poznatků je z oblasti plánovaných dob čekání. Naopak nejhorší stav je u dob synchronizace. Příčina pravděpodobně spočívá v tom, že většina současných metod nezkoumá síť - je založena na studiu pouze jedné tratě, což je pro výzkum dob synchronizace nevyhovující.

Proto je nutný další výzkum jednotlivých součástí dob přepravy a souvislostí mezi nimi navzájem. Do úvah je potřebné zahrnout i poznatky z oblasti managementu kvality, hospodářských věd, ekologie.

## **Literatura**

- [1] Strube, E.: Die Durchlaufzeit im Beförderungsprozess der Eisenbahn, In: Sborník Taktfahrplan und Kapazität, Utrecht 1995, str. 82-104
- [2] Hertel, G., Steckel, J.: Fahrzeitberechnung unter stochastischem Aspekt, In Eisenbahningenieur 43 (1992) / 5, str. 304-306
- [3] In den Fahrplänen vorzusehende Fahrzeitzuschläge, um die Pünktliche Betriebsabwicklung zu gewährleisten Fahrzeitzuschläge, vyhláška UIC
- [4] Jentsch, E., Gropler, O.: Stochastische Zugfahrtsimulation - Zusammenhänge und Anwendungsmöglichkeiten, In: sborník Taktfahrplan und Kapazität, Utrecht 1995, str. 154-171
- [5] Bar, M.: Fahrplan / Taktfahrplan, "Vorlesungsbegleitendes Studienmaterial", Dresden 1998
- [6] Hertel, G.: Wartezeiten als wesentliche Qualitätsparameter der Beförderungsleistungen, In: sborník Taktfahrplan und Kapazität, Utrecht 1995, str. 52-64