

2. TECHNOLOGIE, ŘÍZENÍ A LINKOTVORBA V MHD

2.1 Plán dopravy

Pokud by se měl stručně popsat celý proces řízení na příkladu z pražského dopravního podniku, tak je třeba na úvod vzpomenout dlouhodobý a střednědobý plán dopravy, který je nezbytný pro soulad s územním plánem a vývojem území především ve vazbě na stanovení nároků na dopravní plochy, rozvoj dopravní sítě a tak i na vývoj nákupu dopravních prostředků. Na tyto plány navazuje roční plán dopravy ("Projekt organizace hromadné dopravy" – např. včetně koordinace dopravy s územním plánem) a plán rekonstrukční a výlukové činnosti ("Plán oprav, údržby a rekonstrukcí"), oba dokumenty jsou čtvrtletně upřesňovány a obsahují přehled trvalých i dočasných změn pro období kalendářního roku. Na vše pak navazuje příprava jednotlivých plánovaných změn v provozu včetně tvorby jízdních řádů.

V kapitole 2.7 je už více věnována pozornost „plánům“ pro krátký časový horizont, tedy operativnímu řízení.

2.2 Vedení linek MHD

Linky, vedené v rámci MHD na území města, lze obecně rozdělit do dvou základních skupin:

- linky kmenové (páteřní) – jde o základní síť MHD pro pokrytí rozhodujících přepravních potřeb města, např. ve velkých městech se jedná o linky městských příp. příměstských kolejových rychlodrah, linky tramvajových rychlodrah či linky tramvajové,
- linky doplňující (doplňkové) – vytváří servis a zajišťují plošné pokrytí ve vztahu k linkám kmenovým (ve velkých městech často autobusy a trolejbusy) - především jde o základní obsluhu okrajových oblastí, tangenciální vazby a doplnění páteřní sítě linek MHD.

Při dopravním plánování v MHD je dále vždy třeba nalézt kompromis (MILLER-HELLMANN, 2000) mezi „plánováním od zeleného stolu“ (typické pro regionální a dálkovou dopravu – nepostihne dobře místní specifika a potřeby) a „komorním plánováním“ (není ohled na vazbu na okolí – izolovaná optimalizace dopravy ve městě). Například v rámci synergie mezi linkami se v rámci dopravního plánování v menších a středně velkých systémech MHD počítá s důležitým centrálním přestupním bodem, nesmí se zapomenout ani na možnost umožnit přestupní návaznost i na jiné formy dopravy v těchto uzlech.

Mezi požadavky na linkové vedení v rámci MHD patří:

- přehledná a jasně strukturovaná síť linek,
- linkové vedení v souladu s přepravní poptávkou a co nejvíce jednoduché - nabídka dopravy může v některých okrajových obdobích převyšovat výrazněji nabídku pro zachování atraktivnosti dopravy (i když poptávka by odpovídala např. intervalu 60 minut, měl by být pro zachování atraktivity zvolen interval kratší),
- vysoký stupeň návaznosti mezi spoji linek,
- periodický pravidelný jízdní řád (např. navíc při krátkém souběžném vedení několika linek lze získat na daném společném úseku výsledné malé odstupy mezi spoji různých linek),
- uživatelsky přátelský jízdní řád (dobré návaznosti, přehlednost, lehká zapamatovatelnost, krátké jízdní doby) - cestující preferují linky s periodickým provozem před linkami neperiodickými.

Zabývat se otázkami vedení linek je důležité i v malých městech s provozem MHD (často spíše MAD). Zde je totiž možno se například setkat i se systémy s jednou linkou či dokonce navíc i jedním vozidlem (např. město Bad Birnbach s šesti tisíci obyvatel; stejně velké město Týniště nad Orlicí má dvě neperiodické linky). Tyto linky jsou tedy často zaváděny pro spojení mezi železniční stanicí a centrem spolu s městskými částmi, velmi efektivní (MILLER-HELLMANN, 2000) jsou v případě vzdáleností větších jak čtyři kilometry, kdy se jedná o obsluhu jako přípoje k vlakům, jezdících v hodinovém taktu – linka MAD má poté opět hodinovou periodu (např. město Tallage).

V systémech MHD s více linkami platí následující zákonitosti koncepce linkového vedení:

1. Síť linek je orientována na vybrané úkoly dopravně přepravního charakteru.
2. Linky MHD mají přehledné a přímé linkové vedení a jsou koncipovány především jako průběžné nebo radiální.
3. Městské části v dosahu sítě linek MHD jsou pokud možno plošně pokryty.
4. V menších a středně velkých městech se doporučuje vybudovat centrální přestupní bod linek MHD (v německy mluvících zemích označovaný jako tzv. Rendezvous-Punkt) a umožnit zde vzájemné návaznosti linek (ve velkých městech je uzlů více).
5. Délka jednotlivých větví linek odpovídá tomu, co je možno obsloužit mezi dvěma setkáními spojů v přestupním uzlu. Proto jsou větve linek zvoleny tak, že se co nejvíce čteně obslouží městské obytné části s co nejmenším počtem nasazovaných vozidel.
6. Provoz na síti linek je zajištěn periodicky bez výjimky ve všech přepravních obdobích dne (špičky, sedla).
7. Existují sladěné přestupní vazby mezi linkami MHD vzájemně, stejně jako mezi MHD a ostatními veřejnými dopravními prostředky. K setkávání spojů za účelem možného přestupu dochází zpravidla periodicky po 60-ti či 30-ti minutách, v některých případech může být tento čas i kratší (např. po 15-ti minutách).
8. Regionální doprava se doplňuje se systémem MHD časově, prostorově nebo i tarifně.
9. V případě odlišných přepravních požadavků může být v případě slabé poptávky síť linek MHD doplněna z prostorového a časového hlediska jinou formou přepravních výkonů (autobus na zavolání apod.)

Z praxe (MILLER-HELLMANN, 2000) lze při reengineeringu linkového vedení doporučit:

- Když se využívá u původní sítě linek nepravidelné („klikaté“) vedení linek MHD, musí být u nového návrhu linkového vedení obsluhována většina stávajících zastávek, aby z uvedeného důvodu cestující nepovažovali a priori předchozí systém za lepší.
- Když nebude zaveden nový systém MHD v plném souladu s regionální dopravou, musí se k MHD linkové vedení regionální dopravy co nejvíce zesoulatit (problematické).
- Systémy MHD jsou koncipovány s ohledem na maximální efektivitu, což znamená umožnit se stávající dobou oběhů vozidel a s co nejméně vozidly pokrytí co největšího území. Místo zbytečně dlouhých časů na obrat v koncových zastávkách je výhodné u linek zajišťovaných městskými autobusy pokrýt raději další území městských obytných částí neobsluhované původně navrhovanými přímými linkami.

Většina systémů MHD má síť linek s přehledným a jednoznačným linkovým vedením. Přehledné linkové vedení znamená, že všechna vozidla se stejným číslem (označením) linky jsou vždy vedena ve stejné trase. Není tedy žádná variabilita linky s jedním a týmž označením; v tomto případě je tedy linkové vedení a příp. celá síť linek lehce pochopitelná a přehledná.

2.2.1 Způsoby vedení linek vzhledem k centru města

Vše je možno charakterizovat (MILLER-HELLMANN, 2000) následovně:

Tranzitní linky: jsou z dopravně přepravního hlediska vhodnou formou součástí sítě. Nabízí možnost získat vhodnou vazbou radiálních větví dopravních linií minimum nutných přestupů mezi spoji. Mohou vytvořit mnoho přímých spojení mezi městskými částmi a mnoha cíly cest ve vnitřním městě jedním spojením.

Radiální (popř. diametrální) linky: jsou z dopravně přepravního hlediska méně vhodné, protože mnoho cestujících musí přestupovat. Jak závažný je tento nedostatek závisí na tom, jak velký je podíl cestujících, kteří nemají cíl své cesty v přestupním uzlu (kde radiální linky začínají nebo končí). Podpůrným argumentem pro radiální linky může být z důvodu přehlednosti informací pro cestující v přestupním bodě (je většinou v centru nebo v návaznosti na ostatní veřejnou dopravu) to, že každé číslo radiální linky na rozdíl od linek tranzitních určuje pouze jeden cíl (resp. směr) cesty. U diametrálních linek se jedná o linky vedoucí z okraje (centra) města přes centrum na opačný okraj města.

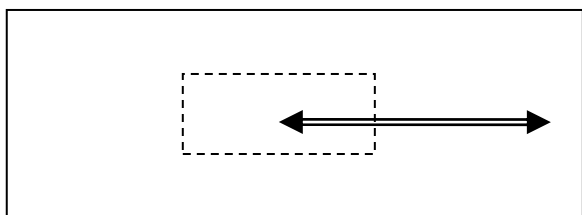
Okružní linky: zavedení je účelné v případě vysoké poptávky po spojení městských částí, které ale nevede přímo přes centrum. Okružní linky mohou být provozovány jednosměrně nebo obousměrně.

Smyčkové linky: v porovnání s přímým linkovým vedením (radiální, tangenciální nebo tranzitní) mohou nabídnout lepší spojení se stejnými náklady. Výhodné využití je obzvláště v případě jednosměrné obsluhy úzkých komunikací, které obecně neumožňují míjení vozidel MHD (především městských autobusů). Obsluha ve smyčkách je ovšem nepřehledná a vede buď u cest do centra nebo u cest z centra k prodlužování jízdních dob. Pokud je jedna linka provozována jako smyčka oběma směry (protisměrné smyčky), jsou přepravní informace nepřehledné. Podle okolností může cestující skrze změnu směru jízdy (využitím zastávky opačného dopravního směru) dosáhnout cíle své cesty rychleji. U protisměrně provozovaných smyček je případně logická změna označení linek na zvolené zastávce nejvíce vzdálené od centra města (jedná se zjednodušeně v podstatě o obratovou zastávku). Síť linek potom získá vzhledem k cestám (ne však k cílům cest) opět na srozumitelnosti.

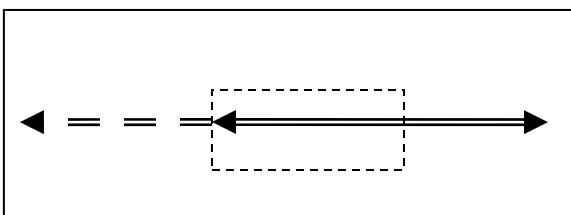
Tangenciální linky: klasický případ pro zavedení této linky spočívá v přímém mimo centrum (centra se trasa „dotýká“) vedoucím spojení městských částí s vysokou poptávkou po přepravě.

Osmičkové linky: jde o zvláštní případ a představuje kombinaci smyčkových linek, popř. průběžných (tranzitních) linek. U přímo vedených linek (tedy tranzitních, radiálních nebo tangenciálních) jsou zaváděny v lokalitě koncových zastávek obratové smyčky, přičemž velikost těchto smyček ovlivňuje prodloužení cesty minimálně u jednoho směru přepravy.

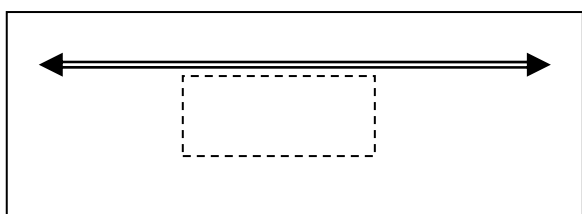
Radiální:



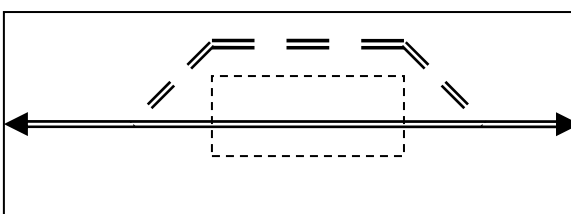
Diametrální:



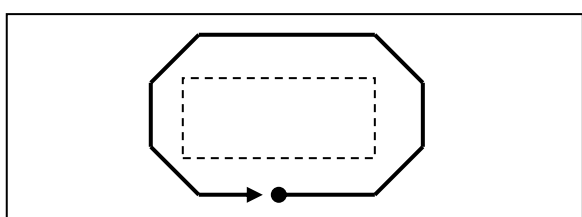
Tangenciální:



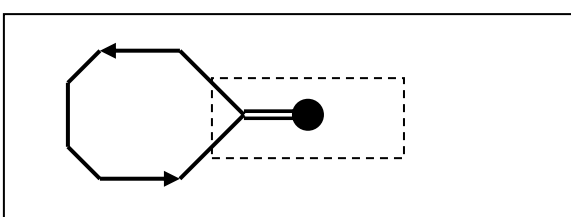
Tranzitní:



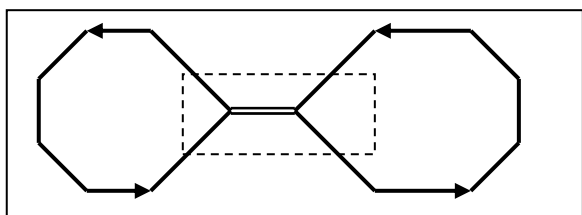
Okružní:



Smyčkové:



Osmičkové:



Obr. 2.1: Způsoby vedení tras linek vzhledem k centru města (centrum značeno slabou přerušovanou čarou)

2.2.2 Plošné pokrytí území města

Dostatečné plošné pokrytí městských částí vychází z pravidla pěší dostupnosti do stanovené doby (v praxi jde o čas 5-10 minut, což odpovídá dostupnosti zhruba 300-600 metrů). Území, které se nachází uvnitř ohraničené dostupnosti z jednotlivých zastávek, se bere jako obslužené (MILLER-HELLMANN, 2000). V reálné situaci ale často dochází na druhé straně k tomu, že u dopravního plánování (obzvláště v případě obsluhy centra nebo obytných zón) je intenzita plošného pokrytí předdimenzovaná a tím dochází často i ke zkracování vzdáleností pro dostupnost zastávek. U moderního plánování koncepce dopravní sítě se proto počítá s tím, aby vedle používaného přímého (rychlého) linkového vedení byla zohledněna i plošná obsluha většiny městských částí. Proto jsou větve linií navrhovány tak, aby byly plošně pokryty nasazovanými vozidly (pokud možno co nejmenším počtem) mnohé hustě osídlené městské části. Je snaha zabránit nerentabilním prostojům a je třeba respektovat již při stanovení struktury linek to, že doba oběhu na lince se musí shodovat s tzv. systémovým taktem (intervalem) nebo s jeho násobky. Pak tedy doba trvání oběhu na lince musí odpovídat délce linie a použitým cestovním rychlostem, přičemž délka linky závisí na systémovém taktu (intervalu).

Linky MHD bývají navíc vedeny i po komunikacích, kde není vysoká míra dopravních kongescí. Tyto komunikace jsou často tak úzké, že zde mohou být v provozu pouze některá vozidla MHD (zejména malé autobusy). Kapacita těchto vozidel je však nedostatečná, proto musí být buď zahuštěn interval mezi spoji, nebo se přeci jenom zváží provozování vícekapacitních („velkých“) vozidel. Ve zcela nepříznivém případě musí být linka dokonce vedena v jiné trase.

Specifikum – cesty do zaměstnání

Jak již bylo dříve uvedeno, nemá napojení průmyslových a podnikatelských lokalit na rozdíl od napojení obytných lokalit města žádný význam bez významné zákaznický orientované přepravní nabídky. U cest do zaměstnání jsou pro volbu velikostí intervalů při přepravních špičkách naopak rozhodující faktory:

- poloha a funkce města:
 - v dosahu velmi velkého města a s tímto spojená existující silná kyvadlová přeprava nebo
 - město je samo významné centrum,
- skupiny cestujících, na které je cílena nabídka přepravních služeb,
- předchozí (pozn.: v minulosti) úloha a nabídka přepravních služeb ve městě (setrvačnost uvažování),
- návaznost na nadřazené dopravní systémy (regionální a dálková doprava),
- finanční hledisko provozu,
- v menších a středně velkých městech na rozdíl od měst velkých má běžná přeprava do zaměstnání často jen podružnou úlohu.

2.2.3 Sladění návazností linek

Při zohlednění základních pravidel (tedy při zohlednění návazností) je účelné rozlišovat mezi tzv. interními a externími návaznostmi (MILLER-HELLMANN, 2000). Interní návaznosti znamenají vazbu mezi jednotlivými linkami MHD navzájem, externí potom mezi linkami MHD a ostatní veřejnou dopravou (zejména veřejná linková autobusová doprava a železniční osobní doprava).

Interní návaznosti

Optimálním stavem sladěných interních návazností je časové a prostorové setkávání všech nebo většiny linek MHD v centrálním přestupním bodu (či bodech – v závislosti na velikosti města). Tento způsob koordinace přípojů je označován také jako tzv. systém časových uzlů. Toto závisí především na společném uspořádání sítě linek MHD, u které bývají převážně (páteřní) linky vedeny paprskovitě z centra města (s výjimkou okrajově situovaných přestupních bodů). Trasování dvou nebo více linek do stejné lokality nebo paralelní obsluha na delších traťových úsecích nabízí šanci zahustit sled spojů díky posunu časových poloh

spojů. Zda se položí větší váha na setkávání vozidel v centrálním přestupním uzlu (uzlech) nebo na zahuštění taktu posunutím časových poloh spojů závisí mj. na tom, jak velký je počet přestupujících v systému v porovnání s počtem nastupujících a vystupujících na traťových úsecích při paralelním vedení linek. V neposlední řadě závisí mj. i na tom, jak dlouhé úseky jsou paralelně vedenými linkami obsluhovány.

Avšak interní návaznosti nejsou situovány pouze do centrálních přestupních bodů. V závislosti na struktuře sítě linek se někdy nabízí další přestupní body pro přestup mezi méně linkami.

Externí návaznosti

Z hlediska externích návazností opouští MHD nepřímo svoji čistě lokální oblast působnosti a je integrována do celkového systému veřejné dopravy. Do jaké míry jsou zahrnuty externí návaznosti do návrhů jízdních řádů, závisí na různých faktorech:

- poloha železničních stanic popř. železničních zastávek tak jako stanic či zastávek regionální autobusové dopravy ve vztahu k síti linek systému MHD,
- jízdní řády a linkové vedení regionální dopravy (např. vliv periodické nabídky spojů),
- význam případného sousedního centra (velkoměsta) městské aglomerace.

Externí návaznosti hrají roli především u návazností mezi MHD a osobní železniční dopravou. Principiálně je tato návaznost účelná, v praxi se ale někdy vůbec nebo jen nedostatečně uskutečňuje.

Teoreticky se nabízí mnoho možností tvorby návazností. Zpravidla jsou ale cíleně ponechány jen některé přestupní uzly, jejichž význam při tvorbě jízdních řádů naroste. Vedle bezpochyby přednostních požadavků z pohledu cestujících se zohledňují u tvorby jízdních řádů a tím přímo i u linkového vedení také aspekty dostatečně hospodárného nasazování řidičů a vozidel. To může jít tak daleko, že spoje MHD jsou zaváděny podle časových poloh spojů regionální dopravy.

2.3 Tvorba linek MHD

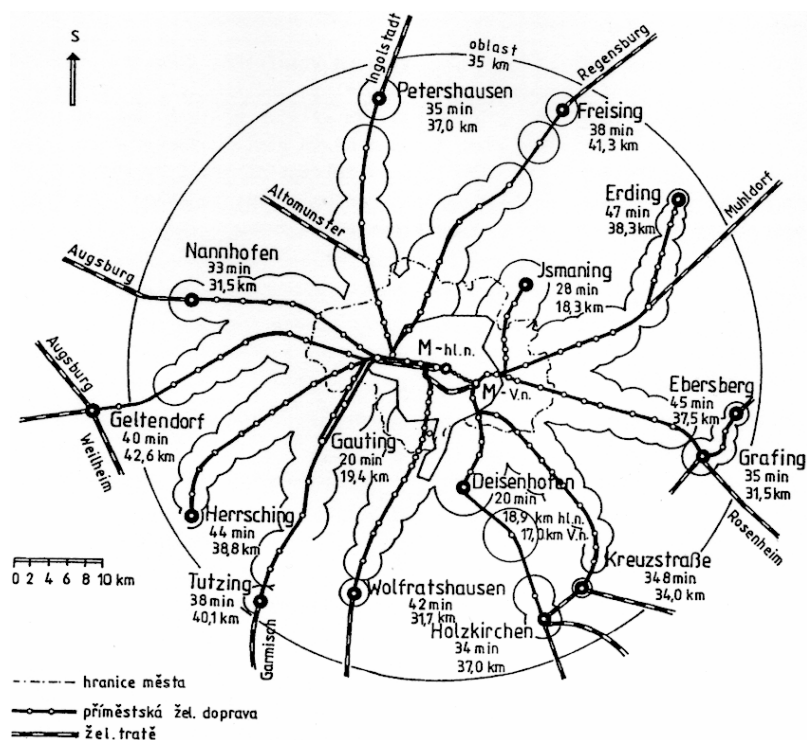
V této kapitole se zaměří pozornost na teoretické zázemí simulačního modelování pohybu dopravních prostředků MHD po reálných dopravních trasách měst a městských aglomerací z hlediska spotřeby času, energie a ovlivňování životního prostředí. Tohoto a podobných prostředků vytvářených na podporu rozhodování v oblasti technologie a řízení MHD může být využito až v případě posuzování konkrétně vyprojektovaných přepravních tras (GRAJA, 1998). Než se sáhne k těmto prostředkům (které není možno již realizovat bez použití výpočetní techniky a daného software), je ale potřebné vyzkoušet si zjišťovat jízdní doby (technické a cestovní rychlosti) na základě zjednodušených tachogramů jízdy, a to:

- v případě nerušené jízdy mezi po sobě následujícími zastávkami (stanicemi): rozjezd (pohyb rovnoměrně zrychlený), jízda konstantní (ustálenou maximální) rychlostí jízdy (pohyb rovnoměrný) a brzdění (pohyb rovnoměrně zpomalený); v tomto případě by šlo o segregované nebo preferované mezizastávkové (mezistaniční) úseky;
- v případě uvažování průjezdných překážek a omezení, lze v případě:
 - úrovnových křižovatek pravděpodobnostně charakterizovat např. nutnost zastavení na křižovatce v mezizastávkovém (mezistaničním) úseku a přiřazení ztrátového času dopravního prostředku MHD z titulu zastavení na křižovatce,
 - souběhu s IAD, s pěším provozem atd. charakterizovat tuto skutečnost omezením maximální traťové rychlosti,
 - v případě zjednodušeného přístupu ke stanovování dob pobytu vozidel MHD na jednotlivých zastávkách (stanicích), a to uvažováním např. konstantních pravděpodobných dob pobytu. Jak bylo ukázáno dříve, i tato oblast by byla vděčným objektem pro matematické a simulační modelování.

2.3.1 Navrhování linek MHD

MHD je jednou z nejvýznamnějších složek dopravy ve městech. Je to přeprava osob nejrůznějšími dopravními prostředky v území, organizovaná na pravidelných linkách s vyznačenými zastávkami a provozována tak, že intervaly mezi dvěma soupravami vozidel MHD téže linky jsou krátké jen několik minut, takže cestující nemusí vyhledávat nejbližší spojení v jízdním řádu (i když ten existuje a na všech zastávkách je vyvěšen). Intervaly na každé lince se však řídí poptávkou a v průběhu dne se mění. V ranních a odpoledních špičkových dobách jsou nejkratší, v denních sedlech se prodlužují značně, některé linky „vypadávají“ úplně. V MHD jsou cestující přepravováni na poměrně krátké vzdálenosti, takže lze jako přijatelný stav uvažovat, že většina cestujících stojí. Nastupování a vystupování probíhá u každého vozidla několika dveřmi, placení jízdného se co nejvíce zjednodušuje (předplatné jízdné, jednotlivé jízdenky časově omezené při prvním nástupu, při přestupu odpadá další manipulace s jízdenkou).

Při návrhu linky MHD se vychází samozřejmě z dosavadního stavu, tzn. druhu používané MHD i z dosavadního linkového vedení. Nové linky se zpravidla zřizují pro obsluhu nově zastavěného území, takže hrubý směr vedení nové linky lze dobře odhadnout. Navržený druh a trasa linky se pak posoudí jednak z hlediska kapacitního, jednak z hlediska dopravní obsluhy území a konečně také z provozně ekonomických hledisek.



Zdroj: KUBÁT, 2005

Obr. 2.2: Izochrony sítě S-Bahn v německém Mnichově

Pro posouzení kapacitní je třeba vyjít ze špičkového zatížení, které je dáno počtem obyvatel daného území a jejich cestami za prací a do škol v ranní špičce. Pro tyto cesty se z počtu obyvatel daného území vyčlení obyvatelé v produktivním věku, včetně započtení procenta zaměstnanosti žen, mládeže dojíždějící do středních škol, učilišť a na vysoké školy. Přihlédne se také k průměrné směnnosti. Tento počet cestujících se ještě zmenší o podíl uživatelů osobních motorových vozidel, jízdních kol atd. Trvání ranní špičky se obvykle uvažuje 2-3 hodiny. Druhým hlediskem jsou kapacitní možnosti dopravních prostředků. Počítá se s tzv. normální obsaditelností, při níž jsou obsazena všechna sedadla soupravy (vozidla) a na každý m² zbylé podlahové plochy připadá 4 až 5 stojících osob. Potřebný sled souprav, tj. interval i se pak určí jako:

$$i = 60 * \frac{N}{O} \quad [\text{min}]$$

kde:

O - počet cestujících ve špičkové hodině (jednosměrně) - intenzita [osoby / hod],

N - normální obsaditelnost soupravy (vozidla) [osoby].

Takto vypočtený interval se posoudí, nemá být kratší než 2 minuty (u metra v Praze dnes až 110s), ale také ne delší než 5-10 min. (metro, tramvaj). Jinak je účelné volit jiný druh vozidel, při velmi malých intervalech navrhnout pro dané území další trasu MHD. Z vypočteného intervalu, délky celé linky L a oběžné rychlosti V_o se dá zjistit potřebný počet souprav n :

$$|n| \approx \left| \frac{2 * L * 60}{V_o * i * K} \right| \quad [\text{soupravy}],$$

kde:

L - délka linky [km],

V_o - oběžná rychlost [km/h],

i - interval mezi soupravami na jedné lince [min],

K - koeficient správkového stavu [-]:

$$K \leq 1 \quad (K = \text{provozní soupravy} / \text{celkový počet souprav}).$$

Dopravní obsluha území se posoudí (zjednodušený pohled) tak, že se navrhne umístění zastávek linky, kolem nichž se vykreslí izochrony dostupnosti - kružnice o poloměrech odpovídajících pěší docházce 5, 7 a 10 minut (při rychlosti chůze 1,2 - 1,4 m/s, tj. 4,32 - 5,04 km/h).

Pokryjí-li tyto izochrony celé obsluhované území (ideální je pokrytí 5-ti minutovou izochronou), lze pokládat dopravní obsluhu za vyhovující. Jinak je třeba volit buď jiné polohy zastávek nebo vést jinak trasy MHD nebo je doplnit dalšími trasami.

Z dopravně ekonomických hledisek se zjišťují:

- celodenní provozní výkony [počet souprav * h],
- dopravní výkony [souprava * km],
- celodenní nabídka míst [míst. * km = souprava * km * obsaditelnost],
- celodenní přepravní výkon [osobokm].

2.3.2 *Tvorba linek MHD na bázi teorie rozvrhů, teorie grafů a dalších disciplín*

Na úvod několik základních pojmů, které se v této kapitole objevují:

- proudy cestujících v MHD - jsou charakterizovány místem vzniku a místem zániku proudu (zdrojová a cílová poptávka) a intenzitou vyjadřující frekvenci cestujících v čase - počet osob za hodinu. Její hodnoty se však mění v rámci dne, týdne, roku (nerovnoměrnosti v dopravě) a dále jsou pod vlivem různých socioekonomických trendů. Proto je nutné vždy určit časovou základnu platnosti intenzit proudu,
- dávkou (na rozdíl od proudu) se rozumí skupina elementů, které zůstávají po celou dobu přepravy spolu, charakterizovanou místem vzniku a zániku, odjezdem a příjezdem a mohutností dávky z pohledu diskretního. Lze říci, že opakované dávky jsou proudy,
- síť komunikací, kde může být provozován kterýkoliv subsystém povrchové MHD (kde trolejbus, kde tramvaj apod.). Tato síť tedy není přirozeně totožná s plánem města,
- vozidlový park nehomogenní - k dispozici je více druhů dopravních prostředků (z hlediska trakce, obsaditelnosti atd.),
- vozidlový park homogenní - k dispozici je jeden druh dopravních prostředků (např. jen kloubové autobusy),

- hrany na síti - jsou charakterizovány svou délkou a dobou překonání délky dopravním prostředkem (příčemž hrany nemusí být nutně totožné s ulicemi),
- vrcholy grafu - nezastupují jednotlivé zastávky (stanice), ale místa reprezentující zóny nebo místa, kde může končit nebo začínat linka, nebo jde o křižovatky,
- zóna - územně spojitá část aglomerace. Je reprezentována jedním vrcholem, ve kterém vzniká a zaniká, nebo se výrazně mění poptávka po přepravě. V jedné zóně může být umístěna jedna i více zastávek MHD,
- linky homogenní - jsou provozovány stále po stejné trase,
- linky nehomogenní - trasa linky se v průběhu dne odchyluje od základní trasy,
- okružní linka - obě konečné jsou situovány v témže místě územní aglomerace,
- kyvadlová linka - konečné jsou situovány na různých místech územní aglomerace,
- koordinace jízdních řádů – rozlišuje se koordinace v uzlu při řešení přestupových vazeb, nebo na společném úseku při souběhu provozu více linek,
- jednotný interval - interval společný všem linkám v síti,
- polojednotný interval - nejmenší společný násobek intervalů na linkách v systému, pokud není tento násobek větší než 120 minut, tj. intervaly linek se vybírají z množiny {1; 2; 3; 4; 5; 6; 7,5; 10; 12; 15; 20; 30; 40; 60}, kde interval velikosti 7,5 minuty je výjimkou (rozpůlený 15-ti minutový interval, odstupy mezi spoji jsou potom 7-8-7-8-...). Výhodou jejich použití je lepší zapamatovatelnost jízdního řádu cestujícími a možné koordinace obsluhy na společných úsecích i v uzlech,
- OD matice - matice přepravních vztahů (matice z/do), platí pro konkrétní časovou polohu ve vztahu k nerovnoměrnostem v dopravě (roční, sezónní, týdenní, denní), její prvky jsou intenzity proudů cestujících mezi zónami,

V dnešní době, době rozvoje různých systémů vznikajících na podporu rozhodování, je celá metodika tvorby linek (jejich optimalizace) založena na komunikaci člověk - počítač. Dopravní praxe v této oblasti v plné míře využívá disciplín operační analýzy, teorie rozvrhů, teorie grafů a dalších.

Objekty, se kterými se provádí práce, činnosti a úkony, tvoří poptávku po přepravě a jsou výchozími údaji pro tvorbu rozvrhů, který je v dopravně přepravních vztazích nabídkou. Za objekty se z mikrohlediska považují zásilky, cestující a informace, rozvrhem se rozumí plán organizace jízd (jízdní řád).

Jednotlivé metodiky tvorby linek se pak v jednotlivých vývojových stupních liší jednak ve schopnostech konstruovaného SW a jednak v míře nutnosti zásahů obsluhy - dopravního inženýra. Nutno ale poznamenat, že ani od sebedokonalejšího SW produktu nelze v tomto případě čekat zázraky. Tím, že celá tato problematika je konstruována jako nabídka pro nejširší veřejnost, platí zde více než kdekoli jinde, že nelze uspokojit a zavděčit se všem. Vždy je tedy potřebná korektura dopravním inženýrem, který do řešení „vnese cit, lidskost“ a přiblíží jej realitě.

Jako vysoce progresivní metodika se z hlediska dnešního stupně poznání jeví toto: tvůrce systému navrhne širší množinu možných linek, užitý SW produkt vybere jejich optimální sestavu, vyhodnotí ji, přičemž se obvykle místo časových ztrát cestujícího vyhodnotí obsazenost vozidel, a dá návod pro tvůrce systému, jak zlepšit další kvalitativní ukazatele. Základ tvoří filozofie:

- přijatelně obsazené vozidlo (pod hranicí maximální obsaditelnosti),
- zkrácení doby pobytu na zastávkách (stanicích),
- růst cestovní (přepravní) rychlosti,
- pravidelná doprava,
- minimální časová ztráta cestujícího.

Tvorba modelu poptávky

Zkoumané území se podle sociourbanistických funkcí rozdělí na zóny (okrsky) a dále se pracuje s jejich zástupci - centroidy. Další postup se může rozčlenit do čtyř fází:

1. **Trip generation** - generování poptávky po přemístění, zjištění celkových objemů poptávky charakterizujících okrsek. Provádí se průzkumem nebo lineární regresí z existujících statistik.

2. **Trip distribution** - analýza směřování, zjištění meziokrových přepravních vztahů, výstupem je matice intenzit přepravních proudů (OD matice – tj. přepravní vazby mezi výchozími a cílovými okrsky). Provádí se analýzou přepravních listin, anketou, příp. výpočtem, nelze-li dělat průzkum, pomocí trendové analýzy - Detroitický model nebo gravitačním modelem apriorním (dopravní odpor) nebo aposterilním (entropie). Největší nebezpečí při průzkumech: nutno vysledovat skutečnou poptávku po přepravě, nikoliv poptávku po nabízených spojích!!!
3. **Modal split** - dělba přepravní práce, rozdělení celkového objemu přepravy mezi jednotlivé druhy doprav. Provádí se pomocí modelu rozhodování „všechno/nic“ s kritérii nejrychlejší, nejpomalejší, nejvýhodnější nebo pomocí poměru funkcí pozitivní/negativní parametr - rychlost, doba, cena.
4. **Traffic assignment** - rozdělení proudů do sítě, přiřazení proudů jednotlivým linkám, kdy se vyhodnotí obsazenost linek, časové ztráty cestujících, počet přestupů aj.

K výpočtu jednotlivých ukazatelů:

Počet vozidel v systému

Obsazenost vozidel cestujícími charakterizuje tzv. minimální poměrná kapacitní rezerva (neboli pohodlí) jako poměr počtu cestujících ve vozidle a jeho maximální obsaditelnosti. Vlastní princip optimalizace spočívá v určení minimálního počtu vozidel nasazených v systému obsluhy města při přijatelném pohodlí s ohledem na časovou platnost OD matice.

Pro nalezení optimálního počtu vozidel nasazených na každou j -tou linku hraje roli:

- mohutnost rozhodujícího proudu i -tého úseku, maximální z obou směrů [$\text{osob} \cdot \text{h}^{-1}$],
- doba obratu j -té linky [min],
- minimální poměrná kapacitní rezerva, na počátku se zvolí se z intervalu $\langle 0,8; 1,4 \rangle$ podle časového období platnosti OD matice,
- maximální obsaditelnost vozidla jezdícího na lince; předpokladem je nasazení homogenního vozového parku na lince [osoby],
- vzdálenost, po které jede vozidlo na lince (délka linky, charakterizovaná mezizastávkovými - mezistaničními úseky) [m],
- technická rychlost vozidla [$\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$],
- počet mezilehlých zastávek (stanic) linky,
- doba na nástup a výstup cestujících v mezilehlých zastávkách (stanicích) [min],
- pobyt v konečných zastávkách (stanicích) linky, vč. doby nástupu v první a výstupu v poslední zastávce (stanici) - princip neurčitosti [min].

Intervaly provozu

Počtům vozidel nasazených na jednotlivých linkách odpovídají minimální nutné intervaly, které jsou však zpravidla neceločíselné a je nutno je upravit na zpravidla polojednotný interval.

Nově navrhovaný interval je tedy zdola vymezen minimálním nutným intervalem a shora nabízenou hodinovou kapacitou linky, která musí zaručit uspokojení hodinové poptávky po přepravě na nejfrekventovanějším úseku linky.

Minimální poměrná kapacitní rezerva

Výše popsána úprava však skýtá nebezpečí možného snížení minimální poměrné kapacitní rezervy, nebo zvýšení počtu vozidel nasazených na lince. Po této úpravě je proto třeba prověřit zejména přijatelnost skutečné kapacitní rezervy na rozhodujících úsecích linky s přihlédnutím k časové platnosti OD matice.

Počet přestupů v systému za hodinu

Pro jednotlivé proudy cestujících z OD matice se určí obsluha proudu posloupností linek s určením počtu přestupů. Přitom se počítá s tím, že opačné proudy mají pouze obsluhu opačnou posloupností linek.

Rozhodujícím faktorem je počet přestupů a přepravní vzdálenost. Celkový počet přestupů v systému za jednu hodinu je součtem přestupů cestujících všech proudů, vypočtených jako součin intenzity proudu a počtu přestupů nutných k obsluze tohoto proudu.

Varianty a jejich hodnocení

Uvedená metodika umožňuje řešit problém variantně. Je to způsobeno tím, že na mnoha místech postupu je potřeba zvolit některou hodnotu a tu pak zpětně korigovat. Už na samém počátku je nutno zadat širokou výchozí množinu možných linek a pak zvolit minimální poměrnou kapacitní rezervu.

Je třeba sledovat přijatelnost vypočtených ukazatelů - počet potřebných vozidel k provozu systému, skutečná kapacitní rezerva na kritických úsecích, celkový počet přestupů v systému - a v případě jejich nepřijatelnosti danou variantu zamítnout a změnit výchozí množinu možných linek, neboť při tvorbě linek MHD jde o výběr výhodnějšího pokrytí města množinou linek.

Na úsudku člověka, především jeho intuici a zkušenostech, tedy nejvíce závisí výsledné řešení problému, především jeho reálnost, použitelnost a prosaditelnost v praxi.

2.4 Intervaly dopravy

Interval je časový úsek mezi dvěma po sobě jedoucími vozidly hromadné dopravy v jednom dopravním směru měřený v profilu komunikace. Interval je jedním z rozhodujících faktorů výkonnosti hromadné osobní dopravy (SUROVEC, 1998).

Vozidla v průběhu jízdy mění rychlost a zastavují z důvodů nerovnoměrnosti a změn v dopravním proudu a jsou ovlivňována organizací a řízením provozu na komunikacích. Vozidla hromadné osobní dopravy zastavují též na určených zastávkách či stanicích (dále jen „zastávky“). Při krátkém intervalu (kromě omezení tzv. elektrickým mezidobím pro vozidla závislé trakce nebo jinými technologicko-provozními omezeními jako zábrzdna vzdálenost apod.) je nebezpečí shlukování vozidel nejen na křižovatkách, ale též na zastávkách. Z tohoto důvodu není možné v provozu pravidelných linek hromadné osobní dopravy stanovit interval dopravy pouze v hodnotě větší jako je tzv. minimální zastávkový interval (viz níže v textu).

Linkový interval

Linkový interval dopravy je definovaný jako časový úsek mezi dvěma po sobě následujícími spoji stejné linky v jednom směru měřený v daném profilu dopravní cesty (tratě). Spoj může být realizovaný vozidlem nebo soupravou vozidel. Linkový interval se obecně vypočítá jako podíl oběžného času linky a počtu (souprav) vozidel zařazených do provozu na lince.

Linkový interval dopravy je nutno stanovit tak, aby odpovídal maximální hodnotě intenzity přepravního proudu, zjištěný na lince v daném časovém období. Interval i se stanovuje následovně:

$$i \leq \frac{K_n * \chi * 60}{O_h^{MAX}} [\text{min}],$$

kde:

K_n – kapacita vozidla daná normální obsaditelností [osoby],

χ - součinitel využití normální obsaditelnosti [-],

O_h^{MAX} – maximální intenzita přepravního proudu zjištěná na lince [osoby * h⁻¹].

V opačném případě by mohlo dojít k překročení přepravní kapacity linky. Pokud se tedy součin hodnot (viz výše uvedený vztah) průměrná kapacita vozidla daná normální obsaditelností (v počtu míst),

součinitel využití normální obsaditelnosti (bezrozměrná veličina) a převodového koeficientu 60 podělí maximální intenzitou přepravního proudu zjištěného na lince (v osobách za hodinu), tak tato získaná hodnota by měla být větší nebo rovna než linkový interval dopravy.

Následný interval dopravy

Následný interval dopravy je definovaný jako časový úsek mezi dvěma po sobě následujícími spoji bez ohledu na jejich přiřazení k lince v jednom směru měřený v profilu dopravní cesty (tratě). Následný interval je průměrný interval linek, které jsou provozovány na společném (souběžném) úseku.

Minimální zastávkový interval

Na úsecích tratě, kde dochází k souběhu linek, je třeba zajistit, aby struktura jízdních řádů těchto linek byla stejná (systematicky uspořádaná). To znamená, aby linky měly stejný nebo vzájemně dělitelný linkový interval, který je řešený jako následný průměrný interval tohoto úseku. To má výhodu pro cestující, kteří mohou použít kterýkoliv spoj linek stejného směru na souběžném úseku tratě. Pokud není vytvořena koordinace jízdních řádů na souběžném úseku linek, dochází k vytváření shluků vozidel a tím i k nepravděpodobnosti dopravy.

Nepravděpodobnost dopravy může být též způsobena rozdílným zdržením vozidel na zastávkách. Při jednotném tarifu relativně více cestujících nastupuje do prvního vozidla po příchodu na zastávku v daném směru jízdy. Toto vozidlo má větší obrat cestujících na zastávce, má delší zdržení jako za ním přijíždějící vozidlo. Časový odstup mezi dvěma po sobě jedoucími vozidly se snižuje a tím se snižuje i přesnost dodržování jízdního řádu.

K zajištění velkých intenzit přepravního proudu je nutno zvolit v technologii dopravy následný interval dopravy tak, aby byla nabízena zodpovídající přepravní kapacita. Na konkrétním úseku tratě je možno zmenšovat následný interval dopravy pouze po určitou minimální hodnotu. Pokud by byl následný interval dopravy menší jako jeho minimální hodnota, docházelo by ke shlukování vozidel v prostoru zastávky, cestovní a oběžná rychlost by se snížila. Přepravní kapacita, která je nepřímo závislá na intervalu dopravy, by se už nezvyšovala.

Pro stanovení minimálního následného intervalu je limitní hodnotou minimální zastávkový interval, zahrnující nejmenší prakticky dosažitelný časový úsek za sebou jedoucích vozidel, které zastavují při zabezpečování spojů na lince na stejné zastávce, jenž zahrnuje čas závislý a čas nezávislý na obratu cestujících. Čas závislý je proměnnou hodnotou závislou na počtu nastupujících a vystupujících cestujících na zastávce (viz jednotkový čas potřebný pro nástup nebo výstup cestujícího). Čas nezávislý se skládá z reakčního času řidiče před příjezdem na zastávku, doby potřebné na zastavení a na opuštění prostoru zastávky včetně signalizace, otevírání a zavírání dveří apod.

Minimální zastávkový interval je možné zmenšit zkrácením doby stání na zastávce. Pokud je k dispozici dostatečný prostor zastávky nebo stanice, lze zajistit současné zastavení více vozidel ve stejném směru jízdy. Jde o tzv. skupinové odbavování vozidel na zastávce, kde je doba nastupování a vystupování kratší v závislosti na počtu současně stojících vozidel.

2.5 Jízdní řády a služební pomůcky

O tvorbě jízdních řádů a dalších služebních pomůcek je možno získat informaci v již absolvovaných předmětech se zaměřením na technologii a řízení železniční nebo silniční dopravy, proto by nebylo vhodné se tomuto ještě jednou opakovaně věnovat.

karta č. 7		185/A						TAM				
Ix	Uzel	Z	TAM	1	2	3	4	5	6	m1	m2	
1	510	3	Českomoravská	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	474	5	Vysočanská	2	2	2	2	2	2	1150	1150	
3	603	1	Prosek	4	6	4	6	4	6	1900	3050	
4	77	1	Na Klíčově	2	8	2	8	2	8	1000	4050	
5	65	1	x Čakovická	1	9	1	9	1	9	400	4450	
6	803	1	U Vodojemu	1	10	1	10	1	10	750	5200	
7	109	1	Důstojnické domy	1	11	1	11	1	11	350	5550	
8	171	1	Letecké muzeum	1	12	1	12	1	12	350	5900	
9	526	1	PAL Kbely	1	13	1	13	1	13	750	6650	
10	243	3	Kbely	2	15	2	15	2	15	650	7300	
11	202	1	Jilemnická	1	16	1	16	1	16	450	7750	
12	323	2	Letecké opravny	2	18	2	18	2	18	500	8250	
			Vyrovňovací doby	2	2	2	2	2	2			
			Provozní rychlost	27,50	27,50	29,12	27,50	27,50	29,12			
č.ob.: 2 min Platí od: 27.5.2000				typ výk.: 1				Sm	1	50	8300	4

karta č. 7		185/A						ZPĚT				
Ix	Uzel	Z	ZPĚT	1	2	3	4	5	6	m1	m2	
1	323	3	Letecké opravny	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	202	2	Jilemnická	2	2	2	2	1	1	550	550	
3	243	4	Kbely	1	3	1	3	1	3	400	950	
4	526	2	PAL Kbely	2	5	2	5	2	4	650	1600	
5	171	2	Letecké muzeum	1	6	1	6	1	5	600	2200	
6	109	2	Důstojnické domy	1	7	1	7	1	7	350	2550	
7	803	2	U Vodojemu	1	8	1	8	1	8	450	3000	
8	65	2	x Čakovická	1	9	1	9	1	8	750	3750	
9	77	2	Na Klíčově	1	10	1	10	1	9	350	4100	
10	603	2	Prosek	2	12	2	12	2	11	1000	5100	
11	474	7	Vysočanská	4	16	4	16	4	15	1900	7000	
12	510	1	Českomoravská	2	18	2	18	2	17	1050	8050	
			Vyrovňovací doby	2	2	2	2	2	2			
			Provozní rychlost	26,83	26,83	28,41	26,83	26,83	28,41			
č.ob.: 2 min Platí od: 27.5.2000				typ výk.: 1				Sm	2	300	8350	4

	0	1	2
2 PD	3	1	3
3 So	3	1	3
3 Ne	3	1	3

Poznámka: Změna JD D/1-3 (2 min)
Ke dni: 27.5.2000 Linkový seznam: 0 Poslední změna: 10.1.2002 Oběžná délka: 16650 m

Obr. 2.3: Chronometrážní karta linky (zde linka 185 v rámci pražské MHD)

S tvorbou jízdních řádů se lze setkat u všech základních subsystémů městské hromadné dopravy (autobusový, trolejbusový, tramvajový, podzemní dráha apod.). Při tvorbě jízdních řádů se tedy pro stručné zopakování postupuje následovně:

- zadání stanic nebo zastávek,
- zadání tras mezi jednotlivými zastávkami,
- tvorba chronometráže pro jednotlivé linky (charakterizuje průběhy jízd spojů na lince v různých obdobích dne či týdne) – viz obr. 2.3,
- tvorba grafikonů (slouží jako podklad pro generování množství výstupů).

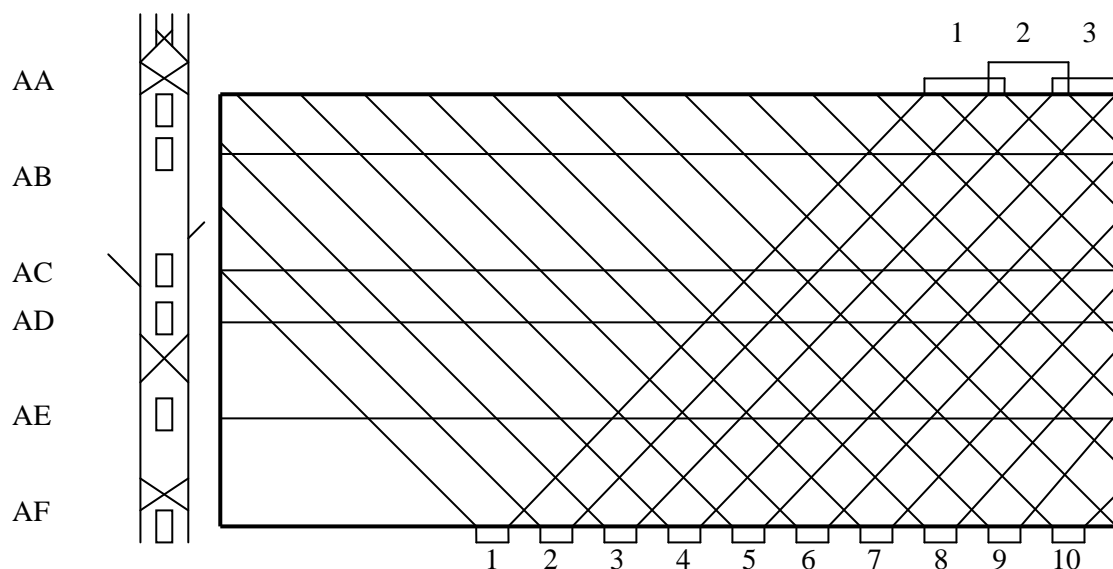
V tuto chvíli je zřejmé, že s výjimkou metra (podzemní dráhy) a tramvajové (rychlodrážní) dopravy se studenti s tímto již setkali jinde. V tramvajové (rychlodrážní) dopravě je situace prakticky analogická se situací u podzemní dráhy, proto se v dalších podkapitolách jako příklad bude analyzovat situace právě zde.

2.5.1 Konstrukce a sestava GVD

Aby mohla být dodržena pravidelnost a bezpečnost dopravy, je třeba přesné časové a plánovité uspořádání všech jízd vlaků podzemní dráhy (metra). Toto uspořádání umožňuje nejen u podzemní dráhy grafikon vlakové dopravy (GVD). *GVD je grafické znázornění polohy a jízdy vlaků na určitém traťovém úseku a v určitém časovém období dne* (HABARDA, 1988).

Konstrukce GVD vychází z podkladů vyplývajících z přepravního a dopravně provozního charakteru tratě. Při konstrukci GVD se používají následující konstrukční podklady:

- mezistaniční proudy cestujících – představují přepravní zatížení jednotlivých mezistaničních úseků v určitém časovém období (přepravní nároky se zabezpečují pro tříhodinovou špičku a max. čtvrt hodinu, stejně jako i pro ostatní časové období dne – nejvyšší hodnoty v nejzatíženějším úseku jsou výchozím podkladem pro stanovení počtu souprav, počtu vozidel v soupravě a potřebný interval),
- rozsah dopravy v průběhu dne – při stanoveném intervalu musí být dodržována zásada, že nabídnutá přepravní kapacita musí být větší jak poptávka nebo rovna poptávce,
- jízdní doby a pobyty ve stanicích – jízdní doby vozidla na trati se vypočítávají pro každý směr jízdy zvlášť (mohou být pro oba směry stejné nebo různé – jízdní doby se vypočítávají pro vlaky projíždějící i zastavující); pobyty vlaků v jednotlivých stanicích se stanovují s přihlédnutím na obrat cestujících (nástup a výstup) v těchto stanicích,
- obraty souprav – soupravy se obracejí v určených konečných nebo mezilehlých stanicích, které jsou pro obrat souprav zřízené, ale i určené podle GVD - při mimořádných událostech lze soupravy obracet i v mezilehlých stanicích (soupravy obrací vlaková nebo manipulační četa, kdy použitím manipulačních čet při obratu souprav se doba obratu podstatně zkrátí),
- oběhy souprav – vypracování na základě potřeb GVD, přičemž je třeba dodržovat zásady jednotlivých druhů a stupňů prohlídek a údržby – z jízdních dob, pobytu vlaku ve stanicích a o doby obratu souprav v konečných stanicích se stanoví doba oběhu souprav (potřebný počet souprav pro jednotlivé časové období v průběhu dne se zjistí jako podíl doby oběhu soupravy a intervalu).



Obr. 2.4: GVD podzemní dráhy (nejsou zde pro zjednodušení u jednotlivých tras uvedena čísla vlaků, vzdálenosti stanic, minutová časová osa atd.)

V provozu podzemní dráhy se používají vlaky osobní (pro přepravu cestujících, prázdné soupravy z přepravních důvodů) a vlaky služební (vlaky pracovní, pomocné, zkušební, montážní a měřicí). Vlaky lze dělit podle pravidelnosti na vlaky pravidelné (zakresleny v GVD) a mimořádné (v případě potřeby jsou zavedeny jako následky předcházejících vlaků).

V GVD (který se sestavuje pouze pro osobní vlaky) je vodorovná osa určena pro znázornění průběhu času (po minutách), svislá osa je určena pro znázornění vzdálenosti. Dále je na listu GVD uveden název a číslo GVD, platnost, schéma trasy, obraty souprav v koncových stanicích s čísly oběhů souprav apod.

Nově vytvořený GVD musí být vyhodnocen podle následujících ukazatelů: celkový počet vlaků podle GVD, počet vozidel ve vlaku, technická a cestovní rychlost, počet vozidel v oběhu, vlakové a vozové kilometry, vlakové a vozové hodiny, nulový proběh, prostoje v hodinách.

Druhy grafikonů dopravy

Grafikon respektuje výchozí podmínky přepravních vztahů hromadné osobní dopravy mezi jednotlivými dopravními okrsky, obvody a dopravními uzly města. Respektuje též možnosti optimálního vedení linek po stránce ekonomické a přepravní, vhodnost použitých dopravních prostředků, vzájemnou koordinaci dopravy na dopravní síti (SUROVEC, 1998).

Z hlediska konstrukce a určení se rozlišují grafikony dopravy:

- linkové (tzv. grafikon jedné linky či tratě),
- traťové (grafikon souběžných linek na stejné trati nebo traťovém úseku),
- síťové (komplexní grafikon dopravní sítě; používá se především v případě znázornění návazností periodických linek v přestupních uzlech, přičemž velikost periodiky by neměla být větší jak 60 minut, výjimečně mimo hranice města 120 minut).

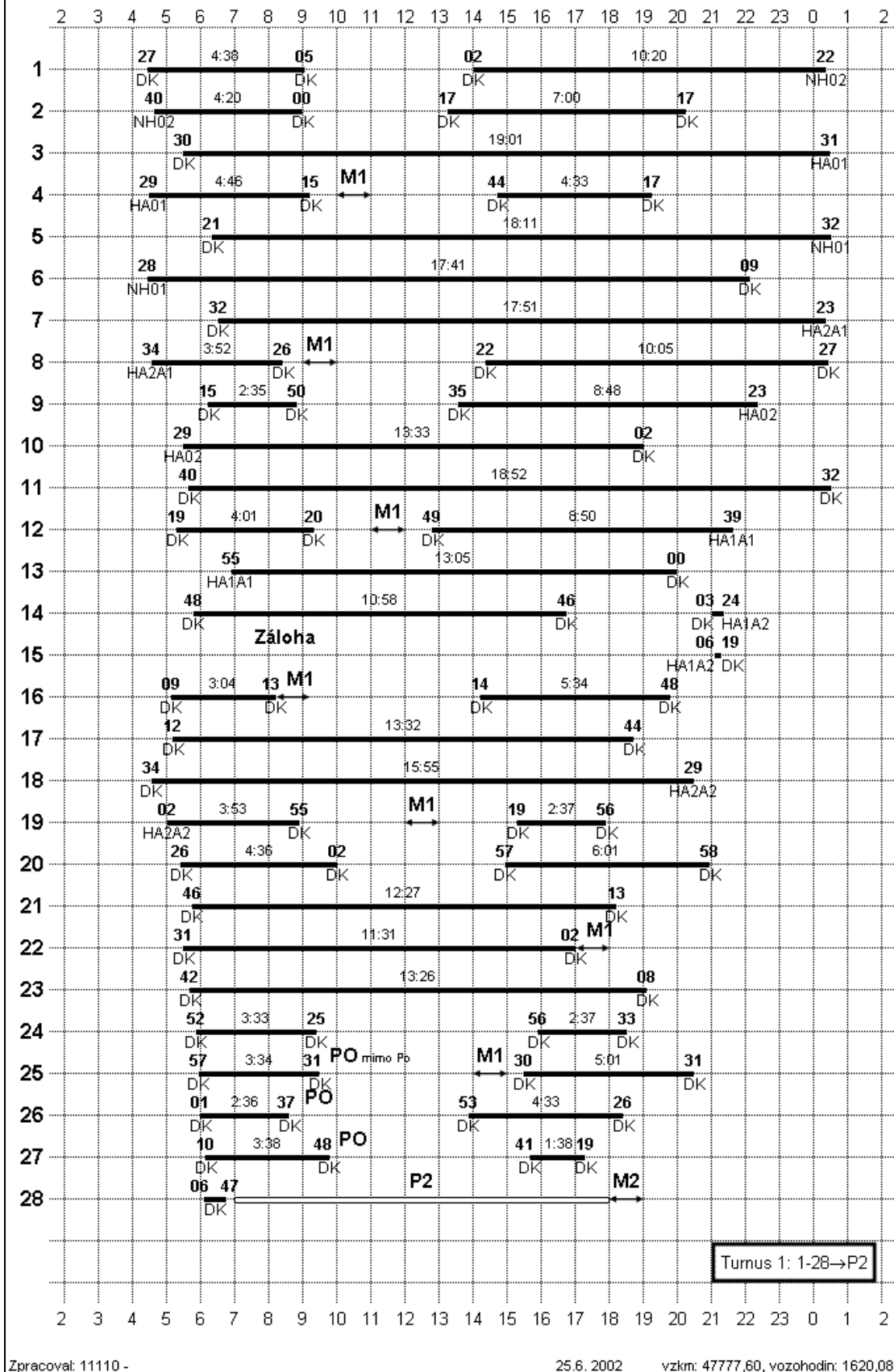
2.5.2 Sešitové jízdní řády

Sešitové jízdní řády (SJŘ) se vypracovávají pro potřebu provozních pracovníků. Podkladem pro zpracování SJŘ je GVD. Všechny vlaky, které jsou znázorněny v GVD, musí být uvedeny i v SJŘ. Každý vlak jedoucí na trati metra musí mít svůj jízdní řád, který je pro něj závazný (pozn.: služební pomůcky u podzemní dráhy jsou sestaveny s přesností na 5 sekund na rozdíl od „klasické“ železnice, kde je nejmenší časová jednotka 0,5 minuty). Pro potřeby cestujících jsou ve všech stanicích zveřejněny souhrnné jízdní řády, které obsahují pouze intervaly v jednotlivých časových obdobích dne na příslušné trati podzemní dráhy (HABARDA, 1988).

2.5.3 Grafikon oběhu souprav

Na základě požadavků vycházejících z GVD se vypracovává grafikon oběhu souprav, který znázorňuje průběh jízdy jednotlivých souprav v průběhu dne, zařazených do jednotlivých oběhů. Průběh jízdy se znázorňuje do sítě, kde na vodorovné ose je znázorněn průběh času v rámci jednoho dne a na svislé ose jsou uvedeny jednotlivé soupravy (pomůcka má i svojí hlavičku a zápatí, kde jsou uvedeny další identifikační a souhrnné údaje). Pro každou soupravu je rozdílným stylem čáry charakterizováno (HABARDA, 1988):

- souprava v provozu,
- provozní ošetření,
- technická prohlídka,
- periodická prohlídka,
- mytí souprav.



Obr. 2.5: Grafikon oběhu souprav pro Metro Praha, trasu C

2.6 Prostorová a časová provázanost, flexibilita

V literatuře (MILLER-HELLMANN, 2000) se lze setkat s dvěma formami provázanosti MHD s regionální dopravou:

1. prostorová provázanost,
2. časová provázanost.

2.6.1 Prostorová provázanost

U prostorové provázanosti se nabízí jako možnost :

- integrace stávající regionální autobusové dopravy do MHD – vzájemné zesouladění a doplňování se sítě linek MHD a příměstské (regionální) dopravy,
- zavádění alternativních dopravních systémů (linkové taxi, sběrné taxi, autobus na zavolání) – možnost nasazení mikrobusů a městských taxi, které by měly obdobně jako vozidla na linkách MHD splňovat základní přepravní požadavky včetně přepravy handicapovaných či přepravy kočárků.

Alternativní dopravní systémy

U provozování **linkových taxi** je dodrženo pravidlo, že vozidla nezajíždějí s cestujícím přímo do cíle jeho cesty, ale jsou stejně jako v rámci MHD definovány body s možností nástupu nebo výstupu (je tedy dodržován jízdní řád a trasování linek). Při provozu **linkových taxi na zavolání** jsou spoje zavedeny pouze v případě předchozí telefonické objednávky, přičemž se připouští i částečná úprava trasování spoje či obsluha jednotlivých zastávek na trase. Méně osídlené městské části či přidružené obce města, které jsou vzdálené od centra města, lze obsluhovat právě linkovými taxi. V tomto případě se nabízí návaznosti linkových taxi na konečných zastávkách linek MHD, případně i na jiných (jízdním řádem deklarovaných) mezilehlých zastávkách. U tras linkových taxi je ve vnitřním městě minimální počet zastávek na rozdíl od okraje města či přidružených obcí. Pokud je přepravní poptávka silnější, je bezproblémově možná obsluha běžnými linkami MHD, pokud se dodrží všechny zásady vedení linek MHD. Naopak stojí za úvahu, zda některé stávající linky MHD nezajišťovat linkovými taxi.

Sběrná taxi na zavolání slouží jako časové doplnění dopravní obslužnosti města v době slabé přepravní poptávky. Možné je však i také prostorové provázání, na čemž ale závisí výše používaných příplatků k tarifu při využívání tohoto systému. Na rozdíl od linkových taxi umožní obsluhu do cíle cesty.

2.6.2 Časová provázanost

Z hlediska časové provázanosti je cílem zajistit nabídku přepravních služeb nejen v době silné poptávky, ale i poptávky slabé (především noční provoz).

Pro časovou provázanost se nabízí především následující možnosti:

1. přechod od denního linkového vedení k „linkám slabého provozu“,
2. zavedení sběrných taxi na zavolání (v německy mluvících zemích známých pod označením „Anruf-Sammeltaxi“ = „AST“).

Ad 1)

V době slabého provozu může být nabídka linkového vedení MHD redukována a koncentrována do menšího počtu linií. Tyto linky slouží v podstatě k přepravě ve volném čase a jsou koncipovány pro tyto potřeby. Z tohoto důvodu a na základě ekonomického zhodnocení jsou často odchylně vedeny v porovnání s běžným linkovým vedením MHD během dne – pro tyto linky se v některých německých městech (např. Dormagen) používá například označení jako tzv. Noční expres, Víkendový expres apod. Při tvorbě této nabídky se volí kompromis mezi přepravními požadavky cestujících na plošné pokrytí a četnost obsluhy na jedné straně a mezi ekonomickým hlediskem vycházejícím z provozních nákladů na straně druhé. V praxi se často používá smyčkové vedení těchto linek.

Ad 2)

Tato nabídková forma se využívá zpravidla jako doplňkový systém s malými provozními náklady v časech, kdy nejsou provozovány „klasické“ linky MHD. V praxi se jedná většinou o čas od ukončení provozu linek MHD do půlnoci, příp. krátce po půlnoci. Zavedení tohoto systému je závislé na těchto předpokladech:

- existence významného a spolupracujícího dopravce taxislužby nebo společenství provozovatelů taxislužby,
- smluvní uspořádání, které vede k úspoře v porovnání s náklady na provoz linek MHD,
- výkonný dispečink taxislužby, který je schopen zajistit přepravu maximálně do 20-30 minut po objednání.

Zvýšením komfortu („cesta do domu“) je v tomto systému kompenzován požadovaný příplatek k běžné ceně pro linkové spoje.

2.6.3 Flexibilita různých dopravních systémů

Cílem celého systému MHD je zajistit prostorovou a časovou provázanost s ostatními subsystémy veřejné dopravy. Například v německém Blieskastelu je zajištěna následující provázanost (pro splnění následujících podmínek je nezbytné, aby se tento způsob obsluhy využíval pouze v době slabé přepravní poptávky):

- běžná linková doprava zabezpečovaná podle jízdních řádů,
- stanovené zastávky na trasách linek,
- zastávky na přání pro výstup a pro nástup (i na znamení rukou) na trase linky,
- svoz a rozvoz do/z domu v jednotlivých obytných částech města vpravo a vlevo od trasy linky v podobě „pásové obsluhy“ (na základě ústního nebo telefonického pokynu).

Integrace školních spojů (školní dopravy)

Významným aspektem u provozování MHD je otázka, zda a v jaké rovině zintegrovat do systému přepravu do škol. V ranních a odpoledních hodinách v době přepravních špiček dochází často k silnému obsazování vozidel a nasazování posilových vozidel na spoje. Protože se v rámci marketingových aktivit provozovatele MHD pro získání dalších cestujících nezapomíná ani na žáky a studenty, zaměřuje se pozornost i tímto směrem (jde o skupinu cestujících, kteří méně pravděpodobně využijí individuální automobilovou dopravu – zde pouze jako spolujezdci). Začátky a konce školního vyučování umožňují sestavit jízdní řády spojů linek MHD pro potřeby žáků a studentů (zejména při existenci velkých škol nebo přímo vzdělávacích center). Často je smysluplné zintegrovat neobsazené školní spoje po svozu či před svozem přímo do systému linek MHD (využití prázdných technologických jízd).

2.7 Operativní řízení v MHD

V porovnání se základním řízením, které stanovuje úlohy na základě plánu (technického, grafikonu dopravy) a je strategické, koncepční a dlouhodobé, je operativní řízení charakterizované jako „taktické“, krátkodobé a též jako řízení, kterým se umožní lépe využívat prostředky změnou plánu a tím odstranit případy nevyužití kapacity. Operativní řízení musí zasahovat do průběhu dopravy včas a účinně, proto je též nazýváno jako řízení v reálném čase (SUROVEC, 1998).

Reálný čas je nutné chápat relativně ve vztahu k charakteru řízení:

- ve dnech (např. změny v obsazení směn řidiči při nahlášené dovolené, pracovní neschopnosti nebo pracovního volna, změny v trase linky při ohlášené rekonstrukci nebo opravě komunikace apod.),
- v hodinách (např. změny v určení vozidel podle jejich technického stavu před začátkem denního provozu),

- v minutách za situace, když se jedná o technologický proces, při kterém v závislosti na rychlosti jízdy mění vozidlo svoje místo v prostoru a čase (např. zásahy v případě dopravních kongescí, významných odchylek od grafikonu dopravy, při vzniku dopravních nehod, změny v obsazení směny v případě, že předem určený řidič nenastoupí na směnu apod.).

Řízení hromadné dopravy se uskutečňuje ročním vykonávacím plánem (podle ročního projektu dopravy, stanoveného jízdního řádu, daných kapacit, ekonomických ukazatelů, nákladů, tržeb, dotací apod.), operativním plánem (pro bezprostředně následující období – den, týden až měsíc – s rozpisem na vozidla, řidiče, podle dní a změn) a operativním dispečerským řízením.

Ročním vykonávacím plánem se stanovují základní úlohy podniku, na které při jejich realizaci reaguje v dopravě dispečerské řízení operativním plánem a operativním řízením.

Dispečerské řízení hromadné osobní dopravy

Zabezpečování kvalitní hromadné osobní dopravy vyžaduje rychle a účinně reagovat na negativní vlivy působící na dopravu, řešit a odstraňovat vzniklé odchylky od plánu, dosahovat tak plánované parametry provozu a zabezpečit řízený proces v souladu s plánem, kterým je jízdní řád. Toto je úlohou operativního dispečerského řízení.

Na hromadnou osobní dopravu působí vnější a vnitřní vlivy. Vnější vlivy mohou vyvolat změny v přepravních požadavcích, dopravní překážky narušující plynulý provoz na linkách, poruchy na dopravních cestách, dopravních stavbách a zařízeních, vlivy povětrnostní a jiné. Pod vnitřními vlivy se rozumí technický stav vozidel a celé technické základny, úroveň zpracování jízdních řádů, kvalifikace a připravenost pracovníků, dodržování technologické disciplíny provozními pracovníky apod.

Operativní řízení zahrnuje určení dopravních prostředků, řidičů a přepravních požadavků, které se jimi mají uspokojit a určení posloupnosti přeprav pro daný provozní den tak, aby se dosáhlo stanovených cílů – naplnění harmonogramu dodržování jízdních řádů. Součástí operativního řízení dopravního procesu jsou především činnosti s krátkodobým charakterem řízení dopravy na dopravní síti hromadné osobní dopravy v jednotlivých dopravních oblastech, v dopravních okresech nebo na úsecích tratí či linek.

Činnosti dispečerského řízení je možno členit do těchto tří podskupin:

1. příprava provozu,
2. operativní příprava a evidence provozu,
3. operativní dispečerské řízení.

Pod *přípravu provozu* spadá:

- činnost související se zpracováním změn od stanovených grafikonů dopravy či jízdních řádů,
- činnost spojená s organizací dopravy při objížďkách a očekávaných změnách v dopravních situacích vyvolaných výstavbou a přestavbou města, rekonstrukcí a opravami komunikací,
- činnost spojená s organizací mimořádných akcí sportovního, společenského, kulturního a jiného charakteru (náhradní doprava).

Pod *operativní přípravu a evidenci provozu* spadá:

- činnost spojená se změnami v obsazení turnusů řidičů podle pohotovostního stavu řidičů,
- činnost spojená s určením a změnami nástupů řidičů na směny,
- činnost spojená s výpravou vozidel do provozu, s výměnami poruchových vozidel na linkách, se zajištěním plánované a neplánované náhradní dopravy,
- tvorba denního přehledu a evidence o pohotovostním stavu dopravních prostředků, dopravních cest, dopravních staveb a zařízení,
- tvorba denního přehledu a evidence o pohotovostním stavu počtu provozních pracovníků,
- tvorba denního přehledu a evidence o skutečném průběhu provozu se všemi plánovanými a neplánovanými změnami,

- přehled a evidence o uskutečněných výkonech a plnění úloh řidičů a dopravních prostředků.

Pod *operativní dispečerské řízení* spadá:

- činnost spojená s řízením, zabezpečováním a kontrolou dopravy na celé dopravní síti podle stanovených jízdních řádů,
- činnost spojená s revizí dodržování přepravního a tarifního řádu,
- preventivní činnost k zamezení vzniku nepravidelností a vzniku dopravních poruch,
- preventivní činnost k zamezení vzniku dopravních nehod,
- činnost spojená s odstraňováním dopravních poruch a s uvedením provozu do normálního stavu po přerušení nebo zpoždění,
- činnost spojená s řízením a zabezpečováním dopravy na konkrétní lince nebo na všech linkách v dopravní oblasti, v dopravním okrsku nebo na úseku tratě či linky,
- činnost spojená se zabezpečováním informovanosti provozních pracovníků a cestujících o situaci v dopravě,
- činnost spojená s likvidací následků dopravních nehod.

Pro řešení mimořádných situací se předem zpracovávají typová variantní řešení. Jde o náhradní dopravu, vedení objížděkových tras, úpravy periody v periodické hromadné osobní dopravě apod. Tato variantní řešení lze použít v rozhodování v konkrétních situacích s menší mírou improvizace a subjektivního rozhodování.

Charakter operativního řízení vyžaduje uplatnění velké míry centralizace s využitím principu pyramidy řízení a s důsledným uplatněním zásady „jednoho nadřízeného“. To znamená, že jednotlivé stupně i druhy operativního řízení na sebe navazují tak, aby každá organizační složka (útvár nebo jednotlivec) mohla dostat příkaz pouze z jednoho předem určeného místa nebo od jednoho předem určeného pracovníka. Na každém stupni jsou ve vlastní pravomoci řešeny příslušné okruhy problémů a vyšší stupeň řeší problémy, které vyžadují zásah nebo koordinaci mezi složkami operativního řízení.

Operativní dispečerské řízení hromadné osobní dopravy zajišťuje dopravní dispečink. V podnicích MHD se zřizuje pro specifické potřeby elektrické trakce a zásobování elektrickou energií těž energetický dispečink. Energetický dispečink operativní řídí činnosti související s dodávkami trakční energie buď přímo s využitím dálkového ovládní nebo nepřímo prostřednictvím pracovníků obsluhujících elektrotechnické a energetické zařízení. Úlohou je zabezpečit plynulý, bezporuchový a hospodárný provoz měničů, trolejových vedení a dalších pevných trakčních a energetických zařízení.

Ve velkých podnicích MHD s kolejovou dopravou je součástí dispečerského řízení technický dispečink, který zabezpečuje bezporuchový stav všech technických traťových a dopravních zařízení jako jsou dopravní cesty, koleje, mosty apod.

Činnost dispečinku (obecně) se řídí dispečerským řádem, který jako předpis pro vnitřní potřebu operativního řízení vydává dopravní podnik. V dispečerském řádu je upravena pracovní náplň jednotlivých dispečerských útvarů. Jsou zde stanoveny zásady koordinace činnosti dispečerských útvarů při poruchách a mimořádných událostech.

Další pomůcky pro potřebu dispečerského řízení

Z mnoha dalších pomůcek a předpisů (nejen) pro potřebu dispečerského řízení lze mj. (příklad z pražské MHD) uvést (viz periodikum DP-Kontakt):

- návěstní předpis pro podzemní dráhu,
- dopravní předpis pro podzemní dráhu,
- dopravní a návěstní předpis pro tramvaje,
- předpis pro provozování lanových drah,

- dopravní a návěstní předpis pro autobusy (upravuje podmínky silniční dopravy pro vlastní a cizí potřeby prováděné autobusy, zejména provozování městské autobusové dopravy a zvláštní linkové dopravy a s touto činností spojená práva a povinnosti pracovníků),
- provozní a výpravenský řád garáží (určuje jednotný postup při plnění hlavních úkolů dopravních provozoven, zajištění včasného vypravení plánovaného počtu autobusů v technickém stavu, který odpovídá platným zákonným předpisům a směrnicím),
- předpis o služebních hlášeních (obsahuje základní ustanovení o podávání, vyřizování a vyhodnocování služebních hlášení),
- předpis pro šetření a likvidaci mimořádných událostí,
- předpis pro činnost dopravního dozoru (stanoví zásady pro činnost a výkon služby pracovníků dopravního dozoru - držitelů odznaků dopravního dozoru a pověřených pracovníků - držitelů služebních odznaků i jejich pravomoci).