

UNIVERZITA PARDUBICE
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2009

Jan Vavřín

UNIVERZITA PARDUBICE
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY

Optimalizace počtu stanovišť vybraného
autobusového nádraží s využitím simulace

JAN VAVŘÍN

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
2009

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 6. 8. 2009

ANOTACE

Práce je věnována optimalizaci počtu nástupišť autobusových nádraží. Pro práci byla vybrána a posuzována situace na dopravním terminálu v Hradci Králové. K vytvoření modelu je využit simulační nástroj ARENA od společnosti Rockwell Automation.

KLÍČOVÁ SLOVA

autobusová nádraží, Terminál hromadné dopravy Hradec Králové, simulace, optimální počet nástupišť, OREDO.

TITLE

Optimalisation of number of departure platforms of a chosen bus station.

ANNOTATION

The thesis deals with optimalisation of number of departure platforms of a bus station. The bus station of Hradec Králové was chosen to be analysed in the following text. The model is created with the aid of a simulation tool of Rockwell Automation company. The simulating program is called ARENA and the edition 12 is used.

KEYWORDS

Bus station, bus station of mass transportation of Hradec Králové, simulation, optimalisation of number of departure platforms, OREDO.

OBSAH

Seznam obrázků	7
Seznam tabulek	8
Seznam použitých zkratk	9
Úvod.....	11
1. Vymezení pojmů	12
2. Model	13
3. Simulace.....	14
3.1 Základní fáze simulace.....	14
3.1.1 Abstrakce.....	14
3.1.2 Okolí zkoumaného objektu	14
3.1.3 Statický a dynamický systém	14
3.2 Možnosti uplatnění simulace	15
3.3 Přínosy simulace	15
3.4 Simulace provozu dopravního terminálu	15
3.5 Tři další možné přístupy k vyřešení počtu stanovišť v autobusovém nádraží	16
3.5.1 Model barvení grafu.....	16
3.5.2 Model s přiřazovací hodnotou.....	17
3.5.3 Všeobecný model založený na minimalizaci všeobecné kriteriální funkce.....	17
4. Městská a příměstská doprava	18
5. Autobusová nádraží.....	19
5.1 Autobusové nádraží se skládá z následujících prvků:.....	20
5.2 Způsoby řazení autobusů u nástupišť.....	20
5.3 Uspořádání nástupišť autobusových nádraží	21
6. Organizátor regionální dopravy OREDO s.r.o.	22
6.1 Podklady pro organizování dopravy	22
6.2 IREDO	23
7. Autobusový terminál Hradec Králové.....	24
7.1 IDS Hradec Králové.....	25
7.2 Analýza současného stavu.....	27
7.3 Sledování jízd autobusů	27
7.4 Chyby terminálu které se již projevily při provozu	27
7.5 Přehled dopravců.....	28
7.6 Odchylky od jízdnicích řádů.....	28
8. Simulace provozu autobusového terminálu	29
8.1 Výběr simulačního nástroje	29
8.2 Potřebné informace pro tvorbu simulačního modelu.....	29
8.3 Analýza jízdnicích řádů.....	29
8.4 Další vstupní data.....	32
8.4.1 Počty cestujících	32
8.4.2 Nástup, výstup cestujících.....	34
8.4.3 Zpoždění autobusů	34
8.4.4 Jízdní doby v rámci terminálu.....	36
8.5 Fyzikální vlastnosti stávajícího systému	36
8.5.1 Data o využití stávajícího modelu terminálu	37
8.5.2 Informace o pohybech autobusů během dne.....	37
8.5.3 IDOS	37
8.6 Očekávané výsledky	38
9. Výstavba simulačního modelu	38
9.1 Simulace stávajícího systému	38
9.2 Tvorba simulačního modelu.....	38

9.2.1 Generování vstupních entit, použité Create, Attributes, Resources	38
10. Simulační experiment - minimální počet stanovišť	47
Závěr	48
Použitá literatura	49

Seznam obrázků

Obrázek 1: Graf deficitní funkce. Zdroj: [9].....	17
Obrázek 2: Způsoby řazení autobusů u nástupišť. Zdroj: [12].	21
Obrázek 3: Schématické uspořádání nástupišť AN (pro tzv. podélné řazení autobusů). Zdroj: [12].	21
Obrázek 4: Schéma uspořádání nástupišť i se stanovišti. Zdroj: [14].	25
Obrázek 5: Terminál hromadné dopravy Hradec Králové. Zdroj: [15].	26
Obrázek 6: Graf odjezdů z Hradce Králové v průběhu dne.	32
Obrázek 7: Graf příjezdů do Hradce Králové v průběhu dne.	32
Obrázek 8: Nastavení modulu <i>CREATE</i>	39
Obrázek 9: Ukázka submodelů.	40
Obrázek 10: Nastavení modulu <i>ASSIGN</i>	41
Obrázek 11: Modul určující dobu výstupu.....	42
Obrázek 12: Modul <i>DECIDE</i> určující další směr autobusu.....	44
Obrázek 13: Modul <i>PROCESS</i> jako stanoviště.....	45
Obrázek 14: Modul <i>DECIDE</i> určující výjezd z THD.....	45

Seznam tabulek

Tabulka 1: Seznam autobusových společností využívajících THD.	28
Tabulka 2: Počty odjezdů z Hradce Králové v hodinových intervalech.	30
Tabulka 3: Počty příjezdů do Hradce Králové v hodinových intervalech.	31
Tabulka 4: Vybrané odjezdy z THD.	33
Tabulka 5: Vybraná data o vystupujících.	33
Tabulka 6: Rozdělení do skupin podle ujeté vzdálenosti.	35
Tabulka 7: Vybrané autobusové zastávky a zpoždění na příjezdech z nich.	35
Tabulka 8: Ukázka výchozích směrů.	40
Tabulka 9: Tabulka stanovišť a jim přiřazených číselných označení.	42
Tabulka 10: Kódy přiřazené jednotlivým zastávkám.	43
Tabulka 11: Výsledky vytížení stanovišť v dopravních špičkách.	46
Tabulka 12: Výsledky z průběhu celého dne.	47

Seznam použitých zkratek

AN	autobusová nádraží
ČKD	Českomoravská Kolben Daněk
DP	dopravní podnik
DPMHK	Dopravní podnik města Hradce Králové
GPS	Global positioning system
IREDO	Integrovaná regionální doprava
MHD	městská hromadná doprava
OREDO	Organizátor regionální dopravy Královéhradeckého kraje
THD	Terminál hromadné dopravy

Úvod

V létě roku 2008 bylo v Hradci Králové otevřeno nové autobusové nádraží pod názvem Terminál hromadné dopravy Hradec Králové. Důvodem výstavby tohoto autobusového nádraží byla pro cestující nedostatečná kvalita a komfort poskytovaný předchozími dvěma nádražími. Po bližším prozkoumání působí kapacita terminálu po většinu dne naprosto nevyužitá. Práce se proto snaží vyhodnotit současný stav provozu na zmíněném dopravním terminálu.

Cílem této bakalářské práce je zjištění optimálního počtu stanovišť na dopravním terminálu v Hradci Králové. Práce se také zaměřuje na fungování autobusové dopravy v regionu. Autobusová doprava má v České republice dlouholetou a nezastupitelnou tradici a je obyvateli využívána především pro cesty do zaměstnání, žáky a studenty potom při dojíždění do škol a za studii.

Obsahem první kapitoly, je především vymezení pojmů, se kterými je dále v práci pracováno.

Druhá se zabývá metodami simulace, vysvětluje význam a výhody zvoleného způsobu simulace, ale také popisuje jednu z dalších možných variant matematického řešení daného problému.

Ve třetí kapitole jsou popsány typy autobusových nádraží a jsou zde také představeny různé způsoby uspořádání autobusových stání. Součástí je také shrnutí výhod vybraných druhů stání a je doplněna také o vybraná řešení v Hradci Králové.

Kapitola čtvrtá se věnuje popisu dopravního terminálu Hradec Králové. Její součástí je krátká historie, popis budovy a analýza současného stavu. Kapitola dále pokračuje přehledem dopravců využívajících toto nádraží a v neposlední řadě jsou zde analyzovány jízdní řády a jejich skutečné dodržování v reálném provozu.

V páté kapitole je popsána tvorba simulačního modelu v simulačním nástroji Arena. Dále se kapitola zabývá výběrem vstupních dat, jsou zde také popsány očekávané výsledky. Kapitola také popisuje validaci a verifikaci simulačního modelu, vyhodnocení simulačního modelu bez zpoždění a jsou zde popsány i některé simulační experimenty (příjezdy zpožděných autobusů, snížení počtu nástupišť apod.). Kapitola je uzavřena vyhodnocením simulačních experimentů.

1.Vymezení pojmů

Autobusová nádraží - Jsou hlavním prvkem přepravní vazby dopravních prostředků veřejné silniční dopravy mezi sebou, na kterých se uskutečňuje nástup, výstup, přestup a čekání cestujících [1].

Simulace - Simulace je výzkumná technika/metoda, jejíž podstatou je náhrada zkoumaného dynamického systému(originálu) jeho simulátorem, s nímž se experimentuje s cílem získat informace o původním zkoumaném dynamickém systému [2].

Číslicová simulace – V současné době je drtivá většina simulátorů realizována na číslicových počítačích – proto mluvíme o takzvané číslicové, neboli počítačové simulaci [3].

Terminál hromadné dopravy Hradec Králové - Je název trolejbusového a autobusového nádraží městské, příměstské i dálkové dopravy, které od 5. července 2008 severovýchodně od železniční stanice Hradec Králové hlavní nádraží provozuje Dopravní podnik města Hradce Králové [4].

OREDO - Společnost která byla založena 28. ledna 2003 rozhodnutím Zastupitelstva Královéhradeckého kraje na konci roku 2002. Jejím úkolem je analýza autobusové a železniční situace v kraji a návrhu organizace dopravní obslužnosti [5].

IREDO – Je výsledkem práce společnosti OREDO a jedná se o integrovaný dopravní systém na území Královéhradeckého kraje[6].

2. Model

Termín model je v oblasti modelování a simulace používán pro analogii mezi dvěma systémy. Vztah obou systémů modelovaného a modelujícího je dán tím, že každému prvku P modelovaného systému je přiřazen prvek Q modelujícího systému. Každému atributu g prvku P je přiřazen atribut h prvku Q a pro hodnoty atributů g a h je dána nějaká relace. Její charakter není omezen, ale v případě, že g i h jsou aritmetické atributy, bývá touto relací úměrnost, tolerance (mapa zobrazuje jen přibližně), kombinace úměrnosti a tolerance (rozměry složek a částí jsou přibližně úměrné odpovídajícím rozměrům) apod.

Pro simulaci jsou vhodné pouze tzv. simulační modely, které splňují následující požadavky:

1. Jejich modelující i modelované systémy jsou dynamickými systémy.
2. Existuje zobrazení τ existence modelovaného systému do existence modelujícího systému, jestli je tedy t_1 okamžik, ve kterém existuje modelovaný systém M_1 , je mu přiřazen okamžik $\tau(t_1) = t_2$, ve kterém existuje modelující systém M_2 , a tak je zobrazením τ přiřazen i stavu $S_1(t_1) = \sigma_1$ systému M_1 stav $S_2(t_2) = \sigma_2$ systému M_2 .
3. Mezi stavy σ_1 a σ_2 jsou splněny požadavky na vztahy mezi prvky a jejich atributy, jako kdyby každému stavu σ_1 modelovaného systému odpovídal stav σ_2 modelujícího systému t tak, že oba stavy jsou ve vztahu statického modelu.
4. Zobrazení τ je neklesající; pokud nastane stav s modelovaného systému před stavem s^* toho samého systému, pak stav, který odpovídá v modelujícím systému stavu s nastane před stavem, který odpovídá stavu s^* , nebo mohou oba stavy nastat v modelujícím systému současně. Nikdy však nemůže být časové pořadí stavů v modelovaném systému a jim odpovídajících stavů v modelujícím systému přehozené.

V běžné praxi se ustálilo, že pod pojmem model se rozumí modelující systém, ale toto nevystihuje, že model není pouze systém, ale je také obrazem „něčeho“ a to „něco“ zobrazuje „nějakým způsobem“. Místo termínu „modelovaný systém“ se používá termín originál. V případě, že jde o simulační model je vhodnější hovořit o simulovaném systému a simulačním modelu (simulátoru) než o modelovaném a modelujícím systému [7].

3. Simulace

V této kapitole budou uvedeny všechny etapy simulace i s vysvětlením, které je potřeba provést před tvorbou samotného modelu.

3.1 Základní fáze simulace

Všechny následující definice v podkapitolách 3.1.1 až 3.1.3 jsou převzaty z [8].

3.1.1 Abstrakce

Užitím abstrakce jsou některé aspekty zkoumaných objektů zanedbány. Lze si to dovolit u objektů které nejsou z hlediska zkoumání daného problému zásadně důležité. Je však nutné si uvědomit, že při zkoumání určitého problému z více stran se mohou tyto abstrakce měnit, a tím se mohou zásadně měnit i výsledky. Abstrakce se v modelování a simulaci nazývají systémy.

3.1.2 Okolí zkoumaného objektu

Takové okolí zahrnuje objekty reálného světa, které nebyly pro účely zkoumání daného problému vybrány, ale přesto je žádoucí počítat s jejich existencí a vlastnostmi, kvůli jejich vlivu na zkoumaný objekt. Abstrakci okolí zkoumaného objektu nazýváme okolím systému.

3.1.3 Statický a dynamický systém

Systém, v němž se od významu času abstrahuje, se nazývá statickým systémem. Dynamický systém je takový, který význam času nezanedbává. Simulace se jinými než dynamickými systémy nezabývá.

Dynamický systém je v každém okamžiku své existence v jiném stavu. V dynamickém systému se také může měnit počet jeho prvků během jeho existence. Tím je myšleno, že prvky mohou do takového modelu vstupovat, například v souvislosti s konkrétním časem a mohou systém i opouštět třeba po uplynutí doby platnosti, nebo po splnění svého „úkolu“. Takové chování prvků nazýváme transakcemi. V reálném světě takovéto prvky „nevznikají“ a nezanikají, ale pouze vstupují do modelu z okolí a zase se do okolí vrací.

Prvky systému mají své vlastnosti, které odborně nazýváme atributy. Atributy mohou mít podobu aritmetických hodnot, tedy reálných čísel. Dále atributy mohou být například booleovského typu, tedy mohou nabývat buď hodnot ano či ne. Textové atributy obsahují ve své definici text. Atributy tedy obecně určují hodnoty daných prvků a tím, že se mohou v čase měnit, zásadně ovlivňují celý dynamický systém.

3.2 Možnosti uplatnění simulace

Pojem simulace je již odedávna spojován s prací při získávání poznatků při řešení určitého problému.

K simulaci můžeme používat jak fyzické modely zkoumaných objektů, buď reálně velké či zmenšené, tak postupy a modely matematické. Nevýhodou fyzických modelů je, že se ve většině případů nedají použít pro rychlou a levnou analýzu problému. Modely matematické zase nebyly dlouhá léta použitelné pro výpočetní komplikovanost a tím pádem nemožnost jejich užití ve větším rozsahu a reálném čase.

V současné době je spojován pojem simulace hlavně s užitím počítačů. Bez větších problémů lze simulovat například výrobu součástek od vstupu surovin až po finální produkt, celé výrobní linky včetně přesných požadavků na lidské zdroje, fyzikální nebo chemické děje. Existují dokonce i simulační modely předpovídající vývoj počasí. Není výjimkou ani simulace chování výrobků při zátěži. Velkou oblibu má dnes také simulace v oblasti výroby automobilů.

3.3 Přínosy simulace

Možnost simulovat funkci výrobku nebo technického zařízení, a prověřit tak jeho chování v různých podmínkách, značně urychluje a zlevňuje celý jeho výzkum a vývoj. V tomto případě totiž není nutné pořizovat fyzický model výrobku. Přes obrovský pokrok, který simulační programy přinášejí však u náročných úloh nelze očekávat zdárný výsledek pokud se na projektu nepodílejí specialisti-výpočtáři a specialisti z praxe. Bez jejich odborných znalostí a zkušeností může simulace přinést problematické výsledky.

Každá simulace i dnes pracuje v menším či větším zjednodušení. Volba vhodné míry zjednodušení modelu, optimální diskretizace (volby sítě), stanovení přesných okrajových podmínek, ale i správná interpretace výsledků jsou nutné předpoklady pro to, aby byla simulace přínosem. V některých případech není samotná počítačová simulace postačující pro analýzu problému. Je ji proto nutné kombinovat s experimenty (zkoušky, měření) na fyzickém modelu. I dnes existují případy, kdy je práce s fyzickým modelem jedinou vhodnou metodou pro analýzu problému. V tomto případě buď počítačová simulace není proveditelná z důvodů nedostatečného výkonu jejich procesorů nebo by byla dokonce dražší a náročnější než simulace na fyzicky existujícím předmětu.

3.4 Simulace provozu dopravního terminálu

Simulace provozu autobusového nádraží je zajímavá především proto, že na jedné straně poskytne

přesná čísla o využití kapacit nádraží jako jsou počty nástupišť a na nich umístěných stanovišť a na straně druhé ukáže možné rezervy v současném provozu. Rozdíl mezi nástupištěm a stanovištěm je takový, že nástupiště je nejčastěji několik stanovišť pro autobusy uspořádaných vedle sebe a označených tabulí s jízdními řády. Dále se těmto pojmům věnuje kapitola 5 autobusová nádraží, ve které jsou naznačeny i některé způsoby řazení autobusů na nástupištích. Vhodným kandidátem na simulaci se od začátku jevil dopravní terminál v Hradci Králové, mimo jiné proto že je to největší autobusové nádraží v regionu. Simulace by také měla odhalit, do jaké míry je vhodně dimenzován počet nástupišť se stanovišti. V neposlední řadě také ukáže, jak vypadá autobusový provoz terminálu v průběhu celého dne.

3.5 Tři další možné přístupy k vyřešení počtu stanovišť v autobusovém nádraží

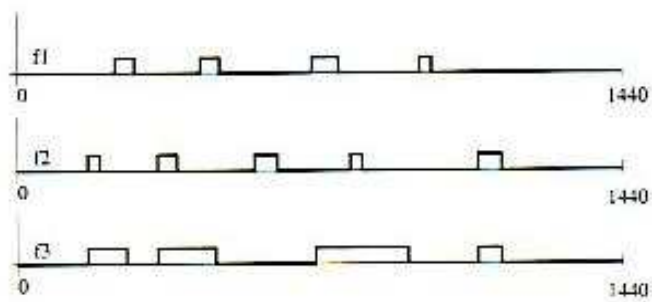
Následující tři metody řešení tohoto problému jsou prezentovány v publikaci [9], přičemž základní principy jsou uvedeny v kapitolách 2.3.1–2.3.3.

Problém autobusového nádraží lze samozřejmě řešit jinými způsoby než simulací v programu Arena vybranou v této práci. Proto následující text uvádí další tři možné přístupy, jak problém vyhodnotit. Jedná se o model barvení grafu, model s přiřazovací hodnotou a všeobecný model založený na minimalizaci všeobecné kritériální funkce. Tyto postupy byly implementovány při stavbě autobusového nádraží ve Zvoleni a přinesly až ohromující výsledky.

V ideálním případě by z jedné autobusového stanoviště vyjížděl pouze jeden linkosměr (tedy jediný směr jedné linky, dále jen linkosměr) tak, aby pro cestujícího byla orientace v autobusovém nádraží co nejsnazší. Ve skutečnosti tento přístup ale není splnitelný, protože se do jednoho autobusového nádraží vejde pouze omezený počet stanovišť. Zmíněné modely se proto zaměřují na přiřazení spojů autobusovým zastávkám tak, aby se minimalizoval počet stanovišť a tak, aby všechny spoje jednoho linkosměru vyjížděly pokud možno z jedné autobusové zastávky. Je v nich možné řešit i dodatečné požadavky jako například, aby ze stejného stanoviště odjížděly spoje s podobnou trasou.

3.5.1 Model barvení grafu

Jediným omezením v tomto modelu bude přiřazení všech spojů se stejnými linkosměry ke stejnému stanovišti. Proto si každý linkosměr označíme písmenem d a zkonstruujeme deficitní funkci $f_d(x)$, kde x náleží intervalu $\langle 0, 1440 \rangle$ a která vyjadřuje obsazenost jednoho stanoviště během dne rozděleného na minuty. Když je tedy $f_d(x)$ rovno 1, autobus jednoho linkosměru potřebuje pobývat na tomto stanovišti v okamžiku x .



Obrázek 1: Graf deficitní funkce. Zdroj: [9]

Z grafu je jasně vidět, že pouze první dva linkosměry, pojmenujme je p a q , mohou sdílet jednu autobusovou zastávku, protože se nepřekrývají v čase x .

V případě řešení problému počtu stanovišť pro autobusové nádraží ve Zvoleni bylo použito algoritmu z knihy [10]. Problémem modelu, respektive algoritmu je, že neexistuje možnost na jeho skončení v rozumném čase ani pro zanedbatelné případy z reálného světa. Výhodou však naopak může být, že stačí pouze dokončení části modelu a dostaneme se k přijatelnému, ne však nezbytně optimálnímu řešení.

3.5.2 Model s přiřazovací hodnotou

„Uspořádání autobusových nádraží ve skutečném světě ukazuje, že požadavek, aby všechny spoje jednoho linkosměru byly přiřazeny jedné autobusové zastávce je příliš náročný na splnění a tudíž existují výjimky z tohoto pravidla.“

Model s přiřazovací hodnotou počítá se situací, kdy neexistují omezení pro přiřazování spojů k autobusovým zastávkám. Jde tedy o model, ve kterém každému spoji přiřazujeme jeho odjezdový čas a sledujeme kolik času tráví autobus v zastávce. Poté každému spoji stanovíme spoj, který po něm následuje. Poté pozorujeme, zda se časy těchto autobusů, strávené v autobusové zastávce překrývají či ne a takto stanovíme, zda mohou oba spoje sdílet jednu autobusovou zastávku či ne.

Tato optimalizace nebere v úvahu linkosměry, zato však udává přesný nejnižší počet autobusových zastávek. To může být dobré počáteční řešení, pokud chceme do požadavků zařadit další kritéria, lze model rozšířit dalšími algoritmy.

3.5.3 Všeobecný model založený na minimalizaci všeobecné kriteriální funkce

Výsledkem předchozího modelu tedy bude minimální počet autobusových zastávek a k nim přiřazený soubor spojů.

Dalším typem minimalizace lze ještě přiřadit spoje se stejným linkosměrem ke stejné autobusové zastávce, což činí potkávání spojů s různými linkosměry v jedné autobusové zastávce co nejnižším. Pokud takto získaný výstup doporučí nižší počet autobusových zastávek než jejich počet

na reálném autobusovém nádraží, lze některé soubory spojů rozdělit na další soubory a přiřadit je k volným stanovištím. Můžeme si opět pomoci složitějšími všeobecnými kriteriálními funkcemi.

4. Městská a příměstská doprava

Doprava je jedním z hlavních prvků, které měly historicky největší podíl na vývoji a rozvoji měst. Doprava ve městě zahrnuje všechny činnosti od individuální automobilové dopravy, přes nákladní, cyklistickou až po městskou hromadnou dopravu. Hustota dopravy vychází z charakteristiky daného prostředí. Ovlivňujícími faktory zde jsou například hustota zástavby, velikost města, jeho demografický profil, profesní skladba obyvatel a koncentrace a umístění správních budov. Městská a příměstská doprava se vyvíjí právě v závislosti na těchto faktorech. Tyto faktory lze rozdělit do dvou skupin. Na konstantní, které nelze ovlivnit a faktory které ovlivnit lze. Mezi konstantní se zejména řadí přírodní podmínky a historický vývoj, který určil základní charakteristiky urbanistického řešení. Do druhé skupiny faktorů spadá ekonomická struktura sídla – jako je rozmístění obytných, průmyslových, obchodních a administrativních zón. V posledních letech se také začíná dbát na ekologii, takže i tento faktor může ovlivnit fungování hromadné dopravy.

Rozvoj městské hromadné dopravy je úzce spjat se stupněm urbanizace daného města. V první fázi je to rychlá urbanizace související s rozvojem a rychlým růstem průmyslu, což souvisí se stěhováním obyvatelstva do okolí továren. Druhým stupněm je suburbanizace, která vychází z útlumu těžkého průmyslu a rozvoje terciální sféry. S tímto jevem souvisí další stádium, kterým je desurbanizace. Ta podněcuje další rozvoj služeb, právě růstem dopravy a zhoršením životního prostředí. Posledním stádiem je reurbanizace. Ta pracuje především na revitalizaci center měst.

V současné době je čím dál větší důraz kladen na účinnější využívání již existující dopravní infrastruktury, a efektní využívání stávajících volných ploch. Informační technologie v podobě informačních tabulí a elektronického značení v dopravě výrazně přispívají k efektivnímu využívání dopravních cest a mohou výrazně pomoci k optimálnímu řízení dopravy.

Z pohledu dopravy ve městech se dělí doprava na zbytnou a nezbytnou. Doprava zbytná, která nemá v daném městě začátek ani cíl, je označována za tranzitní a jako taková není ve městě žádoucí. Problémy zbytné dopravy řeší její regulace, objízdné trasy či časová omezení. I zde se dá využít informačních technologií v řízení. V případě nezbytné dopravy se jedná hlavně o preferování hromadné dopravy před individuální automobilovou. S tím souvisí především vzájemná kombinace individuální a hromadné dopravy, o které hovoří následující kapitola. Nezbytnou dopravu lze do jisté míry ovlivňovat vhodným umístěním obchodních a zábavních center, průmyslových, klidových respektive pěších zón.

Je nutné také zmínit, že v průběhu roku se poptávka po autobusové dopravě částečně mění. Je to

způsobeno velkou poptávkou po dálkové autobusové dopravě během letní sezóny, kdy je počet cestujících na pravidelných linkách sice snížen o děti a mládež dojíždějící do škol a školských zařízení, ale na druhé straně jsou autobusy využívány ve větší míře pro cesty do zahraničí.

Autobusová nádraží v letních měsících často slouží jako nástupiště této dopravy, a tak se musí vypořádat i s těmito nepravidelnostmi. Například v Hradci Králové je pro zájezdovou a mimořádnou dopravu vyhrazeno nástupiště F3 a dá se k němu připočíst i nástupiště H3 vyhrazené pro mezinárodní linky. V zimních měsících je poptávka výrazně nižší, takže i objem této „turistické“ dopravy se znatelně snižuje a tato nástupiště jsou v zimních měsících téměř nevyužita.

Konkrétně v Hradci Králové je hlavně z historických důvodů a velmi vhodné polohy pro nástup zájezdové dopravy využíván roh bývalé budovy Východočeské energetiky. Tedy částečně v ulici Sladkovského a částečně na Riegerově náměstí. I po rozsáhlé rekonstrukci náměstí tento prostor zůstal zachován, a tak je i nadále k výstupům a nástupům využíván [11].

5. Autobusová nádraží

Následující kapitola pojednává o teorii autobusových nádraží a je doplněna konkrétními údaji z Terminálu hromadné dopravy v Hradci Králové.

Autobusová nádraží (v této kapitole dále jen AN) jsou hlavním prvkem přepravní vazby dopravních prostředků veřejné silniční dopravy mezi sebou, na kterých se uskutečňuje nástup, výstup, přestup a čekání cestujících. Všechna AN by měla splňovat podmínku dobré návaznosti i na další druhy zejména veřejné dopravy. Především se jedná o vazbu na dopravu městskou a železniční. Výhodné je proto budovat AN v dosahu zastávek městské dopravy a železničních stanic. V Hradci Králové je tato definice splněna, protože MHD je přímo součástí terminálu [12].

Autobusová nádraží se dělí na AN dálkové a příměstské dopravy, AN městské a příměstské dopravy a AN kombinované. Královehradecký terminál lze považovat v tomto směru za nádraží kombinované. Autobusová nádraží dálkové a příměstské dopravy se dále třídí podle významu (AN I. - IV. kategorie), provozu (koncové, průjezdné, kombinované) a účelu (ústřední, obvodní, závodové). Kategorie AN je zde závislá na výhledovém počtu odjezdů autobusů dálkové (uvažuje se dokonce až s pětinásobkem) a příměstské dopravy ve dni s největším provozem. Dále je kategorie AN závislá na velikosti a významu sídelního útvaru (důležitý prvek z pohledu kvality přepravy).

Autobusové nádraží musí tedy zabezpečovat návaznost přepravních vztahů území s návaznými dopravními systémy, především je důležitá vazba mezi AN a železniční stanicí, ale na AN musí navazovat také hlavní nemotoristické trasy a parkovací plochy pro individuální automobilovou

dopravu a pro cyklisty. Doporučuje se budovat integrované přestupní uzly navrhováním sdružených AN a železničních stanic s možností přestupu na jiné druhy dopravy. S výjimkou dostatečného počtu parkovacích ploch pro automobilovou dopravu terminál ve všech ostatních zmíněných kritériích vyhovuje. Vzdálenost od nádraží vlakového je cca 250 metrů. Spojnice těchto dvou uzlů je bezbariérová a navíc je na této trase zavedena pravidelná bezplatná městská hromadná doprava. Pokud v následujících požadavcích není uvedeno jinak, terminál vyhovuje.

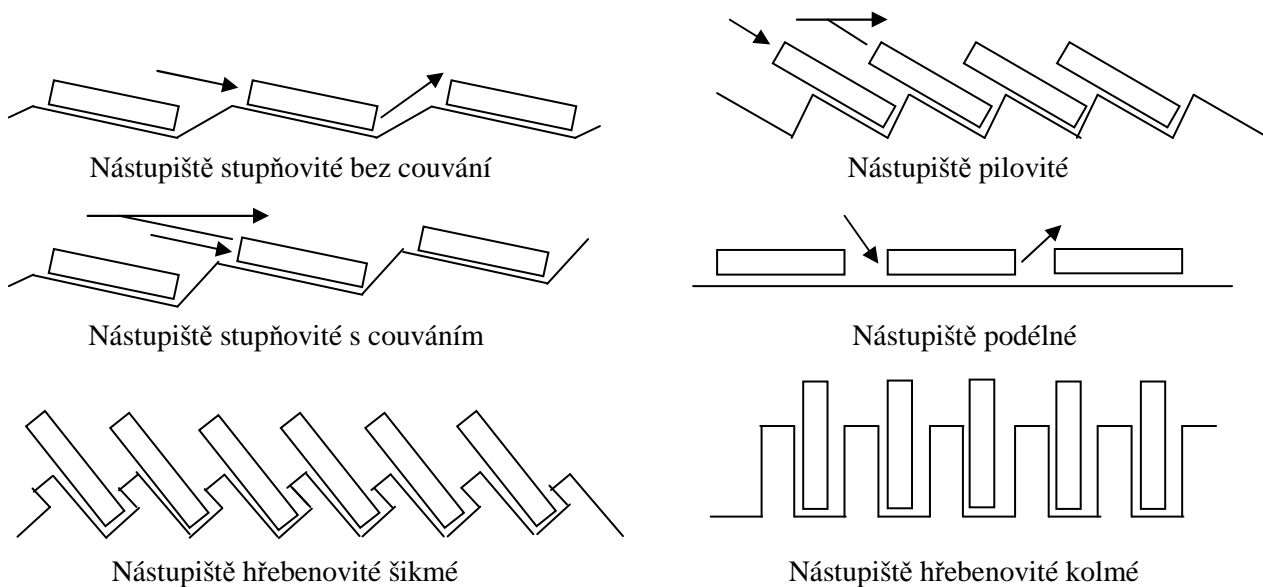
5.1 Autobusové nádraží se skládá z následujících prvků:

- výpravní budova (služební prostory, čekárna, úschovna zavazadel, informace, předprodej jízdenek, sociální zařízení, gastronomické zařízení, odjezdová tabule, jízdní řády, samoobslužný informační stojan a další),
- nástupiště se stanovišti, resp. výstupní stanoviště,
- příjezdová stání se stanovišti pro výstup,
- ostatní zařízení (vodovod, kanalizace, osvětlení, apod.)
- příjezdová a odjezdová komunikace,
- odstavné plochy (bez garáží),
- přednádražní prostory,
- objekt se zázemím pro řidiče a další (telekomunikační zařízení, zeleň atd.).

5.2 Způsoby řazení autobusů u nástupišť

Pro řazení autobusů na stanovištích se používají následující typy nástupišť:

1. *podélné* – nejčastěji používaný způsob, autobusy u stanovišť jsou umístěny za sebou; nevýhodou jsou velké nároky na délku nástupišť,
2. *stupňovité* – autobusy, které stojí u stanovišť, svírají svojí osou k ose nástupiště úhel 10-20°; odjíždějící autobusy jsou provozovány s couváním nebo bez couvání,
3. *pilovité* – používají se pro úhel mezi osami 30-45°; při odjezdu je couvání nevyhnutelné,
4. *hřebenovité* – používají se pro úhel mezi osami 45-90°; v tomto případě jsou vysoké nároky na šířku komunikace u nástupiště.

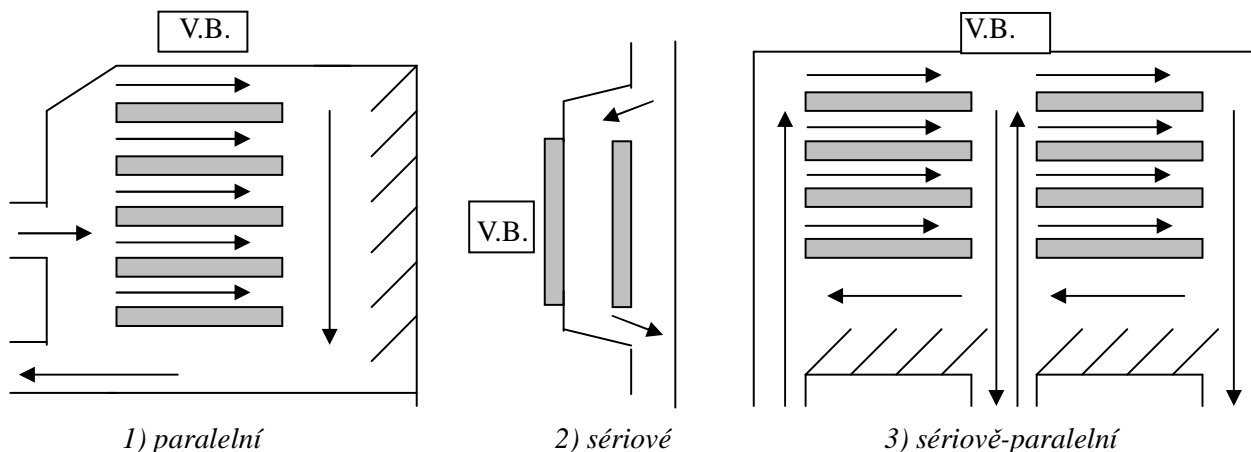


Obrázek 2: Způsoby řazení autobusů u nástupišť. Zdroj: [12].

5.3 Uspořádání nástupišť autobusových nádraží

Nástupiště mohou být v rámci AN uspořádána následujícími způsoby:

1. *paralelně* – jednotlivá nástupiště jsou uspořádána vedle sebe s tím, že obvykle v ose AN se umožňuje (nejlépe mimoúrovňově) přechod mezi nimi a výpravní budovou (např. AN Pardubice),
2. *sériově* – toto se používá u menších autobusových nádraží, kdy rovnoběžně se silniční komunikací se zřídí jedno nebo dvě delší nástupiště se stanovišti,
3. *sériově-paralelní* – podobné jako u paralelního s tím, že se de facto nacházejí dvě paralelní nástupiště za sebou,
4. *smyčkové* – na okraji celé smyčky se nachází nástupiště se stanovišti, uprostřed je plocha pro odstavování autobusů (např. AN Liberec),
5. *kombinované nebo speciální* – zohledňuje místní prostorové možnosti.



Obrázek 3: Schématické uspořádání nástupišť AN (pro tzv. podélné řazení autobusů). Zdroj: [12].

6. Organizátor regionální dopravy OREDO s.r.o.

Společnost OREDO byla založena v roce 2003 Královéhradeckým krajem. Hlavním úkolem OREDA je navrhovat, vyhodnocovat a tvořit optimální varianty dopravních řešení a předkládat je Královéhradeckému kraji. Tím společnost také optimalizuje a zefektivňuje výdaje vydané Královéhradeckým krajem na veřejnou dopravu v regionu. Z toho vyplývá, že OREDO se stalo společností, která pro kraj objednává vlakové a autobusové spoje pro zajištění základní dopravní obslužnosti. Aby tato činnost byla co nejefektivnější, společnost vytvořila integrovanou regionální dopravu - systém IREDO. Jeho funkčnost je vysvětlena v další kapitole. Vytvoření IREDA předcházelo vyjednávání s celou řadou zástupců obcí, ale i jednotlivých dopravců. Prvními dvěma oblastmi, kde IREDO začalo fungovat, bylo Náchodsko a později ještě odděleně oblast okolo Rychnova nad Kněžnou.

OREDO považuje železniční tratě na území kraje jako jakousi páteř osobní dopravy, a tudíž jí věnuje značnou pozornost. Hlavním cílem, který je již splněn, bylo zavedení pravidelné taktové dopravy v kraji. Na trati Hradec Králové – Trutnov jede dnes rychlík každou lichou hodinu a v sudé hodiny jezdí vlaky osobní. Z toho plyne že spojení těchto měst je zajištěno každou hodinu a díky změně místa přepřahu lokomotiv, které se nyní mění až v Hradci Králové, je zajištěno nejrychlejší spojení těchto dvou měst v celé železniční historii. Obdobně došlo ke zrychlení na trati mezi Chlumcem nad Cidlinou a Trutnovem.

6.1 Podklady pro organizování dopravy

OREDO získává podklady o počtech přepravených cestujících od všech dopravních společností, u kterých objednává linkovou dopravu. Přesnost těchto počtů je v autobusové dopravě v podstatě stoprocentní, protože data jsou stažena z odbavovacích zařízení - pokladen v autobusech. Tudíž existují zcela přesné údaje o všech cestujících na jakýchkoliv linkách. Od autobusových dopravců OREDO dostává tato data jednou měsíčně nebo na vyžádání v podobě databázových souborů, se kterými pak dále pracuje a vyhodnocuje je podle jednotlivých linek. Horší přesnost mají data získaná od Českých drah, protože tam jsou data získávána součtem cestujících vybraný den v měsíci v konkrétním vlaku. Toto sčítání však probíhá jen na požádání OREDA a to zhruba jednou za dva kalendářní měsíce.

Jednou za čtvrt roku se tato data převedou do formy sčítání a na základě těchto přesných čísel dochází k plánování a optimalizaci dopravní obslužnosti. Tato optimalizace se provádí tak, že na daném území je stanovena páteřní autobusová nebo železniční trasa. Do uzlových bodů jsou pak sváženi cestující. Dále se OREDO snaží minimalizovat počet vozidel která jsou k tomuto provozu

potřeba. Na linkách, na kterých je zjištěno trvale méně cestujících, jsou nasazovány menší autobusy především značky SOR s menší přepravní kapacitou.

Jak píše ve svém e-mailu Ing. Tomáš Jurček, Technolog veřejné dopravy, OREDO s. r. o. z 21. 5. 2009 „V současné době na většině území v okolí Hradce Králové platí historické jízdní řády, které jsou cca dvacet až pětadvacet let staré.“ To znamená, že jízdní řády vycházejí z toho, že v Hradci Králové byly v sedmdesátých a osmdesátých letech minulého století velké podniky s velkým počtem zaměstnanců, jako například ZVU a ČKD(ZVU Engineering patří mezi významné inženýrské společnosti v oborech průmyslové chemie, energetiky, koksárenství, ekologie a zplyňování uhlí. ČKD je strojírenský podnik), kde pracovní směny končily ve dvě či o půl třetí odpoledne a bylo potřeba toto velké množství cestujících najednou rozvézt do jejich domovů. Proto je v tuto dobu jedna ze dvou takzvaných dopravních špiček. OREDO se snaží nabídku spojů zvýšit a nabídnout cestujícím „něco navíc“. Konkrétním příkladem může být plánování na trase z Hradce Králové do Hrádku u Nechanic. V současné době spoje na této trase jedou ve 12:20, 14:55, 16:40 a 18:25. Po vstupu nových jízdních řádů v platnost budou „pomalé“autobusy odjíždět každou 45. minutu a rychlé v každou 20. minutu, čímž dojde k rozložení kapacit a tím pádem ke zlepšení přepravních podmínek pro cestující. Dále jsou jízdní řády navrhovány tak, že například na uvedené trase bude v daný čas odjíždět autobus do uvedeného směru, ale tato trasa bude od určitého dopravního uzlu dále rozdělena, a tak nebude docházet k souběžným jízdám a navíc vznikne v podstatě pravidelná taktová doprava.

6.2 IREDO

IREDO neboli Integrovaná regionální doprava vznikla jako produkt společnosti OREDO.

Integrovaný dopravní systém je v současnosti provozován v Královéhradeckém kraji, v oblastech Náchodska, Rychnovska, Novoměstska, Jaroměřska a Trutnovska. Do Integrovaného dopravního systému(dále jen IDS) IREDO je zapojena jak veřejná linková autobusová doprava, tak železniční doprava v uvedených regionech v plné dopravní a tarifní integraci. Z dopravců provozujících autobusovou dopravu přes THD jmenujme alespoň ty největší: Connex Východní Čechy a. s., ČSAD Ústí nad Orlicí a. s., CDS Náchod s. r. o. a Orlobus a.s.

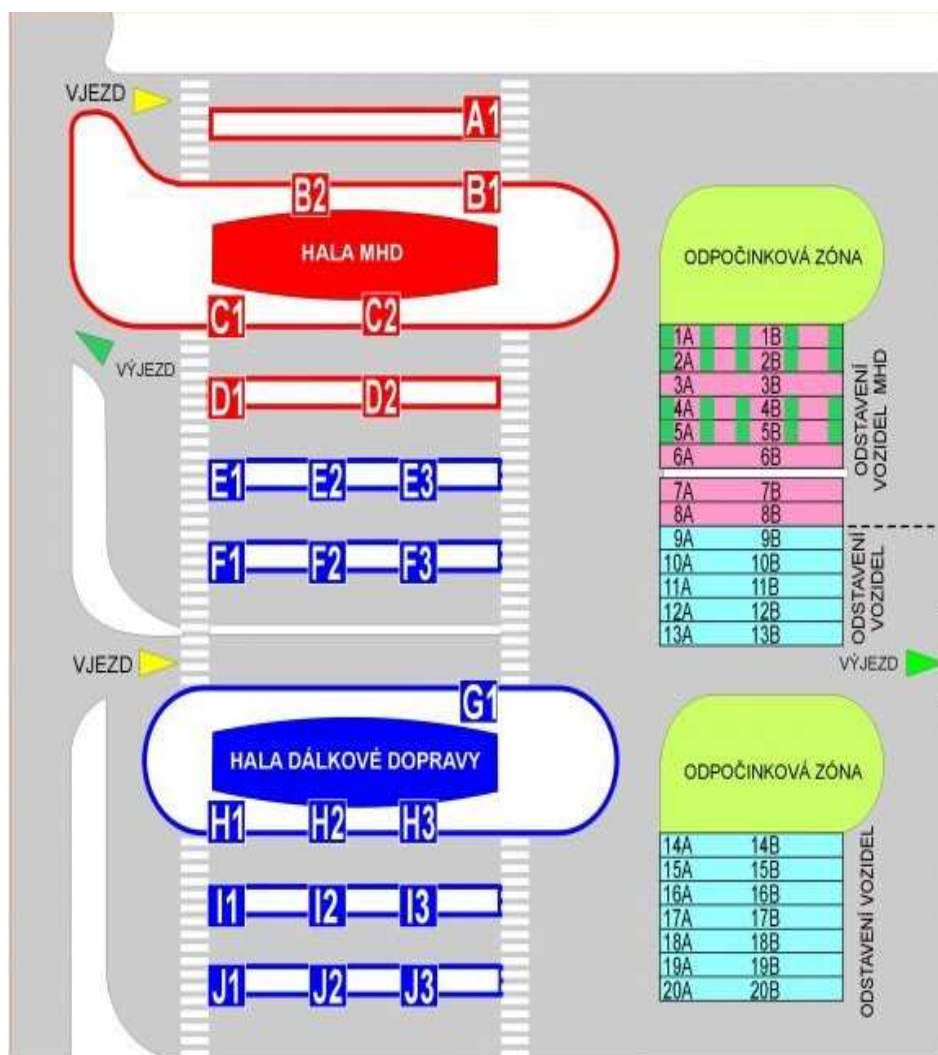
7. Autobusový terminál Hradec Králové

Terminál hromadné dopravy Hradec Králové je názvem trolejbusového a autobusového nádraží městské, linkové příměstské i dálkové dopravy. O výstavbě autobusového nádraží se v Hradci Králové uvažovalo již od poloviny 20. století. První studie počítaly s vybudováním nádraží na dnešním Riegrově náměstí. S rozvojem dopravy byla tato varianta ale v 80. letech zamítnuta, protože náměstí by už v té době kapacitně nedostačovalo. Proto město přešlo k plánu s nádražím umístěným severovýchodně od budovy nádraží železničního. Od té doby až do roku 2007 neměl Hradec Králové plnohodnotné nádraží a cestující neměli dostatečný komfort. Museli buď využívat stání dálkových autobusů na Riegrově náměstí, nebo provizorní autobusové nádraží v podobě panelového parkoviště s dvěma ostrovními nástupišti bez zastávkových sloupků. Autobusové stanoviště Koruna je umístěno asi 300 m jižně od Riegrova náměstí, takže ani přestupování na navazující spoje nebylo optimální. Cestující na obou aut. st. nastupovali do autobusů z úrovně vozovky.

Dne 5. ledna 2000 zastupitelstvo města Hradec Králové usnesením zvolilo umístit nádraží do volného, nevyužitého prostranství mezi ulicemi Nádražní, Sladkovského a Hořickou. Z 12 projektových kanceláří, které byly vyzvány k podání nabídky zpracování studie budoucího autobusového nádraží. Odbor architekta města Hradce Králové vybral ze studií dvě. Později, 24. září 2002 zastupitelstvo města vybralo variantu Atelieru designu a architektury Patrika Kotase. Stavební povolení bylo získáno v červenci 2005 a investorem a následným provozovatelem se stal Dopravní podnik města Hradec Králové.

Ve druhém výběrovém řízení – proti kterému se již nikdo neodvolal - zvítězila v polovině května 2006 ze čtyř uchazečů firma Strabag s rozpočtem stavby v hodnotě 470 milionů korun. Výstavba byla zahájena 5. září 2006 [13].

Terminál má rozměry cca 60 x 120 metrů, je zastřešen lehkou membránovou konstrukcí a rozdělen do dvou zón. Zóna blíže k vlakovému nádraží je se svými 13 stanovišti pro autobusy i trolejbusy určena pro městskou hromadnou dopravu. Zóna umístěná východněji slouží dálkové a mezinárodní dopravě. Je pro ni vybudováno 12 odjezdových stání.



Obrázek 4: Schéma uspořádání nástupišť i se stanovišti. Zdroj: [14].

Terminál počítá s kapacitou 32 000 cestujících v obou zónách denně. Severní část je nezastřešena a nachází se v ní 40 odstavných míst pro autobusy.

V souvislosti s výstavbou terminálu je provedena také přestavba Riegerova náměstí, na němž jsou vybudovány převážně plochy pro pěší a součástí je i zásadní změna zeleně. Linky městské hromadné dopravy mají ve čtyřech jízdních pružích nácestné zastávky. Středem náměstí od nádražní budovy je veden úroňový přechod pro chodce. Se stavbou terminálu také souvisí výstavba obchodního areálu, centra pro sport a volný čas a také výstavba vícepodlažního parkoviště v blízkosti terminálu.

7.1 IDS Hradec Králové

V první větě je nutné zdůraznit, že IDS Hradec Králové je jiný projekt než IDS IREDO. Vize byla taková, že v čase otevření terminálu hromadné dopravy bude již integrovaný dopravní systém

fungovat. A to tak, že autobusy projíždějící na své trase městem, by alternovaly autobusům městské hromadné dopravy. Takže například spoje na linkách Hradec Králové – Holice by na své trase částečně nahrazovaly např. linku číslo 2, se zastávkami od Ulrichova náměstí až po zastávky na Novém Hradci. K této vizi ale zatím nedošlo. Navíc nebylo domyšleno jak by se lidé dostávali z cílových stanic zpět do centra města. Do budoucna a pro případné spuštění IDS je v budově Terminálu hromadné dopravy počítáno s nástupišti vymezenými právě pro IDS. Na pozicích současných nástupišť E1 až E3 a F1 až F3, které jsou umístěny uprostřed budovy, aby byla co nejlepší dostupnost spojů jak dálkové dopravy tak přestupových, na linkách MHD. V dnešní době jsou nástupiště E a F využívána spoji směřujícími do směru Broumovsko, Holice, Ústí nad Orlicí, Třebechovice pod Orebem, Pardubicko a do směru na Chlumec nad Cidlinou. F3 je pak označeno jako nástupiště mimořádné a zájezdové dopravy. Pokud bude IDS v budoucnu zprovozněno, nástupiště se již nebudou muset měnit, protože právě většina těchto linek by byla do IDS zahrnuta. Tímto opatřením se předešlo budoucím zmatkům okolo případného stěhování daných stanovišť.



Obrázek 5: Terminál hromadné dopravy Hradec Králové. Zdroj: [15].

7.2 Analýza současného stavu

Kapacita nástupišť je podle slov vedoucího dopravního terminálu pana Alexandra Eliáše optimální pro provoz mezi devátou dopoledne do třetí odpoledne.

V dopravních špičkách se přesouvají odjezdy některých autobusů na jiná stanoviště, než která jsou pro dané směry standardně určeny. Terminál je projektován už s předpokladem drobných problémů a nedostatečných kapacit ve špičkách, ale toto kritérium je zohledněno vůči nákladům na stavbu. O definitivním počtu pěti nástupišť rozhodli projektanti společnosti Metroprojekt a.s. ve spolupráci se společností OREDO. Vizí bylo, že nástupiště E a F bude vyhrazeno pro „integrovanou autobusovou dopravu“, která by na své trase městem suplovala funkci hromadné dopravy viz jeden z předchozích odstavců. Integrovaná autobusová doprava zatím ale nefunguje, a tak jsou tato dvě nástupiště využívána pro nástup běžné linkové dopravy.

7.3 Sledování jízd autobusů

Smlouva mezi Dopravním podnikem města Hradec Králové a dopravci počítá se sledováním pohybu všech vozidel blížících se k terminálu hromadné dopravy pomocí technologie GPS. Všechna vozidla dopravního podniku Hradec Králové jsou touto technologií vybavena. Problém však nastal u provozovatelů linkové dopravy. V současnosti využívá terminál 36 dopravních společností a i když je vybavení vozidel technologií GPS součástí podmínek smluv o využívání terminálu, ne všechny vozy tuto podmínku splňují a vedení Terminálu hromadné dopravy nejspíš nemá dostatečnou motivaci si tuto povinnost vymoci. Zmíněné informace by byly poskytovány dispečerovi terminálu a ten je zpracuje a dále předává cestujícím. Cestující se tak dnes nemá šanci o případném zpoždění dozvědět.

7.4 Chyby terminálu které se již projevily při provozu

Z pohledu cestujících je stavba chválena jak po architektonické stránce, tak je chváleno zázemí pro cestující a podávání informací na jednom místě. To je vůči předchozím autobusovým stanovištím Koruna a nástupišti před vlakovým nádražím neporovnatelně lepší. Stavba splňuje všechny standardy moderního autobusového nádraží, jak je uvedeno výše – v kapitole číslo čtyři.

Z pohledu provozního s sebou nese takto velká stavba drobné nedodělky. V průběhu prvních deseti měsíců provozu se samozřejmě vyskytly reklamace, ale žádná nebyla takového rozsahu, že

by bránila plnému užívání a spokojenosti cestujících. Nevýhodou stavby je z dnešního pohledu její vysoká energetická náročnost. Jde hlavně o letní měsíce, kdy klimatizace obou hal musí běžet na maximum, a to i v noci.

V bezprostřední blízkosti THD se v době psaní této práce (jaro 2009) staví prodejna potravin společnosti Lidl, která by měla být nadstandardně vybavena i restaurací a rychlým občerstvením, což negativně ovlivní provozovatele občerstvení přímo v budově terminálu. Druhou stavbou která v současnosti probíhá v bezprostřední blízkosti terminálu je výstavba autosalonu Porsche, který by ale žádný vliv na chování cestujících mít neměl.

Společný negativní vliv obou výše zmíněných projektů je ale to, že bude beze zbytku vyčerpán volný prostor v okolí terminálu a i když jsou součástí THD odstavné plochy pro autobusy i MHD, bylo vyzpozorováno, že není tato kapacita dostatečná.

7.5 Přehled dopravců

Jak píše ve svém e-mailu vedoucí Terminálu HD Alexandr Eliáš z 21.7.2009, na dopravní terminál jezdí k 1. červnu 2009 34 dopravců. Jejich seznam je uveden v následující tabulce.

AP Tour	CAR-Tour	CDS Náchod	Veolia Morava
Veolia Vých. Čechy	CVEJN Lukáš	ČAS Znojmo	ČSAD Jablonec
ČSAD Ústí n. O.	ČSAD Semily	ČSAD Vsetín	BUS Vysočina
FTL.First Transport	ICOM	KAD	ORLOBUS
OSNADO	P-Transport	Svatopluk Přidal	TOURBUS
TAD	VYDOS	ZDAR	Zlatovánek
SAD Humenné	SAD Lučenec	SAD Prešov	SAD Zvolen
REGA & R	DROZAVA	ORLAN	POLKOST
TOURING Bohemia	Nikolo		

Tabulka 1: Seznam autobusových společností využívajících THD.

7.6 Odchyly od jízdních řádů

Při plánování sledování provozu na Terminálu HD bylo počítáno s tím, že se ke každému záznamu o příjezdu autobusu zapíše i čas zpoždění. Ovšem asi po dvaceti minutách od zahájení sledování se ukázalo, že to není z časových důvodů možné. Proto byla měření zpoždění příjezdů autobusů prováděna i v jiné dny, než kdy probíhalo sledování počtů cestujících. Měření probíhala dokonce i na jiných - náhodně vybraných – autobusových nádražích a zastávkách. V takovém měření není

problém, protože tato vlastnost není závislá na konkrétním místě. Tímto způsobem byla nasbírána data o příjezdech cca 850 autobusů na různých linkách a s různými dojezdovými vzdálenostmi. Z měření tak vyplynuly výsledky, které jsou zaneseny v tabulce číslo 2. Sběr takovýchto dat je poměrně časově náročný, a tak nebylo možné získat informace o více autobusech. Stejným způsobem byla zjišťována data (časy) o průměrné době nastupování a vystupování jednotlivých cestujících. Ze shromážděných dat vyplývá, že průměrný čas pro nástup jednoho cestujícího je 9,518 vteřin, a pro výstup je to 2,01 vteřiny.

8. Simulace provozu autobusového terminálu

Následující část práce se věnuje získávání a popisu dat, která byla nezbytná pro tvorbu modelu.

8.1 Výběr simulačního nástroje

Simulace provozu autobusového nádraží o velikosti, jaké královéhradecký terminál dosahuje, již představuje poměrně rozsáhlý projekt. Pro úspěšné řešení je v něm použito velké množství objektů, ke kterým patří rozličné specifikace. Při výběru simulačního prostředí padla volba na software společnosti Rockwell Automation, konkrétně produkt Arena současné verze 12. Arena je jako produkt zaměřený na simulaci špičkou ve svém oboru. Specializuje se na automatizační kontrolu, kde dodává různá zlepšení. Z toho plyne pro její uživatele skutečně velká výhoda oproti konkurenci. Arena je snadno použitelná a je vysoce výkonným a schopným nástrojem. Díky její komplexnosti je možno vytvořit model systému a hodnotit experimenty na něm provedené ve velmi krátkém čase.

8.2 Potřebné informace pro tvorbu simulačního modelu

Obecně lze říci, že pro co nejrealističtější a nejhodnotnější na namodelování systému je kvalita a přesnost informací zásadně důležitá. Tyto informace, které jsou použity u jednotlivých entit modelu, mají zásadní vliv na chování celého simulačního modelu. Informace pro model terminálu byly získány jak z primárních zdrojů (vznikly reálným měřením a sledováním provozu na terminálu hromadné dopravy), tak ze zdrojů sekundárních, zejména z online dostupných jízdních řádů.

8.3 Analýza jízdních řádů

Před zahájením tvorby modelu bylo důležité určit, na jaké časové intervaly se práce zaměří.

Logickým postupem bylo sečíst podle souhrnných jízdních řádů kolik je v příslušném hodinovém intervalu příjezdů a odjezdů do, resp. z jednotlivých směrů. Tento postup ukazuje tabulka číslo 2. Poté bylo vybráno pět intervalů, ve kterých je tento počet nejvyšší, a byly označeny za dopravní špičku. V ranních hodinách to jsou dva, konkrétně interval od 5:00 hod. do 6:00 hod., a na něj navazující od 6:01 hod. až 7:00 hod.. Za odpolední špičku je označena doba mezi 14:00 hod. až 17:00 hod. s tím, že po první hodině počet odjezdů mírně klesne, aby opět výrazně vzrostl mezi 16:00 hod. a 17:00 hod. Vše je opět nejlépe vidět v následující tabulce číslo 2. Dopravní špičky jsou zvýrazněny.

ODJEZDY z Hradce Králové																			
	4:01 - 5:00	5:01 - 6:00	6:01 - 7:00	7:01 - 8:00	8:01 - 9:00	9:01 - 10:00	10:01 - 11:00	11:01 - 12:00	12:01 - 13:00	13:01 - 14:00	14:01 - 15:00	15:01 - 16:00	16:01 - 17:00	17:01 - 18:00	18:01 - 19:00	19:01 - 20:00	20:01 - 21:00	21:01 - 22:00	22:01 - 23:00
Boháňka	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
Černilov, kino	0	3	3	3	1	0	2	1	1	3	4	2	3	2	2	0	2	1	0
Dobruška	0	0	2	1	0	2	1	0	1	2	3	1	2	1	2	0	1	0	0
Dobřenice, škola	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Holice	0	2	2	1	1	2	0	2	2	3	2	3	1	1	1	1	0	0	0
Hořice	0	1	2	4	2	2	1	0	3	1	6	2	4	1	2	1	2	0	0
Chlumeck nad Cidl.	0	2	2	1	0	3	1	1	2	1	2	1	3	2	2	0	0	0	0
Jaroměř	0	3	4	4	1	2	3	2	2	4	4	4	5	4	3	2	0	0	0
Králova Lhota	0	1	1	1	1	0	1	1	1	2	2	2	2	2	1	0	1	1	0
Lázně Bohdaneč	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Litomyšl	0	2	2	1	1	1	0	2	3	2	1	3	0	1	1	0	0	0	0
Myštěves	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0
Nechanice	1	5	6	1	1	1	2	1	2	1	8	2	2	3	4	2	0	0	1
Neděliště	0	2	1	0	0	1	0	1	0	0	3	0	1	0	0	1	0	0	0
Nové Město nad Met.	0	1	1	0	1	0	1	1	1	2	1	1	2	1	1	0	0	1	0
Nový Bydžov	2	3	4	1	1	1	1	2	2	0	6	2	4	2	2	1	0	0	1
Pardubice	0	6	9	4	4	1	4	1	3	5	5	4	5	2	1	1	0	0	1
Praha	1	2	3	3	2	2	4	2	2	1	2	1	2	2	2	0	0	0	0
Sadová	0	1	3	2	1	1	0	0	2	1	4	1	1	0	1	1	1	0	0
Sendražice, Jednota	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	3	0	1	0	0	1	0	0	0
Smiřice	0	2	2	1	0	2	0	1	0	1	3	0	0	0	1	0	0	0	0
Třebechovice p. O.	0	1	4	1	0	2	2	1	1	1	2	1	2	1	1	0	0	0	0
Velichovky	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0
Velký Vřešťov	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0

Tabulka 2: Počty odjezdů z Hradce Králové v hodinových intervalech.

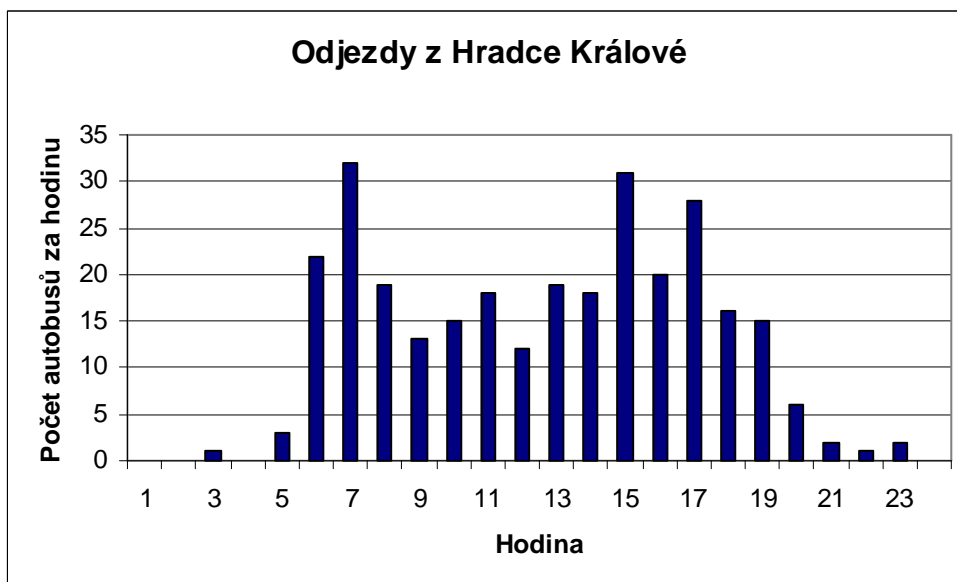
V tabulkách číslo 2 a 3 byly záměrně vynechány intervaly od 24:00 hod. do 4:00 hod. a interval od 23:01 hod. do 24:00 hod., protože v těchto časech je na odjezdu pouze jeden autobus, a to spoj do Prahy mezi 2:01 hod. a 3:00 hod. Na příjezdech do Hradce Králové žádné takové spojení není. Maximum odjezdů je v intervalu od 6:01 hod. do 7:00 hod., kdy odjíždí 32 spojů. Na příjezdech

se maximum nachází v intervalu od 7:01 hod. do 8:00 hod. Zde se vyskytuje dokonce hodnota 37 příjezdů. V neposlední řadě se dá z obou tabulek vyčíst celkový součet všech příjezdů a odjezdů v intervalech během dne. Součet odjezdů z Hradce Králové je 293. Na příjezdech je to o 20 méně, tedy 273. V uvedených tabulkách dochází k překrývání některých směrů a výsledná data byla získána jinou metodou.

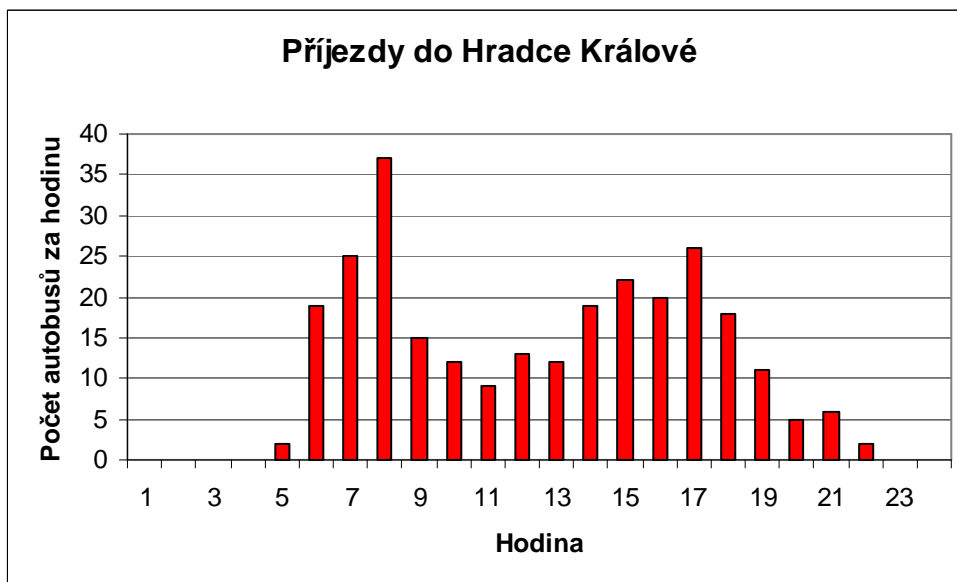
PŘÍJEZDY do Hradce Králové																			
	4:01 - 5:00	5:01 - 6:00	6:01 - 7:00	7:01 - 8:00	8:01 - 9:00	9:01 - 10:00	10:01 - 11:00	11:01 - 12:00	12:01 - 13:00	13:01 - 14:00	14:01 - 15:00	15:01 - 16:00	16:01 - 17:00	17:01 - 18:00	18:01 - 19:00	19:01 - 20:00	20:01 - 21:00	21:01 - 22:00	22:01 - 23:00
Boháňka	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Černilov, kino	0	2	3	5	3	2	1	1	1	1	3	1	4	0	3	0	0	0	0
Dobruška	0	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	2	0	2	1	0	0	0	0
Dobřenice, škola	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Holice	0	1	4	2	3	1	1	1	1	3	1	2	1	1	1	1	0	0	0
Hořice	0	3	3	5	2	1	0	2	3	2	2	4	3	3	1	0	0	0	0
Chlumec nad Cidl.	0	1	2	2	0	1	1	0	0	2	4	2	1	3	1	1	1	1	0
Jaroměř	0	5	4	9	4	2	5	1	2	3	4	1	6	0	3	0	0	0	0
Králova Lhota	0	1	2	4	2	2	0	1	1	1	1	0	3	0	2	0	0	0	0
Lázně Bohdaneč	0	0	1	2	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Litomyšl	0	0	3	1	3	1	1	1	1	2	1	1	1	1	0	2	0	0	0
Myštěves	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Nechanice	2	7	6	7	1	2	1	1	0	2	2	3	5	2	1	1	1	0	0
Neděliště	0	2	2	1	0	0	0	0	0	1	0	1	2	0	1	0	0	0	0
Nové Město nad Met.	0	2	1	3	2	1	0	1	1	1	1	0	2	0	1	0	0	0	0
Nový Bydžov	2	3	5	4	2	1	0	2	0	1	3	3	4	1	0	1	1	0	0
Pardubice	0	3	7	9	3	4	0	3	3	5	3	3	5	6	2	1	1	0	0
Praha	0	0	0	1	1	2	1	1	1	2	3	3	3	4	3	2	3	1	0
Sadová	0	2	2	1	1	0	0	1	1	1	2	2	1	2	1	0	0	0	0
Sendražice, Jednota	0	1	2	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0
Smiřice	0	3	2	1	1	0	1	0	0	3	0	0	2	0	0	0	0	0	0
Třebechovice p. O.	0	1	2	2	1	0	2	2	2	2	2	3	1	1	0	0	0	0	0
Velichovky	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0
Velký Vřešťov	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0

Tabulka 3: Počty příjezdů do Hradce Králové v hodinových intervalech.

Na příjezdech je ranní špička o hodinu později, a to od 6:00 hod. do 8:00 hod. Odpoledne je to opět mezi 14:00 hod. do 17:00 hod.



Obrázek 6: Graf odjezdů z Hradce Králové v průběhu dne.



Obrázek 7: Graf příjezdů do Hradce Králové v průběhu dne.

8.4 Další vstupní data

8.4.1 Počty cestujících

Jak bylo zmíněno, v modelu bylo abstrahováno od počtu cestujících. Sice počáteční plány s tímto atributem jednotlivých spojů počítaly, ale ukázalo se, že v rámci a rozsahu bakalářské práce je zahrnutí tohoto faktoru nad časové možnosti. Společnost OREDO byla požádána o zaslání těchto podkladů, její odpověď však byla negativní. I kdyby byla tato data poskytnuta, nebyla by ani zdaleka kompletní. Jako náhrada bylo vyzorováno a ověřeno měřením, že nástup

cestujících má na zpoždění autobusu jen zanedbatelný vliv. A to i v případě, že jich nastupuje více než dvě třetiny kapacity autobusu.

Jak vyplývá z tabulky 4, průměrný počet nastupujících cestujících je 12. A z tabulky 5 vyplývá, že průměrný počet vystupujících je 15 osob na jeden autobus.

Vybrané odjezdy z Hradce Králové						
čas	směr DO	nástupiště	nastupujících	příjezd na stanoviště	doba stání [v hod.]	
5:25	Chlumec n Cidl.	E1	2	5:24	0:01	
5:25	Pardubice	E3	4	5:23	0:02	
5:30	Nový Bydžov	E1	1	5:29	0:01	
6:00	Praha	H2	21	5:43	0:17	
6:05	Praha	H1	3	6:04	0:01	
6:10	Hronov	J1	5	6:02	0:08	
6:10	Pardubice	E3	3	6:08	0:02	
6:20	Praha	H2	12	6:17	0:03	
6:20	Pardubice	E3	7	6:19	0:01	
6:22	Pardubice	E3	12	6:19	0:03	
6:25	Jihlava	I3	8	6:22	0:03	
6:40	Praha	H2	12	6:36	0:04	
6:50	Litomyšl	I2	17	6:45	0:05	
7:10	Praha	H1	23	7:09	0:01	
7:10	Všestary	J2	6	7:07	0:03	
7:15	Vrchlabí	J3	12	7:14	0:01	
14:40	Holice	I2	13	14:37	0:03	
15:35	Holice	I1	8	15:31	0:04	
16:00	Hořice	J2	16	15:57	0:03	
16:15	Brno	J3	11	15:59	0:16	
16:50	Mladá Boleslav	H3	8	16:50	0:00	
16:15	Praha	H2	13	16:14	0:01	
16:50	Chlumec n Cidl.	E1	10	16:47	0:03	
15:00	Náchod	H2	27	14:54	0:06	
15:30	Hronov	J1	28	15:23	0:07	
16:45	Josefov	F1	7	16:40	0:05	
15:00	Lázně Bohdaneč	E3	15	14:58	0:02	
15:05	Nový Bydžov	F3	20	15:02	0:03	
16:30	Pardubice	E3	21	16:26	0:04	
16:45	Pardubice	E3	18	16:43	0:02	

Tabulka 4: Vybrané odjezdy z THD.

Vybraná data o vystupujících cestujících				
čas	směr Z	vystupující	doba	průměr [v nim.]
5:16	Náchod	6	11	1,83
5:18	Holice	31	59	1,90
5:18	Nové Město n. Met.	20	37	1,85
5:21	České Budějovice	3	7	2,33
5:25	Náchod	4	6	1,50
5:29	Nová Paka	12	31	2,58
5:47	Hronov	18	30	1,67
5:50	Náchod	6	15	2,50
5:55	Pardubice	55	125	2,27
6:01	Nový Bydžov	22	46	2,09
6:02	Pardubice	9	6	0,67
6:06	Dvůr Králové n. L.	23	42	1,83
6:21	Nový Bydžov	29	57	1,97
6:36	Náchod	25	54	2,16
6:54	Nový Bydžov	28	61	2,18
6:56	Rychnov n. Kn	10	22	2,20
13:35	Praha	19	41	2,16
14:24	Broumov	9	18	2,00
14:35	Hořice	11	24	2,18
14:35	Pardubice	16	35	2,19
14:42	Jaroměř	12	23	1,92
15:02	Hronov	13	31	2,38
15:07	Nový Bydžov	12	24	2,00
15:15	Náchod	17	37	2,18
15:21	Praha	11	14	1,27
15:36	Hořice	10	23	2,30
15:37	Lázně Bohdaneč	6	16	2,67
15:40	Pardubice	7	10	1,43
15:51	Mladá Boleslav	7	18	2,57
16:19	Trutnov	8	14	1,75
16:28	Pardubice	21	53	2,52
16:40	Hronov	16	32	2,00
17:01	Josefov	5	14	2,80

Tabulka 5: Vybraná data o vystupujících.

8.4.2 Nástup, výstup cestujících

Ze získaných dat z průběhu celého dne bylo spočítáno, že průměrná doba nástupu jednoho cestujícího je 9,518 vteřiny. A pokud se porovnájí časy příjezdů autobusů na stanoviště, počet nastupujících a průměrný čas potřebný pro jednoho cestujícího, zjistíme, že rozdíl mezi příjezdem autobusu ke stanovišti a odjezdem v plánovaný čas je dostatečný. Zde je důležité podotknout, že nezanedbatelný díl cestujících již používá časové jízdenky systému IREDO, a tak jejich nástup trvá oproti běžnému nástupu cca 2 vteřiny. Jak již bylo uvedeno, nástup běžného cestujícího, který musí podstoupit proceduru nahlášení stanice, placení a odebrání lístku, trvá podle provedených měření okolo 9,518 vteřiny. To vysvětluje, proč mohou být značně rozdílné časy u podobných nebo i stejných počtů nastupujících.

Tabulka číslo 5 ukazuje vybraná data o vystupujících s ohledem na zjištěné dopravní špičky. Tabulka obsahuje počty vystupujících z konkrétních spojů a dobu, za jakou tento počet osob vystoupil. V posledním sloupci tabulky jsou spočítány průměry na daný autobus a celkovým průměrem je 2,01 vteřiny na jednu vystupující osobu. Z tabulky dále vyplývá, že průměrný počet vystupujících je 15 osob, a jak bylo ověřeno pozorováním, pobyt autobusu u stanoviště odpovídá uvedeným hodnotám. Nedochozí zde k žádným zbytečným časovým prolukám a autobusy okamžitě po výstupu cestujících uvolňují stanoviště svým odjezdem ať už na parkoviště nebo přesunem na dané odjezdové stanoviště.

Pro stání autobusů na pozici G bylo určeno, že průměrná doba výstupu jednoho cestujícího jsou dvě vteřiny a model počítá ještě s možnou odchylkou v délce jedné vteřiny. Za průměrně obsazený autobus je na příjezdu považován takový, který je obsazen patnácti lidmi.

8.4.3 Zpoždění autobusů

Z měření a pozorování prováděném přímo v provozu terminálu bylo zjištěno, že určení byť jen průměrných hodnot zpoždění autobusů podle dojezdové vzdálenosti bude velmi obtížné. Jak je vidět v tabulce číslo 7. V tabulce vyplývá, že časy zpoždění nejsou nijak pravidelné, i když mají s ujetými kilometry mírně stoupající tendenci. Spíše bylo vyzorováno, že časy jsou víceméně náhodné a záleží na dni a hodině, ve kterou autobus cestu absolvuje. Rozsah měření a získaný objem dat není takový, aby se z něho daly vyvozovat přesné závěry. Postup měření byl takový, že dojezdové vzdálenosti byly rozděleny do pěti kategorií a v nich byl určen vždy průměrný čas zpoždění. Kategorie byly zvoleny následovně:

Tabulka rozdělení do skupin		
ujetá vzdálenost	příklad výchozího bodu cesty	průměrné zpoždění
1 – 30 km	Jaroměř, Pardubice, Chlumeck nad Cidlinou	2,9 minuty
31 – 80 km	Náchod, Trutnov, Broumov	3,7 minuty
81 – 120 km	Praha, Liberec, Špindlerův Mlýn	6,6 minuty
121 – 200 km	Olomouc, Brno	10,1 minuty
více než 200 km	Humenne (SK), Snina (SK)	17,2 minuty

Tabulka 6: Rozdělení do skupin podle ujeté vzdálenosti.

výchozí město	km	zpoždění na příjezdu v min.										průměr	max	min
		2	1	0	6	2	5	3	3	0	2			
Třebechovice p. O.	16	2	1	0	6	2	5	3	3	0	2,4			
Jaroměř	20	3	0	2	4	2	3	0	5	2	2,3			
Pardubice	23	1	2	2	0	0	1	6	3	4	2,1			
Hořice	24	5	3	2	0	1	3	4	2	3	2,6			
Lázně Bohdaneč	27	3	1	0	4	4	2	1	0	2	1,9			
Chlumeck n. Cidl.	28	7	3	4	3	5	3	2	5	5	4,1			
Nový Bydžov	29	2	4	7	6	1	5	3	7	7	4,7	7	0	
Nové M. n. Met.	35	4	2	7	1	2	4	2	8	6	4,0			
Náchod	43	6	2	3	0	0	3	2	4	4	2,7			
Trutnov	55	0	4	2	12	7	3	4	3	8	4,8			
Broumov	76	3	2	6	3	2	1	5	0	9	3,4	12	0	
Špindlerův Mlýn	83	3	5	10	4	6	5	8	7	5	5,9			
Liberec	98	6	8	5	6	7	6	9	8	4	6,6			
Praha	106	3	6	7	15	8	7	7	5	9	7,4	15	3	
Olomouc	146	4	12	8	10	13	17	6	9	10	9,9			
Brno	148	6	8	13	9	11	8	10	11	16	10,2	17	4	
Prostějov	208	5	13	17	8	20	13	12	18	9	12,8			
Ostrava	241	12	18	16	9	12	15	19	16	22	15,4			
Humenné	614	21	24	12	15	8	36	17	15	26	19,3			
Snina	634	19	32	7	22	13	23	34	27	13	21,1	36	5	

Tabulka 7: Vybrané autobusové zastávky a zpoždění na příjezdech z nich.

Je nutné zmínit ještě pravidelnou mezistátní dopravu (ve smyslu spojů na Ukrajinu, Litva, Bělorusko či Estonsko), avšak tato doprava nemá vzhledem k její intenzitě s modelem v podstatě nic společného. Spoje do těchto zemí jezdí například jednou za čtrnáct dní, a jejich spolehlivost a přesnost je v podstatě neměřitelná. V rozhovoru ze dne 21. 4. 2009 to uvedl i vedoucí THD Eliáš, který doslova řekl že: „...když přijedou o 14 hodin dřív, tak vyloží cestující a pokračují..“ A jako poslední je zde nepravidelná zájezdová doprava. Je pro ni vyhrazeno stanoviště F3 a během měření nebylo toto stanoviště využito pro zájezdovou či mimořádnou dopravu ani jednou.

8.4.4 Jízdní doby v rámci terminálu

Z pohledu simulace bylo abstrahováno od jízdních dob autobusů v rámci terminálu. Stavba terminálu není svými rozměry nijak rozlehlá, jedná se cca o 60x120 m zastřešené plochy. Jak již bylo napsáno v kapitole 6, všechna stanoviště dálkové dopravy zabírají polovinu této plochy. Tudíž autobusu, který přijede ke stanovišti G1, aby zde vystoupili cestující, netrvá zpravidla přesun k následujícímu stanovišti jeho trasy více než 30 vteřin. Tento čas se z pohledu simulace jeví jako zanedbatelný.

8.5 Fyzikální vlastnosti stávajícího systému

Mezi základní fyzická data o provozu na současném terminálu patří především počet nástupišť a jízdní řády. Ostrůvky jsou řazeny podle abecedy ze západní strany od A až po J. Každá tato nástupní „řada“ je dále dělena na konkrétní stanoviště. Počet stanovišť v jedné řadě je u písmen B, C a D dvě, u písmen E, F, H, I, J jsou stanoviště tři a písmena A a G jsou určena pouze pro výstup, takže jsou jedním prostorem o třech až čtyřech místech pro autobusy. Tento počet je proměnlivý, protože jde o prostor o cca 60 metrech a průměrný autobus (pro příklad Karosa C734) má na délku málo přes 11 metrů. Tudíž záleží pouze na momentálním zastavení řidičů. Mimo jiné tento počet také určuje konkrétní skladba různých typů autobusů. To je faktor ovlivňující jak výstupní prostor u MHD na výstupišti A, tak prostor pro pravidelnou linkovou dálkovou dopravu u stanoviště G. Celý terminál je, jak již bylo napsáno, rozdělen do dvou částí. Nástupišť označena písmeny od A po D jsou pro městskou hromadnou dopravu a E až J jsou určena pro dálkovou dopravu. Součástí terminálu je prostor pro odstavení vozidel (ve smyslu autobusů) v počtu 24 pozic pro dálkovou dopravu a 16 pozic pro MHD. Z těchto 16 pozic je nad 8 dosažitelné trolejové vedení. V modelu je také počítáno s existencí dvou výjezdů. Prvním byl označen výjezd do ulice Na Okrouhlíku, kam jsou směřovány autobusy jedoucí především směry na Jaroměř, Hořice a Jičín. Pro všechny ostatní směry platí výjezd označený jako druhý, do ulice Sladkovského.

V simulačním modelu je abstrahováno od počtu nastupujících cestujících. Důvodem je to, že nebylo možné při omezených časových zdrojích zaznamenat tyto údaje v dostatečném množství. Za druhé linky začínající právě na THD v Hradci Králové přijíždějí na svá stanoviště dříve než v jejich stanovený odjezd, a tak není problémem cestující stihnout odbavit a v předepsaném čase odjet. Do okolí modelu byla zařazena část sloužící provozu MHD, odstavné plochy pro autobusy a odpočinkové zóny. Je nutné podotknout, že byla vyzorována nedostatečná kapacita právě těchto odstavných ploch. V rozhovoru ze dne 21. 4. 2009 to podotkl i vedoucí dopravního terminálu pan Eliáš.

8.5.1 Data o využití stávajícího modelu terminálu

Aby bylo dosaženo co nejlepší věrohodnosti a výsledků simulačního modelu, bylo nezbytné získat informace a ověřit jejich pravdivost respektive přesnost v reálném provozu. Jak již bylo zmíněno, příjezdy a odjezdy autobusů byly získány z online zdroje <http://www.idos.cz>, jemuž se věnuje níže uvedený odstavec. Jejich ověřování probíhalo opakovaně přímou účastí v provozu na THD. Ověřováním byly zjištěny drobné odchylky zejména v příjezdech autobusů. Pokud šlo o autobus, který dále pokračuje po své trase, bylo toto zpoždění většinou umožněno v čase, který má autobus určený pro nástup a výstup cestujících (tedy „pobyt na zastávce“). Výjimku tvoří obecně autobusy vyjíždějící z Prahy v době dopravních špiček, ať už ráno mezi sedmou a osmou hodinou, tak i odpoledne při výjezdech okolo šestnácté hodiny. Z dalších směrů lze ještě uvést linky ze Slovenska, ovšem ne ty, které přijíždějí v ranních hodinách protože zrovna ty jedou v noci za minimálního provozu, ale například spoj „000140 2“ vyjíždějící taktéž v ranních hodinách a jedoucí ze Žiáru nad Hromom, má ovšem pravidelně zpoždění v rozmezí cca 15 až 25 minut. Na druhou stranu se jedná o spoj, který má při příjezdu do Hradce Králové za sebou již 447 kilometrů, což ho mimo jiné řadí mezi autobusy s nejvyšší dojezdovou vzdáleností. Druhým faktorem ovlivňujícím provoz terminálu jsou počty cestujících. Těm se již ale věnovala kapitola 7.2.1 B a tabulky číslo 4 a 5.

8.5.2 Informace o pohybech autobusů během dne

Nezbytnými informacemi pro nastavení pohybu autobusů po terminálu byly informace o příjezdech a odjezdech autobusů během čtyřadvacetihodinového cyklu. Zároveň bylo zjištěno, které nástupiště je nejvytíženější a také bylo odpovězeno na otázku, zda je kapacita terminálu dostatečná. Použitá data příjezdů a odjezdů jsou ze dne 13. 5. 2009, ověřována ve středy 15., 22., 29. 4. a 6. a 13. 5. Jak již z dat vyplývá – nebyly pozorovány dopravní toky o víkendech, svátcích ani v dopravně vytíženějších dnech, jako je pondělí ráno a pátek odpoledne.

8.5.3 IDOS

Internetový jízdní řád IDOS je jedním z výstupů Celostátního informačního systému o jízdních řádech (dále jen CIS JŘ), který vede z pověření Ministerstva dopravy České republiky společnost CHAPS spol. s r. o. Data jízdních řádů poskytují pro CIS JŘ orgány státní správy. Další data shromažďuje společnost CHAPS od dopravců a spolupracujících organizací. Také technologické zázemí pro provoz IDOS zajišťuje CHAPS spol. s r.o. Pravdivost informací z tohoto zdroje je již z principu považována za garantovanou [16].

8.6 Očekávané výsledky

Jedním z prvních kroků při tvorbě modelu je stanovení si cílů, respektive určení, na jaké otázky nám má model poskytnout odpovědi. V případě modelu autobusového nádraží by nám model měl dát odpověď na to, zda je počet stanovišť dostatečný a jaké je jejich vytížení v dopravních špičkách. V další fázi by měl odpovědět na to, zda by bylo možné počet stanovišť snížit a přesně určit, jaký je jejich minimální počet při zachování stejného objemu dopravy.

9. Výstavba simulačního modelu

Tato kapitola se věnuje již samotné stavbě modelu v prostředí ARENA. Jejím obsahem je popis použitých entit a je zde rozebráno a popsáno i jejich konkrétní nastavení.

9.1 Simulace stávajícího systému

Prvním a nejdůležitějším krokem v bakalářské práci bylo sestavení simulačního modelu v aplikaci Arena. Z hodnot z něj získaných by pak měl vycházet model optimalizovaného autobusového nádraží. Pro simulaci bylo nutné efektivně zpracovat získaná data. Výsledky stávajícího systému byly porovnány s realitou a měly by s ohledem na kvalitu získaných dat souhlasit.

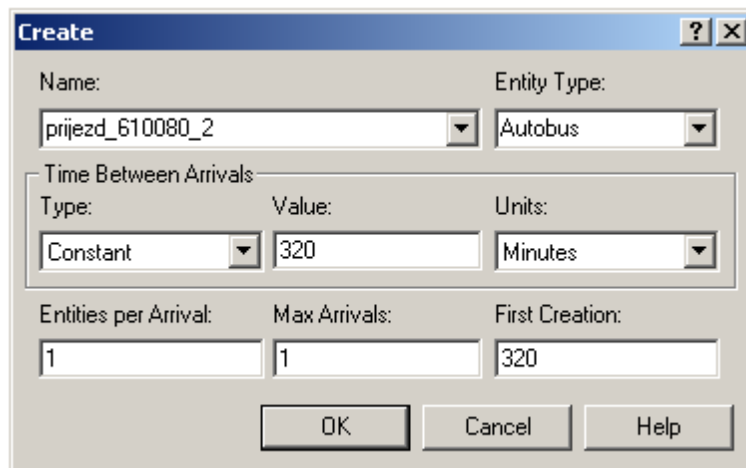
9.2 Tvorba simulačního modelu

K odpovídajícímu nastavení simulačního modelu, tak aby byl co nejpodobnější realitě, bylo nutné použít několik různých modulů. Ty napomáhaly především k upřesnění některých vlastností. Nejčastěji byly přidávány *atributy* (vlastnosti) pomocí modulu *Assign*, jak je uvedeno v následujících odstavcích.

9.2.1 Generování vstupních entit, použité *Create*, *Attributes*, *Resources*

V první fázi bylo nutné určit, které body budou vstupními a rozhodnout, které výstupní parametry jsou v simulačním modelu potřeba. Do těchto vstupních bodů byly poté umístěny moduly *CREATE*, které generují entity vstupující do systému dle předem zjištěných – většinou naměřených - hodnot respektive podmínek. U tohoto modulu jsou vždy nastaveny typy entit které model generuje, což jsou v případě modelu terminálu jsou autobusy. Entita se tudíž jmenuje *autobus*. Dalšími parametry je čas, ve který se má entita vygenerovat, její typ, hodnota a počet jednotek. Typ byl

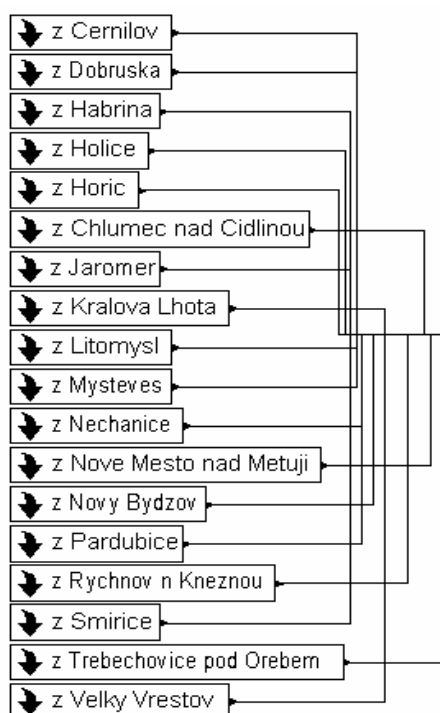
nastaven jako *CONSTANT*, daná časová hodnota odpovídá příjezdu nebo odjezdu konkrétního autobusu a jednotka *Minutes* určuje počet minut od půlnoci dne předchozího. V modulu *CREATE* se ještě dá nastavit počet vygenerovaných entit během jednoho příjezdu, což ale bylo v tomto případě nastaveno na 1. Stejně byla nastavena i hodnota maximálního počtu vygenerovaných příjezdů z tohoto jednoho modulu. Konečně nastavení modulu *CREATE* je ukázáno na obrázku.



Obrázek 8: Nastavení modulu *CREATE*.

Bohužel v modelu nebylo možné použít funkce *SCHEDULE* (rozvrh) protože my využíváme čtyřiadvacetihodinového cyklu a funkce *SCHEDULE* je koncipována pro cyklus hodinový. Také podotýkám podmínku, která je svázána s moduly *CREATE* a to, že každý musí mít jedinečný název. Pro to bylo využito číselného označení linek. Také to je vidět na předchozím obrázku. Vstupní body do modelu jsou příjezdy a odjezdy autobusů. Jelikož je ve vstupních bodech generováno velké množství entit a bylo vhodné je rozdělit do skupin podle směrů příjezdů, byly využity submodely. Toto rozdělení samozřejmě i zpřehledňuje celý model. Níže je uvedena tabulka s názvy směrů použitých v intervalu od 05:00 hod. do 6:00 hod. a vedle ní je snímek, jak taková tabulka vypadá v modelu.

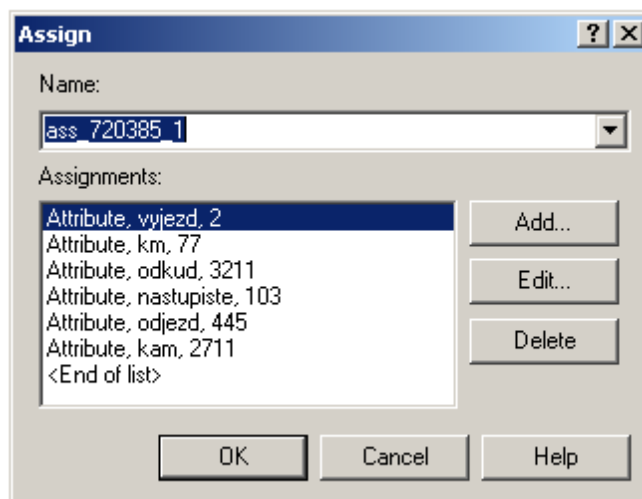
Černilov, kino	3
Dobruška	2
Habrina	1
Holice	4
Hořice	3
Chlumeck nad Cidlinou	2
Jaroměř	4
Králova Lhota	2
Litomyšl	3
Myštěves	1
Nechanice	6
Nové Město nad Met.	1
Nový Bydžov	5
Pardubice	7
Rychnov nad Kněžnou	2
Smiřice	2
Třebechovice p. Orb.	2
Velký Vřešřov	1



Tabulka 8: Ukázka výchozích směrů.

Obrázek 9: Ukázka submodelů.

Pro odjezdy linek začínajících na terminálu byly vstupními body zvoleny nástupiště určené podle směru odjezdu ale hlavně konkrétního čísla stanovišť. Tabulka stanovišť je uvedena níže. Toto stanoviště bylo uvedeno vždy ve vstupních datech o konkrétním spoji. I zde byly, stejně jako u příjezdů použity pro přehlednost submodely. Složitější situace je u linek, které terminálem jen projíždějí. Ty jsou generovány v submodelu podle toho, ze kterého směru do Hradce Králové přijíždějí stejně jako linky které v Hradci Králové končí, avšak jako jeden z dalších jejich atributů je zvoleno stanoviště a čas odjezdu takového autobusu. Pro zadávání těchto vlastních údajů o konkrétní lince je použit opět modul *ASSIGN*, který je umístěn v submodelech hned za modulem *CREATE* a jak je vidět na obrázku, tak přidává autobusu několik parametrů.



Obrázek 10: Nastavení modulu ASSIGN.

Atributy jsou:

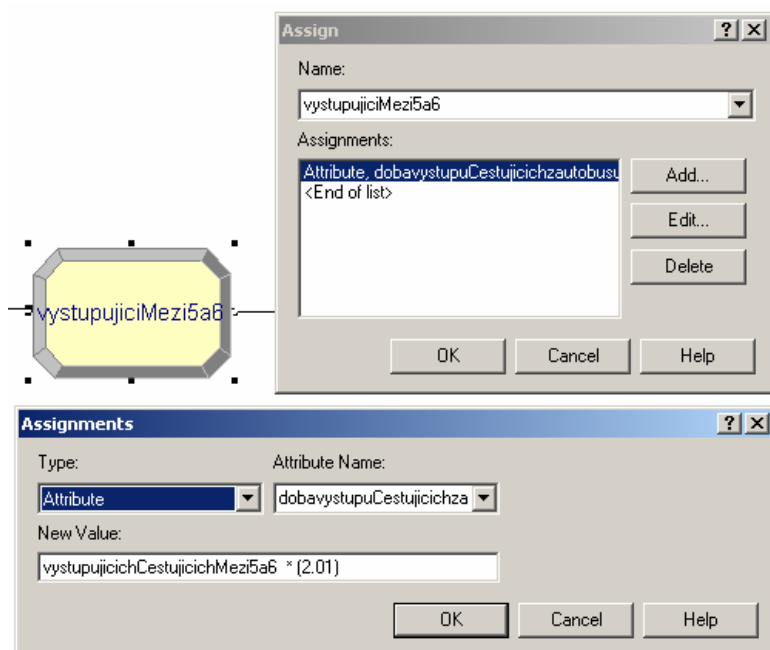
1. **„odkud“** autobus jede. Každé zastávce bylo přiřazeno číselné označení a jsou uvedeny v tabulce. Číslo je složeno ze dvou kódů a to tak že první dvojčíslí označuje město, a druhá dvě čísla označují zastávku v konkrétním městě. Druhé dvojčíslí má většinou hodnotu 11, a určuje tím nejpoužívanější zastávku ve/ze směru z Hradce Králové.
2. Stejně jsou určeny i hodnoty v atributu **„kam“**.
3. Následuje atribut **„nastupiste“** kde opět byla použita číselná tabulka pro jednotlivá nástupiště.
4. U autobusů které terminálem projíždějí je dále atribut **„km“**, určující počet kilometrů, které autobus už ujel na své lince před tím, než zastavil v terminálu na místě určeném k výstup cestujících. Podle tohoto parametru je také určováno zpoždění autobusu na příjezdu. Tomuto tématu se věnuje další část této kapitoly.
5. Posledním atributem je **„vyjezd“**, jenž určuje, kterým výjezdem autobus z terminálu odjíždí. Jsou zde dvě varianty. První je využívána pro odjezdy směřující do Jaroměře, dále do Smiřic a autobusy odjíždějícími na Hořice a Jičín. Varianta druhého výjezdu je především na směr Pardubicka, Holic a Novobydžovska. Také je ale využívána pro odjezdy na Třebechovice, protože tyto spoje většinou míří do svých cílů přes další zastávky které jsou rozesety po celém městě, jako je například ta v ulici Šimkova.

Často používaným modulem, byly zdroje (*Resource*). Ty jsou využity v několika různých situacích. Hlavní využití bylo především u stanovišť. Kde jako zdroj bylo vybráno každé jednotlivé stanoviště a díky tomu se pak velice přehledně dá sledovat jejich využití. Stejně jsme sledovali i výstupní prostor G, který ale na rozdíl od stanovišť má nastavenou kapacitu na hodnotu 3. Což znamená, že současně může být prostor využíván maximálně třemi autobusy.

stanoviště	1	2	3
E	51	52	53
F	61	62	63
G	71		
H	81	82	83
I	91	92	93
J	101	102	103

Tabulka 9: Tabulka stanovišť a jim přiřazených číselných označení.

Dalším místem v modelu je submodel určující dobu výstupu v závislosti na počtu vystupujících a časem výstupu. Tento submodel přidává autobusům atribut „DobaVystupuCestujícíchZAutobusu“ a hodnota je určena násobkem hodnot „VystupujícíchCestujícíchMezi5a6“ a průměrným časem výstupu cestujících, tedy 2,01 vteřiny. Časové označení intervalu počtu cestujících je zde pro případné rozšiřování modelu. Vše ukazuje obrázek číslo 8.



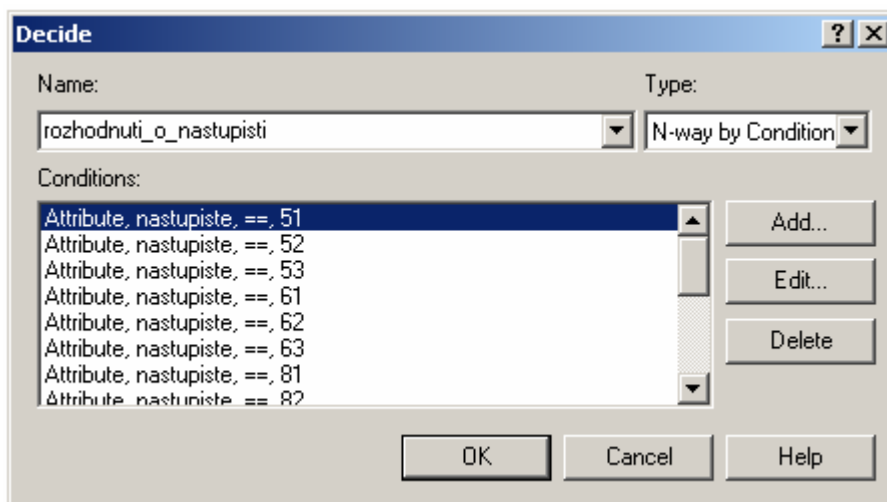
Obrázek 11: Modul určující dobu výstupu.

název autobusové zastávky	kód	název autobusové zastávky	kód
terminál HD Kradec Králové	99	Rokytnice n. Jizerou, ČSAD	4811
Jaroměř Josefov, Hradby	1015	Jilemnice, aut.nádr.	4911
Jaroměř Josefov	1011	Chlumecko n. Cidl., nám.	5011
Jaroměř, Špice	1012	Chlumecko n. Cidl., žel.st.	5012
Jaroměř, žel.st.	1013	Mladá Boleslav, aut.st.	5111
Jaroměř, aut.st.	1014	Lučeneck(SK), AS MHD	5211
Praha, Florenc	1111	Nová Paka, aut.nádr.	5311
Praha, Černý Most	1112	Hořovice, aut.nádr.	5411
Jeseník, aut.nádr.	1211	Semily, aut.nádr.	5511
Náchod, aut.nádr.	1311	Jablonec n. Nisou, aut.nádr.	5611
Deštné v Orli.H., Hotel Orlice	1411	Luhačovice, aut.nádr.	5711
Broumov, aut.st	1511	Prostějov, aut.st.	5811
Ostrava, ÚAN	1611	Vyškov, aut.nádr.	5911
Jevíčko, nám.	1711	Rychnov n. Kněž., aut.nádr.	6011
Trutnov, aut.nádr.	1811	Jílovice	6111
Rokytnice v Orli. Hor., žel.st.	1911	Lanškroun, aut.nádr.	6211
Snina (SK), nám.	2011	Jeníkovice, u kostela	6311
Dobruška, Laichterova	2111	Třebechovice p . O., nám.	6411
Dobruška, aut.st.	2112	Přelouč, Pep.nám.	6511
Prešov, aut.st.	2211	Lázně Bohdaneč, aut.st.	6611
Nový Bydžov, aut.st.	2311	Jásenná, točna	6711
Nový Bydžov, nemocnice	2312	Opočno, nám.	6811
Nový Bydžov, U Hvězdy	2313	Ústí nad Orlicí, aut.nádr.	6911
Pardubice, aut.st.	2411	Nové M. n. Met., Na Rychtě	7011
Pardubice, Masarykovo nám.	2412	Nové M. n. Met., nám Rep.	7012
Pardubice, Zámeček	2413	Velké Opatovice, aut.st.	7111
Krouna, křižovatka	2511	Holice, aut.nádr.	7311
Hlinsko, sídliště	2611	Litomyšl, aut.nádr.	7411
Hlinsko, nádraží	2612	Moravská Třebová, aut.nádr.	7511
Liberec, aut.st.	2711	Vysoké Mýto, aut.nádr.	7611
Čáslav, MHD	2811	Boháňka	7711
Polička, aut.st.	2911	Cerekvice n. Byst., na návsi	7811
Ledeč nad Sázavou, Hus.nám.	3011	Černilov, Kino	7911
Jihlava, aut. nádr.	3111	Dobřenice, škola	8011
Svitavy, aut. nádr.	3211	Rohoznice	8111
Jánské Lázně, Kolonáda	3311	Smiřice, žel.st.	8211
Znojmo, aut.st.	3411	Velichovky	8311
Chrudim, aut.st.	3511	Myštěves	8411
Pec pod Sněžkou, aut.st.	3611	Nechanice, Tůně	8511
Ústí nad Labem, hl.nádr	3711	Nechanice, pož.zbroj.	8512
Havlíčkův Brod, dop.terminál	3811	Neděliště	8611
Jičín, aut.st.	3911	Sendražice, Jednota	8711
Brno, ÚAN Zvonařka	4011	Opatovice n. Lab.,elektrárna	8811
Špindlerův Mlýn, aut.st.	4111	Sadová	8911
České Budějovice, aut. nádr.	4211	Třesovice	9011
Žiar nad Hronom, aut.st.	4311	Velký Vřešťov	9111
Hronov, aut.st.	4411	Pohoří, prodejna	9211
Dvůr Králové n.L., aut.st.	4511	Habřina, střed	9311
Králova Lhota, prodejna	4611	Hoříněves, Jednota	9411
Vrchlabí, aut.nádr.	4711		

Tabulka 10: Kódy přiřazené jednotlivým zastávkám.

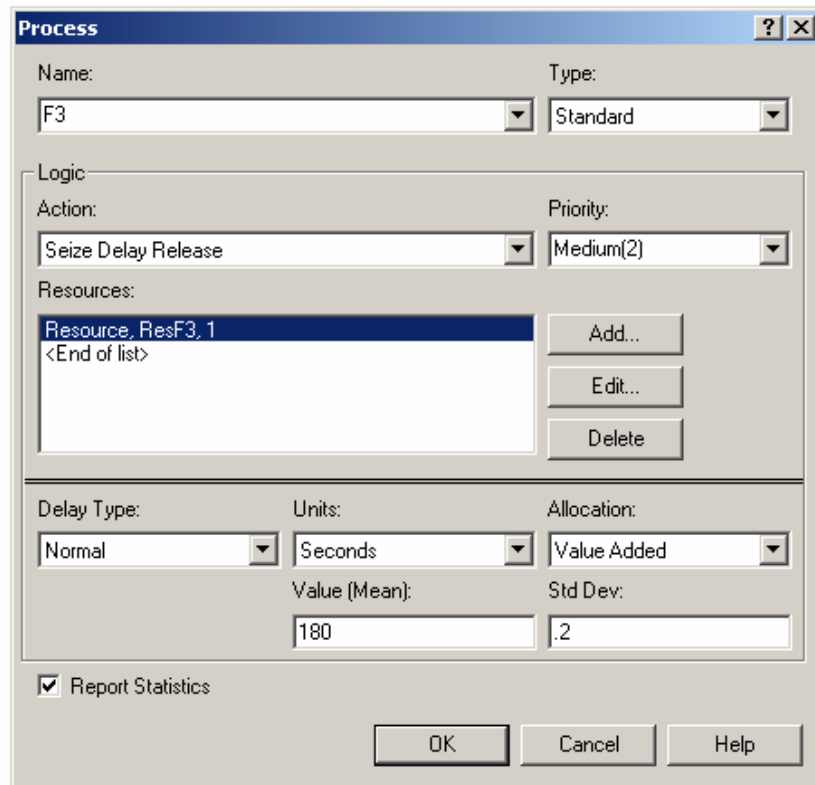
Podstatným prvkom modelu je modul *DECIDE*, ktorý rozhoduje na základe atributů autobusů o jejich dalším směru. Jak již bylo uvedeno, každý autobus má uvedenu cílovou stanicí pomocí kódu. Pokud je tato hodnota rovna 99, modul nasměruje autobus na *DISPOSE* označený jako „Dis_Odstavna_Plocha“, čemuž v realitě odpovídá parkoviště v areálu terminálu. V modelu není řešeno že některé autobusy poté nevyužívají tuto odstavnou plochu a odjíždějí například do garáží svých společností, protože tento fakt nemá žádný vliv na provoz terminálu.

V opačném případě, když není hodnota cílové stanice 99, modul *DECIDE* nasměruje autobus do příslušného odjezdového stanoviště. Jak ukazuje obrázek číslo 9 modul je pojmenován „rozhodnutí_o_nastupisti“. A je typu N-way by Condition.



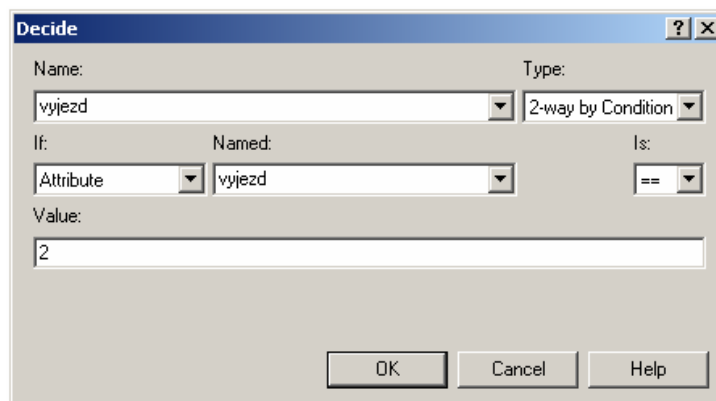
Obrázek 12: Modul *DECIDE* určující další směr autobusu.

Po určení směru autobus přejezdí do daného stanoviště, kde čeká. Během čekání nastupují cestující. Jak již bylo napsáno, cestujícím tento čas většinou pro nástup stačí. Vzhledem k tomu, že průměrně do autobusu nastupuje průměrně 15 osob, je čas potřebný k této operaci $9,518 \times 15 = 142,77$ vteřiny.



Obrázek 13: Modul *PROCESS* jako stanoviště.

Druhý modul *DECIDE* v modelu má za úkol třídit autobusy do správných směrů na výjezdu z dopravního terminálu. První výjezd je směrem do ulice Na Okrouhlíku, odkud autobusy pokračují většinou přes železniční nadjezd do směrů na Jaroměř, Hořice a Jičín. Druhý výjezd je do ulice Sladkovského, která vede na Riegrovo náměstí. Tento směr využívají některé spoje směrem na Prahu, do Pardubic a autobusy, které mají další zastávku na území města. *DECIDE* rozhoduje na principu zjištění hodnoty atributu „výjezd“. Jeho logika je vidět na obrázku číslo 14.



Obrázek 14: Modul *DECIDE* určující výjezd z THD.

9.2 Výsledky z modelu současného stavu

Po namodelování průběhu celého dne se práce zaměřila na dopravní špičky. Tudíž byly vybrány časové intervaly jak v ranních, tak odpoledních hodinách a pro každý interval byl vytvořen samostatný model. Příčinou tohoto bylo, že Arena nebyla schopna začínat se simulací v nastavený čas. Nastavení pro konec simulace fungovalo, ale protože by výsledky ovlivnily právě nevyužívané hodnoty od 00:01 hod., byla zvolena tato varianta. Výsledky vytížení jednotlivých stanovišť jsou vidět v tabulce číslo 11. Pro jejich získání bylo odsimulováno 500 replikací, stejně jako v ostatních případech.

výsledky vytížení stanovišť v dopravních špičkách					
	5:01 - 6:00	6:01 - 7:00	7:01 - 8:00	14:01 - 15:00	16:01 - 17:00
ResE1	13%	20%	0%	28%	20%
ResE2	3%	20%	10%	5%	10%
ResE3	13%	20%	20%	15%	20%
ResF1	10%	0%	10%	10%	10%
ResF2	7%	10%	0%	5%	0%
ResF3	0%	0%	0%	0%	0%
ResH1	3%	0%	11%	5%	5%
ResH2	0%	10%	0%	0%	0%
ResH3	3%	5%	0%	0%	5%
ResI1	7%	5%	8%	10%	7%
ResI2	3%	10%	5%	5%	10%
ResI3	3%	10%	2%	14%	5%
ResJ1	7%	15%	5%	15%	10%
ResJ2	10%	30%	0%	15%	25%
ResJ3	7%	16%	15%	15%	5%
ResPoziceVystupni	0%	26%	40%	24%	24%

Tabulka 11: Výsledky vytížení stanovišť v dopravních špičkách.

Hodnoty v tabulce ukazují jen velmi malé vytížení jednotlivých stanovišť. Je nutné ale pamatovat na to, že autobusy i když se zdržují na území terminálu, nejsou ve většině případů na svých odjezdových stanovištích, a tak THD může opticky vypadat „zaplněnější“. Z hodnot uvedených v tabulce se mimo jiné dá vyčíst, že F3 není za celý den využito ani jednou. Jak již bylo uvedeno, jde o stanoviště pro mimořádnou dopravu. Obdobně je na tom stanoviště H3, které je určeno pro mezinárodní linky a tak ani jeho malé využití nepřekvapí.

10. Simulační experiment - minimální počet stanovišť

Při pozorování provozu bylo zjištěno, že několikrát v průběhu dne dojde k situaci, kdy se příjíždějící autobusy nevejdou k nástupišti G, a musí čekat než jim dříve přijetý autobus uvolní pozici. Po zaměření se na tuto problematiku bylo odsimulováno, že k situaci, kdy by bylo potřeba více prostoru pro výstup dochází poměrně často. Pro simulaci bylo původní stanoviště G virtuálně rozděleno na 8 samostatných stanovišť a na nich probíhalo simulování provozu. Simulace probíhala způsobem směřování autobusů na právě volné stanoviště. Stanoviště byla obsazena způsobem, jaký ukazuje tabulka číslo 12.

zdroj:	průměr:	min průměr:	max průměr:	využito:
resE	0,7488	0,7472	0,7495	
ResE1	0,3383	0,3259	0,3614	153
ResE2	0,1976	0,1796	0,2129	91
ResE3	0,1025	0,0909	0,1175	42
ResE4	0,05085402	0,03991491	0,06208305	24
ResE5	0,02781533	0,01995406	0,03768919	15
ResE6	0,01458978	0,0066508	0,02217333	6
ResE7	0,00559885	0,00221565	0,01108625	2
ResE8	0,00268297	0,00221456	0,00443875	1
ResE9	0,00221729	0,00221409	0,00222032	1
ResE10	0,00221723	0,00221434	0,00222011	1
ResE11	0,00221728	0,0022138	0,00221997	1
ResE12	0,00221725	0,00221345	0,00222034	1
ResVystup1	0,07871549	0,07463419	0,08247738	209
ResVystup2	0,01389772	0,01039623	0,01709327	38
ResVystup3	0,00187362	0,00037017	0,00372145	8
ResVystup4	0,00020805	0	0,00111511	0
ResVystup5	0,00000927	0	0,00037199	0
ResVystup6	0,00000186	0	0,0003726	0
ResVystup7	0	0	0	0
ResVystup8	0	0	0	0
VystupCelkovy	0,0947	0,0947	0,0948	

Tabulka 12: Výsledky z průběhu celého dne.

Pokud by nezáleželo na tom, že autobusy do stejných směrů by měly vyjíždět vždy ze stejného stanoviště, stačilo by v Hradci Králové na zajištění stávajícího provozu pouze 12 stanovišť. Je však nezbytné podotknout, že k situaci kdy jsou obsazena stanoviště E8 až E12 dochází pouze jednou v průběhu celého dne. Konkrétně se jedná o časový interval mezi 15:00 hod. a 15:03 hod. Pokud by se těchto pět spojů posunulo třeba jen o pět až deset minut, k takovéto problematické situaci by nedocházelo a stanovišť by stačilo pouze sedm. V tabulce jsou uvedeny i výstupní stanoviště. Z jejich hodnot je zřejmé, že kapacita je v principu dostatečná, i když jak je vidět, v některých případech by byl využit i jejich dvojnásobný počet.

Závěr

Pro zpracování uvedené práce bylo použito velkého množství primárních dat. Sekundární data podobného rázu nejsou dostatečně aktuální nebo nejsou k dostání vůbec. Sběr dat byl proto jednou z nejdůležitějších a také časově nejnáročnějších částí práce. Situace by byla o mnoho jednodušší, kdyby si jednotliví autobusoví dopravci vedli statistiky o zpoždění autobusů a počtech cestujících na daných linkách. Sběru dat by také jistě ulehčilo, kdyby byla důsledně dodržována smlouva s THD o oznamování pozic pomocí GPS, protože potom by se z těchto údajů dal sestavit zcela přesný model o pohybech autobusů.

Mezi přínosy bakalářské práce lze určitě zařadit to, že model, který vznikl dává skutečný nadhled o pohybu autobusů po Terminálu hromadné dopravy v Hradci Králové. Je z něho jasně vidět, že při stejné intenzitě provozu jaká je dnes, by dostačovalo autobusové nádraží daleko menších rozměrů, než jaké bylo skutečně postaveno. Na druhou stranu ale nelze opomíjet fakt, že vzhledem k zachování jistého komfortu pro cestujícího, by minimální počet nástupišť jaký byl ukázán v simulačním experimentu asi nebyl zcela ideální volbou.

V bakalářské práci se bohužel nepodařilo odpovědět na otázku, jaký je ideální počet stanovišť. Jako laik v oboru dopravy nedokážu určit, jaká je cena za komfort pro cestujícího, resp. do jaké míry musí být dodržen ideální stav, tedy že pro každý směr by mělo být využíváno samostatné stanoviště. Osobě se ale obávám, že v Hradci Králové byla tato cena překročena.

Nedostatkem výsledků uváděné práce je jistě „hrubost“. Vždy je možné využít přesnější či podrobnější údaje. Pro stávající model byla nasbírána a zpracována kompletní data pouze o cca 850 autobusech. Rozsah práce a nedostupnost dostatečně aktuálních sekundárních zdrojů však možnost přesnějších výstupů komplikoval.

V budoucnu by se vypracované modely daly použít jako ukázka, a jakýsi důkaz o funkčnosti počítačových simulací při budování dalších dopravních terminálů a autobusových nádraží. Tím, že Model pracuje se značným počtem autobusových linek v celém kraji, mohlo by se proto na něj navázat při výstavbě a plánování okolních autobusových nádraží.

Psaní této práce mě obohatilo nejen po stylistické stránce, ale především rozšířilo mé schopnosti systematicky sbírat a analyzovat primární data. Největším přínosem však pro mě zůstane zkušenost se zpracováváním zcela reálného projektu takového rozsahu. Předkládaná bakalářská práce by tudíž mohla být dobrým výchozím bodem pro mou budoucí činnost v oblasti simulací.

Použitá literatura

- [1] VONKA, DRDLA, BÍNA, ŠIROKÝ. Osobní doprava : V. Přestupní uzly pozemní osobní dopravy, str. 84, 2000.
- [2] KAVIČKA, Antonín. Modelování a simulace. Elektronické sylaby přednášek předmětu Modelování a simulace. 2008.
- [3] KAVIČKA, Antonín. Modelování a simulace. Elektronické sylaby přednášek předmětu Modelování a simulace. 2008.
- [4] Wikipedie, [online]. [cit. 2009-6-11]. dostupné na [www](http://cs.wikipedia.org/wiki/Terminál_hromadné_dopravy_Hradec_Králové). <http://cs.wikipedia.org/wiki/Terminál_hromadné_dopravy_Hradec_Králové>.
- [5] O společnosti OREDO s. r. o., [online]. [cit. 2009-6-12]. dostupné na [www](http://www.oredo.cz/cz/oredo.html). <www.oredo.cz/cz/oredo.html>.
- [6] Informace o tarifu IREDO, [online]. [cit. 2009-6-12]. dostupné na [www](http://www.oredo.cz/cz/iredo_tarif.html). <http://www.oredo.cz/cz/iredo_tarif.html>.
- [7] KAVIČKA, Antonín. Modelování a simulace. Elektronické sylaby přednášek předmětu Modelování a simulace. 2008.
- [8] KAVIČKA, Antonín. Modelování a simulace. Elektronické sylaby přednášek předmětu Modelování a simulace. 2008.
- [9] PALÚCH, Stanislav. Bus Station Optimalization, str 4.
- [10] DEMEL, Grafy a jejich aplikace, Academia, Praha 2002, ISBN 80-200-0990-6.
- [11] ZELENÝ, Lubomír. Osobní přeprava, 1.vydání, Praha 2007, ISBN 978-80-7357-266-2.
- [12] VONKA, DRDLA, BÍNA, ŠIROKÝ. Osobní doprava : V. PŘESTUPNÍ UZLY POZEMNÍ OSOBNÍ DOPRAVY, str. 86, 2000.
- [13] HANŠOVÁ, Lenka. Terminál hromadné dopravy, [online]. [cit. 2009-8-1]. dostupné na [www](http://www.hradeckralove.org/cz/Magistrat/odbory/usek_nam_rozvoj/odb_rozvoj/_pip/thd.html?synchronize=1): <http://www.hradeckralove.org/cz/Magistrat/odbory/usek_nam_rozvoj/odb_rozvoj/_pip/thd.html?synchronize=1>.
- [14] OREDO, [online]. [cit. 2009-8-1]. dostupné na [www](http://www.oredo.cz/cz/soubory.html): <<http://www.oredo.cz/cz/soubory.html>>.
- [15] ZLINSKÝ, Zbyněk. [online]. [cit. 2009-7-6]. dostupné na [www](http://www.vlaky.net/upload/galeria/003125/062986.jpg): <<http://www.vlaky.net/upload/galeria/003125/062986.jpg>>.
- [16] IDOS Jízdní řády. [online]. [cit. 2009-6-17]. dostupné na [www](http://jizdnirady.idnes.cz/vlakyautobusy/idos/): <<http://jizdnirady.idnes.cz/vlakyautobusy/idos/>>.