

## Předmluva

Rád bych na tomto místě uvedl, že i když disertační práce ing. Čtvrtečkové nebyla obhájena, přesto je pro její kvalitu zpracování a přínos nově použitých metod pro nás milou povinností ji zveřejnit.

Inženýrka Soňa Čtvrtečková po svém absolutoriu na Dopravní fakultě Jana Pernera Univerzity Pardubice v roce 1998 nastoupila na doktorské studium a vybrala si velmi zajímavé a obtížné téma. Jeho zpracování si vyžadovalo nejen nastudování problematiky přepravy handicapovaných lidí, ale také sestavení modelu a matematické řešení plánování dopravní obslužnosti pomocí systému „doprava na zavolání“.

Bohužel, těsně po dokončení práce a finálním vytištění čistopisu ing. Soňa Čtvrtečková po krátké nemoci zemřela a neměla tak možnost obhajoby své práce před zkušební komisí. I přesto je právě pro výše zmiňované použití nových, resp. v této oblasti nepoužívaných, postupů a metod nezbytné umožnit případnému čtenáři studium výsledků její práce.

Pardubice, říjen 2006

prof. Ing. Karel Šotek, CSc.  
vedoucí katedry

**UNIVERZITA PARDUBICE  
DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA  
KATEDRA INFORMATIKY V DOPRAVĚ**

**DOPRAVNÍ OBSLUŽNOST REGIONU SE  
ZAMĚŘENÍM NA HANDICAPOVANÉ OSOBY**

**DISERTAČNÍ PRÁCE**

**AUTOR PRÁCE: Ing. Soňa Čtvrtečková  
ŠKOLITEL: Doc. Ing. Josef Volek, CSc.**

**2006**

**UNIVERSITY OF PARDUBICE  
JAN PERNER TRANSPORT FACULTY  
DEPARTMENT OF INFORMATICS IN TRANSPORT**

**ACCESSIBILITY SOLUTIONS FOR REGIONAL  
PUBLIC TRANSPORTATION SYSTEMS**

**DISSERTATION**

**AUTHOR: Ing. Soňa Čtvrtečková  
SUPERVISOR: Doc. Ing. Josef Volek, CSc.**

**2006**

Prohlašuji:

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

Byla jsem seznámena 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 Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 1. 1. 2006

Ing. Soňa Čtvrtečková

## **ABSTRAKT**

Kvalita dopravy je jednou ze základních podmínek ovlivňujících životní úroveň. Přístupná doprava je podmínkou začlenění osob se sníženou mobilitou do společnosti. Jednou z možností řešení problematiky dopravy takto handicapovaných občanů jsou přepravy na zavolání. U těchto přeprav je charakteristické, že neexistuje žádný pevný jízdní řád, žádné zastávky a žádné pevně stanovené trasy. Cestující si určí sám místo nástupu, nástupní čas a místo výstupu.

Při realizaci služby na zavolání pro handicapované cestující vystupuje do popředí problém určování tras jízdy jednotlivých vozidel. Úlohu okamžitého určení optimálních tras jízdy vozidel na zavolání lze řešit pomocí metod operačního výzkumu. Tyto metody slouží jako prostředek při řešení úloh z oblasti teorie grafů např. hledání nejlevnějších cest, toků na sítích, rozmístění zdrojů na síti, řešení přiřazovacího problému apod. Výstupem z úlohy je stanovení denního plánu tras jízdy pro všechna vozidla, která jsou v daném dni k dispozici. Optimalizace spočívá v minimalizaci popř. maximalizaci účelové funkce při splnění všech omezujících podmínek.

Hlavním cílem zpracovávané disertační práce je vytvořit základní metodologický aparát určení tras jízdy vozidel na zavolání.

## **ABSTRACT**

The quality of transportation is one of the basic factors affecting the standard of living. Easily accessible transportation is necessary for a disadvantaged person's integration into our society. One possible solution for a disadvantaged person's transportation is transport-on-demand. This kind of transportation can be characterized by the fact that there is no fixed schedule, stations or routes. The passenger himself arranges a time and place of departure and the destination.

When implementing this kind of service for disadvantaged people, the problem of suitable route selection has to be solved for every single vehicle. The task of optimized route determination can be solved with the help of operational research methods. These methods are useful for dealing with the tasks from graph theory, e.g. searching for the cheapest routes, flows within a network, source location within networks, solving the assignment tasks, etc. The output of these tasks provides a daily route plan for all currently available vehicles. Optimizing consists of final function minimizing or maximizing while adhering to all limiting factors.

The main goal of this thesis is to create a basic methodology tool for transport-on-demand route selection.

## RESÜMEE

Die Qualität der Verkehr ist die grundlegende Bedingung, die die Lebensstufe beeinflusst. Der zugängliche Verkehr für die Körperbehinderte ist die Bedingung der Eingliederung in Gemeinschaft. Eine Möglichkeit der Lösung dieser Verkehrsproblematik ist für die Körperbehinderte der Anruf-Verkehr z.B. Anruf-Bus. Zum Anruf Bus sind keine Fahrpläne, keine Trasse und keine Haltestellen. Der Fahrgast bestimmt selbst den Ort und die Zeit des Einsteigens.

Der Hauptproblem bei diesem Verkehr ist die Trassefestlegung der Fahrzeugen. Die Aufgabe der Trassefestlegung wird mit Hilfe der Methoden der Operationsforschung gelöst. Die Ergebnisse sind die Festsetzung des Fahrplans für alle Fahrzeuge, die zur Verfügung sind. Die Optimalisierung besteht in der Minimierung oder Maximierung der Zielfunktion bei den allen beschränkenden Bedingungen.

Das Hauptziel der Disertarbeit ist die Bildung des elementaren Apparat für die Trassfestsetzung der Anruf-Fahrzeugen. Das Problem der Trassfestsetzung wird an kleinere Problem geteilt.

## OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>SOUČASNÝ STAV DOPRAVNÍ OBSLUŽNOSTI OSOB S OMEZENOU SCHOPNOSTÍ POHYBU A ORIENTACE</b> .....	<b>10</b>
2.1	LEGISLATIVA V OBLASTI DOPRAVY SE ZAMĚŘENÍM NA HANDICAPOVANÉ OBČANY .....	10
2.2	CHARAKTERISTIKA OSOB SE SNÍŽENOU SCHOPNOSTÍ POHYBU A ORIENTACE .....	12
2.2.1	<i>Demografické složení obyvatel ČR</i> .....	12
2.2.2	<i>Mobilita osob různých sociálních skupin</i> .....	14
2.3	DOPRAVNÍ SYSTÉMY HROMADNÉ PŘEPRAVY HANDICAPOVANÝCH OSOB .....	17
2.4	INTERAKTIVNÍ ZPŮSOBY DOPRAVNÍ OBSLUHY .....	19
2.4.1	<i>Dial-and-Ride</i> .....	19
2.4.2	<i>Hail-and-Ride</i> .....	19
2.4.3	<i>Car-pooling</i> .....	20
2.4.4	<i>Car-sharing</i> .....	20
2.4.5	<i>Multimodální terminály</i> .....	20
2.4.6	<i>Park-and-Ride</i> .....	20
<b>3</b>	<b>ZHODNOCENÍ SOUČASNÉHO STAVU PŘEPRAV HANDICAPOVANÝCH OSOB V ČESKÉ REPUBLICE A V EVROPĚ</b> .....	<b>21</b>
3.1	PŘÍSTUPNOST VEŘEJNÉ DOPRAVY OSOBÁM SE SNÍŽENOU SCHOPNOSTÍ POHYBU A ORIENTACE V ČESKÉ REPUBLICE .....	21
3.2	SYSTÉMY HROMADNÉ PŘEPRAVY OSOB V BÝVALÉM OKRESU PARDUBICE.....	23
3.2.1	<i>Pozemní komunikace</i> .....	24
3.2.2	<i>Městská hromadná doprava a speciální doprava na zavolání</i> .....	25
3.2.3	<i>Veřejná linková autobusová doprava</i> .....	26
3.2.4	<i>Železniční doprava</i> .....	27
3.3	ORGANIZACE VEŘEJNÉ DOPRAVY PRO HANDICAPOVANÉ CESTUJÍCÍ V EVROPĚ.....	29
<b>4</b>	<b>DRUHY DOPRAV Z POHLEDU POTŘEB CESTUJÍCÍCH SE SNÍŽENOU SCHOPNOSTÍ POHYBU A ORIENTACE</b> .....	<b>33</b>
4.1	POTŘEBY OSOB SE SNÍŽENOU SCHOPNOSTÍ POHYBU A ORIENTACE V OBLASTI DOPRAVY .....	33
4.1.1	<i>Sociální východiška</i> .....	33
4.1.2	<i>Organizace a provoz veřejné dopravy</i> .....	34
4.1.3	<i>Požadavky na dopravní stavby</i> .....	34
4.1.4	<i>Požadavky na dopravní prostředky</i> .....	36
4.2	ŽELEZNIČNÍ DOPRAVA.....	37
4.3	SILNIČNÍ DOPRAVA.....	41
4.3.1	<i>Veřejná linková autobusová doprava</i> .....	41
4.3.2	<i>Městská hromadná doprava</i> .....	42
4.3.3	<i>Speciální doprava</i> .....	44
4.3.4	<i>Individuální doprava</i> .....	49
4.4	POZEMNÍ KOMUNIKACE.....	49
4.4.1	<i>Stavební prvky určené pro osoby s pohybovým omezením</i> .....	50
4.4.2	<i>Stavební prvky určené pro osoby se zrakovým omezením</i> .....	51
4.4.3	<i>Stavební prvky určené pro osoby se sluchovým omezením</i> .....	51
4.4.4	<i>Stavební prvky určené pro osoby s mentálním postižením</i> .....	52
	<b>DÍLČÍ SHRNTÍ KAPITOL 2-4</b> .....	<b>53</b>
<b>5</b>	<b>SESTAVENÍ VERBÁLNÍHO MODELU JÍZD NA ZAVOLÁNÍ</b> .....	<b>55</b>
5.1	CHARAKTERISTIKA PROBLÉMU .....	55
5.1.1	<i>Velikost vozového parku</i> .....	55
5.1.2	<i>Statický versus dynamický model sestavování tras jízdy vozidel</i> .....	56
5.1.3	<i>Optimalizace</i> .....	56
5.1.4	<i>Dodatečná omezení</i> .....	57
5.2	VERBÁLNÍ FORMULACE ÚLOHY .....	57
<b>6</b>	<b>METODY ŘÍZENÍ A ROZHODOVÁNÍ SVOZNĚ ROZVOZNÝCH ÚLOH</b> .....	<b>60</b>
6.1	MATEMATICKÉ PROGRAMOVÁNÍ – LINEÁRNÍ PROGRAMOVÁNÍ .....	62



6.2	TEORIE GRAFŮ .....	64
6.2.1	<i>Okružní jízdy</i> .....	64
6.2.2	<i>Metody síťové analýzy</i> .....	65
6.3	TEORIE FUZZY MNOŽIN A FUZZY MODELOVÁNÍ .....	66
6.3.1	<i>Fuzzy množiny</i> .....	67
6.3.2	<i>Fuzzy regulátory a fuzzy modely</i> .....	69
<b>7</b>	<b>ALGORITMIZACE ŘEŠENÉ ÚLOHY .....</b>	<b>72</b>
7.1	SESTAVENÍ LINEÁRNÍHO MODELU PRO ŘEŠENÍ ÚLOHY DOPRAVY NA ZAVOLÁNÍ .....	72
7.2	SESTAVENÍ MODELU DOPRAVNÍ SÍTĚ .....	77
7.3	FUZZY PODPORA ROZHODOVÁNÍ O SPOJENÍ JÍZD NA ZAVOLÁNÍ .....	78
7.3.1	<i>Vstupní informace do systému</i> .....	78
7.3.2	<i>Výstupní informace ze systému</i> .....	79
7.3.3	<i>Fuzzy regulátor pro určení „celkové doby jízdy“</i> .....	80
	<b>DÍLČÍ SHRNTÍ KAPITOL 5-7 .....</b>	<b>85</b>
<b>8</b>	<b>ROZHODOVACÍ PROCES PŘI SESTAVOVÁNÍ TRAS JÍZD VOZIDEL .....</b>	<b>87</b>
8.1	POSTUP PŘI ROZHODOVÁNÍ O SPOJENÍ VÍCE OBJEDNÁVEK DO SPOLEČNÉ JÍZDY .....	87
8.2	APLIKACE SESTAVENÉHO FUZZY REGULÁTORU NA PODPORU ROZHODOVÁNÍ PŘI ORGANIZACI DOPRAVY "NA ZAVOLÁNÍ" .....	89
<b>9</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>94</b>
	<b>LITERATURA.....</b>	<b>96</b>
	<b>SEZNAM ZKRATEK.....</b>	<b>99</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>100</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>102</b>
	<b>SEZNAM GRAFŮ .....</b>	<b>103</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>104</b>
	<b>PŘÍLOHA 1 – ZÁKONY, VYHLÁŠKY, NORMY A OSTATNÍ PŘEDPISY TÝKAJÍCÍ SE PROBLEMATIKY PŘÍSTUPNOSTI K DOPRAVNÍM SLUŽBÁM.....</b>	<b>105</b>
	<b>PŘÍLOHA 2 – DÁVKY SOCIÁLNÍ PÉČE NA DOPRAVU PRO TĚŽCE ZDRAVOTNĚ POSTIŽENÉ OBČANY V ČR.....</b>	<b>107</b>
	<b>PŘÍLOHA 3 – DOPRAVNÍ SÍŤ MĚSTA PARDUBIC A OKOLÍ V ROZSAHU MHD.....</b>	<b>108</b>
	<b>PŘÍLOHA 4 – MATICE PŘÍMÝCH VZDÁLENOSTÍ ODPOVÍDAJÍCÍ DOPRAVNÍ SÍTI PARDUBIC A OKOLÍ .....</b>	<b>110</b>
	<b>PŘÍLOHA 5 – MATICE MINIMÁLNÍCH VZDÁLENOSTÍ (DISTAČNÍ MATICE) PARDUBIC A OKOLÍ .....</b>	<b>112</b>
	<b>PŘÍLOHA 6 – EDITOR PRO ZADÁVÁNÍ PROMĚNNÝCH DO FUZZY SYSTÉMU – FIS EDITOR. ....</b>	<b>114</b>
	<b>PŘÍLOHA 7 – ZPŮSOB ZADÁNÍ PROMĚNNÝCH MODELU POMOCÍ EDITORU FUNKCÍ PŘÍSLUŠNOSTI – MF EDITOR.....</b>	<b>116</b>
	<b>PŘÍLOHA 8 – ZADÁNÍ INFERENČNÍCH PRAVIDEL POMOCÍ RULE EDITORU .....</b>	<b>119</b>
	<b>PŘÍLOHA 9 – UKÁZKY ČINNOSTI INFERENČNÍHO MECHANISMU .....</b>	<b>120</b>
	<b>PŘÍLOHA 10 – SURFACE VIEWER - ZOBRAZENÍ ŘÍDÍCÍ PLOCHY NAVRŽENÉHO SYSTÉMU .....</b>	<b>122</b>

## 1 ÚVOD

Úroveň dopravy je jednou ze základních podmínek určujících kvalitu života.

V případě zdravotně handicapovaných občanů se jedná o podmínku zcela zásadní, neboť míra jejího naplnění přímo souvisí s možností naplňování ostatních potřeb kvalitního a plnohodnotného života. Lidem, kteří mají zhoršené životní podmínky v některých oblastech života v důsledku svého zdravotního handicapu, by měly být zajištěny takové podmínky, které by jim umožňovaly využívat stejných práv a stejných možností, jichž využívají ostatní občané.

Přístupná doprava je jednou ze základních podmínek pro začlenění osob se sníženou mobilitou do společnosti. V této souvislosti jistě není zanedbatelný ani ekonomicko-sociální dopad zvyšování počtu soběstačných lidí ve společnosti. Statistické prognózy ukazují, že pokud nedojde k začlenění osob s handicapem do společnosti, v průběhu příštích 20-30 let převýší potřeby těchto občanů možnosti společnosti [JAN]. V současnosti se předpokládá, že je v Evropě z celkového počtu populace asi 12% občanů se sníženou mobilitou (více jak 50 mil. lidí). Do roku 2025 se předpokládá zvýšení počtu imobilních občanů až na 30% z celkového počtu populace. Nárůst počtu imobilních občanů je spojován s předpokládanými demografickými změnami, zvyšujícím se počtem dopravních nehod atd. V České republice dnes žije přibližně 1,2 mil. lidí se zdravotním postižením. Zatraktivněním veřejné osobní dopravy a zvýšením její přístupnosti pro osoby se zdravotním omezením dojde k nárůstu pravidelného využívání veřejné osobní dopravy osobami se sníženou schopností pohybu a orientace. Současně s růstem mobility osob se zdravotním omezením dochází k lepšímu začlenění této skupiny osob do společnosti.

Těžištěm dopravní politiky ve veřejné přepravě osob musí být vhodný, ekonomický a bezpečný pohyb všech lidí. Jeho splnění musí zahrnovat také strategii pro zvyšování využití veřejné osobní dopravy lidmi se zdravotním postižením. V současné době řeší v České republice otázku zapojení osob s handicapem do společnosti formou technického zabezpečení přístupnosti prostředí státní orgány sociálních věcí formou dotací a příspěvků na dopravu zdravotně postiženým osobám. Dále je v posledních letech patrná vzrůstající snaha vytvářet prostředí bez bariér, které je přístupné i pro osoby se sníženou schopností pohybu a orientace. Ve světě je rozšířen model zabezpečení přepravy pro zdravotně handicapované občany. K modelu se vyjadřují orgány dopravy, obecní samosprávy, zástupci občanů se zdravotním postižením a sociální instituce.

V práci se snažím poukázat na problematiku přeprav osob s handicapem a její řešení v systému dopravy „na zavolání“. První část práce zavádí pojem "handicapovaná osoba" a vymezuje problematiku z pohledu legislativy, požadavků na dopravní stavby a dopravní prostředky. Tato část obsahuje i výčet jednotlivých druhů doprav z pohledu handicapovaných osob. Druhá část práce se zabývá dopravním systémem "na zavolání" (Dail-and-Ride), který je vhodným systémem pro doplnění základní nabídky doprav pro handicapované cestující. Po detailním popisu dopravy "na zavolání" je práce zaměřena i na optimalizované určování tras jízd vozidel v systému dopravy "na zavolání".

## **2 SOUČASNÝ STAV DOPRAVNÍ OBSLUŽNOSTI OSOB S OMEZENOU SCHOPNOSTÍ POHYBU A ORIENTACE**

### **2.1 LEGISLATIVA V OBLASTI DOPRAVY SE ZAMĚŘENÍM NA HANDICAPOVANÉ OBČANY**

Právo imobilních občanů na přemístění je zakotveno v Listině základních práv a svobod (zákon č. 2/1993 Sb.), kde je stanoveno, že svoboda pohybu a pobytu je zaručena. Ženy, mladiství a osoby zdravotně postižené mají právo na zvýšenou ochranu zdraví při práci a na zvláštní pracovní podmínky.

Legislativa týkající se zdravotně handicapovaných osob má do značné míry vliv na podmínky nutné pro integraci postižených občanů do společnosti. Po roce 1989 došlo k novelizaci části zákonů, prováděcích předpisů, vyhlášek a norem, které zahrnují úpravy představující legislativní podklady pro vytváření bezbariérového prostředí. Mezi hlavní právní předpis v oblasti tvorby bezbariérového prostředí patří vyhláška 369/2001 Sb., o obecných technických požadavcích zabezpečující užívání staveb osobami se sníženou schopností pohybu a orientace.

Podle vyhlášky 369/2001 Sb. se postupuje při zpracování a pořízení územně plánovací dokumentace a územně plánovacích podkladů, při navrhování, umístování, povolování nebo ohlašování, provádění a kolaudace staveb. Tato vyhláška se také použije při provádění udržovacích prací, změn staveb a změn v užívání staveb pokud to závažné důvody nevyklučují.

Vyhláška 369/2001 Sb. vymezuje základní technické pojmy pro tvorbu bezbariérového prostředí, způsob použití těchto prvků, řeší přístupnost komunikací a veřejných ploch, přístup do staveb a vybavení staveb. Také specifikace skupiny osob se sníženou schopností pohybu a orientace vychází z vyhlášky 369/2001 Sb.. Za osoby s omezenou schopností pohybu a orientace jsou považovány osoby postižené pohybově, zejména osoby na vozíku pro invalidy, zrakově, sluchově, osoby pokročilého věku, těhotné ženy a osoby doprovázející dítě v kočárku, dítě do tří let, popřípadě osobu s mentálním postižením.

Právní předpisy vztahující se k oblasti dopravy v sobě zahrnují paragrafy podněcující vznik prostředí přístupného pro širokou veřejnost a tedy i osoby se sníženou schopností pohybu a orientace. Mezi nejvýznamnější předpisy z oblasti dopravy a přístupnosti osob s handicapem patří především následující zákony, vyhlášky, prováděcí předpisy a normy (vše v platném znění):

- zákon 266/1994 Sb., o drahách,
- zákon 111/1994 Sb., o silniční dopravě,
- zákon 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích,
- zákon 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích,
- zákon 50/1976 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon),
- vyhláška 369/2001, o obecných technických požadavcích zabezpečující užívání staveb osobami se sníženou schopností pohybu a orientace,
- vyhláška 177/1995 Sb., stavební a technický řád drah,

- vyhláška 173/1995 Sb., dopravní řád drah,
- vyhláška 175/2000 Sb., přepravní řád pro veřejnou drážní a silniční osobní dopravu,
- ČSN 73 6425, autobusové, trolejbusové a tramvajové zastávky autobusové zastávky,
- ČSN 73 6110, místní komunikace.

Tento základní přehled souvisejících právních předpisů v oblasti dopravy a bezbariérového prostředí je doplněn a uveden v příloze 2.

V posledních letech dochází vlivem úprav v legislativě k budování novostaveb bezbariérovým způsobem a postupnému odstraňování bariér ve stavbách starších během jejich rekonstrukce. V organizaci provozu, při konstrukci a uspořádání vozidel, stavbách a rekonstrukcích dopravních staveb a zařízení je patrná zvyšující se snaha vytvářet prostředí přístupné osobám se sníženou schopností pohybu a orientace.

Označování dopravních staveb, dopravních prostředků, jednotlivých linek a spojů obecně a v jízdním řádu mezinárodním symbolem přístupnosti velice úzce souvisí s problematikou samotného pojmu "bezbariérové přístupnosti". Ačkoli legislativa vztahující se k problematice dopravy často operuje s pojmem "bezbariérové prostředí", není ve vyhlášce 369/2001 ani v jiných legislativních předpisech definováno, co se pojmem "bezbariérové prostředí" vlastně rozumí.

Předpokládá se, že pojmu bezbariérové přístupnosti staveb odpovídají takové stavby, které vyhovují ustanovením vyhlášky č. 369/2001 Sb., o obecných požadavcích zabezpečujících užívání staveb osobami s omezenou schopností pohybu a orientace. Obdobně za bezbariérově přístupná drážní vozidla považujeme vozy, které splňují požadavky stanovené vyhláškou č. 173/1995 Sb., kterou se vydává dopravní řád drah. V oblasti veřejné linkové dopravy v České republice neexistuje vyhláška nebo jiná právní úprava, která by stanovila bezbariérovou přístupnost silničních vozidel.

Bezbariérovou přístupností z pohledu dopravy lze definovat jako takové provedení stavby nebo dopravního prostředku, které umožňuje všem osobám, včetně osob s omezenou schopností pohybu a orientace přístup do všech prostor stavby v částech určených pro veřejnost nebo do dopravního prostředku a užívání zařízení a služeb v nich umístěných bez pomoci druhé osoby.



*Obr. 2.1 Mezinárodní symbol přístupnosti*

V takovém případě je nutné chápat označení mezinárodním symbolem přístupnosti obr. 2.1 jako označení bezbariérové přístupnosti všem postiženým bez rozdílu (osoby s omezenou schopností pohybu a orientace), přestože v podvědomí široké veřejnosti toto označení znamená bezbariérovou přístupnost osobám těžce tělesně postiženým (vozičkářům). Toto rozdílné vnímání symbolu mezinárodní přístupnosti rozhodně není vhodné a obzvláště v době rozvoje integrovaných dopravních systémů, kde dochází ke sjednocování přepravních podmínek a jízdních řádů. Je nutné si uvědomit, že prostory a zařízení označené symbolem

mezinárodní přístupnosti musí být přístupné osobám s pohybovým omezením stejně tak jako osobám se smyslovým omezením (zrakové či sluchové omezení).

V podmínkách stávající legislativy existuje v této oblasti řada nedostatků a nevhodných ustanovení [JAN], [FIL]. Jako příklad uvedu některé nesrovnalosti ve vyhlášce 369/2001 Sb., o obecných technických požadavcích zabezpečující užívání staveb osobami se sníženou schopností pohybu a orientace.

Podle § 1 písm. c se podle ustanovení této vyhlášky postupuje při zajišťování staveb občanského vybavení v částech určených pro používání veřejností. Tento paragraf diskriminuje postižené osoby tím, že brání jejich zaměstnávání. Tím, že se např. u administrativních budov počítá s bezbariérovým prostředím pouze v části, kde se postižený může objevit jako klient, nemusí projektant při své práci s postiženým zaměstnancem počítat v kancelářích a celém zázemí objektu. Dokud se budou projektovat stavby občanské vybavenosti tak, že jejich zázemí, určené pro zaměstnance, nebude splňovat alespoň základní požadavky bezbariérovosti, nebude možná plná integrace osob s postižením do společnosti a jejich zaměstnávání. V důsledku to vše zatíží sociální výdaje státu. Větší procento obyvatel, než by bylo nutné, bude odkázáno na sociální dávky státu proto, že vzhledem k architektonickým bariérám nebudou moci nalézt zaměstnání.

Další problém vyplývá z § 1 odst. 2, kde se uvádí, že podle ustanovení této vyhlášky se postupuje tehdy, pokud to závažné důvody nevyklučují. Uvedený odstavec tak ukazuje na možnost, jak vyhlášku obejít. Vyhláška nedefinuje, co to jsou závažné důvody, a kdo rozhodne o tom, že se v konkrétním případě závažné důvody opravdu vyskytují.

Dále jsou ve vyhlášce uvedeny u jednotlivých bodů v přílohách odchylné údaje. Na příklad pro byty zvláštního určení je v příloze 3 bod 1.6 daná výška horní hrany sedátka klozetové mísy ve výši 460-480 mm. V budovách občanské vybavenosti je v příloze 1 bodě 2.4.1 uvedeno, že výška horní hrany sedátka klozetové mísy musí být ve výši 500 mm nad podlahou.

## **2.2 CHARAKTERISTIKA OSOB SE SNÍŽENOU SCHOPNOSTÍ POHYBU A ORIENTACE**

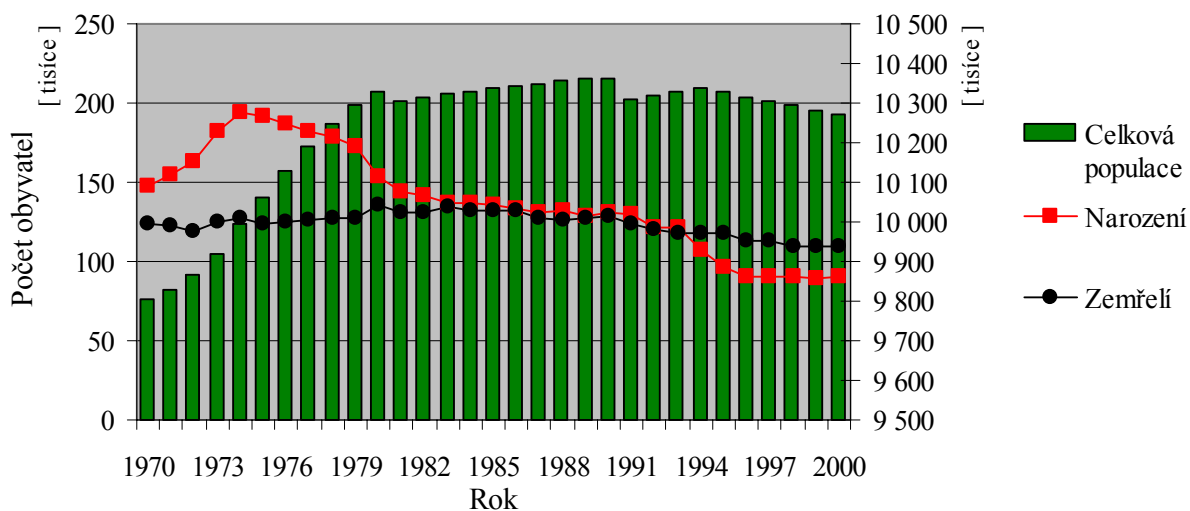
### **2.2.1 Demografické složení obyvatel ČR**

Sledováním statistiky a vývojem věkové struktury obyvatelstva se zabývá Český statistický úřad, který v roce 1999 zpracoval projekt zabývající se projekcí obyvatel ČR do konce roku 2030. Správnost zveřejněných prognóz byla v časovém odstupu následujících 5 let potvrzena reálným vývojem.

Ze zveřejněných statistik [WW1] je patrný silný nárůst počtu obyvatel ČR v 70. letech 20. století, kdy se během 10 let zvýšil počet obyvatel zhruba o 0,491 mil. Od roku 1994 začal celkový počet obyvatel ČR klesat až na 10,266 mil. obyvatel ČR v roce 2000 (graf 2.1).

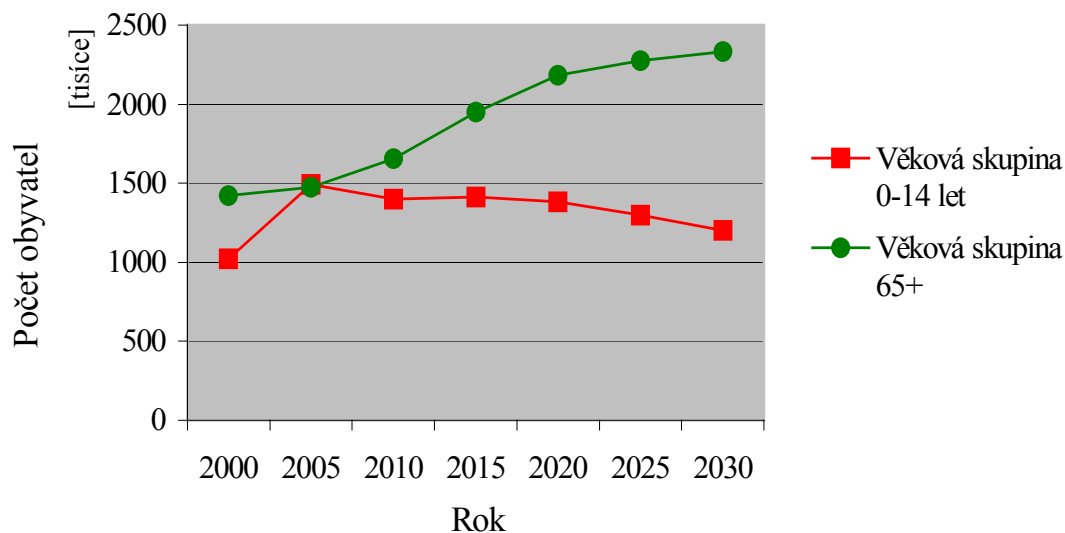
Předpokládá se, že i v následujícím období bude celkový počet obyvatel klesat. V prvních třech dekádách 21. století bude silný kontingent narozených v 70. letech nejpočetnější věkovou skupinou obyvatelstva. Kolem roku 2015 budou nejpočetnější skupinou obyvatelstva čtyřicetiletí a v roce 2040 budou pětadesátileté osoby představovat výraznou složku obyvatelstva. Další velmi početnou generací jsou narození kolem roku 1950.

Jejich vysoký počet způsobí prudký vzrůst počtu šedesátiletých kolem roku 2010 a sedmdesátiletých kolem roku 2020.



Graf 2.1 Vývoj populace obyvatel v ČR v letech 1970-2000

Na druhé straně dochází ke snižování počtu narozených osob ze 124 290 v roce 1991 na 109 001 v roce 2000. Pokud se v novém tisíciletí porodnost zvýší, projeví se snížení průměrného věku obyvatelstva ČR až po roce 2015. V žádném případě se však četnost mládeže do roku 2030 nepřiblíží stavu z devadesátých let (graf 2.2).



Graf 2.2 Očekávaný vývoj počtu osob ve věku 0-14 a 65+ do roku 2030

Průměrný věk obyvatel ČR v roce 2030 bude přibližně 46 let, polovina obyvatel bude starší 48 let [WW1]. Dále se do roku 2030 zmenší podíl dětské složky obyvatelstva na 13,4% (0-14 let) a velmi výrazně vzroste podíl obyvatelstva v nejstarších věkových skupinách na 31% (65 let a více). Podle všech zveřejněných variant projekce bude obyvatelstvo ČR nadále

stárnout a tempo stárnutí se urychlí. Zmenší se podíl dětské složky obyvatelstva a velmi výrazně vzroste podíl obyvatelstva v nejstarších věkových skupinách. Přibývání šedesátníků bude zřejmě nejvýznamnější změnou věkové struktury obyvatelstva v první třetině 21. století.

V roce 2000 byla vydána populační prognóza světa, vypracovaná Statistickým úřadem OSN. Tato prognóza zařazuje ČR mezi země s nejstarším obyvatelstvem na světě, v roce 2050 má podíl šedesátiletých a starších osob v ČR podle OSN činit přibližně 40%.

Vedle demografických změn stárnutí obyvatelstva dojde k vytvoření nového populačního i sociálního prostředí a dojde ke změně životního stylu společnosti. S růstem počtu starých lidí budou výrazně vzrůstat nároky na sociální a zdravotní opatření.

## 2.2.2 Mobilita osob různých sociálních skupin

Za zdravotně postižené považujeme osoby, které mají smyslové nebo fyziologické omezení získané vrozeně, dané úrazovým či jiným dějem, nebo omezení dané věkem osoby.

V budoucích dekádách 21. století je nutné počítat s vysokým nárůstem počtu starších osob. Z pohledu požadavků, které mají starší lidé na přemístění, vyplývá, že se jedná o skupinu značně heterogenní. Mnozí z nich nemají žádná zdravotní omezení, jiní jsou denně konfrontováni s problémem mobility.

Na základě srovnání dostupných statistických údajů o počtu starších, zdravotně postižených osob a jejich struktuře [AUT] lze říci, že více než polovinu osob ve skupině zdravotně postižených občanů představují občané v důchodovém věku (poživatelé starobních nebo invalidních důchodů).

Míra nabízených služeb by měla být navrhována na základě podílu osob různých sociálních skupin v daném regionu a podle míry jejich závislosti (tab. 2.1). Při koncipování dopravy v územním celku je třeba vždy brát zřetel na konkrétní sociální analýzy obcí a měst v daném regionu. Početní poměry skupin osob s různou mírou mobility mohou být v jednotlivých místech zcela odlišné a průměrný výskyt osob s danou mírou mobility např. na 10 tis obyvatel, je potřeba považovat pouze za orientační.

věk osob	podíl osob, které potřebují pomoc při sebeobsluze podle míry závislosti				
	minimální	lehká	střední	těžká	celkem
65-69 let	1,5 %	1,5 %	-	-	3 %
70-74 let	3 %	2 %	2 %	-	7 %
75-79 let	4 %	3 %	3 %	0,5 %	10,5 %
80-84 let	6,5 %	4 %	4 %	1 %	15,5 %
85-89 let	9 %	8 %	8 %	2 %	27 %
90 a více	20 %	20 %	20 %	20 %	80 %

Tab. 2.1 Procentuální údaje míry závislosti občanů podle věkových skupin

V současnosti se předpokládá, že je v Evropě z celkového počtu populace asi 12% zdravotně postižených, což představuje 41 mil. lidí v EU a více jak 50 mil. v Evropě. Vozíčkáři se na počtu postižených podílejí 6-7%. Odhaduje se, že 2/3 ze zdravotně postižených tvoří postižení pohybového ústrojí a 2/3 tvoří osoby starší 60-ti let. Přibližně 20%, tj. 76 mil. lidí, z celkové evropské populace má sníženou schopnost pohybu a orientace,

nebo je starší 60-ti let. Do roku 2025 se předpokládá zvětšení této skupiny až na 30% populace. V "Národním plánu vyrovnávání příležitostí pro občany se zdravotním postižením" je uvedeno, že v České republice je přibližně 1,2 mil. lidí se zdravotním postižením (tab. 2.2, zdroj [AUT]), tj. asi 12% z celkové populace (v počtech nejsou uvažovány malé děti a osoby pokročilého věku).

druh postižení	orientační výskyt na tisíc obyvatel
zrakové postižení	60
z toho těžce	17
sluchově postižení	100
z toho zcela ohluchlých	15
poruchy řeči	57
mentální postižení	285
vady pohybového ústrojí	300
v tom: dospělí vyžadující ústavní péči	0,4
mládež vyžadující ústavní péči	1
vozičkáři	33
duševně nemocní	95
<b>celkem</b>	<b>930</b>

Tab. 2.2 Výskyt jednotlivých druhů zdravotního postižení na tisíc obyvatel v roce 1998

Národní plán uvádí, že tato čísla nejsou v rozporu s odhadem celkového počtu občanů se zdravotním postižením, protože veliké množství zdravotních postižení se vyskytuje v kombinaci.

Z pohledu dopravy je zejména významná skupina osob s nárokem na držení průkazu mimořádných výhod (viz. tab. 2.3), která zahrnuje všechny zdravotně postižené osoby s různým handicapem ve vztahu k dopravě.

Občanům starším jednoho roku s těžkým zdravotním postižením, které podstatně omezuje jejich pohybovou nebo orientační schopnost, se poskytují mimořádné výhody na základě vyhlášky 182/1991 Sb., kterou se provádí zákon o sociálním zabezpečení a zákon České národní rady o působnosti orgánů České republiky v sociálním zabezpečení. Podle druhu a stupně postižení se míra mimořádných výhod dále dělí na I., II. a III. stupeň. Oprávnění k mimořádným výhodám vydává krajský úřad s vyznačením o jaký stupeň výhod se jedná.

stupeň postižení		rok	
		1995	1998
I.	TP	77 766	72 064
II.	ZTP	165 937	156 483
III.	ZTP/P	66 727	62 799
celkem		310 430	291 346

Tab. 2.3 Přehled počtu držitelů mimořádných výhod v ČR podle stupně zdravotního postižení



Mimořádné výhody I. stupně (průkaz TP, obr. 2.2) vytváří nárok na vyhrazené místo k sedění ve veřejných dopravních prostředcích pravidelné hromadné dopravy osob kromě autobusů a vlaků v nichž je místo k sedění vázáno na zakoupení místenky.



Obr. 2.2 Zmenšená ukázka průkazu TP

Mimořádné výhody II. stupně (průkaz ZTP, obr. 2.3) vytváří nárok na stejné výhody jako u I. stupně. Další mimořádnou výhodou je nárok na bezplatnou přepravu pravidelnými spoji místní veřejné hromadné dopravy osob (autobusy, trolejbusy, tramvaje, metro). Průkazka ZTP opravňuje k nároku na 75% slevu jízdného v druhé vozové třídě osobního vlaku a rychlíku ve vnitrostátní dopravě a 62% slevu v pravidelných vnitrostátních spojkách autobusové dopravy.



Obr. 2.3 Zmenšená ukázka průkazu ZTP

Mimořádné výhody III. stupně (průkaz ZTP/P, obr. 2.4) vytváří nárok na stejné výhody jako držitelé průkazu TP a ZTP, tedy I. a II. stupně postižení. Dále vytváří nárok na bezplatnou přepravu průvodce veřejnými hromadnými dopravními prostředky v pravidelné vnitrostátní osobní hromadné dopravě. Pro osoby úplně nebo prakticky nevidomé nárok na bezplatnou přepravu vodícího psa, pokud je nedoprovází průvodce.



Obr. 2.4 Zmenšená ukázka průkazky typu ZTP-P

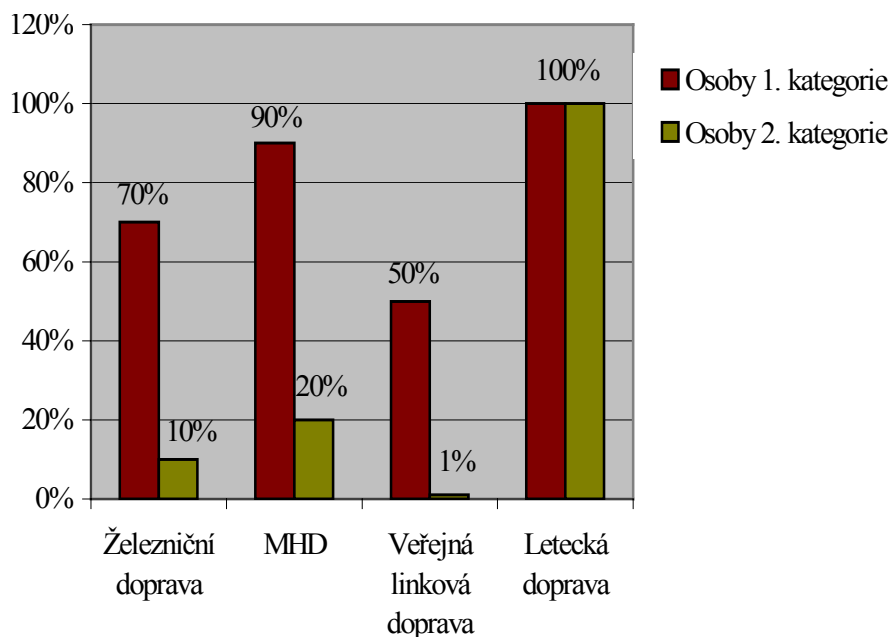
Podle zákona 182/1991 Sb., o sociálním zabezpečení a působnosti orgánů České republiky v sociálním zabezpečení, jsou v odůvodněných případech poskytnuty příspěvky na úpravu bytu, úhradu za užívání bezbariérového bytu nebo garáže, koupi, celkovou opravu a úpravu motorového vozidla osobám s těžkou vadou nosného nebo pohybového ústrojí. Více informací o druzích a výši poskytovaných příspěvků je uvedeno v kapitole 4.3.4.

## 2.3 DOPRAVNÍ SYSTÉMY HROMADNÉ PŘEPRAVY HANDICAPOVANÝCH OSOB

Při posuzování přístupnosti dopravních systémů hromadné dopravy pro handicapované osoby je třeba uvažovat nejen s bezbariérovou přístupností do vozidel. Jedná se o problematiku zahrnující tři základní okruhy otázek – problematiku bezbariérové přístupnosti dopravních staveb (částí určených pro veřejnost), problematiku návaznosti na bezbariérový přístup do vozidel hromadné dopravy a problematiku organizace přepravních požadavků (např. přístup k informacím).

Současný stav a rozvoj dopravních systémů, technické vybavenosti a dopravní infrastruktury z pohledu handicapovaných cestujících není povzbudivý. Dosavadní řešení je charakterizováno dílčími opatřeními v jednotlivých resortech bez vzájemné provázanosti a systematického přístupu. Existují zde výhody pro handicapované občany převážně v oblasti legislativní, sociální, finanční a v pravidlech silničního provozu (např. parkování). Zdravotní postižení opravňuje v odůvodněných případech poskytnutí státních příspěvků na úhradu za užívání bezbariérového bytu nebo garáže, koupi, celkovou opravu a úpravu motorového vozidla, příspěvky na provozování motorového vozidla a příspěvky na individuální dopravu (podrobně o jednotlivých příspěvcích viz. kapitola 4.3.4).

Pokud skupinu handicapovaných cestujících rozdělíme do dvou kategorií podle stupně postižení [STE] můžeme přístup k odstraňování bariér pro tyto cestující v jednotlivých druzích doprav znázornit pomocí graf 2.3. Do první kategorie osob s omezením pohybu a orientace jsou zařazeny osoby mobilní a částečně mobilní, jedná se o osoby s omezenou pohyblivostí způsobenou stářím nebo následkem vnitřního postižení, osoby zrakově a sluchově postižené a osoby používající pomůcku při chůzi (berle, hole, chodítka). Do druhé kategorie handicapovaných cestujících jsou zařazeny osoby imobilní, pohybující se na vozících samostatně nebo s průvodcem.



*Graf 2.3 Odhad potenciální připravenosti jednotlivých druhů doprav pro přepravu handicapovaných osob v %*

Z grafu je patrné, že železniční doprava umožňuje přepravu částečně imobilních osob 1. kategorie, ale přeprava osob na vozících je zabezpečována v menší míře na vybraných tratích a železničních stanicích. Ve vybraných městech ČR je městská hromadná doprava doplněna dopravními podniky, které se specializují na přepravu osob s omezenou schopností pohybu a orientace. Tyto podniky nabízejí službu v systému na zavolání a vznikají spíše ve větších městech např. Hradec Králové, Pardubice, Olomouc, Zlín, Praha, Ostrava. Charakteristice a přibližení fungování této služby pro handicapované cestující je věnována především kapitola 4.3.3, další zmínka je v kapitole 2.4.1 a 3.2. Situace přeprav handicapovaných osob je v oblasti městské hromadné dopravy lepší než v železniční dopravě. MHD vytváří předpoklady pro přepravu imobilních osob 1. kategorie bez pomoci druhé osoby. Osoby těžce tělesně postižené mají přístup k MHD ztížený vzhledem k provozně technickému zabezpečení této přepravy. Veřejná linková doprava má rozsáhlou síť autobusových linek po celé ČR, bohužel je schopna přepravovat pouze osoby 1. kategorie a pro osoby na invalidním vozíku není vhodná. Letecká doprava vnitrostátní i zahraniční je schopná zcela zajistit přepravu osob 1. i 2. kategorie a plně respektuje legislativní doporučení ATC a ATA.

V organizaci a řízení dopravy představuje přeprava pohybově postižených zcela odlišný problém než u postižených smyslově. Na základě srovnání s ostatními zeměmi se lze domnívat, že například v městské dopravě vždy půjde o kombinaci nasazení upravených dopravních prostředků na pravidelných linkách, využití méně kapacitních upravených dopravních prostředků na linkách speciálních a jízd těchto prostředků účelově a na vyžádání. Veřejná autobusová linková doprava bude základem dopravní obslužnosti a navíc je zřejmé, že bezbariérová železniční doprava bude využitelná pouze při návaznosti na dopravu autobusovou a individuální automobilovou.

Obecně lze konstatovat, že v dopravě je znalost potřeb osob smyslově postižených především osob se sluchovými nedostatečnostmi a osob hluchých podstatně nižší než u osob

pohybově postižených. Částečně je tato situace způsobena tím, že potřeby při pohybovém omezení jsou patrnější a dokážeme si je uvědomit mnohem snadněji než potřeby osob při omezení smyslovém.

## **2.4 INTERAKTIVNÍ ZPŮSOBY DOPRAVNÍ OBSLUHY**

V současné době lze dopravní obslužnost v rámci obce charakterizovat především nabídkou služeb veřejné dopravy. Pokud je v rámci města dostatečná poptávka po přepravě, dochází k zavedení pravidelné linky MHD. Bohužel obráceně toto neplatí, tzn. vznikem nové linky nemusí vzniknout poptávka po této lince. Otázkou je, co znamená dostatečná poptávka po přepravě. Pokud pro cestujícího neexistuje linka MHD vyhovující jeho potřebám, je odkázán na využívání jiných druhů dopravy. Nežádka se potom obrací k individuální přepravě popř. taxislužbě.

Individuální doprava umožňuje přepravit se z domu do domu a ušetří tedy cestujícímu dobu potřebnou k přemístění na zastávku MHD, dobu čekání na vozidlo MHD a docházkovou vzdálenost do místa určení. Samozřejmě takový cestující za ušetřený čas a zvýšenou kvalitu individuální dopravy platí. Nevýhodou při využívání individuální dopravy jsou kongesce, nedostatek parkovacích míst v centrech měst. Na druhé straně je možnost využití taxislužby, která má výhody individuální dopravy a navíc cestující nemusí mít řidičský průkaz ani vlastnit osobní vozidlo. Za tuto službu však takový cestující zaplatí mnohokrát více než za přepravu vozidlem MHD.

Z uvedeného vyplývá, že pokud nechceme v budoucnu čelit dopravním kalamitám způsobeným zvyšujícím se objemem individuální dopravy, je důležité hledat další možnosti k rozšíření nabídky veřejné dopravy. Mezi plně interaktivní taxislužbou a absolutně neadaptivní veřejnou dopravou existují další mezistupně zkvalitňující nabídku služeb veřejné dopravy [SIR]. V některých případech lze také těchto mezistupňů využít k přepravám handicapovaných občanů.

### **2.4.1 Dial-and-Ride**

System Dial-a-Ride je nová technologie obsluhy území veřejnou linkovou dopravou, která spojuje výhody taxislužby a veřejné autobusové dopravy. Je charakterizována jako individuální doprava malými autobusy - minibusy, midibusy, případně upravenými dodávkovými automobily - ve slabě osídlených oblastech. Odlišuje se ale od služeb malými autobusy s diferencovanými způsoby obsluhy, které jsou vždy svázány s jízdním řádem a zastávkami. System Dial-a-Ride je založen na principu taxislužby, ale na rozdíl od taxislužby, neobsluhuje každý požadavek samostatnou jízdou, nýbrž se snaží služby v maximální míře koordinovat a slučovat.

### **2.4.2 Hail-and-Ride**

Tento systém umožňuje cestujícím zastavit autobus na kterémkoliv místě linky, kde je bezpečné nastoupit nebo vystoupit. Jednoduchý způsob úpravy linky velmi zlepšuje bezpečnost a pohodlí cestujících, zvláště ve večerních hodinách. System je také přístupný tělesně, zrakově či sluchově postiženým i osobám pohybujícím se na vozíku, kterým řidič na požádání pomůže s nástupem a s výstupem.

### **2.4.3 Car-pooling**

Car-pooling je druh dopravy, kdy jsou přepravovány alespoň dvě osoby ve vozidle, které patří jedné z nich. Každý z účastníků car-poolingu může nezávisle použít vozidlo vlastní. Při car-poolingu řídí buď jeden z účastníků nebo se střídají (rovněž se střídavě mohou používat vozidla jednotlivých účastníků). Řidič i spolucestující mají společnou trasu předem naplánovanou, včetně doby odjezdu. Car-pooling známe jako všeobecný nebo rodinný. Komerčně prováděná doprava není car-pooling.

### **2.4.4 Car-sharing**

Podobně jako systém car-pooling pracuje i systém car-sharing. Ten je ale zdokonalený tím, že zde existuje koordinační subjekt, který je za tento systém zodpovědný, optimalizuje společné cesty a sdílené využívání motorových vozidel. Podle možnosti může také finančně přispívat zúčastněným cestujícím.

### **2.4.5 Multimodální terminály**

Pro lepší integraci osobní dopravy do systémů veřejné dopravy osob slouží budování multimodálních terminálů [PEC]. Multimodální terminál je místo střetu více druhů dopravy, které umožňuje rychlý, snadný a bezbariérový přestup mezi jednotlivými druhy dopravy. Existuje několik forem terminálů z nichž nejjednodušší typ představuje Park-and-Ride. V největších přestupních uzlech se setkávají prakticky všechny druhy dopravy – městské, předměstské a regionální autobusy, podzemní dráha, předměstské a dálkové vlaky, taxi, privátní automobily, turistické autobusy.

### **2.4.6 Park-and-Ride**

Park-and-Ride se buduje na okrajích měst v místě zaústění radiálních komunikací. Systém umožňuje zanechat automobil příp. jiný dopravní prostředek v bezpečném a většinou krytém parkovišti. Důležité je rychlé a snadné napojení na veřejnou dopravu. Parkovné v sobě obvykle zahrnuje i jízdné navazující veřejné dopravy. U nás je tento systém budován např. v Praze u metra Černý most, na Pankráci, ve Zličíně apod.

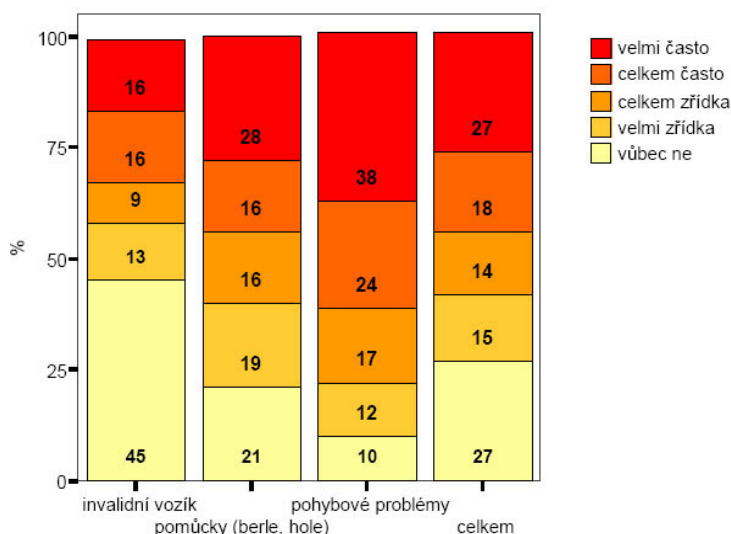
### 3 ZHODNOCENÍ SOUČASNÉHO STAVU PŘEPRAV HANDICAPOVANÝCH OSOB V ČESKÉ REPUBLICĚ A V EVROPĚ

#### 3.1 PŘÍSTUPNOST VEŘEJNÉ DOPRAVY OSOBÁM SE SNÍŽENOU SCHOPNOSTÍ POHYBU A ORIENTACE V ČESKÉ REPUBLICĚ

V posledním desetiletí dochází k postupným změnám pohledu na práva a možnosti občanů se zdravotním postižením. Současný přístup lze charakterizovat především respektováním práv lidí se zdravotním postižením tím, že se jim místo "opečovávání" snaží vytvořit podmínky k důstojnému životu, aby se mohli rozvíjet a uplatňovat svou individualitu, a podílet se tak na životě ve společnosti.

Přestože se postavení osob se sníženou schopností pohybu a orientace zlepšuje, vyskytují se stále další a další problémy, které existují z důvodu rozdílnosti právních předpisů v této oblasti.

V letech 2003-2004 se Česká republika zapojila do projektu "Přístup osob se sníženou pohyblivostí do veřejných budov" – PUB+, který byl součástí 5. rámcového programu Evropské komise. Z výsledků zpracované analýzy [PUB] vychází následující hodnocení přeprav a veřejné dopravy se zaměřením na pohybově handicapované osoby. Následující uvedené údaje vychází z projektu PUB+ a jsou výsledkem zaokrouhlování na 1%.

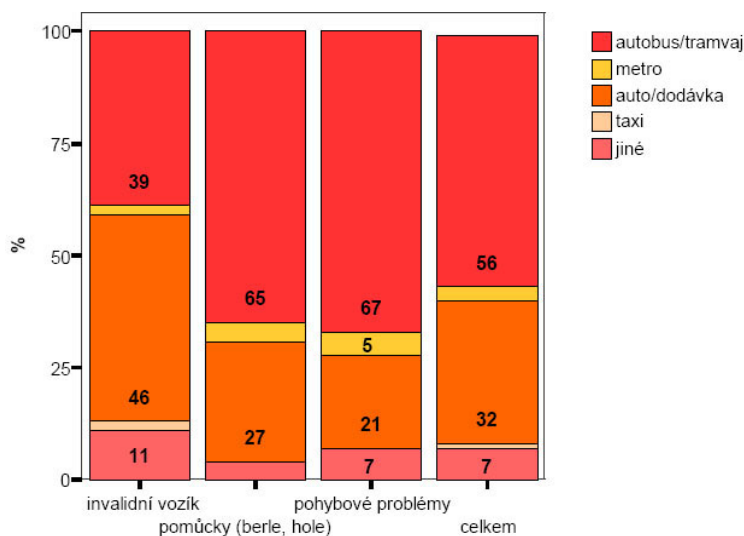


Graf 3.1 Využívání veřejné dopravy osobami s pohybovým omezením

V projektu PUB+ bylo osloveno 156 osob se sníženou schopností pohybu. Při průzkumu přístupnosti veřejné osobní dopravy bylo zjištěno, že téměř  $\frac{3}{4}$  osob využívá veřejnou osobní dopravu. V projektu byla hodnocena míra využívání veřejné osobní dopravy podle frekvence rozdělené do 5-ti skupin s označením – „velmi často“, „celkem často“, „celkem zřídka“, „velmi zřídka“ a „vůbec ne“. V míře využívání veřejné dopravy existují velké rozdíly mezi různými skupinami handicapovaných osob, viz. graf 3.1. Podle projektu nejčastěji (s frekvencí „velmi často“) využívají veřejnou osobní dopravu z 38% dotázaných osoby s pohybovými problémy, které nepoužívají žádné ortopedické pomůcky. Z 16%

využívají veřejnou osobní dopravu s frekvencí „celkem často“ těžce tělesně postižené osoby (lidé na vozíku), ale na druhé straně 45% osob z této skupiny nepoužilo veřejnou dopravu nikdy.

Handicapovaní občané, cca 57% oslovených osob, nejčastěji využívají MHD, kde nejčastějším dopravním prostředkem jsou autobusy a trolejbusy. Druhým nejpoužívanějším druhem dopravy je individuální doprava osobním automobilem, kterou v největší míře (46%) využívají osoby na ortopedickém vozíku. Přehled míry využívání veřejné dopravy podle druhu dopravy a míry omezení je uvedeno v graf 3.2.

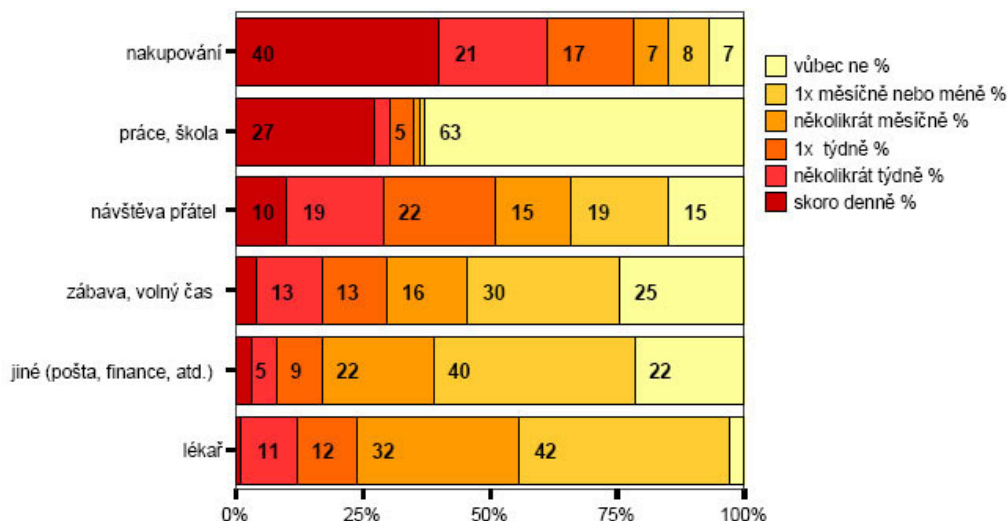


Graf 3.2 Používání dopravních prostředků osobami s pohybovým omezením

V oblasti veřejné dopravy je podle 68% oslovených osob největším problémem nepřizpůsobené schodiště a výškové rozdíly. Téměř 60% respondentů vidí problém v nepřizpůsobené výšce nástupiště a nástupní ploše vozidla a 50% dotázaných se setkává s problémem nedostatečného množství sedadel a laviček.

Většina zdravotně postižených občanů opouští domov z důvodu lékařské prohlídky, nebo nákupů. Nakupovat chodí 40% respondentů téměř každý den, 27% z handicapovaných chodí pravidelně do práce, nebo do školy. K lékaři chodí respondenti obvykle jednou nebo několikrát měsíčně a přibližně 3/4 zdravotně postižených chodí někdy navštívit své přátele, příbuzné, za zábavou či na úřady. Celkový přehled důvodů vycházení z domu (cílů přeprav) je uveden v graf 3.3.

Mnoho lidí s pohybovým omezením by rádo chodilo z domu mnohem častěji. Největší podíl – 42% – v této skupině tvoří osoby využívající ortopedické pomůcky (berle, hole). Procento osob na vozíku se stejným přáním je velmi podobné.



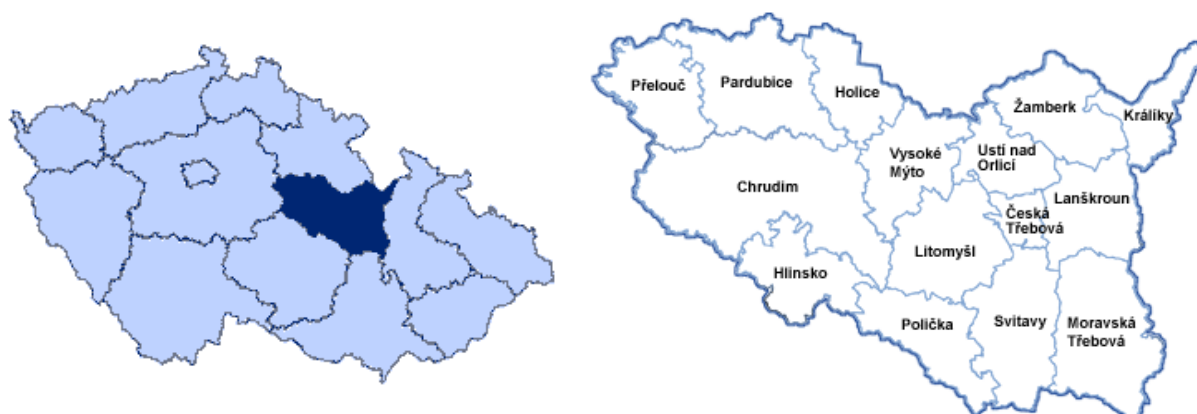
Graf 3.3 Hlavní důvody vycházení z domu osob se sníženou schopností pohybu

### 3.2 SYSTÉMY HROMADNÉ PŘEPRAVY OSOB V BÝVALÉM OKRESU PARDUBICE

Bývalý okres Pardubice má rozlohu 889 km<sup>2</sup>, rozkládá se v polabské nížině ve východních Čechách v Pardubickém kraji, obr. 3.1. Pardubicko sousedí s okresem Chrudim na jihu, s okresem Ústí nad Orlicí na východě, s okresem Kutná Hora a Kolín na západě a okresem Hradec Králové a Rychnov nad Kněžnou na severu.

V bývalém okrese Pardubice je 115 obcí, z toho 7 měst (Dašice, Holice, Chvaletice, Lázně Bohdaneč, Pardubice, Přelouč, Sezemice). Hustota zalidnění v okrese Pardubice je 180 obyvatel/km<sup>2</sup> (celkem v okrese žije 159 942 osob) a 71,88 % obyvatel žije ve městech. Průměrný věk obyvatel okresu Pardubice je 40,6 let.

Sídlem okresu Pardubice je město Pardubice, které leží na soutoku řeky Labe a Chrudimka. Město má rozlohu 78 km<sup>2</sup> a přibližně 90 tisíc stálých obyvatel. Pardubice jsou velmi dobře dopravně dostupné, jsou významným železničním dopravním uzlem. Vzdálenost od Prahy je 104 km. Pardubice jsou jedním z mála měst v České republice, které disponují všemi druhy dopravy – železniční, silniční, leteckou a říční.



Obr. 3.1 Mapa České republiky a umístění Pardubicka



### 3.2.1 Pozemní komunikace

V přístupnosti pozemních komunikací je nejdůležitějším prvkem způsob úpravy přechodů pro chodce. Touto problematikou se zabýval projekt "Analýza bezbariérových úprav přechodů pro chodce v Pardubicích", který byl realizován v letech 2003-2004 [MAT].

Na přechodech pro chodce z pohledu osob nevidomých a slabozrakých se hodnotila zejména přítomnost, resp. realizace varovného a signálního pásu a sledovalo vybavení přechodu akustickou signalizací pro nevidomé. Výsledky průzkumu jsou uvedeny v tab. 3.1., kde je patrné, že celkem z 290 hodnocených přechodů pro chodce v Pardubicích je:

- varovným pásem celkem vybaveno 65,5% sledovaných přechodů, ale pouze 31,5% z nich je provedeno správným způsobem,
- signálním pásem je v potřebných případech celkem vybaveno 22,5% přechodů, ale čtvrtina z nich (25,6%) je provedena chybně – např. signální pás je umístěn pouze na jedné straně přechodu, směr navádění chodce vede mimo osu přechodu (životu nebezpečné!), změna směru vedení pásu je pod jiným úhlem než 90°,
- akustickou signalizací pro nevidomé bylo vybaveno pouze 22 přechodů tj. 7,5% z celkového počtu sledovaných přechodů.

Lokalita	Počet hodnocených přechodů	Vybaveno varovným pásem		Vybaveno signálním pásem		Akustický informační systém
		Správně	Chybně	Správně	Chybně	
Ohrazenice	14	1	0	1	0	0
Polabiny	72	39	11	19	5	1
Rosice	7	3	0	2	1	0
Stavařov, Cihelna	8	1	0	0	0	0
střed města	126	67	46	17	10	13
Svítkov	9	0	0	0	0	0
Zelené před.	54	19	3	16	3	8
Celkem		130	60	55	19	
	290	190		74		22

Tab. 3.1 Úpravy přechodů pro chodce z pohledu osob se zrakovým omezením v Pardubicích

Z výsledků analýzy bezbariérových úprav přechodů (tab. 3.2) zejména pro osoby pohybující se na vozíku vyplývá, že:

- více než tři ze čtyř hodnocených přechodů jsou provedeny odpovídajícím způsobem (77,5%),
- necelá jedna čtvrtina realizovaných úprav přechodů pro chodce je provedena chybně,
- zejména v centru – středě města a v městské části Polabiny – se relativně hojně vyskytují dobře upravené sjezdy z chodníků, které lze rovněž využít.

Městský úřad v Pardubicích vytvořil pro osoby se sníženou schopností pohybu a orientace mapu bezbariérových řešení přechodů pro chodce v Pardubicích. Zmíněná mapa je

umístěna na www stránkách města Pardubice [WW7] a v nádražní hale železniční stanice Pardubice hl. n.

Lokalita	Přechody			Sjezdy z chodníků
	Počet hodnocených	Vyhovující	Nevyhovující	
Ohrazenice	7	5	2	-
Polabiny	69	54	15	29
Rosice	4	3	1	-
Stavařov/Cihelna	9	8	1	-
střed města	135	112	23	66
Svítkov	5	1	4	-
Zelené předměstí	61	42	19	4
<b>Celkem</b>	<b>290</b>	<b>225</b>	<b>65</b>	<b>99</b>

Tab. 3.2 Úpravy přechodů pro chodce z pohledu osob s pohybovým omezením v Pardubicích

### 3.2.2 Městská hromadná doprava a speciální doprava na zavolání

V rámci přístupnosti MHD pro osoby se sníženou schopností pohybu a orientace jsou důležité tři faktory:

- vybavení zastávek,
- bezbariérový nástup do vozidla,
- vnitřní uspořádání vozidla.

Lokalita	Počet hodnocených zastávek	Počet vyhovujících zastávek
Ohrazenice	16	0
Polabiny	23	1
Rosice	6	0
Stavařov/Cihelna	6	0
střed města	37	3
Svítkov	14	0
Zelené předměstí	15	2
<b>Celkem</b>	<b>117</b>	<b>6</b>

Tab. 3.3 Vyhodnocení bezbariérovosti autobusových zastávek v Pardubicích

Zastávka MHD přístupná pro osoby se sníženou schopností pohybu a orientace musí být vybavena zvýšeným obrubníkem (200mm) pro usnadnění nástupu do vozidla, signálním pásem označujícím přístup k zastávce a označником zastávky. V rámci MHD v Pardubicích je využíváno celkem 158 zastávek. V roce 2003 byla v rámci projektu "Analýza bezbariérových úprav přechodů pro chodce v Pardubicích" [MAT] hodnocena přístupnost zastávek MHD pro osoby se sníženou schopností pohybu a orientace. Celkem se hodnotilo 117 zastávek, z nichž pouze 5% splňovalo požadavky na úpravy pro slabozraké a nevidomé osoby podle [DUD] –

jedná se zejména o signální pás (navádí k zastávce), označnické zastávky v požadované vzdálenosti od nástupní hrany, signálního příp. varovného pásu. Výsledky provedené analýzy jsou shrnuty do tab. 3.3. podle jednotlivých lokalit města Pardubice.

Dopravní podnik města Pardubic a. s. provozuje dopravu autobusy, trolejbusy a speciální městskou dopravní službu (dopravu na zavolání).

Dopravní podnik vlastní 1 autobus Karosa B732, 17 autobusů Karosa řady B731, 7 modernizovaných autobusů Karosa B731/2, 10 autobusů Karosa B731.1667, 6 autobusů Karosa B931.1675.42 a 36 autobusů Renault/Irisbus Citybus. Celkem je ve vozovém parku 77 autobusů pro provoz na 15 linkách MHD. Denně je nasazováno 45 autobusů a na 7 linkách je garantováno (pouze ve všedních dnech, o sobotách a nedělích pouze na 4 linkách) nasazení nízkopodlažních autobusů na vybrané spoje (stav vozidel k 30. 6. 2005).

Dále dopravní podnik vlastní celkem 59 trolejbusů. Z tohoto počtu je 44 trolejbusů typu Škoda 14Tr a 15 nízkopodlažních trolejbusů Škoda 21Tr. Trolejbusy Škoda 21Tr mají výšku prvního schodu maximálně 345mm nad vozovkou, tuto výšku může řidič na zastávce ještě snížit o dalších 60mm pomocí naklápění, tzv. kneelingu. V rámci Dopravního podniku města Pardubic a. s. je provozováno 8 trolejbusových linek, ale na žádné není garantováno nasazení nízkopodlažního trolejbusu.

Pro zrakově postižené cestující je důležité, aby byl ve vozidlech digitální hlasový majáček (DHM), který akusticky hlásí číslo a směr linky cestujícímu a upozorňuje řidiče na nástup/výstup cestujícího se zrakovým omezením. V Pardubicích nejsou žádná vozidla vybavena vnitřním ani vnějším akustickým informačním systémem (stav k 30. 6. 2005).

V roce 2004 se převedla speciální dopravní služba SPID, provozující dopravu na zavolání, pod správu Dopravního podniku města Pardubic a. s.. Tato doprava je určena:

- zdravotně postiženým, nevlastnícím motorové vozidlo, anebo těm, kteří nemohou vozidlo sami používat. Dále osobám vlastnícím upravené osobní vozidlo, kterým však proměnlivý zdravotní stav, klimatické podmínky, oprava vozidla nebo jiné důvody neumožňují vlastní vozidlo použít.
- všem držitelům průkazu ZTP/P. Přednost mají osoby odkázané na používání ortopedického vozíku.
- občanům, kteří se stanou imobilními krátkodobě v důsledku úrazu, choroby či jinak.

Přepravu je možné objednat od pondělí do pátku v době od 8:00 – do 16:00 hod. Objednávka musí být provedena alespoň jeden den před zamýšlenou přepravou. Přeprava je zabezpečována pouze v pracovních dnech od 6:00 do 17:30 hod upravenými vozidly Ford Transit. Cena jednotlivé jízdy v dosahu MHD v Pardubicích je 15,-Kč. Dopravu je možné objednat i mimo region Pardubice, kdy cena jízdného je 15,-Kč/km (počítají se kilometry mimo město a to cesta vozidlem tam i zpět).

### **3.2.3 Veřejná linková autobusová doprava**

V rámci přístupnosti veřejné linkové dopravy pro osoby se sníženou schopností pohybu a orientace jsou důležité tři faktory (stejně jako u MHD) – vybavení autobusového nádraží a zastávek, bezbariérový nástup do vozidla a vnitřní uspořádání vozidla včetně informačního systému.

Autobusové nádraží v Pardubicích je pro osoby s omezenou schopností pohybu a orientace zcela nevyhovující. V areálu autobusového nádraží je mnoho bariér, které brání pohybu – schody vedoucí do prostoru čekárny, přístup k jednotlivým nástupištím je řešen podchodem (obr. 3.2), do šířky nástupišť zasahují zastávkové označníky a lavičky, nástupiště a přístupové cesty k nim nemají snížený obrubník a pod.. Jediný upravený přístup pro osoby s pohybovým omezením je vybudován k předprodeji jízdenek. I ten však nevyhovuje vyhlášce 369/2001 Sb., protože sklon rampy je cca 14,2% oproti povolenému maximálnímu sklonu 8,3% (není-li rampa delší než 3000mm, smí mít maximální sklon 12,5%). Pro osoby se zrakovým postižením chybí v celém areálu akustický informační systém příp. dálkové hlasové majáčky, vodící linie, signální i varovné pásy.



*Obr. 3.2 Přístupnost autobusového nádraží v Pardubicích*

Nejvýznamnějším dopravcem dálkové veřejné linkové dopravy na Pardubicku je společnost Connex Východní Čechy a.s., která vlastní dva autobusy vybavené plošinou pro vozíčkáře typu SOR B 10,5. Tyto autobusy jsou využívány v rámci MHD Chrudim a Kutná Hora.

Společnost Connex Východní Čechy a.s. neprovozuje žádný informační systém určený pro osoby se zrakovým omezením a v nejbližší době neplánuje žádné úpravy pro tuto skupinu cestujících.

### **3.2.4 Železniční doprava**

Cestující využívající železniční dopravu se obecně setkává s překonáváním bariér během přístupu k nádražní hale a pokračuje vstupem do odbavovací haly, nákupem jízdenky, přístupem k vlaku, nástupem do vlaku, vybavením a způsobem vhodného řešení prostoru vozu.

Železniční stanice Pardubice hl.n. je přístupná a užitelná bezbariérově (t.j. přístupem do budovy z přednádraží na všechna nástupiště). Náhradním opatřením je pomoc zaměstnance ČD včetně bezbariérového WC a ostatních služeb, nebo alespoň jedné bezbariérově přístupné označené přepážky, kde budou osobám na vozíku poskytnuty všechny informace a zajištěna pomoc při odbavení.

Výstavba bezbariérového nádraží byla zahájena v roce 2000 [WW5] výměnou vstupních dveří do haly a dveří na první nástupiště za dveře s automatickým otvíráním na fotobuňku. Automatické dveře jsou i u všech výtahových plošin v příjezdovém tunelu a na nástupištech. Pro lepší orientaci nevidomých byly během rekonstrukce nástupišť doplněny vodící a varovné pásy, které jsou hmatově i vizuálně odlišné. Obnovou také prošel informační systém železniční stanice. Byl vytvořen kamerový systém, zvuková signalizace a každé nástupiště je vybaveno zvukovým majáčkem pro informování cestujících. Veškerý přenos dat a ovládání technických prvků (blokování výtahových plošin, ovládání vzduchotechniky a automatických dveří) je situováno do dopravní kanceláře. Prozatím není vhodným způsobem vyřešen prodej jízdních dokladů (u výdejny je nedostatečný prostor pro vozíčkáře), chybí vodící linie uvnitř haly pro odbavení cestujících. Železniční stanice Pardubice hl. n. je vybavena mobilní zvedací plošinou k nástupu a výstupu cestujících na vozíku do a z vozu.

Na území města Pardubic je mimo hlavní železniční stanici umístěno dalších 7 zastávek – Pardubice závoďiště, Pardubice-Černá za Bory, Pardubice-Opočíněk, Pardubice-Pardubičky, Pardubice-Rosice n.L., Pardubice-Semtín a Pardubice-Svítkov. Hodnocení přístupnosti těchto zastávek pro osoby se sníženou schopností pohybu a orientace je uvedeno v tab. 3.4. Zastávky Pardubičky, Svítkov a Opočíněk leží na koridorové trati, kde byla v minulosti provedena rekonstrukce podle platných norem UIC. Stanice Rosice nad Labem prošla rekonstrukcí v roce 2004 a její služby se tak velmi zlepšily, problémem zůstává bezbariérový přístup k výpravní budově.

Železniční stanice Zastávka	Pro osoby s pohybovým omezením					Pro osoby se zrakovým omezením		
	Přístup	Budova				Rozhlas	Nástupiště	
		Vstup	WC	Pokladna	Nástupiště		Přístup	Pohyb
Pardubice hl.n.	√√	√√	√√	B	√√	A	√√	√
Pardubice závoďiště	√	B	–	–	B	–	B	B
Pardubice-Černá za Bory	√√	–	–	–	√√	A	√√	√√
Pardubice-Opočíněk	√√	–	–	–	√√	A	√√	√√
Pardubice-Pardubičky	√	√	B	√√	√√	A	√√	√√
Pardubice-Rosice n.L.	√	√√	√√	√√	N	A	√√	B
Pardubice-Semtín	B	B	–	√√	B	–	B	B
Pardubice-Svítkov	√√	–	–	–	√√	A	√√	√√

Tab. 3.4 Bezbariérová přístupnost žel. stanic a zastávek na území města Pardubic

Vysvětlivky k tab. 3.4:

√√ ... bezbariérová část stavby

√ ..... částečně bezbariérová část stavby

B ..... bariérová část stavby

A ..... stanice / zastávka je vybavena informačním systémem – rozhlasem

– ..... stanice / zastávka nemá uvedenou část stavby resp. vybavení rozhlasem

Do železniční stanice Pardubice vedou tři tratě – 010 spojující Českou Třebovou a Prahu, 031 spojující Pardubice s Hradcem Králové a Jaroměř, 238 spojující Pardubice s Chrudimí, Žďárce u Skutče a Havlíčkovým Brodem.

Osoby s těžkým pohybovým postižením (držitelé průkazu ZTP, ZTP/P) pohybující se pomocí ortopedického vozíku jsou přepravovány vozy BDbmrsee, BDbmsee, motorovými vozy ř. 843, elektrickými jednotkami ř. 471 (které jsou přizpůsobeny pro tuto přepravu), nebo služebními vozy. Pro osoby slabozraké a nevidomé je důležitým vybavením vlaku (vozů) vlakový rozhlas, kterým informuje vlakový personál cestující o následující stanici vlaku, přípojích v nácestných stanicích atd. Tyto informace jsou běžně poskytovány ve vlacích EC, IC, Ex. Na trase Pardubice hl.n.-Hradec Králové jsou nasazovány elektrické jednotky ř. 471, které jsou vybaveny digitálním hlasovým rozhlasem.

V tab. 3.5 je uveden přehled počtu vlaků (vozů) vhodných pro přepravu osob se sníženou schopností pohybu a orientace vypravovaných z/do Pardubic u jednotlivých tratí podle platného grafikonu vlakové dopravy 2004/05 (květen 2005). Číslo před závorkou udává celkový počet vlaků vypravených na dané trati a směru během jednoho dne, číslo v závorce udává u pohybového omezení počet bezbariérových vozů vybavených zvedací plošinou, u zrakového omezení počet elektrických jednotek ř. 471 vypravovaných na dané trati a směru.

Trať	Směr z Pardubic hl.n.		Směr do Pardubic hl.n.	
	pohybové omezení	zrakové omezení	pohybové omezení	zrakové omezení
010 směr Praha	17 (13)	21 (7)	16 (12)	21 (7)
010 směr Česká Třebová	8 (4)	14 (0)	9 (5)	14 (0)
031 směr Hradec Králové	1 (1)	1 (1)	1 (1)	1 (1)
238 Směr Havlíčkův Brod	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)

Tab. 3.5 Vlaky (vozy) vhodné pro přepravu cestujících s pohybovým nebo smyslovým omezením

### 3.3 ORGANIZACE VEŘEJNÉ DOPRAVY PRO HANDICAPOVANÉ CESTUJÍCÍ V EVROPĚ

Mezinárodní dokumenty, především pak Standardní pravidla pro vyrovnání příležitostí pro osoby se zdravotním postižením [STA], nehovoří o speciálních dávkách (např. finančních příspěvcích) na dopravu, ale požadují odstraňování stávajících bariér a doporučují nevytvářet nové. Standardní pravidla pro vyrovnání příležitostí pro osoby se zdravotním postižením byla schválena Valným shromážděním OSN v říjnu 1993 a jsou v nich zahrnuty důležité principy odpovědnosti, aktivity a spolupráce, upozorňují na oblasti důležité pro kvalitu života zdravotně postižených osob a pro dosažení plného zapojení a rovnosti. Mezinárodní přístup k handicapovaným občanům je možné obecně shrnout [STA], [SDE] do následujících bodů:

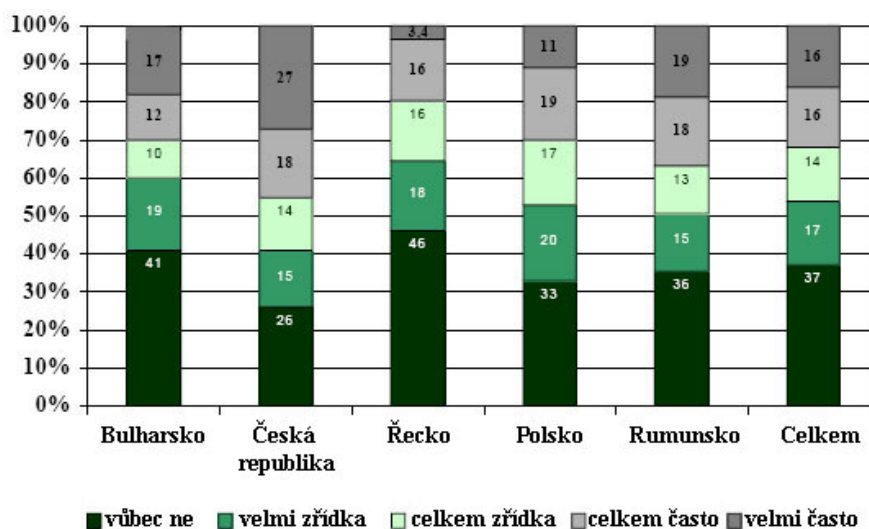
- vyrovnávání příležitostí,
- rovné šance,
- odstranění bariér,

- začlenění do každodenního života v rámci běžných struktur,
- kompenzace individuálních důsledků postižení,
- komplexní posouzení situace jedince ve vazbě na jeho skutečné potřeby.

V rámci Evropské unie vznikl projekt zaměřený na vyhodnocení stavu přístupnosti veřejného prostředí osobám se sníženou schopností pohybu – projekt PUB+. Tohoto projektu s názvem "Přístup osob se sníženou pohyblivostí do veřejných budov" se zúčastnilo celkem pět zemí: Bulharsko, Česká republika, Polsko, Rumunsko, Řecko. Výsledkem projektu je zpráva hodnotící mimo jiné přístupnost veřejné dopravy, problémy při přepravě a důvody cestování osob se sníženou schopností pohybu.

Hlavní důvody vycházení z domu, kterým je možné se pouze obtížně vyhnout, jsou zdravotní důvody (návštěvy lékařů, rehabilitace apod.) a cesty za nákupy. Přesto 12% dotázaných osob nikdy nevyšlo z domu z důvodu zdravotních a 20% nikdy nenakupovalo. V průměru 33% osob s pohybovým omezením nevychází z důvodu zábavy nebo trávení volného času. Tak dochází k sociálnímu odloučení této skupiny osob ze společnosti, kdy jejich společenské kontakty jsou omezeny pouze na rodinu a přátele, kteří je navštěvují doma. Nejhorší situace v tomto směru ze zúčastněných zemí byla v Polsku a Rumunsku. Pro všechny hodnocené země bylo zjištěno vysoké procento (celkem 60%) osob, které uvedlo že vzhledem k svému omezení nepracuje příp. nedochází do škol.

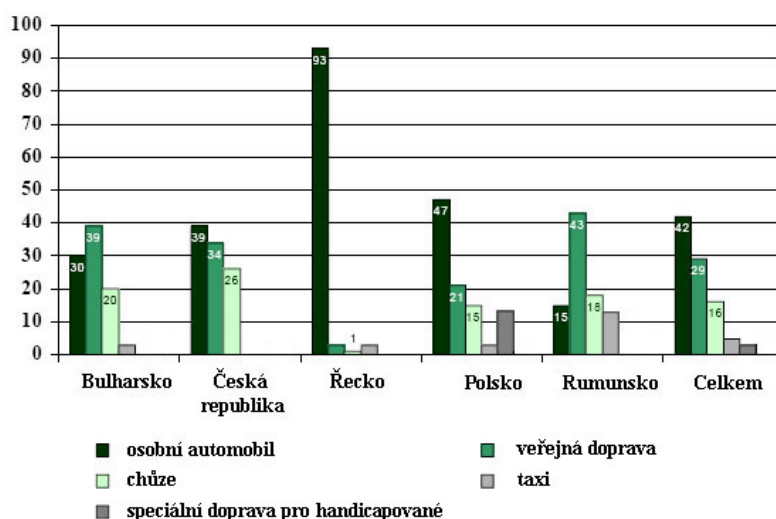
Přehled frekvence využívání veřejné dopravy pro cestování mimo město je uveden v graf 3.4.



Graf 3.4 Frekvence využívání veřejné dopravy pro cestování mimo dosah městské hromadné dopravy osobami s pohybovým omezením

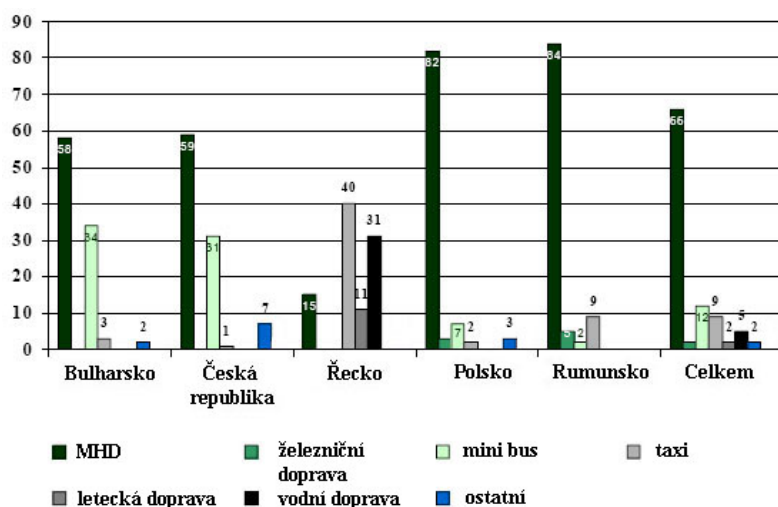
Těžce tělesně postižené osoby (osoby na vozíku) mnohem častěji než osoby jinak pohybově omezené využívají k vlastní přepravě osobní automobil. Osobní automobily jsou hlavním druhem dopravy pro všechny skupiny osob s pohybovým omezením v Řecku, kde jsou využívány cca 90% dotázaných osob. Vyšší procento využívání osobních automobilů bylo zjištěno také v Polsku (47%) a České republice (39%) viz. graf 3.5.

V oblasti individuální dopravy osob se zdravotním omezením neexistuje v Evropě jednotný přístup k posuzování schopností těchto osob pro řízení motorových vozidel. Dochází tak k tomu, že v některé evropské zemi je určitý handicap viděn v rozporu s možností řídit motorové vozidlo, zatímco v jiné zemi osoby se stejným omezením motorová vozidla řídí bez problémů. V roce 2004 vznikla v rámci evropského projektu CONSENSUS síť pracovišť, které budou poskytovat znalosti a zkušenosti v oblasti přístupnosti handicapovaných osob k individuální dopravě [WW6].



Graf 3.5 Nejčastější druhy dopravy využívané osobami se sníženou schopností pohybu v rámci města

Veřejná doprava je častěji využívána osobami s pohybovým omezením v Rumunsku, Bulharsku a České republice. Celkem ve sledovaných zemích je veřejná doprava využívána 29% dotázaných osob. Přístupnost veřejné dopravy se zvyšuje ve všech zemích, především jsou tyto změny patrné v Polsku a České republice viz. graf 3.6.



Graf 3.6 Míra využívání různých druhů dopravy osobami s pohybovým omezením



V Evropě většina zemí poskytuje tarifní slevy v prostředcích osobní hromadné dopravy pro osoby se sníženou schopností pohybu a orientace. Obecně je možno říci, že průměrné slevy osobám se zdravotním postižením se pohybují okolo 50% občanského jízdného. Některé země poskytují těmto osobám slevy i při použití taxi, kde potom cena odpovídá přepravě veřejnou dopravou. Vstupem České republiky do Evropské unie mají mít také čeští držitelé průkazu zdravotně postiženého stejná jako občané daného státu.

## **4 DRUHY DOPRAV Z POHLEDU POTŘEB CESTUJÍCÍCH SE SNÍŽENOU SCHOPNOSTÍ POHYBU A ORIENTACE**

### **4.1 POTŘEBY OSOB SE SNÍŽENOU SCHOPNOSTÍ POHYBU A ORIENTACE V OBLASTI DOPRAVY**

#### **4.1.1 Sociální východiska**

Definice zdraví podle Světové zdravotnické organizace říká, že „zdraví je stav kompletního blaha fyzického, duševního a sociálního“. Další nutnou premisou v této problematice je široce koncipovaný pojem vyrovnávání se – adaptace, která je procesem, v němž se osobnost jedince přizpůsobuje (vyrovnává se) měnícím se podmínkám vnějšího prostředí a zároveň svého vnitřního, subjektivního světa. Jistě není náhodou, že se procesně Usnesením vlády České republiky realizují jednotlivé Národní plány orientované na osoby se smyslovým nebo pohybovým omezením. Prvním takovým plánem byl Národní plán pomoci zdravotně postiženým občanům, který schválila vláda ČR usnesením č. 466 v roce 1992. V následujícím roce byl usnesením vlády č. 493/1993 schválen Národní plán opatření pro snížení negativních důsledků zdravotního postižení.

Třetí aktualizací národního plánu je Národní plán vyrovnávání příležitostí pro občany se zdravotním postižením, který byl schválen usnesením vlády č. 256 v roce 1998. První kapitola tohoto plánu je věnována výchově veřejnosti – komunikaci, která je nevyhnutelnou podmínkou jakéhokoliv společenského života a tedy i života jednotlivce. Uvést v život rovnocennou komunikaci mezi zdravými a handicapovanými není ani dnes ještě takovou samozřejmostí, jakou předpokládá výše zmíněný Národní plán. Díky komunikaci je možné uspokojování individuálních potřeb, a to nejen těch základních, ale i těch, které podmiňují seberealizaci osobnosti. Právě naplnění sekundárních potřeb je alfou i omegou plného zabezpečení vyrovnání příležitostí handicapovaných. Komunikace výrazně ovlivňuje i mezilidské vztahy. Ty jsou pro handicapované akcentovaně důležité, protože ty pozitivní podporují lepší odolnost vůči stresu. A stresové prvky jsou pro přepravu handicapovaných osob její doprovodnou součástí.

Národní plán vyrovnávání příležitostí pro občany se zdravotním postižením byl v roce 2002 doplněn (usnesení vlády č. 545/2002) o Program zvyšování bezpečnosti dopravy a jejího zpřístupňování osobám se sníženou schopností pohybu a orientace a zároveň došlo k změně názvu na Národní rozvojový program mobility pro všechny [NAR].

Handicapovaní byli v posledním desetiletí minulého století zviditelněni a našli i mnoho legislativní podpory pro uplatnění – vyrovnání jejich příležitostí. V souladu s Chartou práv tělesně postižených osob má každá tělesně postižená osoba stejná práva a povinnosti jako kdokoli jiný. Na základě tohoto faktu je třeba podporovat každou ekonomickou a sociální politiku nebo projekt, které zohledňují rovnost práv a povinností zdravotně postižených osob ve srovnání se zdravými jedinci.

V závěru Charty je uvedeno pět práv, jimiž jsou:

- právo na to, být odlišný,
- právo na důstojný a odpovídající způsob života,
- právo na integraci do společnosti (kterou společnost bez dopravy nemůže plně realizovat),

- právo na svůj názor a na jeho splnění,
- právo na rovnoprávné občanství a na nezávislý výběr způsobu života i místa, kde chce žít.

Úloha dopravy při naplňování těchto požadavků je nezastupitelná a dosud provedená opatření jsou nedostačující. To se týká jak klasických systémů veřejné dopravy, tak systémů speciálních přeprav, určených pro osoby s omezenou pohyblivostí a orientace.

#### **4.1.2 Organizace a provoz veřejné dopravy**

Při organizaci a provozování přeprav veřejné dopravy je nutné v maximální míře vyhovět potřebám handicapovaných uživatelů dopravy. Cestující se sníženou schopností pohybu a orientace jako jsou osoby postižené pohybově, zrakově a sluchově, osoby pokročilého věku, těhotné ženy a rodiče s dětmi do věku tří let řadíme mezi cestující, kteří nemohou využívat dopravních prostředků a veřejně přístupných částí dopravních staveb v takové míře jako ostatní účastníci přepravy. Tuto skupinu osob přepravovaných veřejnou dopravou lze v zásadě rozdělit na dvě základní skupiny:

- dopravně handicapovaní,
- zdravotně postižení.

Do skupiny dopravně handicapovaných řadíme cestující, kteří jsou částečně omezeni v pohybu. Za takto dopravně handicapovaného cestujícího je považována osoba cestující s dětským kočárkem, nebo osoba s více zavazadly popř. rozměrově větším zavazadlem apod.

Skupinu zdravotně postižených uživatelů dopravy lze z hlediska přístupnosti veřejných systémů dopravy rozdělit do tří základních skupin:

- osoby s pohybovým postižením a omezením,
- osoby se poruchami zraku,
- osoby se sluchovými nedostatečnostmi a postižením.

Do skupiny osob s pohybovým postižením a omezením patří osoby, které jsou pohybově postižené a jsou charakterizované člověkem s berlemi či podpůrnými holemi, nebo lidmi, kteří musí ke svému pohybu využívat ortopedický vozík.

Obecně je možné konstatovat, že znalost potřeb osob se smyslovým postižením a osob se sluchovými poruchami v rámci dopravy je výrazně nižší, než u osob se zrakovým omezením nebo s postižením pohybovým. To se promítá nejen do legislativy, ale i do věcných řešení. Potřeby sluchově postižených osob jsou z hlediska úpravy prostředí i dopravních prostředků minimální především proto, že naše civilizace je výrazně vizuálně orientována. Sluchově postižení jsou lidé, kteří nemusí využívat výhradně veřejnou dopravu, přesto však nelze potřeby a požadavky této uživatelské skupiny přehlížet. Mnohými úpravami prostředí a dopravních prostředků pro zdravotně postižené tak pomáháme všem uživatelům dopravy.

#### **4.1.3 Požadavky na dopravní stavby**

Bezbariérovou přístupností objektu označujeme takový stav, který umožní zdravotně postiženým cestujícím používat veřejnou dopravu (včetně dopravních staveb určených pro veřejnost) bez cizí pomoci.

Důležitým prvkem bezbariérové přístupnosti dopravy je místo styku dopravního prostředku a stavebního objektu, kterým je nástupiště a okolí zastávky. Nástupiště dělíme podle možnosti přístupu na mimoúrovňové (přístup na nástupiště je např. podchodem, lávkou pro pěší), úrovnňové (nástupiště je v úrovni dopravní cesty) a vnější (nástupiště je umístěno vně dopravní cesty např. v zálivu).

Nástupiště ve veřejných dopravních stavbách musí být ve výšce umožňující cestujícím úrovnňový nástup do dopravních prostředků, v opačném případě by měla být vozidla nebo nástupiště vybavena rampou nebo zdvihacími mechanismy pro těžce tělesně postižené. Pro využití nízkých podlah vozidel musí být nástupní hrana zastávek MHD 200 mm nad úrovní vozovky [VYH]. Výška nástupního schodu 150 mm (max. 160 mm) je příjemná pro nepostižené, přijatelná pro omezeně pohybově postižené cestující a těžce tělesně postižené s průvodcem.

Na nástupištích a na přístupových cestách k nim nesmí být překážky. Alespoň jedna přístupová cesta na nástupiště musí být bezbariérově přístupná cestujícím se sníženou schopností pohybu a orientace.

Výstavbu v českém právním řádu upravuje zákon č. 50/1976 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon v platném znění). Požadavky na bezbariérovou výstavbu včetně bezbariérového řešení dopravních staveb obsahuje vyhláška 369/2001 Sb., o obecných požadavcích zabezpečujících užívání staveb osobami s omezenou schopností pohybu a orientace.

Z pohledu pohybově postižených občanů na přístupnost dopravních staveb (obr. 4.1) jde zejména o požadavky na podélné sklonové poměry komunikací, dosahovou vzdálenost pro osoby na vozíku a výškové rozdíly při vstupu do dopravních staveb, nebo jejich částí, které jsou určeny pro veřejnost.



Obr. 4.1 Železniční stanice bezbariérově přístupná pro těžce tělesně postižené cestující

Skupina osob zrakově postižených využívá k získávání informací potřebných pro pohyb a orientaci hmat, sluch a někdy i čich. Poznatky získané hmatem pomocí bílé slepecké hole jsou pro zrakově postižené základní. Aby dopravní stavby byly přístupné pro skupinu zrakově postižených osob musí být vybaveny orientačními body popř. znaky, vodícími liniemi,

varovnými pásy viz. obr. 4.2 (popř. signálními, hmatnými nebo vodícími pásy) nebo akustickými orientačními majáky [LNE].

Základní informační zařízení na nástupištích (o zastávce, dopravě, jízdních řádech) a označení nebezpečných míst v budovách a na nástupištích musí být kontrastní a dobře osvětlené a musí být doplněno akustickými a optickými prvky, které slouží cestujícím zrakově a sluchově postiženým.



Obr. 4.2 Ukázka umělé vodící linie a způsob přerušení vodící linie

Z pohledu sluchově postižených osob na přístupnost dopravních staveb není nutné zajišťování zvláštních stavebních požadavků oproti ostatním skupinám handicapovaných osob. Pro skupinu sluchově postižených je hlavní bariérou v oblasti dopravy přístupnost k informacím a komunikace, které jsou často založeny na zvukovém přenosu. Dopravní stavby by měly být v dostatečné míře vybaveny vizuálními prvky (obr. 4.3) např. pragotrony, běžící text na panelu (ten však není vhodný pro osoby slabozraké).



Obr. 4.3 Ukázka vizuálního informačního systému

#### 4.1.4 Požadavky na dopravní prostředky

Veřejný dopravní prostředek je bezbariérově přístupný pokud umožňuje zdravotně postiženým cestujícím používat dopravu bez cizí pomoci. Za přístupné vozidlo lze také považovat i takové, kde je umožněn nástup/výstup pomocí mechanismu (např. výsuvné rampové plošiny nebo zdvihací plošiny) obsluhovaného pracovníkem dopravce či zdravotně

postiženým nebo jeho průvodcem. Vozidla v závislosti na překonávané výšce cestujícím při nástupu (výstupu) dělíme na úrovně, nízkopodlažní a vysokopodlažní [BAR].

Vozidlo úrovně má mít hranu podlahy v prostoru bezbariérového vstupu ve výšce 0 až +20 mm nad nástupní hranou nástupiště. Vozidlo nízkopodlažní musí mít hranu podlahy v prostoru bezbariérového vstupu ve výšce +20 až +150 mm nad nástupní hranou nástupiště. Vozidlo vysokopodlažní musí mít hranu podlahy v prostoru bezbariérového vstupu má vyšší než +150 mm nad nástupní hranou nástupiště. Výšky stupňů vstupu by neměly přesáhnout 160 mm.

Z hlediska pohybově postižených cestujících a přístupnosti vozidel v hromadné dopravě jde zejména o řešení snadného a bezpečného nástupu a výstupu do/z vozidel. Každé vozidlo musí mít alespoň tři pohodlná místa pro cestující se sníženou schopností pohybu a orientace mající největší volný prostor před sedadly. Sedadla a stání pro invalidní vozík musí být od vchodu snadno přístupná a označena příslušným mezinárodním symbolem přístupnosti.

Pokud je v soupravě WC pro cestující, musí mít i bezbariérově přístupné WC s prokazatelnou funkčností upravené a přístupné pro těžce pohybově postiženého. U bezbariérově přístupného vozidla v dálkové dopravě nemající WC musí dopravce zajistit WC pro vozičkáře v objektu v místě hygienických zastávek označených v jízdním řádu.

Pro vozidla drážní dopravy jsou požadavky na přístupnost vozidel stanovena vyhláškou č. 173/1995 Sb. (ve znění pozdějších změn a doplňků), kterou se vydává dopravní řád drah. V případě silničních vozidel hromadné osobní dopravy nejsou v České republice tyto požadavky obdobným způsobem právně určeny. V rámci Evropské unie však platí příloha směrnice č. 2001/85 ES o zvláštních požadavcích na vybavení vozidel veřejné osobní dopravy s více než 8 místy k sezení, kde jsou požadavky na úpravu a vybavení vozidel pro osoby se zdravotním omezením uvedeny.

Z pohledu zrakově postižených cestujících by vozidla měla být vybavena především akustickým hlášením (vně i uvnitř vozidla) a dálkovým ovládním dveří.

Požadavky na dopravní prostředky sluchově postižených jsou stejné jako u dopravních staveb. Je nutné doplnit akustické informace ve vozidlech o informace vizuální [LNE1]. Zejména v podmínkách MHD se v poslední době objevují běžící texty na panelech (toto řešení je nevhodné pro osoby se zrakovým omezením), které informují o zastávkách a cíli cesty. Důležitým prvkem je jednotná a včasná informace při nástupu do vozidla o ukončení nástupu a zavírání dveří.

## 4.2 ŽELEZNIČNÍ DOPRAVA

Na základě zákona 77/2002 Sb. probíhá od 1. 1. 2003 transformace státní organizace České dráhy, při níž vznikly dvě nástupnické organizace a to:

- Správa železniční dopravní cesty, státní organizace (SŽDC),
- České dráhy, akciová společnost (ČD).

Na SŽDC se transformovalo hospodaření s majetkem státu, který tvoří železniční dopravní cesta celostátních drah i drah regionálních ve vlastnictví státu, určená k provozování železniční dopravy železničními dopravci. Jedná se téměř o celou železniční síť v České republice cca 9.500 km tratí. ČD plní funkci provozovatele dráhy a provozovatele drážní dopravy.

V rámci železničního systému České republiky jsou dva hlavní investoři zařízení umožňujících užívání staveb osobami s omezenou schopností pohybu a orientace. Vlastníkem zastupujícím stát a investorem zařízení nástupišť včetně přístupů je SŽDC, vlastníkem a investorem zařízení výpravních budov jsou ČD.

Legislativní rámec při výstavbě, nebo modernizaci zařízení pro cestující s omezenou schopností pohybu a orientace dávají:

- vyhláška 369/2001 Sb., o obecných technických požadavcích zabezpečující užívání staveb osobami s omezenou schopností pohybu a orientace,
- vyhláška 177/1995 Sb., kterou se vydává stavební a technický řád drah,
- česká technická norma ČSN 73 4959, nástupiště a nástupištní přístřešky na drahách celostátních, regionálních a vlečkách,
- česká technická norma ČSN 73 6380, železniční přejezdy a přechody,
- vzorový list železničního spodku – Ž 8.7, bezpečnostní a orientační pásy na nástupištích.

Přehled základních legislativních předpisů užívaných v osobní železniční dopravě:

- vyhláška 75/2000 Sb., o přepravním řádu pro veřejnou drážní a silniční osobní dopravu,
- smluvní přepravní podmínky Českých drah pro veřejnou osobní dopravu (SPPO),
- předpis pro přepravu cestujících (KC1),
- tarif Českých drah pro vnitrostátní přepravu cestujících a zavazadel.

Základní stavby umožňující využití nabídky na přepravu po železnici osobami s omezenou schopností pohybu a orientace jsou především nástupiště včetně přístupů a výpravní budovy.

Nástupiště včetně přístupů zahrnují veškerá zařízení železničního tělesa s upravenou plochou sloužící k nastupování a vystupování cestujících a pro manipulaci se zavazadly, podchody, nadchody, schodiště, rampy, chodníky. Pro bezbariérovou přístupnost nástupišť se využívají výtahy, šikmé rampy a schodišťové plošiny. Na již realizovaných modernizacích a rekonstrukcích železničních stanic jsou pro bezbariérovou přístupnost nástupišť používány především výtahy (u nových nástupišť) a v několika stanicích byly osazeny schodišťové plošiny (u stávajících nástupišť). Stavby, které se projekčně připravují (zvláště železniční stanice na III. a IV. koridoru) budou vybaveny výtahy (ve frekvenčně významných a uzlových stanicích) nebo šikmými rampami (u méně významných mezilehlých stanicích, kde se předpokládá dálkové řízení dopravy).

Výpravní budovy jsou zejména stavby a zařízení pro odbavování cestujících, zařízení pro příjem a výdej a úschovu zavazadel, čekárny, hygienická zařízení, otevřené prostory železniční budovy.

K označení bezbariérové přístupnosti železničních staveb je možné použít kódu označení podle UIC, které je uvedeno v tab. 4.1.

Označení železničních stanic podle UIC zohledňuje bezbariérovou přístupnost pouze z hlediska těžce tělesně postižených cestujících a opomíjí požadavky cestujících se zrakovým a smyslovým postižením. Prostory a zařízení staveb sloužících cestujícím by měly být

vybaveny nejen bezbariérovým přístupem, ale také stezkami a orientačními značkami pro nevidomé.

Kód označení podle UIC	
1.	ŽST je bezbariérově přístupná (t.j. přístup na chodník před staniční budovou a na všechna nástupiště) bez pomoci další osoby, nebo s pomocí zaměstnance.
2.	ŽST je bezbariérově přístupná (t.j. přístup na chodník před staniční budovou a na všechna nástupiště) včetně bezbariérového WC.
3.	ŽST je bezbariérově přístupná (t.j. přístup na chodník před staniční budovou a na všechna nástupiště) včetně bezbariérového WC a ostatních služeb nebo alespoň jedné bezbariérově přístupné označené přepážky, kde budou vozíčkářům poskytnuty všechny informace a zajištěna pomoc při odbavení.
4.	ŽST je vybavena mobilní zdvižnou plošinou na nástup a výstup vozíčkářů do a z vozu.
5.	ŽST je vybavena zvedací rampou k nakládání a vykládání vozíčkářů do a z vozu umístěnou na nástupišti.

Tab. 4.1 Kód označení bezbariérovosti železniční stanice podle UIC

Uvedený způsob označování železničních stanic není tedy zcela vhodný pro obecné posuzování bezbariérové přístupnosti. Toto označení dokonce nesplňuje požadavky vyhlášky 369/2001 Sb., o obecných požadavcích zabezpečujících užívání staveb osobami s omezenou schopností pohybu a orientace.

Nástup a výstup z nástupišť do železničních vozidel je pro těžce pohybově postižené a těžce zrakově postižené založen převážně na provozně organizačních opatřeních. Úrovně nástup a výstup je umožněn zcela výjimečně (obr. 4.4) pouze v kombinaci železniční stanice se zvýšeným nástupištěm a nízkopodlažních elektrických motorových jednotek.



Obr. 4.4 Nástup handicapovaných cestujících do vozů Českých drah

Přeprava cestujících na ortopedických vozících se v podmínkách ČD uskutečňuje zejména speciálními vozy, které jsou přizpůsobeny pro tuto přepravu. Jsou to např. vozy BD<sub>bm</sub>rsee (bývalé BD<sub>m</sub>eer) se zvedací plošinou, vozy BD<sub>bm</sub>ssee (bývalé BD<sub>m</sub>ee), které nemají zvedací plošinu, ale svými parametry jsou shodné s vozy BD<sub>bm</sub>rsee dále motorovými vozy ř. 843 a nové elektrické jednotky řady 471 pro rychlou příměstskou dopravu [WW2]. Ve všech těchto vozech je rovněž upravené hygienické zařízení. Vozidla, která svými parametry



vyhovují přepravě vozíčkářů, jsou na vozové skříni označena piktogramem. Alternativně se používají vozy osobní přepravy o šířce dveří 0,85 m a služební oddíly ostatních vozů, které však nejsou nijak zvlášť přizpůsobeny pro takovoto přepravy. Statistika železničních vozidel osobní dopravy v ČR je uvedena v tab. 4.2 [IGN]. Z ní je patrné, že motorové vozy s bezbariérovým přístupem jsou zastoupeny pouze v minimálním množství. Pro docílení 50-ti procentního podílu počtu motorových vozů s nízkopodlažním vstupem je nutné obnovit cca 365 kusů motorových vozů.

Typ vozů	Celkový počet vozů	Počet vozů s bezbariérovou úpravou	Procentuální podíl bezbariérově upravených vozů
Elektrický vůz (pantograf)	98	64	65,3 %
Motorové osobní vozy	793	31	3,9 %
Osobní a přípojné vozy	4100	62	1,5 %

Tab. 4.2 Přehled počtu železničních vozidel osobní dopravy v ČR

Přepravní řád ČD [SPP] upravuje zvláštním způsobem pouze přepravu osob s omezenou schopností pohybu a orientace a přeprav osob na ortopedických vozících. Přepravu cestujících na vozíku, pokud nepotřebují žádnou asistenci zaměstnanců ČD, není nutné předem objednávat.

Přepravu ve služebním voze, použití plošiny ve voze, který jí je vybaven, případně použití mobilní zvedací plošiny ve stanicích, které jí jsou vybaveny, je třeba projednat s nástupní stanicí alespoň 24 hodin před pravidelným odjezdem vlaku. Cestující na vozíku pro invalidy přepravují ČD i s vozíkem a průvodcem ve vozech přizpůsobených pro takovouto přepravu, nebo ve služebních vozech. O vhodnosti přeprav těžce pohybově postižených osob ve služebních oddílech společně s kočárky, jízdními koly a třeba zavazadly jak uvádí piktogram na obr. 4.5 lze do značné míry pochybovat (např. motorový vůz řady 842 není vybaven zvedací plošinou ani upraveným WC pro přepravu cestujících na invalidním vozíku).



Obr. 4.5 Služební oddíl motorového vozu řady 842

Vlaky s vozy upravenými pro přepravu cestujících na vozíku pro invalidy jsou vyznačeny ve sloupcích vlaků v jízdním řádu a jsou současně zveřejněny vývěskami ve stanicích. V jízdním řádu ČD 2004/2005 jsou rozlišeny vozy pro těžce tělesně postižené osoby na:

- vůz vhodný pro přepravu cestujících na vozíku,
- vůz vhodný pro přepravu cestujících na vozíku, vybavený zvedací plošinou.

V případě potřeby si může cestující na invalidním vozíku objednat zařazení vozu se zvedací plošinou (příp. vhodného vozu bez plošiny) do vlaku, ve kterém tento vůz není pravidelně řazen. Tuto objednávku je třeba uplatnit nejpozději 6 dnů před uskutečněním plánované přepravy v nástupní stanici. V objednávce je nutné uvést:

- jméno a adresu cestujícího,
- číslo průkazu ZTP, ZTP/P,
- datum a čas odjezdu, číslo vlaku (eventuálně náhradní termín),
- způsob vyrozumění (telefon či jiné spojení).

Cestující si sám zajišťuje nástup a výstup do a z vozu, přičemž zaměstnanci ČD dle možnosti na požádání pomohou. Pro bezpečný nástup a výstup cestujících na invalidním vozíku jsou postupně železniční stanice vybavovány mobilní zdvihací plošinou. ČD do konce roku 2004 vybavily 45 železničních stanic mobilními plošinami Miro-lift a DELTA B+B. V roce 2005 ČD plánují nakoupit a takto vybavit dalších 20 železničních stanic.

Z uvedených skutečností vyplývá, že využití této služby je možné pouze v souvislosti s vlastnictvím průkazu ZTP/P (ZTP), což je opatření do určité míry diskriminující. Držitelem tohoto průkazu se totiž nestává osoba s nárokem na jeho držení automaticky, ale na základě jejího dobrovolného rozhodnutí spojeného s podáním žádosti o jeho vydání. Vydání tohoto průkazu je dále spojeno se vznikem určitých sociálních výhod pro jeho držitele, za kterou však nelze považovat přepravu prostředkem hromadné dopravy osob.

Podle vyhlášky č. 173/1995 Sb., kterou se vydává dopravní řád drah, musí být mimo jiné v jízdních řádech uvedeny i údaje o vozech bezbariérově přístupných cestujícím na invalidních vozících s označením mezinárodním symbolem přístupnosti. ČD užívají zjednodušený symbol vozíčkáře (piktogram) označující vůz s oddílem pro přepravu cestujících na vozíku a to i pro spoje s vozy řady BDmee, které nemají zvedací plošiny a nejsou tedy bezbariérově přístupné, což odpovídá vysvětlivce v jízdním řádu ČD, ale odporuje ustanovení vyhlášky.

Vzhledem k uvedeným skutečnostem je nutné konstatovat, že z hlediska dopravní obslužnosti regionu se zaměřením na těžce pohybově handicapované osoby nemá železniční doprava příliš vysokou úroveň.

## **4.3 SILNIČNÍ DOPRAVA**

### **4.3.1 Veřejná linková autobusová doprava**

Nespornou výhodou veřejné autobusové dopravy je výrazně nižší finanční náročnost na zajištění bezbariérového přístupu na autobusových nádražích. Zde, ale i na zastávkách však zcela chybí systémy určené pro informovanost a orientaci osob se smyslovými poruchami zraku a osob se sluchovými nedostatečnostmi a poruchami.

Usnesením vlády ČR č. 499/1997, o systémové podpoře rozvoje městské hromadné dopravy a linkové autobusové dopravy, byla schválena finanční účast státu pro tříleté období při nákupu nových vozidel městské hromadné dopravy a linkové autobusové dopravy. Státní rozpočet ČR se účastnil do 20% pořizovacích nákladů na obnově vozového parku linkové autobusové dopravy. U vozidla nízkopodlažního se tato podpora zvyšovala o dalších 20%.

Ve vozidlech linkové autobusové dopravy chybí vybavení, které usnadňuje cestování nevidovým a sluchově postiženým osobám. Přeprava těžce tělesně postižených osob je v linkové dopravě téměř zcela vyloučena. S problémy během cestování linkovými autobusy se také setkávají cestující s dětskými kočárky a starší občané s pohybovým postižením nebo omezením.

I přes neutěšenost stavu je pravděpodobné, že linková autobusová doprava se stane vhodným systémem dopravy v rámci dopravní obslužnosti regionů z pohledu většiny handicapovaných cestujících. Navíc je zřejmé, že železniční doprava (bezbariérově přístupná) bude vždy využitelná pouze při adekvátní návaznosti na dopravu silniční, resp. MHD.

#### 4.3.2 Městská hromadná doprava

Stav podmínek MHD je z hlediska přepravy handicapovaných cestujících charakterizován nedostatečnými stavebními úpravami autobusových zastávek pro snadnější nástup a výstup z vozidel MHD, omezeným vybavením systémy určenými pro nevidomé a sluchově postižené cestující a postupnou obnovou části vozového parku nízkopodlažními vozidly (obr. 4.6).



Obr. 4.6 Nízkopodlažní bezbariérový autobus Karosa-Renault City-bus z Karosy a. s.

Na českém trhu existuje široká nabídka vhodných vozidel, především městských autobusů, která je při systému státních dotací i poměrně cenově přístupná. V minulých letech se zde výrazně projevil účinek usnesení vlády č. 499 z roku 1997 k systémové podpoře rozvoje městské hromadné dopravy a linkové autobusové dopravy a v dalších letech usnesení vlády č. 632 z roku 2000, o podpoře obnovy vozidel městské hromadné dopravy a veřejné linkové dopravy.

Usnesením byla schválena finanční účast státu pro tříleté období při nákupu nových vozidel městské hromadné dopravy a linkové autobusové dopravy počínaje rokem 1998. Státní rozpočet ČR se podílel v letech 1998-2001 na obnově vozového parku MHD částkou do výše 40% pořizovacích nákladů při nákupu nízkopodlažních autobusů a do výše

50% pořizovací ceny nízkopodlažních tramvají a trolejbusů. Celková výše vynaložených finančních prostředků byla 550 mil. Kč ročně na rozvoj povrchové MHD a 150 mil. Kč ročně na rozvoj linkové autobusové dopravy.

Podle usnesení vlády 632/2000, o podpoře obnovy vozidel městské hromadné dopravy a veřejné linkové dopravy od roku 2001, se státní rozpočet ČR podílel na obnově vozidel veřejné silniční dopravy:

1. do výše 30% pořizovacích nákladů na obnově vozového parku tramvajové a trolejbusové městské hromadné dopravy,
2. do výše 30% pořizovacích nákladů elektrické výzbroje a modernizace tramvají a trolejbusů,
3. dalším nejvýše 20% finančním podílem na pořizovacích nákladech obnovy nízkopodlažními vozidly nebo vozidly se zabudovaným zařízením umožňujícím přístup osob se zdravotním postižením.

Množství nízkopodlažních autobusů v ulicích českých měst poměrně utěšeně narůstá a stává se příjemnou součástí všední reality městského provozu. Jinak je tomu s počtem tramvají a trolejbusů s bezbariérovým vstupem v MHD, kde dochází k pomalejší obnově těchto vozidel za vozidla nízkopodlažní viz. tab. 4.3. Podíl tramvají s nízkopodlažním vstupem se v jednotlivých městech pohybuje mezi 0,4-8,6% z celkového počtu tramvají. Pokud by mělo být docíleno 50-ti procentního zastoupení tramvají s nízkopodlažních vstupem, je nutné obnovit cca 800 ks tramvají [IGN].

Celkově nabídka přepravy osob v podmínkách MHD je z pohledu handicapovaných cestujících ze všech přepravních systémů podílejících se na dopravní obslužnosti regionů na nejvyšší úrovni.

Dopravní podnik	Počet vozidel celkem	Počet tramvají s nízkopodlažním vstupem	% podíl tramvají s nízkopodlažním vstupem
Praha	948	4	0,42%
Brno	312	13	4,17%
Olomouc	57	4	7,02%
Ostrava	294	22	7,48%
Liberec	62	1	1,61%
Plzeň	128	11	8,6%
Most a Litvínov	69	2	2,9%

Tab. 4.3 Počty tramvají s bezbariérovým vstupem v MHD

Přesto nedochází k využívání této dopravy těmi pohybově nejpostiženějšími, tedy vozíčkáři. Jedním z důvodů je fakt, že ačkoli vozidla splňují podmínky bezbariérovosti a v mnohých MHD je v jízdním řádu garantováno nasazení nízkopodlažních vozidel na konkrétní spoje příp. linky, není možné vždy využít této přepravy. A to proto, že vozidla jsou atraktivní i pro další část populace a kapacita vymezeného prostoru dvou stání společně pro vozíčkáře a dětský kočárek je nedostačující (obzvláště v ranních a odpoledních špičkách) a neposkytuje cestujícím na invalidních vozících příliš velkou jistotu zda bude možné tuto přepravu zvoleným spojem realizovat. V případě využívání nájezdové plošiny pro vozíčkáře je nutné kalkulovat s prodloužením nezbytně nutné doby pobytu na zastávkách, vždyť pouze

předpokládaná doba jednoho cyklu (rozložení, složení plošiny) je cca 45s. Prodloužení pobytu na zastávkách má dále vliv na tvorbu jízdního řádu, ovlivní cestovní rychlost a následně ovlivní tvorbu oběhů vozidel atd.

V žádném případě však pouhé zavedení nízkopodlažních vozidel do provozu neznamená zpřístupnění městské hromadné dopravy všem imobilním občanům. Celý systém MHD musí být vybaven vhodným informačním systémem pro osoby se zrakovým nebo sluchovým omezením. Velkým problémem nadále zůstává samotná bezbariérová přístupnost zastávek MHD. V podmínkách vytížených linek MHD se objevuje problém při nastupování a vystupování osob pohybově postižených. Vlivem zmíněných potíží nedochází k zpřístupnění veřejné hromadné dopravy pro pohybově postižené občany.

#### 4.3.3 Speciální doprava

Vzhledem ke stávajícímu stavu systémů hromadné přepravy osob, které spíše neumožňují, nebo nedostatečně umožňují přepravu různě handicapovaných osob, dochází ke vzniku různých alternativ organizace přepravy těchto skupin cestujících. Charakteristickým rysem pro organizaci speciální přepravy je důraz na vytváření plně interaktivních dopravních systémů, které přepraví cestujícího v požadované době mezi libovolně zvolenými místy dopravní sítě.

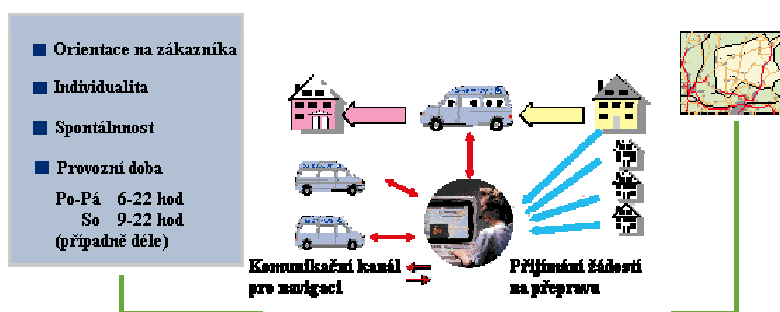
Jedním z těchto systémů využívaných také pro přepravu handicapovaných osob je systém „Dail-and-Ride“ resp. „Anrufbus“ resp. „Autobus na zavolání“. U systému „autobusu (vozidla) na zavolání“ obecně neexistuje žádný jízdní řád, žádné zastávky a žádné pevně stanovené trasy. Cestující si určí sám místo nástupu a nástupní čas. Systém „autobus na zavolání“ spojuje výhody taxislužby a veřejné autobusové dopravy. Je charakterizován jako individuální doprava malými autobusy – minibusy, midibusy, případně upravenými dodávkovými automobily. Systém „autobus na zavolání“ je založen na principu taxislužby, ale na rozdíl od taxislužby neobsahuje každý požadavek samostatnou jízdou, ale snaží se požadavky v maximální míře koordinovat a slučovat.

Požadavek na jízdu se ohlásí telefonicky dispoziční ústředně. Dispečer rozhodne o přidělení požadavků na jízdu jednotlivým vozidlům a sdělí řidičům cíl jejich jízdy rozhlasem. Dispečer optimalizuje jízdní požadavky z pohledu kvality obsluhy pro cestujícího a hospodárnosti pro provozovatele. Současně se dostaví, jako efekt této optimální vazby jízdních požadavků, dopravní odlehčení životního prostředí.



Obr. 4.7 Individuální přístup k přepravovaným osobám speciální dopravou

Poptávka po tomto způsobu cestování vzniká hlavně u obyvatel, kteří nemají velké nároky na cestovní rychlost, ale jde jim spíše o dosažení cíle (nákupní středisko, lékař apod.), a to prakticky během celého dne. Podstatným znakem přínosu autobusu na zavolání je pro cestujícího individuální přeprava v malém komfortním autobusu viz. obr. 4.7. K tomu se osvědčily malé autobusy s devíti sedadly s jejich snadnou manipulovatelností a přiměřenou velikostí pro dopravu “od domu k domu” a pro nasazování v obytných okrcích (resp. zónách). Těší se u cestujících na základě komfortu, který je podobný jako v osobním automobilu, vysokému ocenění. S elektricky ovládanými posuvnými dveřmi, vysunovatelnými nástupními schůdky a zvýšenou střechou je možné vytvořit obdobné podmínky jako u autobusu. Řidiči si cení jejich snadné ovladatelnosti. A dále nevyžadují řidičské oprávnění pro řízení autobusu. Autobus na zavolání zde působí integrujícím dojmem viz. obr. 4.8.

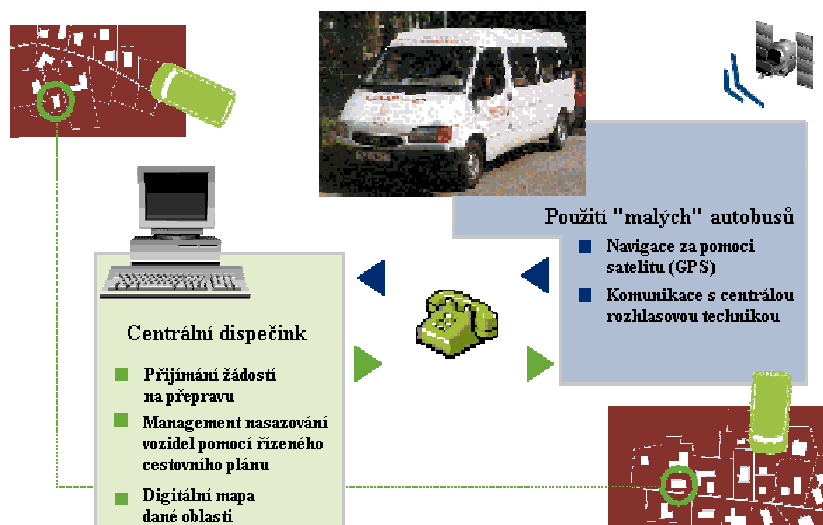


Obr. 4.8 Zajištění speciální služby „autobus na zavolání“

Z hlediska osobního a sociálního aspektu je systém „autobus na zavolání“ pro zákazníka snadno pochopitelný a přístupný a osobní kontakt s dispečerem a řidičem působí na zákazníka přesvědčivě, zvyšuje důvěryhodnost systému a pocit bezpečí. Právě starší lidé a osoby se sníženou schopností pohybu a orientace toto cítí v našem přetechizovaném světě jako sociální hodnotu. Podle dosavadních zkušeností získává tím autobus na zavolání nové skupiny cestujících - i mezi řidiči osobních aut.

Systém „autobus na zavolání“ poskytuje dopravní spojení mezi libovolnou dvojicí míst v rámci obsluhovaného území a tak svou nabídkou přepravy plně pokrývá určitou oblast. Nevytváří zvláštní nároky na infrastrukturu, není třeba zřizovat zastávky ani speciální dopravní cesty. Není potřeba sestavovat jízdní řády ani určovat vedení linek. Nezbytným prvkem systému je ovšem dispečerské centrum viz. obr. 4.9. V něm jsou přijímány žádosti na přepravu, které jsou následně zpracovány do trasy jízdy vozidel služby na zavolání a pomocí komunikačního systému je informován řidič vozidla o trase jízdy. Tu je možné plánovat rychleji a jednodušším způsobem než dopravu linkovou. Plánování jízd, které nevyhází z aktuálních přání zákazníků není uvažováno, protože průběh jízdy ovlivňují cestující. Vozidla jsou v systému „autobus na zavolání“ nasazována jen v případě potřeby na konkrétní požadavek cestujících. Nasazení menších a úspornějších autobusů přináší menší spotřebu energie a emise oproti linkové dopravě.

V případě potřeby je možný i pozdější přechod od systému „autobus na zavolání“ k linkovému provozu, protože systém „autobusu na zavolání“ může dodat navrhovatelům konkrétní údaje o místních požadavcích a časových vazbách.



Obr. 4.9 Technické zajištění komunikace řidiče s dispečerem

Stěžejním úkolem u tohoto systému je rozdělování požadavků na jízdu včetně komunikace mezi zákazníkem, dispečerem a řidičem, přičemž hlavní zodpovědnost je na dispečerovi. Podle zkušeností může probíhat rozdělování při nasazení dvou nebo tří autobusů manuálně bez zvláštní technické podpory. U většího počtu vozidel je možno použít počítačový program pro efektivnější organizaci tohoto systému. Pomocí něho probíhá i komunikace mezi ústřednou a autobusem automatizovaně. Při použití radiových dat je osvobozen jak dispečer tak i řidič o čas, vyžadovaný pro radiové rozhovory. Hovor přes radiové spojení zůstává omezen jen na několik výjimečných případů. Zjištění stanoviště vozidla se děje prostřednictvím systému GPS (globální polohový systém určený pro navigaci a určení polohy objektu na zemském povrchu). Aktuální příští cíl jízdy se přenáší pro řidiče prostřednictvím radiových dat na displej ve vozidle. Dispozice, řízené počítačem, tak přinášejí lepší kvalitu přepravy pro cestující a účinnější průběh provozu.

V poslední době dochází k rozvoji dopravních služeb pro pohybově handicapované cestující zejména do zdravotnických zařízení, zaměstnání, škol, za kulturou atd. v rámci podnikatelských aktivit. Částečně k tomu přispívá i fakt, že zdravotní pojišťovny již odmítají hradit přepravy do zdravotnických zařízení prováděných vlastními dopravními prostředky těchto zařízení. Ve většině případů se jedná o pravidelné dopravy stálé klientely formou „z domu do domu“, doplněné v rámci kapacitních možností o nabídku jakési obdoby taxislužby, tedy služby na zavolání. Tyto služby vznikají spontánně z iniciativy občanů, kteří nemohou užívat veřejnou hromadnou dopravu a s finanční pomocí státních institucí (ministerstev a správních úřadů) či měst, dále s pomocí nadací, případně i sponzorů. Jako příklad fungování takových organizací v České republice lze uvést:

### Centrum paraplegiků v Praze

Centrum paraplegiků v Praze využívá k přepravě vozíčkářů motorové vozidlo Ford Transit, na jehož zakoupení věnovalo dotaci Ministerstvo zdravotnictví ČR. Vůz umožňuje dopravovat do Centra 4-6 klientů (vozíčkářů) najednou, v sedě na vozíku aniž by museli přeseďat na sedačky auta. Od výrobce je vůz vybaven klimatizací a systémem ABS, dále je

doplňen o ruční ovládání řízení, otočnou sedačku na místě řidiče, zvedací plošinu a elektrické ovládání dveří. Druhým vozidlem, kterým jsou uskutečňovány přepravy těžce tělesně postižených klientů je osobní vůz Škoda Felicia Combi a od června 2000 má Centrum pro tyto přepravy zapůjčen vůz Škoda Octavia Combi. Vozy centra paraplegiků čtyřikrát týdně ambulantně přiváží klienty do Centra Paraple. Ve výjimečných případech při žádostech o dopravu klientů k lékaři apod. je služba poskytována pouze tehdy, když přepravou není narušen provoz Centra Paraple a pouze s řidičem Centra. Klient pak hradí náklady na dopravu podle použitého vozidla v následující výši:

Ford Transit ..... 4,50 Kč/km

Škoda Felicie..... 4 Kč/km

Škoda Octavie..... 4 Kč/km

Délka trasy je vždy počítána z místa výjezdu automobilu do místa příjezdu automobilu (tedy včetně cesty pro klienta a od klienta na místo parkování - obvykle z Centra Paraple a zpět).

Objednávají-li výjimečně dopravu jiné organizace, hradí náklady dle použitého vozidla (vždy s řidičem Centra):

Ford Fiesta ..... 6Kč/km

Škoda Felicia ..... 5 Kč/km

### Humanitární sdružení Handicap Zlín

Humanitární sdružení Handicap Zlín zajišťuje speciální dopravu zdravotně postižených občanů pomocí tří upravených motorových vozidel (obr. 4.10) již několik let. Doprava dětí je bezplatná, při cestách do divadla apod. hradí cestující 20% skutečných nákladů, zbytek doplácí Handicap. Peníze na svou činnost získává sdružení ze státní dotace a z vlastních aktivit, mezi něž patří např. poradenství.



Obr. 4.10 Pohled na vozidlo Ford Transit vybavené nájezdovou rampou pro vozíčkáře humanitárního sdružení "HANDICAP(?)" Zlín

### Pražská organizace vozíčkářů – POV

Pražská organizace vozíčkářů (obr. 4.11) poskytuje od srpna 1996 pro osoby s velmi těžkým tělesným postižením speciální službu dvěma upravenými mikrobusey (Ford Transit) s vhodným interiérem a zdvihací plošinou. Mikrobus se svou speciální úpravou umožňuje



přepravu 4 vozíčkářů s průvodci. Na zakoupení mikrobusu přispělo Ministerstvo zdravotnictví ČR, na provoz přispívá Magistrát hl. města Prahy. Jízdu mohou objednávat jednotlivci i organizace telefonicky nebo písemně minimálně s čtrnáctidenním předstihem na číslech či adrese POV. Cena za kilometr je 6,- Kč, neplatí se poplatek za přistavení ani doba čekání.



Obr. 4.11 Speciální doprava provozovaná Pražskou organizací vozíčkářů

### DOSIO – Dostupné služby imobilním občanům

Společnost DOSIO působí v Hradci Králové, kde nabízí dopravní služby pro osoby s omezenou schopností pohybu a orientace, kteří jsou držiteli průkazu ZTP nebo ZTP/P. Společnost DOSIO vznikla v listopadu roku 1996 z iniciativy zdravotně postižených občanů. K záměru se tehdy připojilo i Ministerstvo zdravotnictví ČR, které poskytlo dotaci na pořízení a vybavení vozidla. Vstříc vyšly i Úřad města Hradec Králové a Nadace pro rozvoj občanské společnosti.

V prvním roce fungování služby přeprav na zavolání bylo uskutečněno 5 647 přeprav, ve druhém roce již 7 040 a v roce 1999 již 8 941 přeprav zdravotně postižených imobilních osob. Společnost DOSIO zajišťuje přepravu dvěma vozy značky Ford Transit, která provozuje v pracovních dnech od 6hod do 22hod. Ve vozidle je možné přepravit najednou 4 vozíčkáře + 3 chodící cestující (po úpravě až 6 vozíčkářů + 1 chodící cestující), nebo 2 vozíčkáře + 3 chodící cestující. Jízdné v rámci MHD odpovídá jízdnému v městské hromadné dopravě. Během kalendářního měsíce společnost DOSIO přepraví průměrně 850 cestujících.

#### 4.3.4 Individuální doprava

Neuspokojivá situace v systémech hromadné dopravy osob z pohledu zdravotně postižených vedla k rozvoji individuálního motorismu. Tato skutečnost je podporována sociální politikou státu, kde podle zákona 182/1991 Sb., o sociálním zabezpečení a působnosti orgánů České republiky v sociálním zabezpečení, jsou v odůvodněných případech poskytnuty příspěvky za užívání bezbariérového bytu nebo garáže, koupi, celkovou opravu a úpravu motorového vozidla, na provoz motorového vozidla a na individuální dopravu osobám s těžkou vadou nosného nebo pohybového ústrojí.

Příspěvek na zakoupení motorového vozidla nebo příspěvek na celkovou opravu motorového vozidla se poskytuje občanu s těžkou vadou nosného nebo pohybového ústrojí. Výše příspěvku na zakoupení motorového vozidla činí nejvýše 100.000,-Kč, výše příspěvku na celkovou opravu motorového vozidla činí nejvýše 60.000,-Kč. Příspěvek je poskytován opětovně nejdříve po uplynutí pěti let ode dne vyplacení předchozího příspěvku.

Příspěvek na provoz motorového vozidla je poskytován na období kalendářního roku občanu, který je vlastníkem nebo provozovatelem motorového vozidla, jehož zdravotní postižení odůvodňuje přiznání mimořádných výhod pro těžce zdravotně postižené občany II. nebo III. stupně. Výše příspěvku činí pro občany, jejichž zdravotní postižení odůvodňuje přiznání mimořádných výhod pro těžce zdravotně postižené občany III. stupně 3.920,-Kč u jednostopého vozidla a 9.124,-Kč u ostatních vozidel. Pro občany, jejichž zdravotní postižení odůvodňuje přiznání mimořádných výhod pro těžce zdravotně postižené občany II. stupně, činí 2.170,-Kč u jednostopého vozidla a 5.624,-Kč u ostatních vozidel. Občanům, kteří ze závažných důvodů ujedou více než 9.000 km za kalendářní rok je výše příspěvku zvýšena.

Příspěvek na individuální dopravu se poskytuje na kalendářní rok občanu s těžkou vadou nosného nebo pohybového ústrojí, občanu úplně nebo prakticky nevidomému, nebo rodiči nezaopatřeného dítěte, který se pravidelně individuálně dopravuje a který není vlastníkem nebo provozovatelem motorového vozidla. Výše příspěvku na individuální dopravu činí 6.000,-Kč.

V příloha jsou uvedeny celkové hodnoty dávek sociální péče na dopravu, které byly vyplaceny těžce zdravotně postiženým občanům v letech 1990-1998 (novější data se mi nepodařilo zjistit).

Individuální doprava je bezesporu nezbytnou součástí života většiny postižených pobírajících výše uvedené dávky. Jejich poskytování je ve většině případů jistě správné a opodstatněné. Přesto tato situace působí v neprospěch širšího využívání prostředků hromadných doprav a to i bezbariérově přístupných. Uvolnění částek určených na tyto příspěvky a jejich využití v rozvoji bezbariérových hromadných a speciálních doprav by bylo pravděpodobně vhodnější a účelnější pro celý okruh uživatelů.

#### 4.4 POZEMNÍ KOMUNIKACE

Každý dopravní systém s jeho stupněm přístupnosti pro osoby se sníženou schopností pohybu a orientace je využíván v míře, která je dána dostupností daného systému dopravy. Cestující v rámci přemístění prochází sledem jednotlivých fází přepravního řetězce [MAT], které mohou obsahovat: chůzi z místa bydliště k zastávce MHD, nástup do dopravního prostředku a jízda do cílové stanice MHD, chůzi k železniční stanici, odbavení a přístup na nástupiště, nástup do vlaku a přepravu vlakem do jiného města, kde opět následuje chůze

a příp. přeprava místní MHD. Z uvedeného přepravního řetězce je patrné jak důležitou funkci mají bezbariérově přístupné pozemní komunikace.

Osoby s omezenou schopností pohybu a orientace reprezentují soubor osmi uživatelských skupin – pohybově postižení, zrakově postižení, sluchově postižení, osoby pokročilého věku, těhotné ženy, osoby doprovázející dítě v kočárku, děti do tří let, mentálně postižení (podle vyhlášky 369/2001 Sb.). Každá z těchto skupin má rozdílné možnosti a potřeby, z nichž se odvíjí stavebně technické požadavky zabezpečující plnohodnotné a důstojné užívání staveb těmito osobami. Zásadní požadavky pro navrhování bezbariérových pozemních staveb jsou uvedeny ve vyhlášce 369/2001 Sb., o obecných technických požadavcích zabezpečujících užívání staveb osobami s omezenou schopností pohybu a orientace. Požadavky na bezbariérovou tvorbu pozemních komunikací je možné rozdělit na čtyři skupiny podle druhu zdravotního postižení.

#### 4.4.1 Stavební prvky určené pro osoby s pohybovým omezením

Mezi osoby s pohybovým omezením řadíme osoby používající vozík pro invalidy nebo kompenzační pomůcky např. podpůrné hole, chodítka. Základní snahou při tvorbě bezbariérového prostředí z pohledu skupiny osob s pohybovým omezením je odstranění výškových překážek při nástupu do dopravních prostředků (viz. obr. 4.12), překonávání schodišť a zúžení chodníků. Podle vyhlášky 369/2001 Sb. jsou definovány následující požadavky pro bezbariérové prostředí:

- výškové rozdíly u přechodů pro chodce, vnějších a vnitřních komunikací nesmí být větší než 20 mm, jinak musí být výškový rozdíl řešen šikmou rampou,
- minimální prostor pro manipulaci s invalidním vozíkem je 1200 mm x 1500 mm, průchozí profil komunikace pro pěší musí být nejméně šířky 1500 mm, u svislého dopravního značení a u technického vybavení komunikací lze tuto šířku snížit až na 900mm,
- maximální podélný sklon chodníku je 1:12 a maximální příčný sklon je 1:50, pokud nejsou příslušné sklony dodrženy musí být na dané komunikaci zřízena odpočívadla,
- chodníky v místech přechodů přes vozovku musí mít snížený obrubník na výškový rozdíl 20 mm oproti vozovce,
- nástupiště MHD a linkové dopravy musí mít výšku nástupní hrany 200 mm.



Obr. 4.12 Bezbariérové řešení autobusových zastávek

#### 4.4.2 Stavební prvky určené pro osoby se zrakovým omezením

Zrakové omezení způsobuje omezení při orientaci a při získávání informací. Do skupiny osob se zrakovým postižením se řadí osoby nevidomé a slabozraké.

Pro bezpečný pohyb této skupiny osob je nutný dostatek jednoznačných informací získávaných především hmatovým způsobem (dlouhou holí, nášlapem, dotykem hřbetu ruky při kluzké prstové technice) doplněným často akustickou informací. Důležité je optimálně určit rozsah informací a srozumitelnost jejich řazení. Mezi základní orientační a informační prvky při navrhování staveb pro nevidomé a slabozraké osoby patří:

- hmatové vedení přirozené – stěny domů, obrubníky trávníků, zídky, podezdívky plotu, květníky, zábradlí se spodní vodící tyčí,
- hmatové vedení umělé – například signální a varovné pásy, vodící pásy přechodu, hmatné pásy na chodníku s cyklistickou stezkou, umělé vodící linie,
- akustické vedení na objektech, informace o provozu zařízení v objektech, informace o provozu stavby – dálkově ovládané majáčky s naváděcím trylkem, doplněným akustickou frází, signalizace o dojezdu výtahu, chodu eskalátorů, dálkově ovládané majáčky s hlasovou frází, informační stojany s akustickým výstupem,
- kontrastní provedení prvků stavby – označení vstupních dveří a stěn, barevnost zábradlí, označování schodišťových stupňů, vhodné provedení prvků informačního systému.

Specifickou situací pro samostatný a bezpečný pohyb nevidomého a slabozrakého je přecházení komunikací a nástup do dopravního prostředku. K bezpečnému přecházení komunikace potřebuje nevidomý tři nezaměnitelné a nezpochybnitelné informace viz. obr. 4.13. První informací je okamžik bezpečného přecházení, která je dána buď akustickou signalizací, nebo vyhodnocením hmatných prvků nevidomým. Druhou informací je místo vstupu do vozovky, kde nevidomý signalizuje svůj úmysl přejít. Rozhraní chodníku a vozovky je vyznačeno varovným pásem. Třetí důležitou informací je vymezení směru přecházení, které je dáno signálním pásem vedeným ve směru přecházení. Detailní popis způsobu tvorby bezbariérového prostředí vhodného pro osoby nevidomé a slabozraké je uveden např. [DUD], [WW4], [FIL].



Obr. 4.13 Bezbariérové řešení přechodu

#### 4.4.3 Stavební prvky určené pro osoby se sluchovým omezením

Sluchové postižení způsobuje omezení při získávání informací a při vnímání vnějších podnětů. Mezi sluchově postižené uživatele jsou řazeny osoby neslyšící a také osoby nedoslýchavé.

Osoby neslyšící trpí úplnou ztrátou sluchu, a proto se pro tyto osoby musí informace převádět do optické podoby např. semaforey, barevně odlišené varovné pásy. Osoby nedoslýchavé mají omezenou sluchovou schopnost. Pro tyto osoby vyhláška 369/2001 Sb. požaduje instalaci indukčních smyček a pro osoby osobní kompenzační pomůcky, které umožňují přijímat zvuk akustických reprodukcí zařízení. Indukční smyčky se instalují ve veřejné dopravě, na místních komunikacích a veřejně přístupných budovách a plochách.

#### **4.4.4 Stavební prvky určené pro osoby s mentálním postižením**

Mentální postižení způsobuje omezení při vyhodnocování získaných informací a vnějších podnětů případně i při pohybu samotném. Pro tuto skupinu osob je důležité vytvářet prostředí s orientačně jednoduchým uspořádáním vnitřního i vnějšího prostředí a intuitivní rozmístění a označení jednotlivých částí staveb.

## DÍLČÍ SHRNU TÍ KAPITOL 2-4

Počet zdravotně postižených osob v posledních letech narůstá. Děje se tak v důsledku demografických změn – populace Evropy i České republiky stárne, zvyšuje se podíl osob v důchodovém věku, a tedy i těch se zdravotními problémy (kapitola 2.2.1). Na počtu osob s omezenou schopností pohybu a orientace se také projevuje zvýšená automobilizace (a rostoucí nehodovost), pracovní stres a úrazovost, adrenalinové sporty a řada civilizačních chorob. V souvislosti s touto skutečností se společnost snaží vytvářet prostředí vstřícné rostoucí skupině osob se zdravotním omezením. Mobilita osob s omezenou schopností pohybu a orientace je nezbytnou podmínkou pro plnohodnotné začlenění do společnosti.

Po roce 1989 došlo v České republice k novelizaci právních předpisů, které nově zahrnují úpravy představující legislativní podklady pro vytváření prostředí přístupného osobám se sníženou schopností pohybu a orientace. Mezi hlavní právní předpis v oblasti tvorby bezbariérového prostředí patří vyhláška 369/2001 Sb., o obecných technických požadavcích zabezpečující užívání staveb osobami se sníženou schopností pohybu a orientace.

Přestože dnes již existují právní předpisy pro tvorbu bezbariérového prostředí, v praxi bývají v řadě případů tyto zásady chybně implementovány. Nejčastějším příkladem jsou chybné úpravy přechodů pro chodce, pro osoby slabozraké a nevidomé např. je upravena pouze jedna strana přechodu, varovný pás je úzký, signální pás navádí chodce mimo osu přechodu.

V centrech měst je možné pozorovat snahu o zlepšování podmínek pro pohyb občanů s omezenou schopností pohybu a orientace. Ve větších městech ČR (krajských, okresních) existují zastoupení různých sdružení např. Národní rada pro zdravotně postižené, TyfloCentrum, Český klub nedoslýchavých atd., pomáhajících osobám s fyzickým nebo mentálním omezením. Dále v těchto městech vznikají denní stacionáře, ochranné dílny, speciální školy, pečovatelské služby, centra pomoci a sdružení občanů zdravotně postižených. Možnosti cestování ve městech jsou pro osoby s omezením přístupnější, přepravy v rámci měst nabízí MHD, taxi a někde také speciální služba doprava „na zavolání“ apod. Ucelený komplex sociálních, zdravotních a dopravních služeb ve městech ČR způsobuje koncentraci osob s vážným zdravotním omezením do takto vybavených měst. Jako modelový region pro disertační práci jsem vybrala bývalý okres Pardubice s krajským městem, kde jsou zastoupeny všechny druhy dopravy a krajské město je zároveň centrem zdravotních, pracovních, vzdělávacích i kulturních potřeb (kapitola 3.2).

Problémem při tvorbě bezbariérového prostředí ve městech a obcích se stává nekonceptnost prováděných úprav, kdy jsou bezbariérové úpravy prováděny v rámci nahodile podle právě realizovaných staveb, oprav apod. Aby vznikající bezbariérové prostředí bylo opravdu přístupné, je nutné vytvářet ucelené bezbariérové trasy spojující nejdůležitější místa obce a tak zajistit bezbariérový pohyb občana po městě/obci. Nezbytnou součástí bezbariérového prostředí jsou informační systémy, které je nutné vytvářet a aplikovat s ohledem na zdravotní omezení jejich uživatelů. Pouze systémové pojetí tvorby bezbariérového prostředí přinese synergický efekt, kdy budou vloženy finanční, časové i personální investice plnohodnotně využity.

Další technickou částí naplňující právo na svobodu člověka na volný pohyb (přesun) je přístupnost jednotlivých dopravních systémů také osobám se zdravotním omezením. V kapitolách 2.3, 4.2 a 4.3 byla hodnocena přístupnost jednotlivých druhů dopravy osobám s omezenou schopností pohybu a orientace z pohledu vybavenosti dopravních prostředků,

staveb a informačních systémů. Z uvedeného posouzení jednotlivých druhů dopravy vyplývá, že nejpřístupnější veřejnou dopravou pro osoby se zdravotním omezením je MHD, druhou částečně bezbariérově přístupnou je železniční doprava. Nejméně přístupnou dopravou pro osoby s omezenou schopností pohybu a orientace je veřejná autobusová doprava. Při přepravě osob s omezenou schopností pohybu a orientace existují v každém uvedeném druhu dopravy slevy jízdného, které činí zhruba 50% ceny obyčejného jízdného. Letecká doprava nebyla v rámci této práce hodnocena, protože její zastoupení v regionu nebo České republice ve srovnání s ostatními druhy dopravy je minimální.

Vzhledem k částečné přístupnosti veřejné dopravy osobám s omezenou schopností pohybu a orientace stále mnoho osob volí přepravu vlastním automobilem (kapitola 4.3.4), na kterou je možné žádat příspěvek od státu (viz. kapitola 2.2.2).

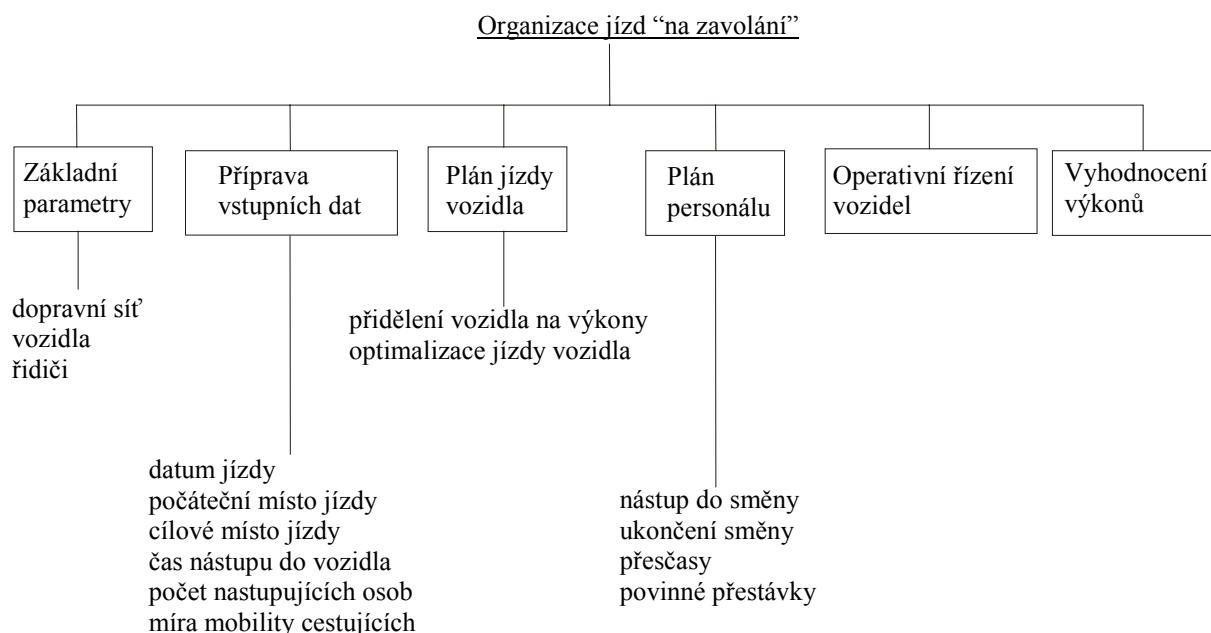
Ve větších městech České republiky vzniká jako doplněk veřejné dopravy speciální služba "doprava na zavolání" určená pro osoby s omezenou schopností pohybu a orientace (kapitola 2.4.1, 3.2.2, 4.3.3). Důležitou částí organizace "dopravy na zavolání" je určování tras jízd vozidel vyhovující přijatým objednávkám se snahou spojit objednávky do společné jízdy. Spojením více objednávek do společné jízdy dochází k úsporám zdrojů (finančních i materiálových) a přitom je zachován individuální přístup k cestujícím. Trasu jízdy vozidla určuje zpravidla dispečer, který zpravidla využívá svých znalostí oblasti, ve které je doprava provozována, potřeb přepravovaných osob a svých kombinatorických schopností.

V současné době dispečerů nemají žádný nástroj, založený na matematickém rozboru úlohy trasování, pro podporu určování tras jízdy vozidel „na zavolání“. Proto se v disertační práci dále zabývám formulací úlohy trasování vozidel v systému jízdy „na zavolání“, jejím matematickým modelem a vytvořením racionální a objektivní podpory pro rozhodování v oblasti „slučování“ obsluhy požadavků do společné jízdy.

## 5 SESTAVENÍ VERBÁLNÍHO MODELU JÍZD NA ZAVOLÁNÍ

Základní charakteristika úlohy určení trasy jízdy vozidla na zavolání se skládá především z popisu vozového parku a množiny žádostí na přepravu cestujících. V každé žádosti k přepravě musí být minimálně určeno místo začátku, místo ukončení přepravy, čas zahájení přepravy a počet osob, které mají být touto jízdou přepraveni příp. informace o jejich omezení (přeprava dětského kočárku, osoby na invalidním vozíku apod.). Trasa vozidel se skládá z předem určených žádostí cestujících, které má dané vozidlo zabezpečit. Trasa vozidla musí být sestavena tak, že pro danou žádost bude vozidlo přistaveno do počátečního místa a poté navštíví místo ukončení dané přepravy.

Existuje více variant realizace provozu této speciální dopravy od méně náročného způsobu organizace až po plně automatizovaný. Přehled základních činností dispečera spojených s určením trasy jízdy vozidel na zavolání je patrný z obr. 5.1. Podle konkrétní charakteristiky provozních podmínek dopravy na zavolání je třeba určit vhodný algoritmus pro vyhledání optimální trasy jízdy vozidel.



Obr. 5.1 Přehled organizace zajištění jízd na zavolání

### 5.1 CHARAKTERISTIKA PROBLÉMU

#### 5.1.1 Velikost vozového parku

Pro všechny dopravní problémy zabývající se určením trasy jízdy vozidel je důležité zda je pro přepravy k dispozici pouze jedno vozidlo, nebo více vozidel stejné nebo odlišné kapacity. V případě určování tras jízd více než jednoho vozidla stejného typu (kapacity) mluvíme o násobném dopravním problému.



Základem metody řešící násobný problém okružních jízd je rozdělení obsluhovaných míst mezi jednotlivá vozidla a následné hledání okružní jízdy pro jednotlivá vozidla. Tato metoda však není příliš úspěšná. Úlohy okružních jízd se řeší pomocí heuristických metod, kde mezi nejúspěšnější metody patří Clark-Wrightova (viz. kapitola 6.2.1, obr. 6.1). Pro různé modifikace zadání úlohy existuje celá řada modifikací Clark-Wrightovy metody pro její řešení.

### 5.1.2 Statický versus dynamický model sestavování tras jízdy vozidel

Model problému, který je nejdříve úplně popsán a potom vyřešen, nazýváme statickým modelem. Tato situace odpovídá reálnému systému, který sbírá od zákazníků požadavky na cestu v dostatečném časovém předstihu, tak aby vozidlo znalo úplnou trasu jízdy ještě před výjezdem z depa. Žádná žádost v tomto systému není přijata poté, kdy vozidlo vyjede na svou jízdu. Dynamický model dovoluje zákazníkům podávat požadavky na jízdu i poté, kdy vozidlo již vyjelo na svou jízdu.

Přijímání požadavků na přepravu tvoří deterministický proces, který je dále zpracován v statickém nebo dynamickém modelu. Obecně platí, že optimalizace trasy jízdy vozidla postupným vkládáním jednotlivých požadavků (dynamický model) do již existující trasy vyžaduje méně složitý algoritmus, než model statický.

### 5.1.3 Optimalizace

Existuje velká rozmanitost v cílech, jejichž splnění přinese zákazníkovi a provozovateli dopravy největší užitek. Funkce, optimalizující dopravní problémy, se snaží cíle dopravce a požadavky cestujících formovat do matematického modelu. Záleží především na ekonomických ukazatelích, které určují důležitost jednotlivých cílů. Mezi nejčastější optimalizační funkce patří:

- Minimalizace počtu vozidel.  
Kupní cena vozidel může být vysoká. Zvýšení počtu vozidel ve vozovém parku má vliv na zvyšování nákladů a může si vyžádat růst jízdného.
- Minimalizace délky cesty.  
V celém dopravním systému se na způsobu hledání trasy jízdy projevuje snaha najít trasu, která bude vyhovovat zadaným požadavkům a zároveň bude minimalizovat náklady. Jedním z možných kritérií hodnocení navrhované trasy je délka trasy. Délka trasy může být charakterizována počtem ujetých kilometrů, časovou náročností, spotřebou paliva. Délka trasy je posuzována ve fyzikálních mírách.
- Maximalizace spokojenosti zákazníka.  
Předpokladem pro využívání dopravních služeb občany je spokojenost zákazníků s nabízenou službou. Důležité z tohoto pohledu je sledování spokojenosti občanů s kvalitou nabízené služby. Míra spokojenosti zákazníků může být různá podle rozmanitosti pohledů na dopravu a odlišnosti potřeb a nároků daných jedinců. Zákazník například často hledá dopravu podle minimálního celkového cestovního času, odchylky od sjednaného času, nebo podle pocitu bezpečnosti a komfortu. Tato kritéria mohou být pro zákazníka různě důležitá.

- Maximalizace budoucích možností příjmu žádostí.  
V dynamickém modelu, kdy přijímáme objednávky na přepravu a současně hledáme optimální trasu je, nutné znát odhad budoucí přepravy. Trasy jízd vozidel musí být méně vytížené vzhledem ke stálým zákazníkům a jejich budoucím žádostem na přepravu.

#### 5.1.4 Dodatečná omezení

V skutečných případech se musí při sestavování modelu úlohy uvažovat ještě s dalšími omezeními. Tato omezení jsou nutná např. pro rozšíření úlohy určování trasy jízdy jednoho vozidla (úlohy obchodního cestujícího) na úlohu navrhování tras jízd více vozidel, nebo vychází z fyzikální podstaty popisovaného systému, nebo jsou nutná pro doplnění modelu spojená s použitou metodou. Mezi dodatečná omezení patří:

- Časová okna. Časová okna specifikují rozsah času během kterého vozidlo musí obsloužit zákazníka tak, že místo počátku předchází na trase místo cíle cesty. Při sestavování modelu je možné připustit porušení omezení a každé takové porušení penalizovat. Nebo je možné trvat na dodržování daných omezení tak, že časová okna nemůžeme nikdy porušit.
- Kapacita vozidel. Každý požadavek na přepravu vyžaduje nárok na určitou kapacitu vozidla. Cestující mohou být méně pohybliví, na vozíku nebo cestují s doprovodem (může se jednat o matku s kočárkem apod.). V žádném případě nesmí být během jízdy vozidla překročena jeho celková kapacita a během objednávání přepravy musí být uvedeny nároky, které mají vliv na kapacitu vozidla.
- Dopravní oběhy. Každé vozidlo vozového parku potřebuje periodickou údržbu a bezpečnostní prohlídky. Silniční vozidla musí projít pravidelnou kontrolou technického stavu po určité době provozu, nebo po určitém počtu provozních hodin. Provozní řády pro údržbu mohou vyjmout část vozidel z denního plánu jízd, ale údržba vozidel nesmí ovlivnit každodenní činnost vozového parku jako celku.
- Pracovní doba zaměstnanců. Posádky vozidel jsou povinny plnit své povinnosti během pracovní doby.
- Omezení spotřebou pohonných látek. V některých situacích, např. ve veřejné dopravě, vozidlo odjíždí z depa s plnou nádrží pohonných hmot a během jízdy nemůže dotankovat dokud se nevrátí do depa. Omezení stavem pohonných hmot nutí k přerušení trasy v určitém okamžiku tak, aby vozidlo mohlo dotankovat pohonné hmoty.

## 5.2 VERBÁLNÍ FORMULACE ÚLOHY

Problematiku určování tras vozidel na zavolání můžeme verbálně popsat takto:

V dané lokalitě (město, kraj atd.) je třeba podle předběžných objednávek sestavit trasy jízd vozidel tak, aby cestující byli přepraveni z místa nástupu do místa výstupu v čase, který požadují. Popis fungování dopravy na objednání resp. zavolání (systém *Dail-and-Ride*) je podrobně popsán v kapitole 4.3.3 Speciální doprava.

S ohledem na organizační, technické a technologické možnosti přepravce existuje více způsobů, jak přidělit jednotlivé požadavky k vozidlům a určit jednotlivé jízdy vozidel. Je potřebné určit z možných variant tu, která je nejvýhodnější z pohledu zvoleného kritéria např. ujetých kilometrů, nebo vytížení vozidel.

Výstupem z úlohy je stanovení denního plánu tras jízdy pro všechna vozidla, která jsou v daném dni k dispozici. Při řešení je třeba klást důraz na směr jízdy vozidel vzhledem k požadavkům cestujících na přepravu.

K zajištění objednaných přeprav může být k dispozici jedno vozidlo, více vozidel různého typu nebo více vozidel stejného typu. Kapacita vozidel je charakterizována počtem míst pro vozičkáře, chodící cestující s pohybovým omezením, doprovod a prostoru pro přepravované věci např. kočárek, cestovní tašky. Pro stanovení tras jízdy vozidel jsou předem známy následující podklady:

- místo nástupu cestujícího do vozidla,
- místo výstupu cestujícího z vozidla,
- den, hodina a minuta požadavku na začátek přepravy cestujícího (popř. hodina a minuta, kdy cestující požaduje být v místě ukončení přepravy),
- předpokládaná doba zdržení při nástupu resp. výstupu handicapovaného cestujícího do/z vozidla,
- graf znázorňující oblast, v které se uskutečňuje objednaná přeprava,
- matice přímých vzdáleností příp. distanční matice,
- vzdálenost mezi místy nástupů a výstupů jednotlivých přeprav,
- předpokládaná průměrná rychlost jízdy vozidel,
- kapacita vozidel (počet míst pro vozičkáře a chodící cestující).

Sledovaná lokalita může být zadána mapou území (tedy hranově ohodnoceným orientovaným nebo neorientovaným grafem, kde místa nástupu a výstupu cestujících představují vrcholy a ohodnocení hran grafu udává délku úseků např. v kilometrech) maticí vzdáleností, maticí nákladů apod.

Rozvozovou trasou pak rozumíme posloupnost míst nástupů a výstupů cestujících. Jednotlivé trasy vozidel musí splňovat následující omezující podmínky:

- čas příjezdu vozidla k místu nástupu cestujícího nesmí být pozdější než čas požadavku cestujícího na začátek přepravy,
- počet cestujících v každém okamžiku musí vyhovovat kapacitě vozidla v počtu vozičkářů a chodících cestujících,
- každý z cestujících patří přesně k jedné trase (nejsou povoleny přestupy).

Požadavek optimalizace při určování tras jízdy vozidel podle objednávky na zavolání je základní a prvořadý při současném maximálním respektování požadavků cestujících na začátek resp. konec přepravy.

Postup hledání optimální trasy jízdy vozidel na zavolání spočívá v nalezení tras, které respektují požadavky cestujících na přepravu. V případě existence více takových tras hledáme řešení, které přináší nejvýhodnější hodnotu srovnávacího kritéria (optimalizační funkce) viz. kapitola 5.1.

Při řešení úlohy optimální trasy jízdy vozidel na zavolání se nabízí několik optimalizačních kritérií, kterými může např. maximální využití vozidel, minimalizace nákladů

na přepravu, minimalizace celkových najetých kilometrů apod. Při sestavování modelu lze uvažovat s různými přístupy k řešení problému, a to z pohledu:

- statického pojetí problematiky,
- dynamického pojetí problematiky,
- hybridního pojetí problematiky.

Statický model řešení problematiky předpokládá, stanovení termínu ukončení objednávání jízd ve stanoveném čase např. den před jízdou do 22:00 hod. Po ukončení objednávek se vyhodnotí jednotlivé požadavky na jízdy a provede se optimalizace tras jízd vozidel, která budou v daném dni nasazeny do provozu. Cestující po ukončení objednávek již nemá možnost připojit svou jízdu ke stanovené trase vozidla.

Dynamický model pracuje v reálném čase zároveň se vznikajícími objednávkami na jízdy. Dynamický model více připomíná podmínky z praxe, cestující není vázán časem ukončení objednávek a dochází tak ke zvýšení kvality nabízené služby na zavolání.

Hybridní model je kombinací předchozích dvou způsobů organizace jízd na zavolání. Takový model např. vyžaduje termín ukončení objednávek, po jehož vypršení se provede optimalizace tras jízdy vozidel na následující období (den). Cestující, který si chce jízdu objednat po uzávěrce objednávek může být obsloužen pokud jeho požadavek na jízdu neovlivní naplánovanou trasu jízdy vozidla. Přesněji řečeno neomezí požadavky cestujících, které již byly zařazeny do trasy jízdy vozidla.

## 6 METODY ŘÍZENÍ A ROZHODOVÁNÍ SVOZNĚ ROZVOZNÝCH ÚLOH

Klasifikace dopravních úloh vychází z obecných charakteristik úloh řešících optimalizace na dopravních sítích. Rozdělení přepravních a rozvrhových úloh v dopravě je možné provést podle tab. 6.1, kde jsou uvedeny základní prvky popisující dopravní model [JAN1], [BRA].

1.	Čas uspokojování požadavků	čas je pevně určen čas je určen časovým intervalem čas není určen
2.	Počet středisek obsluhy	jedno středisko více než jedno středisko
3.	Velikost vozového parku	jedno vozidlo více vozidel neomezený počet vozidel
4.	Vozový park	homogenní heterogenní
5.	Garážování dopravních prostředků	jediné depo více dep volné garážování
6.	Povaha poptávky	deterministická neurčitá / stochastická částečné uspokojení požadavků
7.	Umístění poptávky	v uzlech na hranách kombinovaně
8.	Typ dopravní sítě	orientovaná neorientovaná smíšená
9.	Omezení kapacity dopravních prostředků	pro všechna vozidla stejná pro různé typy vozidel jiná neuvažováno
10.	Omezení maximální dobou pro jízdu jedné trasy	zahrnut – pro všechny trasy stejná – pro různé trasy různý nezahrnut
11.	Operace prováděné u zákazníka	pouze nástup pouze výstup kombinace
12.	Náklady	variabilní náklady fixní náklady
13.	Kritérium kvality řešení	minimalizace maximalizace

Tab. 6.1 Přehled charakteristik dopravních modelů

Obecně je možné úlohy řešící praktické dopravní problémy rozdělit na několik základních skupin podle druhu problému, který řeší:

- problémy výběru hran nebo vrcholů – souvisí s vytvořením schématického modelu pomocí grafu.
- problémy stanovení tras – cílem je určit optimální trasu vozidel tak, aby byla minimalizována účelová funkce a zároveň byly dodrženy všechny omezující podmínky. Zadány jsou požadavky systému (např. navštívit určité vrcholy), počet vrcholů grafu, počet dep, počet a kapacita vozidel, matice vzdáleností mezi vrcholy grafu apod.
- problémy časových rozvrhů – časové rozvrhy se mohou týkat vozidel, posádek nebo shrnují oba problémy. Účelovou funkcí bývá obvykle minimalizace celkového času, který vozidlo stráví na trase nebo minimalizace nákladů na odměny pracovníků.
- problémy nasazování vozidel, tvorba oběhových rozvrhů – jsou úlohy určující přidělování úkolů jednotlivým prvkům systému, jedná se o tzv. vykonavatelské rozvrhy. Dopředu je již známo co, kde, kdy a co se má dělat a zbývá určit vykonavatele jednotlivých činností např. které vozidlo a který řidič pojedou konkrétní jízdu.

Do této skupiny problémů také patří optimalizace parku vozidel, abychom totiž mohli úspěšně rozvrhovat úkoly vozidlům, musíme mít adekvátní park vozidel.

- kombinované problémy.

Při řešení rozhodovacích problémů je kritickým místem přechod od verbálního modelu k jinému modelu, který umožní jeho exaktnější řešení. Nejčastěji se používá matematický model, který vyjádří verbální model pomocí matematických výrazů a formulací. Způsob přepisu závisí na výběru matematické disciplíny, pomocí které bude problém řešen.

V druhé polovině minulého století došlo k mohutnému rozvoji disciplíny nazvané operační výzkum. Pojem operační výzkum zahrnuje celou řadu relativně samostatných disciplín, které se od sebe liší typy používaných modelů a tím i různými přístupy k jejich řešení. Jedním z možných členění metod operačního výzkumu je dělení na modely deterministické a modely stochastické. S použitím metod operačního výzkumu se můžeme setkat při organizaci i rozhodovacích činnostech u všech druhů dopravy, v technických, ekonomických aj. oborech.

S deterministickými modely pracují mimo jiné obory matematického programování z nichž často používané jsou metody lineárního programování a teorie grafů. Matematické (lineární, nelineární) programování poskytuje matematické metody pro efektivní nalezení extrému zvoleného kritéria na množině všech přípustných variant daných omezeným množstvím prostředků. Druhou velice často používanou disciplínou je teorie grafů. Pomocí grafů lze poměrně jednoduše modelovat různé reálné systémy např. silniční, železniční, telekomunikační aj. systémy. Pomocí grafu můžeme projekt přehledně analyzovat.

Metody teorie grafů a lineárního programování se velice často používají pro nalezení optimálního nebo suboptimálního řešení přepravních a rozvrhových úloh. Podle charakteristických znaků je možné metody, řešící přepravní a rozvrhové úlohy, rozdělit do následujících sedmi skupin [BOD]:

- metody prioritního shlukování (Cluster first-route second) – jsou heuristické metody založené na dekompozici úlohy. V první části řešení jsou zákazníci rozděleni do shluků, které je možné obslužit jízdu jediného vozidla. Zanedbají se tedy podmínky související

s trasou vozidla. V druhé části se pro jednotlivé shluky zákazníků řeší úloha nalezení nejlepší trasy.

- metody prioritního trasování (Route first-cluster second) – jsou heuristické dekompoziční metody, které v první části řešení opomíjí kapacitní podmínky jednotlivých vozidel. Nalezená trasa je následně upravena, tak aby vyhovovala kapacitním možnostem vozidel.
- metody výhodnostních koeficientů a vsouvání (Savings/insertion) – postupně sestavují trasu postupným vsouváním zákazníků do současné nepřipustné trasy, nebo spojováním několika přípustných okružních jízd v jednu. V obou případech dokážeme určit hodnotu koeficientu odhadujícího důsledek zařazení zákazníka, nebo spojení jízd pro hodnotu účelové funkce.
- výměnné metody (Improvement exchange) – jsou heuristické metody zlepšující současné řešení tak, že vyjmou část trasy a vsunou ji na jiné místo trasy tak, aby výsledná trasa měla menší hodnotu účelové funkce.
- metody využívající matematického programování (Mathematical programming methods) – jsou heuristické postupy, kdy je provedena dekompozice úlohy stejně jako v předchozích skupinách. Vzniklé jednodušší podúlohy se řeší exaktně pomocí prostředků matematického programování.
- interaktivní metody (Man-machine approach) – jsou spíše přístupy založené na spolupráci člověka s počítačem.
- přesné metody (Exact methods) – jedná se o metody matematického programování, které využívají principu větví a hranic. Tyto metody využívají specifik řešených úloh k rychlému získání dobrého odhadu dolní hranice hodnoty účelové funkce.

Při matematickém modelování se často objevují modely, které jsou natolik složité, že nejsme schopni přesně sestavit matematický model, nebo nedokážeme přesně definovat některé pojmy. Při použití přirozeného jazyka tato neurčitost není překážkou, protože jednou z jeho vlastností je vágnost. V polovině minulého století vznikl matematický aparát – fuzzy logika – zobecňující teorii množin, který umožňuje jistým způsobem modelovat vágnost.

Popis výše uvedených matematických disciplín, jejich základních pojmů a algoritmů, které jsou použity při návrhu řešení problematiky určování tras jízd vozidel na zavolání je uveden v následujících podkapitolách.

## 6.1 MATEMATICKÉ PROGRAMOVÁNÍ – LINEÁRNÍ PROGRAMOVÁNÍ

Podrobný popis matematického „zázemi“ řešení úloh lineárního programování je možné nalézt v následující literatuře [DAN], [JAN2], [PLE], [PLE1], [HAV] a dalších.

Lineární programování se zabývá úlohami, které hledají extrémy lineárních funkcí více proměnných. Specifikace těchto úloh spočívá v tom, že jde o extrémy funkcí vázaných podmínkami ve tvaru lineárních rovnic a nerovnic. Obecný zápis modelu úlohy pro řešení pomocí lineárního programování se skládá ze tří částí. První část modelu (1) vyjadřuje hodnotící kritérium tzv. účelovou funkci, druhá část modelu (2) specifikuje soubor omezujících podmínek, které vymezují množinu přípustných řešení úlohy a třetí část modelu (3) formuluje podmínky, které vyjadřují např. omezení proměnných, nezápornost.

Obecně je možné model lineárního programování zapsat následujícím způsobem:

$$\text{minimalizuj (resp. maximalizuj)} \quad f(x) = \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad (1)$$

$$\text{za podmíněk} \quad \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = b_i \quad i = 1, \dots, m \quad (2)$$

$$x_j \geq 0 \quad j = 1, \dots, n \quad (3)$$

kde  $c_j$  ..... je prvek  $n$ -složkového řádkového vektoru ohodnocujících koeficientů příslušející  $j$ -té proměnné,

$x_j$  ..... je prvek  $n$ -složkového sloupcového vektoru proměnných modelu

$b_i$  ..... je prvek  $m$ -složkového sloupcového vektoru hodnot pravých stran příslušející  $i$ -tému vlastnímu omezení,

$a_{ij}$  ..... je prvek matice koeficientů proměnných modelu o rozměru  $m \times n$  vyjadřující vztah mezi  $i$ -tým činitelem a  $j$ -tým procesem.

Pro řešení úloh lineárního programování byla s využitím Jordanovy modifikace Gaussovy eliminační metody pro řešení soustav lineárních algebraických rovnic odvozena iterační simplexová metoda.

Princip simplexové metody je možné shrnout do následujících kroků:

- 1) Nalezneme výchozí přípustné bazické řešení úlohy lineárního programování, které je krajním bodem množiny přípustných řešení. Z tohoto krajního bodu vychází konečné množství hran množiny přípustných řešení, z nichž každá buď:
  - obsahuje jediný další krajní bod množiny přípustných řešení,
  - nebo je tato hrana neohraničená.
- 2) Jestliže na neohraničené hraně existuje bod, pro který je hodnota účelové funkce výhodnější než pro současné řešení pak úloha nemá optimální řešení. V opačném případě hledáme sousední krajní bod množiny přípustných řešení, pro který hodnota účelové funkce je nižší (vyšší). Přejdeme k novému přípustnému bazickému řešení, které má nižší (vyšší) hodnotu účelové funkce.
- 3) Druhý krok opakujeme do okamžiku, kdy již nelze nalézt přípustné bazické řešení s nižší (vyšší) hodnotou účelové funkce. Poslední nalezené přípustné bazické řešení je optimálním řešením zadané úlohy.

Popsaný postup v případě nedegenerované úlohy (tj. řešení ve kterém právě  $m$  proměnných nabývá nenulové hodnoty) končí po konečném počtu kroků, což je zaručeno tím, že existuje pouze konečné množství krajních bodů množiny přípustných řešení, které procházíme.



## 6.2 TEORIE GRAFŮ

V této kapitole se zaměřím na metody teorie grafů, které je možné použít k určování tras jízd vozidel na zavolání. Požadovaným výstupem těchto úloh je stanovení trasy pro každé vozidlo, jeho jízdní řád apod. Pro každou trasu se musí přesně stanovit sekvence míst, která mají být navštívena, časový harmonogram pak udává konkrétní časové okamžiky, kdy má být uspokojen požadavek jednotlivých míst – takové úlohy se nazývají okružní jízdy.

Úloha určování tras jízd vozidel na zavolání je kombinovaným problémem spojujícím oblast časových a prostorových problémů. Při řešení těchto problémů je nutné uvažovat požadavky časové i prostorové současně. Kromě jízd na zavolání jde např. o časové a prostorové rozvrhování tras školních autobusů, městských čistících vozů apod.

*Graf* je model reálného systému, který je možno znázornit pomocí vrcholů (prvky systému znázorněné jako kroužky) a hran (čáry popisující vazbu mezi prvky systému). Hrana vždy spojuje dva vrcholy a je buď orientovaná, nebo neorientovaná. U hran orientovaných rozlišujeme počáteční a koncový vrchol a říkáme, že hrana vede z počátečního do koncového vrcholu. Neorientované hrany chápeme jako symetrické spojení dvou vrcholů. Grafem můžeme vyjádřit vztah (pomocí hran) mezi dvojicemi prvků (vrcholy grafů) nějaké množiny – tzv. binární relaci.

Definice použitých pojmů z teorie grafů je možné nalézt např. v publikaci [DEM], [VOL], [SED], [NEC], [NES], [KRI].

### 6.2.1 Okružní jízdy

Jedním ze způsobů organizace dopravy na zavolání je svoz/rozvoz cestujících z/do různých zdrojů do/z jednoho místa (střediska např. nákupní centrum, stacionář, rehabilitační centrum). Takový způsob obsluhy se nazývá Many–To–One. V tomto případě vrcholy grafu představují „zastávky“ vozidla tj. místa pro výstup resp. nástup cestujícího a hrany grafu znázorňují silniční komunikace mezi nimi. Dále graf obsahuje vrchol představující středisko z/do kterého je proveden svoz/rozvoz. Cílem je určit posloupnost obsluhy zákazníků při svozu/rozvozu zákazníků při respektování omezujících podmínek např. kapacita vozidla a optimalizaci hodnotící funkce. Tuto typickou úlohu okružních jízd je možné rozšířit o další podmínky např. násobná úloha s více vozidly, časová okna pro obsluhu vrcholů.

Okružní jízdy patří v teorii grafů mezi úlohy o hledání nejkratší cesty. Lze je řešit pomocí exaktních, nebo heuristických metod. Protože náročnost výpočtu se vzrůstající dimenzí úlohy značně roste, ustupuje se zejména u rozsáhlých úloh od výpočtu pomocí exaktních metod a dává se přednost metodám heuristickým.

Jeden z neznámějších heuristických algoritmů vypracovali v roce 1963 Clarke a Wright. Tento algoritmus je pak dále rozvinut v metodě podle Tillmana a Caina. Další významný algoritmus publikovali v roce 1973 Lin a Kernighan.

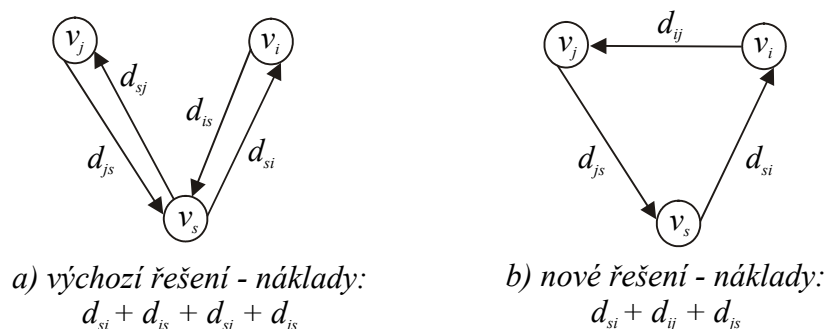
#### *Clark-Wrightova metoda*

Výchozí řešení je tvořeno soustavou kyvadlových jízd tvaru středisko–zákazník–středisko (obr. 6.1 část a). Algoritmus přechází od aktuálního řešení k lepšímu tak, že při respektování kapacitní podmínky vozidla spojí dvě aktuální jízdy v jednu.

U spojených jízd se dále rozlišují krajní a vnitřní zákazníci. Krajní zákazníci jsou ti, kteří jsou v jízdě navštíveni jako první (středisko-zákazník) nebo jako poslední (zákazník-středisko). Vnitřní zákazníci jízdy naopak v trase nejsou přímo spojeni se střediskem.

Spojení dvou jízd v algoritmu je provedeno mezi dvěma krajními zákazníky  $v_i$  a  $v_j$  dvou různých jízd tak, že jsou zrušeny přejezdy od těchto zákazníků k středisku  $v_s$  a je doplněn přejezd z  $v_i$  do  $v_j$  (obr. 6.1). Potom je úspora na celkové délce trasy vozidla rovna  $d_{is} + d_{sj} - d_{ij}$ , kde  $d_{ij}$  je ohodnocení úseku mezi vrcholem  $v_i$  a  $v_j$ .

Podrobně je algoritmus popsán např. [JAN1], nebo [CER1].



Obr. 6.1 Clark-Wrightova metoda

### 6.2.2 Metody síťové analýzy

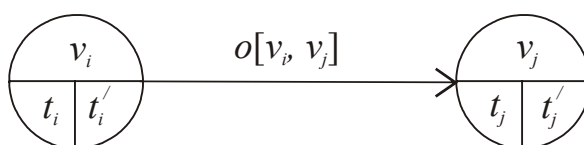
Jiným způsobem organizace dopravy na zavlání je svoz/rozvoz cestujících z/do různých zdrojů/cílů. Takový způsob obsluhy se nazývá Many-To-Many. K optimalizaci takového způsobu organizace dopravy je možné použít metody síťové analýzy – přesněji časovou analýzu projektu např. metodu CPM, nebo metodu PERT. Algoritmus metody CPM a PERT je popsán v [VOL], [WAL], [ZUC]. V síťové analýze je modelem systému síť, vyjadřující časovou a věcnou návaznost jednotlivých činností projektu. Vrcholy sítě představují časové okamžiky ukončení/začátku dílčí činnosti (obr. 6.2). Hrany síťového grafu znázorňují dílčí činnost projektu a její ohodnocení udává dobu trvání dané činnosti. V síťovém grafu modelujícím dopravu na zavlání každá hrana představuje jeden objednaný požadavek na přepravu. Ohodnocení hrany udává nutnou dobu trvání dílčího požadavku – čas nutný pro vykonání objednané přepravy. Každý síťový graf obsahuje právě jeden vrchol v kterém hrany pouze začínají tzv. pramen – to je okamžik začátku celého procesu (vozidlo vyjíždí z depa). Síťový graf obsahuje také právě jeden vrchol do kterého hrany pouze vchází tzv. ústí – znázorňuje okamžik ukončení celého procesu (vozidlo se vrací do depa).

Metody časové analýzy se dělí podle způsobu určení dob trvání dílčích činností projektu. Doba trvání činnosti je pevně určená (ze zkušeností je možné přesně určit dobu trvání činnosti), nebo je považována za náhodnou proměnnou a doba jejího trvání je odhadnuta pomocí tří časů – neoptimističtější, nejpessimističtější a nejpravděpodobnější doby trvání činnosti.

Úlohou časové analýzy projektu je určit následující veličiny:

1. Dobu nejdříve možného ukončení celého procesu –  $T$ . Celková doba trvání projektu je dána součtem ohodnocení hran na maximální dráze mezi počátečním a koncovým vrcholem projektu.

2. Určit dílčí činnosti, které nazýváme kritické činnosti. Kritické činnosti na sebe navazují a tvoří maximální dráhu v síťovém grafu mezi počátečním a koncovým vrcholem projektu. Prodloužením doby trvání kritické činnosti o libovolné kladné  $e$  dojde k prodloužení doby trvání projektu (hodnoty  $T$ ) o  $e$ .
3. Pro každou dílčí činnost  $[v_i, v_j]$  projektu určit čas nejdříve možného začátku realizace dílčí činnosti  $t_i$  a čas nejpozději nutného ukončení dílčí činnosti  $t_j'$  tak, aby nebyla narušena minimální doba trvání procesu  $T$ .
4. Pro každou dílčí činnost určit časové rezervy, v kterých můžeme měnit začátek, konec nebo trvání dílčí činnosti tak, aby nebyla změněna celková doba trvání projektu. Časové rezervy dílčích činností rozdělujeme podle způsobu výpočtu na celkovou časovou rezervu  $R_{ij}^c = t_j' - t_i - o[v_i, v_j]$ , volnou časovou rezervu  $R_{ij}^v = t_j - t_i - o[v_i, v_j]$ , nezávislou časovou rezervu  $R_{ij}^n = t_j - t_i' - o[v_i, v_j]$  a závislou časovou rezervu  $R_{ij}^z = t_j' - t_i' - o[v_i, v_j]$ .



- $v_i, v_j$  ..... vrchol síťového grafu  
 $t_i, t_j$  ..... čas nejdříve možného začátku činností vycházejících z vrcholu  $v_i, v_j$   
 čas nejdříve možného ukončení činností končících ve vrcholu  $v_i, v_j$   
 $t_i', t_j'$  ..... čas nejpozději nutného ukončení činností vycházejících do vrcholu  $v_i, v_j$   
 čas nejpozději nutného začátku činností vycházejících z vrcholu  $v_i, v_j$   
 $o[v_i, v_j]$  ... ohodnocení hrany  $[v_i, v_j]$

Obr. 6.2 Síťový graf

Nevýhodou metod síťové analýzy je problematické sestavování síťových grafů pro příslušné vstupní technologické tabulky popisující návaznost jednotlivých činností. Bez přidání tzv. fiktivních činností s nulovou dobou trvání je sestavení síťového grafu ve většině praktických případů neřešitelný problém.

### 6.3 TEORIE FUZZY MNOŽIN A FUZZY MODELOVÁNÍ

V roce 1965 Lotfi A. Zadeh publikoval článek [ZAD], který zahájil rozvoj modifikované teorie množin. Tehdy byl definován základní pojem fuzzy logiky – fuzzy množina. Fuzzy množina je nástroj pro matematický popis vágních (neostrých, nejasných), neurčitých pojmů.

V klasické teorii množin prvek do množiny buďto patří (úplné členství v množině), nebo nepatří (žádné členství v množině). Množina je plně určena prvky, které obsahuje.

Pokud není možné stanovit přesné hranice množiny vymezené vágním pojmem, nahradíme rozhodnutí o úplném nebo žádném členství v množině, částečnou mírou členství vybranou z určité škály. Každý prvek množiny bude mít přiřazenou míru, která vyjadřuje jeho místo a roli v této třídě. Menší míra vyjadřuje, že daný prvek leží na okraji třídy. Tuto míru nazýváme stupněm příslušnosti daného prvku k dané množině. Množina, v níž každý prvek je charakterizován stupněm příslušnosti k této množině, se nazývá fuzzy množina. Funkce, která

každému prvku základní množiny (univerza) přiřadí stupeň příslušnosti se nazývá funkce příslušnosti.

Stupeň příslušnosti nemá nic společného s pravděpodobností. Pokud bychom chtěli mluvit o pravděpodobnosti, museli bychom zkoumat četnost výskytu nějakého jevu. Fuzzy teorie se snaží matematicky popsat realitu s využitím expertních odhadů, které vycházejí spíše z intuice než z odhadu pomocí relativních četností.

V následující části jsou uvedeny základní pojmy a jejich definice z teorie fuzzy množin, které jsou použity k sestavení modelu slučování více objednávek do jedné jízdy. V kapitolách 6.3.1 a 6.3.2 jsou použity definice z literatury [JUR], [BRE], [BIL], [NOV], [WW3].

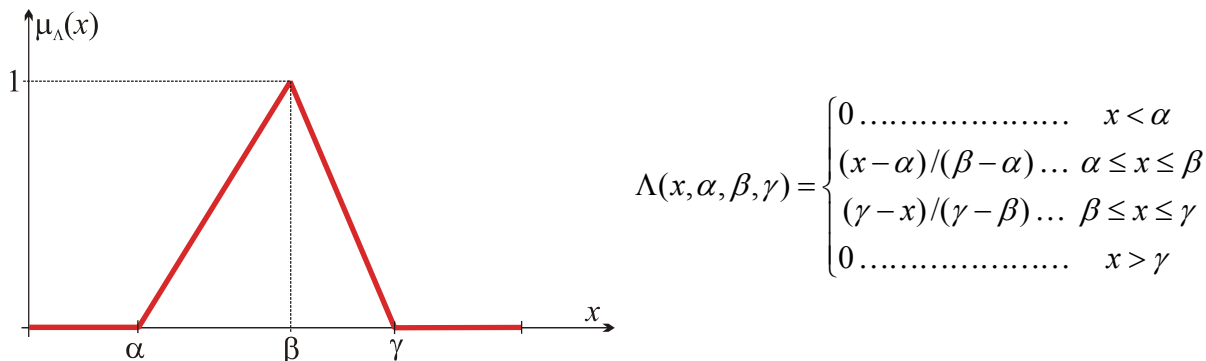
### 6.3.1 Fuzzy množiny

Fuzzy množina  $F$  je jednoznačně určena hodnotou funkce příslušnosti  $\mu_F(x)$  pro každé  $x \in U$ , tedy množinou dvojic  $(x, \mu_F(x))$ , kde  $\mu_F(x) \in [0, 1]$ :

$$F = \{(x, \mu_F(x)) / x \in U\}.$$

Funkce příslušnosti  $\mu_F$  fuzzy množiny  $F$  je tedy funkce  $\mu_F : U \rightarrow [0, 1]$ . Říkáme pak, že každý prvek  $x \in U$  má stupeň příslušnosti  $\mu_F(x) \in [0, 1]$ .

Tvar funkce příslušnosti může být různý. Z důvodů snadnosti interpretace i výpočtů jsou nejčastěji užívány tvary funkcí příslušnosti sestavené z po částech lineárních funkcí příslušnosti, např.  $\Gamma$ -funkce, L-funkce,  $\Lambda$ -funkce,  $\Pi$ -funkce. Průběh a definice  $\Lambda$ -funkce je ukázán na obr. 6.3.



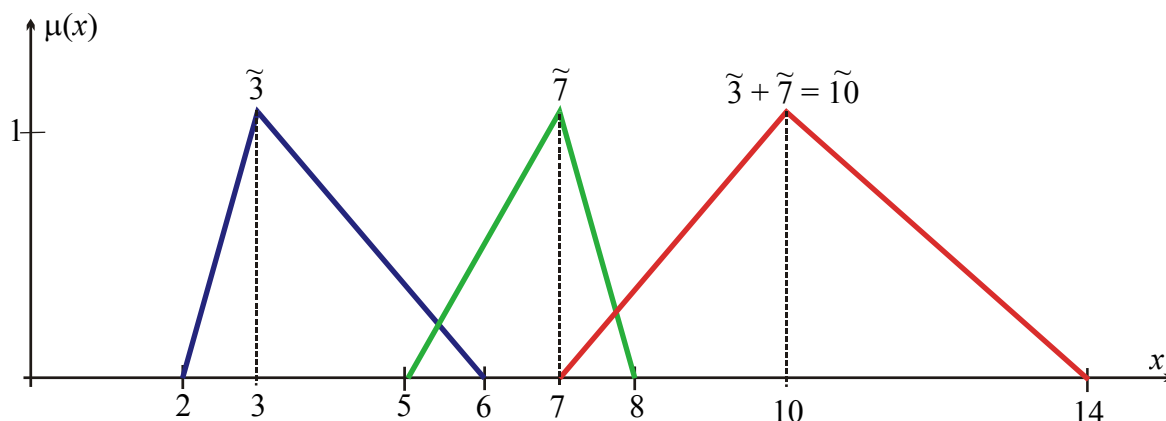
Obr. 6.3 Průběh a definice  $\Lambda$ -funkce

Na obr. 6.4 je ukázán součet fuzzy množiny  $M$ , která je fuzzy číslem s funkcí příslušnosti  $\Lambda(x_1, 2, 3, 6)$  a fuzzy množiny  $N$  s funkcí příslušnosti  $\Lambda(x_2, 5, 7, 8)$ . Výsledkem součtu těchto fuzzy množin je fuzzy množina  $Y$  s funkcí příslušnosti  $\Lambda(y, 7, 10, 14)$ . Vypočteme ji podle některého z možných vztahů pro součet fuzzy množin:

$$\mu_{\tilde{m}+\tilde{n}}(y) = \sup_{x_1, x_2 / y=x_1+x_2} \min(\mu_{\tilde{m}}(x_1), \mu_{\tilde{n}}(x_2)) = \sup_{x_1 \in R} \min(\mu_{\tilde{m}}(x_1), \mu_{\tilde{n}}(y-x_1)),$$

$$(A \hat{+} B)(x) = \max_{m, n, a=m+n} [\min(A(m), B(n))],$$

$$(A \hat{+} B)(x) = A(x) + B(x) - A(x)B(x) = A(x) \tilde{+} B(x), \text{ atd.}$$



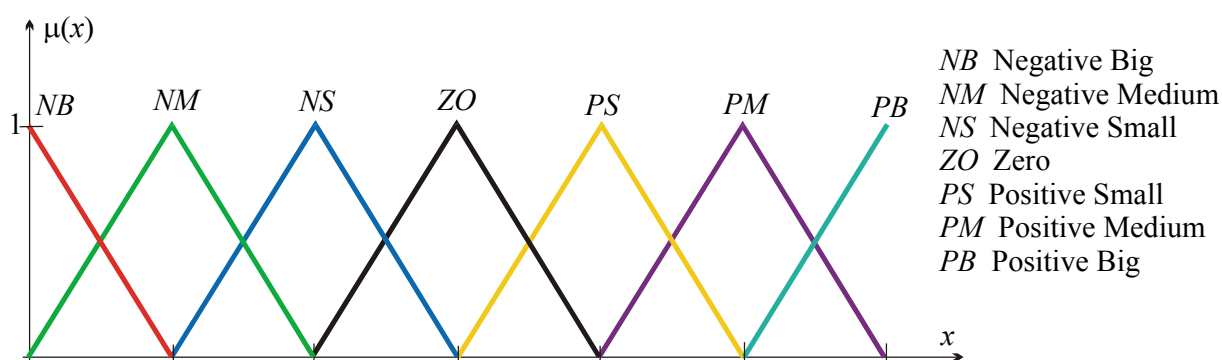
Obr. 6.4 Součet fuzzy množin

Jazyková proměnná je proměnná, jejíž hodnoty (termy) jsou slova nebo věty přirozeného nebo umělého jazyka. Je to např. „doba jízdy“, jestliže její hodnotou jsou slova (jazykové operátory) např. „krátká“, „střední“, „dlouhá“ apod. tedy nikoli číselné hodnoty. Jazykovou proměnnou lze popsat uspořádanou čtveřicí:

$$\langle x, E_x, U_x, M_x \rangle,$$

kde  $x$  je jméno jazykové proměnné,  $E_x = \{L_{x_1}, \dots, L_{x_n}\}$  je množina slovních hodnot jazykové proměnné,  $U_x$  je univerzum a  $M_x: E_x \rightarrow \mu_{L_x}$  je funkce vyjadřující význam slovních hodnot pomocí fuzzy množin.

Pojmenování hodnot jazykové proměnné závisí na fyzikální veličině. Často je zvykem užívat významově nezávislých pojmenování "negativní velký" – *NB* (Negative Big), "negativní střední" – *NM* (Negative Medium), "negativní malý" – *NS* (Negative Small), "nulový" – *ZO* (Zero), "pozitivní velký" – *PB* (Positive Big), "pozitivní střední" – *PM* (Positive Medium), "pozitivní malý" – *PS* (Positive Small). Příklad těchto slovních hodnot a jejich funkcí příslušnosti je na obr. 6.5.



Obr. 6.5 Typické názvy a tvary funkcí příslušnosti slovních hodnot jazykové proměnné

Fuzzy výrok je složen z "proměnné", která je lingvistickou proměnnou, a z hodnoty této proměnné, která je opět slovní a nikoliv číselná. Příkladem fuzzy výroku je: "rychlost jízdy vozidla je malá", "vzdálenost místa A a místa B je velká" apod.

*Fuzzy pravidlo (podmíněný fuzzy výrok)* je úsudek, jehož vstupní i výstupní informace mohou být vágní a je symbolicky vyjádřen výrazem:

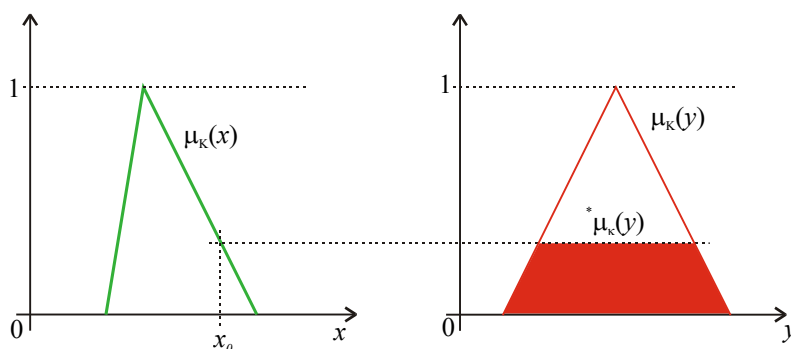
*if (fuzzy výrok) then (fuzzy výrok).*

Tento podmíněný fuzzy výrok představuje implikaci, která není ostrá, jedná se o *fuzzy implikaci*.

Jednotlivé fuzzy výroky mohou být atomické, nebo složené tzn. atomické fuzzy výroky propojené logickými spojkami *and*, *or*, *not*. Fuzzy výrok před částicí "then" je předpokladem (někdy se nazývá premisou, nebo antecedentem). Fuzzy výrok za částicí "then" se nazývá závěrem (někdy také konsekventem) fuzzy implikace.

Pravidlo *if-then* vyjadřuje kauzální vztah mezi fuzzy výroky, který představuje relaci mezi vstupní a výstupní veličinou a je možné jej vyjádřit ve formě fuzzy relace. Tato fuzzy relace pak reprezentuje fuzzy implikaci. Konkrétní forma fuzzy implikace záleží na tom, jakým způsobem je zkonstruována jí odpovídající fuzzy relace (záleží na volbě konkrétní *t*-normy a *s*-normy). Jednou z často používaných typů implikace je implikace Mamdani.

*Implikace Mamdani* vychází z předpokladu, že důsledek může mít maximální stupeň příslušnosti, který má podmínka. Mějme fuzzy množinu  $K$  obsahující prvky  $x$  s funkcí příslušnosti  $\mu_K(x)$ . Pak stupeň příslušnosti naměřené hodnoty premisy  $x_0$  tedy určuje hladinu, která nám „ořízne“ výstupní fuzzy množinu viz. obr. 6.6. Funkce příslušnosti konsekventu pak je  ${}^*\mu_K(y)$ . Obecně je možné toto pravidlo rozšířit na libovolný počet rozhodovacích pravidel.

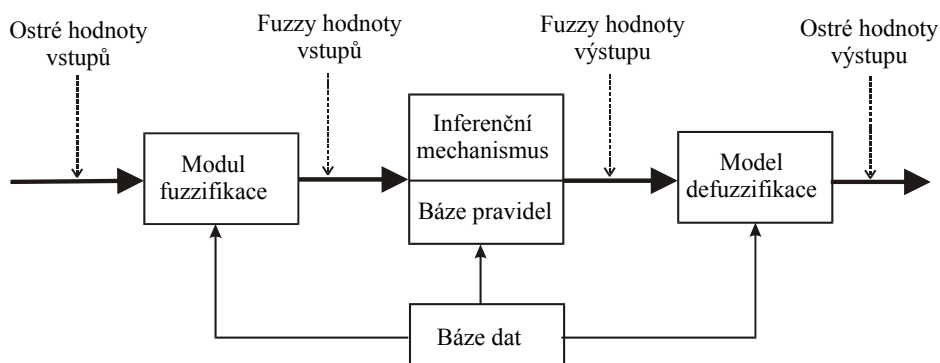


Obr. 6.6 Mamdaniho implikace na jednorozměrné závislosti

### 6.3.2 Fuzzy regulátory a fuzzy modely

Podle klasických teorií je možné úspěšně regulovat (usměrňovat) proces, pokud známe matematický popis regulovaného procesu. U reálných procesů však bývá velmi obtížné najít jejich matematický popis nebo je výsledný popis natolik složitý, že je téměř nemožné navrhnout pro něj klasický regulátor. Pak se přijímají různá zjednodušení a regulace nemusí být uspokojivá. V praxi někdy takovéto procesy reguluje člověk, který ze zkušenosti ví, jak proces regulovat, aniž by k tomu potřeboval znát jeho matematický popis. V takové situaci je vhodné použít fuzzy regulátoru.

Fuzzy regulátor je řídicí algoritmus, který realizuje činnost popsanou pomocí přirozeného jazyka. Popis regulace v přirozeném jazyce je zjednodušen na použití pravidel typu *if-then* (jestliže-pak), která popisují výstup systému při určitých hodnotách vstupů. Práce fuzzy regulátoru se skládá z několika kroků, které jsou schématicky naznačeny na obr. 6.7.



Obr. 6.7 Struktura fuzzy regulátoru

*Modul fuzzifikace* každé ostře naměřené hodnotě z normalizovaného univerza přiřadí stupeň příslušnosti od nuly do jedné. Na fuzzifikaci se může podílet i více fuzzy množin, které odpovídají významu základních termů použitých v pravidlech.

Při fuzzifikaci se nejdříve provede rozklad univerza na jednotlivé nosiče (které bezesbytku pokrývají normalizované univerzum) a následně se převedou ostrá data na fuzzy data. K úspěšné fuzzifikaci je zapotřebí stanovit tvar odpovídajících funkcí příslušnosti. Funkce příslušnosti je často možné definovat předem, nebo je odhadnout z dat. K tomuto účelu bylo odvozeno několik metod z nichž vychází následující pravidla:

1. Pokrytí univerza nosiči jednotlivých fuzzy množin musí být takové, aby jejich sjednocení pokrylo bezesbytku celé univerzum a zároveň ani jeden bod neměl stupeň příslušnosti 0. Proto pro žádný prvek univerza není funkce příslušnosti menší než jisté  $\varepsilon$ .
2. Volba počtu fuzzy množin. Ze studií rozebírajících problém volby počtu fuzzy množin vyplývá, že ve většině případů je vhodné volit nejméně 3 a nejvíce 7 primárních fuzzy množin. V případech, kde dokážeme přesněji rozlišovat počet úrovní je vhodné volit větší počet fuzzy množin a naopak.
3. Tvar funkce příslušnosti pro primární fuzzy množiny je možné předem zvolit. Pokud volíme tvar funkce příslušnosti, vybíráme jej co nejjednodušší, často složený pouze z lineárních úseků např.  $\Lambda$ -funkci,  $\Gamma$ -funkci, L-funkci,  $\Pi$ -funkci.

*Báze dat* obsahuje informace o fuzzy množinách (funkcích příslušnosti), které reprezentují slovní hodnoty jednotlivých jazykových proměnných, a dále obsahuje informace o fyzikálních rozsazích jednotlivých vstupních i výstupních veličin řízeného procesu tj. informace o měřítkách.

*Báze pravidel* je strategie řízení reprezentující řídicí proces ve formě pravidel typu *if-then*. Tato pravidla kvantitativně formulují praktické zkušenosti z řízení daného procesu pomocí slovně definovaných pravidel, kterými je možno realizovat řízení tj. generovat akční veličinu. Při naplňování báze pravidel je nutné definovat následující parametry:

- veličiny reprezentující stav systému a akční zásah do systému (jazykové proměnné),
- množiny termů tj. hodnot jazykových proměnných,
- obsah antecedentů a konsekventů pravidel,
- definovat všechna pravidla *if-then*.

Báze pravidel a báze dat se souhrnně nazývá znalostní báze fuzzy regulátoru.

Pomocí *inferenčního mechanismu* získáváme ze vstupních fuzzy množin a báze pravidel výstupní fuzzy množiny. Existují dva způsoby inferenčního mechanismu, a to kompoziční a individuální.

Kompoziční přístup získává výstupní fuzzy množinu složením (kompozicí) fuzzy relace a vstupní fuzzy množiny. V případě individuálního přístupu je každé pravidlo vyhodnocováno zvlášť a výsledkem je fuzzy množina reprezentující akční zásah odpovídající tomuto pravidlu. Výsledná fuzzy množina odpovídající akčnímu zásahu všech pravidel se získá agregací (fuzzy logické *or*) jednotlivých fuzzy množin.

*Model defuzzifikace* je proces aproximace neostrých termů výstupních proměnných na ostrou hodnotu akční veličiny.

Defuzzifikaci předchází činnost inferenčního mechanismu jehož výsledkem je soubor funkcí příslušnosti pro jednotlivé termy výstupních lingvistických proměnných. Pro praktickou regulaci systému je pak třeba přiřadit výstupním lingvistickým proměnným ostrou hodnotu akční veličiny v přípustném rozsahu.

Defuzzifikační metody je možné rozdělit do dvou skupin. První skupina metod určuje ostrou hodnotu výstupní proměnné výpočtem jako nejlepší kompromis (metody těžiště). Metody těžiště určí ostrou hodnotu výstupní veličiny z průběhů výstupních funkcí věrohodnosti termů jako jejich těžiště. Mezi základní přístupy defuzzifikace pomocí metody těžiště patří Center of Maximum (těžiště singletonů) a Center of gravity (těžiště plochy).

Druhá skupina metod určí ostrou hodnotu výstupní proměnné hledáním přijatelného řešení (metody nejvýznamnějšího maxima). U metod tohoto typu hledáme tzv. přijatelné řešení, které vyhovuje podmínkám daným v rozhodovacích pravidlech, a které vybírá term s největší hodnotou funkce příslušnosti. Tato maximální hodnota pak svým umístěním (v závislosti na zvolené metodě) určí ostrou hodnotu výstupní veličiny.

Pro defuzzifikaci je možné použít ještě řadu jiných metod. Je zřejmé, že každá metoda poskytuje mírně odlišné výstupy, proto použitou metodu volíme s ohledem na druh aplikace.



## 7 ALGORITMIZACE ŘEŠENÉ ÚLOHY

### 7.1 SESTAVENÍ LINEÁRNÍHO MODELU PRO ŘEŠENÍ ÚLOHY DOPRAVY NA ZAVOLÁNÍ

Sestavený model popisuje úlohu sestavy jízd vozidel dopravy „na zavolání“. Je dána množina zákazníků (objednávek)  $J$ , ve které každý zákazník  $k \in J$  požaduje přepravu své osoby příp. sebe a doprovodu apod. Objednávka obsahuje následující údaje:

- $b_k$  – počet přepravovaných osob požadované v  $k$ -té objednávce (požadavek na zajištění volné kapacity vozidla),
- místo nástupu –  $u(k)$  –  $k$ -tého zákazníka, které odpovídá vrcholu dopravní sítě,
- místo výstupu –  $v(k)$  –  $k$ -tého zákazníka, které odpovídá vrcholu dopravní sítě,
- časový interval  $\langle d_k, h_k \rangle$  přistavení vozidla na místo nástupu  $k$ -tého zákazníka (okamžik zahájení přepravy).

Pro přepravu jsou k dispozici vozidla  $r \in R$  s kapacitou  $K_r$ , která vyjíždí ze střediska (depa)  $s \in S$  a do tohoto střediska se na konci jízdy opět vrací. Pro obsluhovanou oblast je sestavená dopravní síť obsahující množinou vrcholů  $J' = \{u(k), v(k) : k \in J\} \cup \{s\}$ , kde pro každou dvojici vrcholů  $i, j$  dopravní sítě je známa délka minimální cesty (vzdálenost) –  $d_{ij}$ . Pro uvažovaná vozidla je třeba navrhnout okružní jízdy minimální délky tak, aby požadavek každého zákazníka byl uspokojen a kapacita žádného vozidla v žádném úseku jízdy nebyla překročena.

Model úlohy dopravy "na zavolání" obsahuje hodnotící funkci, deset druhů vlastních omezujících podmínek úlohy a obligátní podmínky pro zavedené proměnné úlohy:

$$\text{minimalizuj } \sum_{r \in R} \sum_{i \in J'} \sum_{\substack{j \in J' \\ j \neq i}} d_{ij} x_{ijr} \quad (1)$$

$$\text{za podmíněk } \sum_{\substack{i \in J' \\ i \neq j}} x_{ijr} = \sum_{\substack{i \in J' \\ i \neq j}} x_{jir} \quad \text{pro } j \in J', r \in R \quad (2)$$

$$\sum_{r \in R} \sum_{\substack{i \in J' \\ i \neq j}} x_{ijr} = 1 \quad \text{pro } j \in J' \quad (3)$$

$$Y_{ikr} + Y_{kjr} \leq 1 + Y_{ijr} \quad \text{pro } i, j \in J' - \{s\}, i \neq j \quad (4)$$

$$k \in J' - \{s, i, j\}$$

$$r \in R$$

$$x_{ijr} \leq Y_{ijr} \quad \text{pro } i, j \in J' - \{s\}, i \neq j \quad (5)$$

$$r \in R$$

$$\sum_{r \in R} y_{u(k)v(k)r} = 1 \quad \text{pro } k \in J \quad (6)$$

$$\sum_{r \in R} (y_{u(k)jr} + y_{v(k)r} + x_{ijr}) \leq 2 + \sum_{r \in R} w_{ijr}^k \quad \text{pro } i, j \in J' - \{s\}, i \neq j \quad (7)$$

$$k \in J$$

$$\sum_{k \in J} b_k w_{ijr}^k \leq K_r \quad \text{pro } i, j \in J' - \{s\}, i \neq j \quad (8)$$

$$r \in R$$

$$t_i^x + t_{ij} \leq t_j^x + t_{\max}(1 - x_{ijr}) \quad \text{pro } i, j \in J, i \neq j \quad (9)$$

$$r \in R$$

$$t_j^r \leq h_k \quad \text{pro } j \in J \quad (10)$$

$$r \in R$$

$$t_j^r \geq d_k \quad \text{pro } j \in J \quad (11)$$

$$r \in R$$

$$x_{ijr} \in \{0, 1\} \quad \text{pro } i \in J' \quad (12)$$

$$j \in J' - \{i\}$$

$$r \in R$$

$$y_{ijr} \in \{0, 1\} \quad \text{pro } i \in J' - \{s\} \quad (13)$$

$$j \in J' - \{s, i\}$$

$$r \in R$$

$$w_{ijr}^k \in \{0, 1\} \quad \text{pro } i \in J' - \{s\} \quad (14)$$

$$j \in J' - \{s, i\}, k \in J$$

$$r \in R$$

$x_{ijr} \in \{0, 1\}$  ..... bivalentní proměnná modelující zda  $r$ -té vozidlo pojedí úsek  $(i, j)$  přímo ve směru z  $i$  do  $j$  – mezi místem  $i$  a  $j$  vozidlo nenavštíví jiné místo  $k \in J'$

$y_{ijr} \in \{0, 1\}$  ..... bivalentní proměnná určující, že na trase vozidla  $r$  uzel  $i$  předchází uzlu  $j$ , uzel  $i$  nemusí předcházet uzlu  $j$  přímo

$w_{ijr}^k \in \{0, 1\}$  ..... bivalentní proměnná určující, zda vozidlo  $r$  v úseku  $(i, j)$  uspokojuje/veze zákazníka  $k$

$k \in J$  ..... množina zákazníků systému dopravy "na zavolání"

$u(k), v(k)$  ..... vrcholy charakterizující místo začátku a konce přepravy  $k$ -tého zákazníka

$b_k$  ..... počet osob přepravovaných v rámci  $k$ -té objednávky (požadavek na velikost kapacity) při přepravě z vrcholu  $u(k)$  do vrcholu  $v(k)$

$\langle d_k, h_k \rangle$  ..... časový interval pro přistavení vozidla k zákazníkovi, platí že  $d_k < h_k$

- $d_k$  ..... čas požadovaného nejdřívějšího příjezdu vozidla  $r$  k zákazníkovi
- $h_k$  ..... čas požadovaného nejpozdějšího příjezdu vozidla  $r$  k zákazníkovi
- $s$  ..... vrchol charakterizující místo parkování vozidel – depo
- $J'$  ..... množina vrcholů charakterizujících místa začátků a konců přeprav, včetně depa vozidel tj.  $J' = \{u(k), v(k): k \in J\} \cup \{s\}$
- $d_{ij}$  ..... vzdálenost (délka minimální cesty) vrcholu  $i$  k vrcholu  $j$
- $r \in R$  ..... množina vozidel
- $K_r$  ..... kapacita  $r$ -tého vozidla
- $t_i^r, t_j^r$  ..... nezáporné proměnné modelující rozhodnutí o času v němž začne posádka  $r$ -tého vozidla u zákazníka  $j$  vykládku, pokud vozidlo  $r$  nebude u zákazníka  $j$  provádět obsluhu není hodnota této proměnné relevantní
- $t_{ij}$  ..... doba přesunu vozidla z vrcholu  $i$  do vrcholu  $j$  včetně doby nutné k obsluze v uzlu  $i$
- $t_{\max}$  ..... pomocná hodnota, která je větší než jakýkoliv součet času obsluhy a doby následujícího přejezdu

Význam jednotlivých podmínek v sestaveném modelu:

- (1) účelová funkce vyjadřující celkovou délku úseků, které jsou použity v trasách jízd všech vozidel  $r \in R$
- (2) podmínka zajišťuje, aby  $r$ -té vozidlo, které vjede do vrcholu  $j$ , z tohoto vrcholu také odjelo
- (3) podmínka, zajišťuje, že každý zákazník je obsloužen pouze jednou a jen jedním vozidlem (do vrcholu  $j$  vjede vozidlo  $r$  pouze jednou)
- (4) podmínka určující posloupnost vrcholů na trase vozidla  $r$  – jestliže vozidlo  $r$  obslouží vrchol  $i$ , poté vrchol  $k$  a po obsluze ve vrcholu  $k$  jede do vrcholu  $j$ , platí také že vrchol  $i$  předchází na trase vrcholu  $j$
- (5) podmínky vytvářející vazbu mezi proměnnými  $x_{ijr}$  a  $y_{ijr}$  - podmínky způsobují, že proměnná  $y_{ijr} = 1$  v případě, že  $r$ -té vozidlo jede z vrcholu  $i$  přímo do vrcholu  $j$  (v trase vozidla je tímto dáno, že vrchol  $i$  předchází na trase vrcholu  $j$ )
- (6) podmínky zabezpečují návaznost místa nakládky a vykládky při obsluze  $k$ -tého zákazníka  $r$ -tým vozidlem. Proměnné mohou být definovány předem – nemusí být součástí modelu, ale jedním ze vstupních dat.
- (7) podmínky vytváří vazbu mezi proměnnými  $x_{ijr}$ ,  $y_{ijr}$  na jedné straně a proměnnými  $w_{ijr}^k$  na straně druhé – jestliže vozidlo přejíždí přímo z vrcholu  $i$  do vrcholu  $j$  (tj.  $x_{ijr} = 1$ ) a místo nakládky požadavku  $b_k$  předchází vrcholu  $j$  (nakládka je ve vrcholu  $i$ , nebo před ním) a místo vykládky tohoto požadavku následuje za vrcholem  $i$  (tj. vykládá se ve

- vrcholu  $j$ , nebo za ním), potom požadavek  $b_k$  je přepravován po úseku  $\langle i, j \rangle$  a proměnná  $w_{ijr}^k = 1$
- (8) podmínky zajišťující nepřekročení kapacity vozidla  $r \in R$  na jednotlivých úsecích trasy
- (9) podmínky zabezpečující, aby v případě, že vozidlo  $r$  pojede přímo z vrcholu  $i$  do vrcholu  $j$  (tj.  $x_{ijr} = 1$ ), platilo, že mezi časem začátku  $t_i^r$  vykládky/nakládky u zákazníka  $k$  ve vrcholu  $i$  a časem  $t_j^r$  začátku vykládky/nakládky u zákazníka  $l$  ve vrcholu  $j$  byla dostatečně dlouhá doba na dokončení vykládky v  $i$  a přejezd z  $i$  do  $j$  tj. minimálně čas  $t_{ij}$ . V případě, že vozidlo  $r$  nepojede z  $i$  do  $j$  ( $x_{ijr} = 0$ ) tak podmínky neváží časy  $t_i^r$  a  $t_j^r$ , protože na pravé straně figuruje dostatečně vysoká hodnota  $t_{\max}$
- (10), (11) podmínky zajistí, aby časy začátků vykládek padly do příslušných intervalů, pro kladná  $t_{ij}$  tyto podmínky zároveň zabrání, aby úseky použité jedním vozidlem uzavřely podcyklus neprocházející střediskem (depem)  $s$
- (12), (13), (14) obligátní podmínky

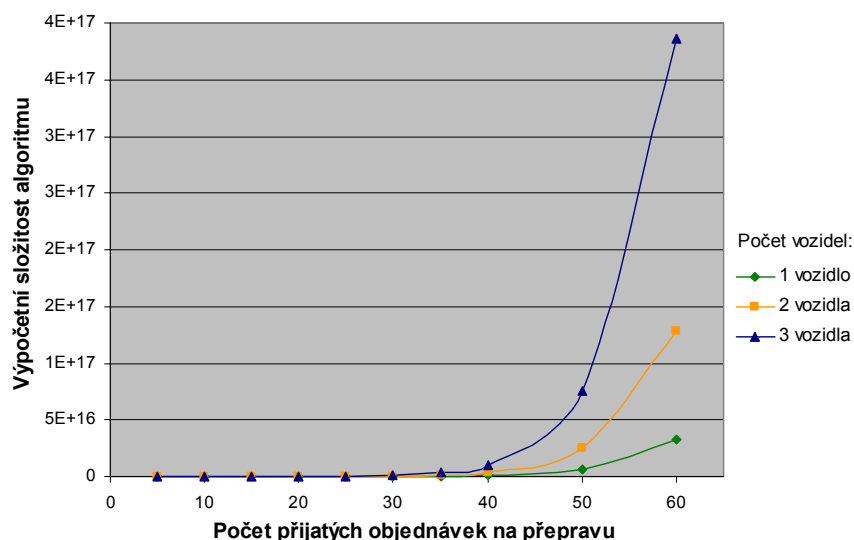
Při sestavování modelu je nutné (na rozdíl od prostých rozvozných nebo svozných úloh) sledovat vytížení vozidla v každém úseku trasy, ne jenom na začátku nebo konci trasy. Navíc musí být zabezpečena posloupnost vrcholů, kdy uzel  $u(j)$  musí být navštíven dříve než vrchol  $v(j)$  (požadavek následnosti) a daný vrchol musí být navštíven v požadovaném časovém intervalu. Při sestavování modelu jsem vycházela z modelů lineárního programování uvedených v literatuře [JAN1], [BRA] popisujících svozně rozvozné úlohy.

Správnost sestaveného modelu úlohy dopravy "na zavolání" se mi nepodařilo ověřit, vzhledem k rozsáhlosti úlohy a nedostatečnému softwarovému vybavení oslovených pracovišť. Úlohy lineárního programování se řadí do skupiny NP těžkých úloh (nedeterministický polynominální algoritmus). Výpočetní náročnost algoritmů je posuzována podle počtu elementárních kroků, které jsou potřeba na vyřešení daného problému. Jednotlivé elementární kroky se považují za stejně časově náročné. Výpočetní náročnost simplexového algoritmu je závislá na počtu proměnných modelu –  $n$  a na počtu vlastních omezení modelu –  $m$ . Elementárním krokem simplexového algoritmu je transformace simplexové tabulky jejíž rozměr je  $n \times m$ , maximální počet transformací je roven počtu proměnných modelu –  $n$ . Výpočetní složitost simplexového algoritmu je možné odhadnout funkcí  $O(n^2 \cdot m)$ .

Přehled závislosti vstupních proměnných a velikosti modelu na růst výpočetní složitosti simplexového algoritmu je zaznamenán viz. graf 7.1, kde je pro různý počet nasazených vozidel a rostoucí počet požadavků ukázán růst výpočetní složitosti. Výpočetní složitost simplexového algoritmu má exponenciální průběh.

Konkrétní hodnoty výpočetní složitosti pro několik vybraných variant vstupních dat je uveden v tab. 7.1. Uvažujme například úlohu, kde jsou zahrnuty 4 požadavky, kterým odpovídá 8 míst nástupu/výstupu (aktivní část dopravní síť obsahuje celkem 8+1 vrcholů) a pro přepravu jsou k dispozici 2 vozidla. Pro úlohu takového rozsahu bude sestavený model lineárního programování obsahovat 192 proměnných, 203 vlastních omezení a 192 obligátních podmínek a výpočetní složitost simplexového algoritmu pro takto rozsáhlou úlohu je  $7,48 \cdot 10^6$  viz. tab. 7.1. V praxi (podle zkušeností dispečerů v Hradci Králové, Pardubicích)

jedno vozidlo během dne obslouží zhruba 30 objednávek na přepravu výpočetní složitost simplexového algoritmu pro tuto úlohu je  $4,41 \cdot 10^{13}$ .



Graf 7.1 Výpočetní složitost algoritmu pro sestavený model lineárního programování dopravy „na zavolání“ v závislosti na počtu objednávek na přepravu a počtu vozidel

Jedním z možných postupů úpravy této úlohy tak, aby bylo možné ověřit její správnost a vyzkoušet na reálných datech je použití metod, které neřeší celou úlohu najednou, ale snaží se ji zjednodušit jedná se o heuristické metody. Metody zjednodušující rozsáhlé úlohy byly uvedeny v kapitole 6, jedná se o metody primárního shlukování příp. trasování, metody výhodnostních koeficientů a vsouvání.

Nevýhodou řešení modelu pomocí lineárního programování je nutnost zadávání přesných hodnot vstupních proměnných modelu. U proměnných typu kapacita vozidla, místo nástupu/výstupu cestujících tento požadavek není omezující. Jinak je tomu u vstupních proměnných popisujících časové údaje např. doba jízdy mezi jednotlivými místy na trase jízdy vozidla, požadovaný čas zahájení/ukončení přepravy podle objednávky zákazníka, které ve skutečnosti nejsou konstantní. Doba přistavení vozidla na místo nástupu cestujícího resp. čas zahájení objednávky není konstantou a je vhodnější uvažovat s intervalem např. 5 min – cestující čeká na smluveném místě a jestliže vozidlo přijede o minutu dříve začne také dříve přeprava, ale také může vzniknout situace opačná a přesto je přeprava uskutečněna. Také dobu jízdy není vhodné stanovit přesným údajem, vhodnější způsob je ten, který zohlední možné prodloužení či zkrácení odhadované doby jízdy vzhledem k proměnlivosti plynulosti jízdy.

Model pracující s konstantními hodnotami vstupních proměnných pak situaci, kdy vozidlo může být přistaveno na domluvené místo pouze několik vteřin příp. minut po dohodnutém čase, zamítne jako nepřijatelné řešení úlohy. Ve skutečnosti však není nutné zákazníka odmítat, protože taková minimální odchylka od požadovaného času je respektována zákazníkem i dopravcem.

Počet objednávek	Počet vozidel	Celkový počet proměnných modelu	Celkový počet vlastních omezení	Výpočetní složitost simplexového algoritmu
4	1	96	130	$1,1981 \cdot 10^6$
4	2	192	203	$7,4834 \cdot 10^6$
25	1	16875	30727	$8,7500 \cdot 10^{12}$
25	2	33750	46403	$5,2856 \cdot 10^{13}$
30	1	28800	53222	$4,4144 \cdot 10^{13}$
30	2	57600	80283	$2,6636 \cdot 10^{14}$
30	3	86400	107344	$8,0132 \cdot 10^{14}$
60	1	223200	428642	$2,1354 \cdot 10^{16}$
60	2	446400	644763	$1,2848 \cdot 10^{17}$
60	3	669600	860884	$3,8599 \cdot 10^{17}$
90	1	745200	1450262	$8,0536 \cdot 10^{17}$
90	2	1490400	2179443	$4,8412 \cdot 10^{18}$
90	3	2235600	2908624	$1,4537 \cdot 10^{19}$

Tab. 7.1 Přehled výpočetní složitosti algoritmu v závislosti na rozsahu zadané úlohy

Vzhledem k uvedeným důvodům jsem model lineárního programování úlohy dopravy "na zavolání" dále nerozpracovávala. Vhodnějším přístupem k řešení úlohy dopravy "na zavolání" se jeví interaktivní metody založené na kombinaci schopností člověka s využitím počítačových podpor, které pomohou při rozhodování o spojení více objednávek na přepravu do společné jízdy. V procesu rozhodování budou použity poznatky z teorie grafů k popisu dopravní sítě a fuzzy logiky, která umožní chápat časové údaje s určitou mírou neurčitosti.

## 7.2 SESTAVENÍ MODELU DOPRAVNÍ SÍTĚ

Pomocí základních znalostí teorie grafů můžeme sestavit model úlohy popisující možnosti určení tras jízd vozidel ve zvolené oblasti, tzv. dopravní síť. Jedná se o graf, kde vrcholy sítě vyjadřují např. jednotlivé části měst, zákazníky, ulice, nebo křižovatky silniční sítě. Hrany sítě spojující dva vrcholy pak definují např. vazbu mezi sousedními čtvrtěmi města, silniční úseky mezi křižovatkami apod.

Při návrhu dopravní sítě málokdy potřebujeme detailní popis reálné dopravní sítě, kdy by množina vrcholů odpovídala množině všech křižovatek a množina hran všem úsekům, které tyto vrcholy po dvou spojují. Proto vytváříme zjednodušené popisy dopravní sítě podle toho, k jakému účelu a do jakých podrobností potřebujeme informace o reálné síti přenášet do řešení.

Při sestavování dopravní sítě pro řešení svozně rozvozné úlohy dopravy na zavolání je možné postupovat podle následujících kroků:

1. Výběr oblastí, která bude obsluhována službou dopravy na zavolání, např. v rámci města může tato služba pokrývat stejnou oblast jako MHD.
2. Vytvoření množiny vrcholů a množiny hran dopravní sítě. Počet vrcholů a hran určuje výpočetní náročnost úlohy. Z tohoto pohledu je důležitá charakteristika vrcholů a s tím související mohutnost množiny vrcholů a hran. Je možné zvolit za množinu vrcholů

- jednotlivé části měst (sídliště) a přidružené obce obsluhované oblasti (odpovídající pokrytí MHD) a hrany mohou znázorňovat vazbu mezi sousedními sídlišti.
3. Doplnění sítě o pomocné vrcholy a hrany. Základní zvolenou množinu vrcholů a hran doplníme o prvky, které pomohou doplnit síť popisované oblasti tak, aby odpovídala reálné silniční síti. Jedná se např. o významné křižovatky a komunikace spojující jednotlivá sídliště.
  4. Popis vlastností (atributů) vrcholů a hran. Atributem vrcholu je jeho identifikační číslo, název, hodnota  $x$  a  $y$  v nějaké souřadné soustavě apod. Atributy hran jsou identifikační číslo, identifikační čísla počátečního a koncového vrcholu hrany, délka hrany (vzdálenost počátečního a koncového vrcholu hrany), průměrná rychlost, kterou se vozidlo může po daném úseku pohybovat apod.

Modelovým městem, kde byl celý navrhovaný postup řešení úlohy dopravy na završení ověřen, jsou Pardubice. Nejdříve byla sestavena dopravní síť pokrývající místa v dosahu MHD. Za vrcholy grafu byly vybrány jednotlivé čtvrtě města Pardubice (celkem 30 čtvrtí) a okolní obce, které jsou obsluhovány MHD (celkem 10 obcí). Dále byly do sítě začleněny významné křižovatky (celkem 17), které jsou nepostradatelné k přesnému popisu dopravních toků. Hrany sítě spojují vrcholy, které popisují sousední sídliště mezi nimiž je přímé silniční spojení. Sestavená dopravní síť na pozadí mapy Pardubic a okolí je uvedena v příloze 3 včetně seznamu a popisu vrcholů. Hrany sestavené dopravní sítě byly ohodnoceny dobou nutnou k projetí příslušného úseku a byla sestavena matice přímých vzdáleností viz. příloha.

Cestou v dopravní síti nazýváme střídavou posloupnost vrcholů a hran, která začíná a končí ve vrcholu, ve které se vrcholy a hrany střídají tak, že mezi dvěma vrcholy v posloupnosti je hrana, která tyto vrcholy spojuje. Dopravní síť je potom dána množinou vrcholů a hran, kde pro každou dvojici vrcholů existuje alespoň jedna cesta – říkáme, že graf je souvislý.

Při hledání minimálních cest v grafu je možné využít některý z Dijkstrových algoritmů pro hledání minimální cesty, nebo nalézt distanční matici (matice vzdáleností mezi vrcholy grafu) Floydovým algoritmem.

Pro sestavenou matici přímých vzdáleností města Pardubic a okolí jsem pomocí programu Matlab vypočetla distanční matice (matice vzdáleností). Matice vzdáleností Pardubic je uvedena v příloze 5, kde jsou jednotlivé jízdy rozděleny do 7 skupin odpovídajících časovým pásmům charakterizujícím časovou dostupnost dané dvojice vrcholů grafu.

## 7.3 FUZZY PODPORA ROZHODOVÁNÍ O SPOJENÍ JÍZD NA ZAVOLÁNÍ

### 7.3.1 Vstupní informace do systému

- Objednávka zákazníka obsahuje následující informace:

$z$  ..... index požadavku/zákazníka

$v_i^{z+}$  ..... místo nástupu/nakládky zákazníka/objednávky

$v_j^{z-}$  ..... místo výstupu/vykládky zákazníka/objednávky

$t_z^+, t_z^-$  ... objednaný/dohodnutý čas nástupu/nakládky resp. výstupu/vykládky zákazníka

$t_{mv}$  .....doba potřebná pro nástup/výstup cestujícího

$p_z$  .....počet osob které budou v rámci objednávky přepraveny

- Informace o vozovém parku:

$R$ .....počet vozidel vozového parku

$K_r$ .....kapacita  $r$ -tého vozidla

- Matice vzdáleností udávající dobu jízdy mezi libovolnou dvojicí vrcholů dopravní sítě, příp. pro doplnění graf dopravní sítě

$C$ .....matice vzdáleností

$c_{ij}$  .....doba jízdy z vrcholu  $i$  do vrcholu  $j$  [min]

- Popis depa:

$v_d$  .....umístění depa v síti

$t_d^+, t_d^-$  ...čas začátku resp. ukončení obsluhy

### 7.3.2 Výstupní informace ze systému

Trasa jízdy vozidla je dána posloupností vrcholů, které vozidlo postupně navštíví. V určené posloupnosti musí platit, že pro každého zákazníka  $z = 1, 2, \dots, m$  vrchol  $v_i^{z+}$  předchází vrcholu  $v_j^{z-}$ . Zároveň čas návštěvy ve vrcholu  $v_i^{z+}$  resp.  $v_j^{z-}$  odpovídá požadovanému času  $t_z^+$  resp.  $t_z^-$ , a v každém úseku trasy není překročena kapacita vozidla.

V každém vrcholu mimo depa (vrchol  $v_d$ ) je provedena obsluha, kterou je buď výstup nebo nástup cestujícího (cestujících). V každém úseku trasy (přejezd mezi po sobě následujícími vrcholy) je možné určit počet cestujících resp. právě obsluhovaných požadavků ve vozidle v rozmezí  $0, 1, 2, \dots, K_r$ . Pokud je v určitém časovém okamžiku vozidlo kapacitně nevytížené a vznikne požadavek na další přepravu v tomto čase je možné uvažovat o spojení požadavků do společné jízdy. Spojení více objednávek do společné přepravy je možné při splnění časových a prostorových omezení.

Časově-prostorové podmínky souvisí se změnou provedení obsluhy již přijatého požadavku způsobenou přidáním nového požadavku, který má vliv na dobu přepravy a souvisí s vzájemnou polohou vrcholů  $v_i^{z+}, v_j^{z-}$  spojovaných objednávek. Vozidlo provádí obsluhu  $z$ -tého zákazníka tzn. ve vrcholu  $v_i^{z+}$  zákazník začíná nastupovat do vozidla v čase  $t_z^+$  a je vezen do vrcholu  $v_j^{z-}$ , kde má podle časového plánu v čase  $t_z^-$  ukončit vystupování. Doba nutná na obsluhu zákazníka je složena z minimální doby jízdy mezi vrcholem  $v_i^{z+}$  a vrcholem  $v_j^{z-}$  zvětšenou o dobu potřebnou pro nástup a výstup cestujícího tj.  $c_{ij} + 2 * t_{mv}$ . Jestliže rozhodujeme o sloučení dvou příp. více objednávek s obsluhou  $z$ -tého zákazníka je během přepravy  $z$ -tého zákazníka proveden nástup, nebo výstup příp. nástup i výstup dalšího  $y$ -tého zákazníka. Jízdy je možné spojit pouze v případě, kdy spojením objednávek nedojde k prodloužení doby přepravy již přijaté objednávky. Varianty posloupností obsluhovaných



vrcholů dvou spojovaných jízd jsou  $v_i^{z+} - v_k^{y+} - v_j^{z-} - v_l^{y-}$ , nebo  $v_i^{z+} - v_k^{y+} - v_l^{y-} - v_j^{z-}$ , nebo  $v_k^{y+} - v_i^{z+} - v_j^{z-} - v_l^{y-}$ , nebo  $v_k^{y+} - v_i^{z+} - v_l^{y-} - v_j^{z-}$ .

Nejdůležitější částí rozhodování o spojení objednávek je určení dob přeprav pro možné kombinace obsluhy při spojení objednávek. Časové údaje uvedené v této úloze jsou časy, které není vhodné stanovit jako pevné časy. Doba jízdy mezi dvojicí vrcholů je ovlivněna řadou faktorů mezi které patří např. různá hustota provozu na silnicích během dne, počet zastavení na světelných křižovatkách, počet zastavení před přechodem pro chodce, doba potřebná na nalezení vhodného místa na parkování, způsob parkování, způsob jízdy řidiče apod. Také doba určená pro nástup a výstup cestujících je rozdílná a závisí především na míře pohyblivosti dané osoby. Čas začátku i ukončení přepravy je třeba uvažovat jako interval minimálně 5 min, než jako pevný čas, ve kterém je zahájena/ukončena přeprava.

Algoritmy operačního výzkumu hledající (sub)optimální řešení pro úlohy trasování (viz. kapitola 6, kapitola 7.1), které vyžadují přesné vstupní hodnoty příp. vstupní hodnoty jsou zadány jako náhodné proměnné se známou hustotou rozdělení pravděpodobnosti, je možné použít pouze při respektování omezení těchto algoritmů. Úlohu je nutné rozdělit na dílčí podúlohy, které jsou řešeny samostatně, nebo je možné neuvažovat všechny omezující podmínky a tím zjednodušit úlohu, další možností je pro přesné určení vstupních hodnot provést statistické šetření reálných dat. Naprosto odlišný způsob řešení dané problematiky vycházející ze zkušeností osob řešících daný problém intuitivně je převedení této "intuice" do fuzzy logiky a rozhodnutí o spojení jízdy založené na době přepravy určené pomocí fuzzy regulátoru. V následujícím textu je popsán způsob sestavení fuzzy systému pro podporu rozhodování o spojení jízd na zavolání.

### 7.3.3 Fuzzy regulátor pro určení „celkové doby jízdy“

V kapitole 6.3.2 byl popsán fuzzy regulátor (obr. 6.7) a funkce jeho jednotlivých bloků – fuzzifikace, báze dat, báze pravidel, inferenční mechanismus a blok defuzzifikace. Podle obecného popisu jsem sestavila fuzzy regulátor určující očekávanou celkovou dobu trvání jízdy, která je složená ze dvou dílčích jízd. Regulátor je sestaven pro lokalitu Pardubice a okolí, kde jsem nejdříve provedla zmapování reálných jízd jehož výsledkem je popis lokality pomocí grafu, matice přímých vzdáleností a matice vzdáleností.

Vstupní proměnné do fuzzy regulátoru jsou hodnoty dob jízd mezi libovolnou dvojicí vrcholů – matice časových vzdáleností – tyto proměnné nazýváme ostré hodnoty, protože se jedná o konstanty. Tyto ostré hodnoty mohou být získány pomocí jednoho měření časů doby jízdy potřebné k projetí jednotlivých hran (úseků) v dané lokalitě a pomocí Floydova algoritmu je nalezena distanční matice. Takto nalezená distanční matice obsahuje ostré hodnoty určující časovou vzdálenost mezi libovolnou dvojicí vrcholů dané dopravní sítě. Pro zvolenou lokalitu Pardubic a okolí jsou ostré naměřené hodnoty doby jízdy na hraně uvedeny v příloze 4 a vypočtená matice časových vzdáleností ostrých dob jízdy je v příloze 5.

Báze dat obsahuje informace o fuzzy proměnných, které jsou vstupem do inferenčního mechanismu a báze pravidel, kterými jsou fuzzy doby dílčích jízd a fuzzy doby celkových jízd. Nejdříve je nutné převést ostré hodnoty dob jízd na fuzzy doby dílčích jízd – fuzzifikace. Fuzzy doba dílčích jízd je jazyková proměnná, která je popsána uspořádanou čtveřicí:

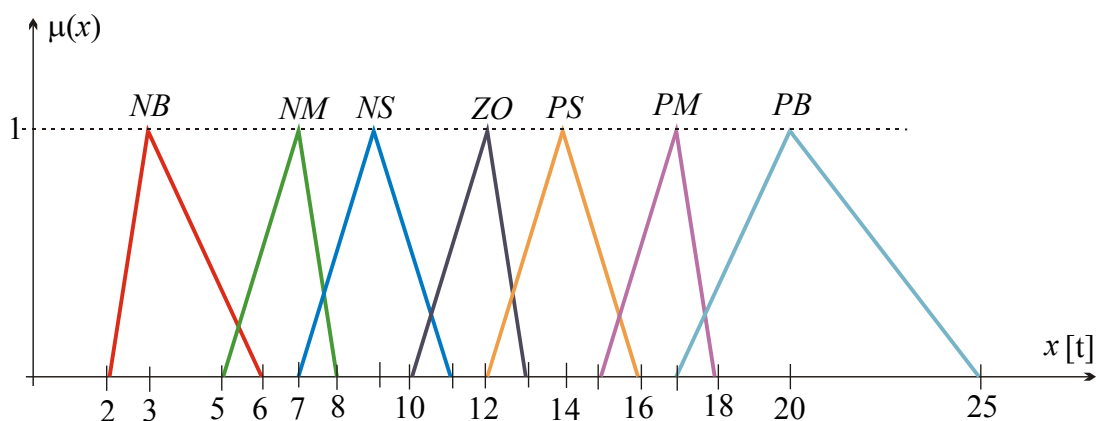
$$\langle x, \underline{L}_x, U_x, M_x \rangle,$$

kde  $x$  je jméno jazykové proměnné – fuzzy dílčí doba jízdy,

$E_x = \{L_{x_1}, \dots, L_{x_n}\}$  je množina slovních hodnot jazykové proměnné – NB, NM, NS, ZO, PS, PM, PB,

$U_x$  je univerzum tj. fyzikální rozsah jazykové proměnné –  $U_x = [2, 30]$ ,

$M_x: E_x \rightarrow \mu_{L_x}$  je funkce mapující slovní hodnoty do univerza viz. tab. 7.2 a obr. 7.1.



Obr. 7.1 Vstupní fuzzy množiny dílčích dob jízdy – graficky

Vzhledem k počtu jízdy (760 variant jízdy mezi jednotlivými čtvrtěmi zvolené lokality) jsem zvolila větší počet fuzzy množin – 7, aby bylo možné přesněji rozlišovat doby trvání jízdy. Tvarem funkce příslušnosti jsem pro jednoduchost zvolila  $\Lambda$ -funkce. Ostré hodnoty dob jízdy v matici vzdáleností jsem rozdělila do sedmi časových pásem a podle počtu jízdy v jednotlivých pásmech jsem navrhla sedm fuzzy množin s  $\Lambda$ -funkcí příslušnosti definovanou v tab. 7.2. Grafické znázornění navržených fuzzy proměnných dílčích dob jízdy je na obr. 7.1.

Označení množiny	a	b	c	Název množiny
NB	2	3	6	Negative big
NM	5	7	8	Negative medium
NS	7	9	11	Negative small
ZO	10	12	13	Zero
PS	12	14	16	Positive small
PM	15	17	18	Positive medium
PB	17	20	25	Positive big

Tab. 7.2 Vstupní fuzzy množiny dílčích dob jízdy

Výstupní hodnoty fuzzy systému jsou fuzzy proměnné celkových dob jízdy. Výstupní fuzzy proměnné závisí na vstupních proměnných systému a jsou získány jako prosté součty dvou vstupních fuzzy proměnných dílčích dob jízdy. Princip sčítání fuzzy proměnných je uveden v kapitole 6.3.1 na obr. 6.4. Sestavený model jsme omezili na variantu vkládání jedné obsluhy do již objednané přepravy a jedná se tedy o dvourozměrnou úlohu. Po ověření správnosti fungování fuzzy systému je možné v případě potřeby úlohu rozšířit.

Výstupní fuzzy proměnná celková doba jízdy je popsána uspořádanou čtveřicí:

$$\langle y, E_y, U_y, M_y \rangle,$$

kde  $y$  je jméno jazykové proměnné – fuzzy celková doba jízdy,

$E_y = \{ L_{y_1}, \dots, L_{x_m} \}$  je množina slovních hodnot jazykové proměnné – t4, t7, t9, t10, ta12, tb12, ta14, tb14, t15, ta17, tb17, ta19, tb19, t20, ta22, tb22, ta24, tb24, t25, ta27, tb27, t29, t30, t32, t34,

$U_y$  je univerzum –  $U_y = [2, 60]$ ,

$M_y: E_y \rightarrow \mu_{L_y}$  je funkce mapující slovní hodnoty do univerza viz. tab. 7.3.

Pro zvolených sedm vstupních fuzzy proměnných jsem vypočetla celkem 25 výstupních proměnných. Označení vypočtených výstupních fuzzy proměnných a vymezení jejich funkcí příslušnosti je uvedeno v a tab. 7.3.

	a	b	c
t4	4	6	12
t7	7	10	14
t9	9	12	17
t10	10	14	16
ta12	12	15	19
tb12	12	16	19
ta14	14	17	22
tb14	14	18	22

	a	b	c
t15	15	19	21
ta17	17	20	24
tb17	17	21	24
ta19	19	23	27
tb19	19	23	31
t20	20	24	26
ta22	22	26	29
tb22	22	27	33
ta24	24	28	32

	a	b	c
tb24	24	29	36
t25	25	29	31
ta27	27	31	34
tb27	27	32	38
t29	29	34	41
t30	30	34	36
t32	32	37	43
t34	34	40	50

Tab. 7.3 Výstupní fuzzy množiny celkových dob jízdy

Další částí fuzzy systému je báze pravidel, která popisuje systém pomocí pravidel *if-then*. Pravidla zvolená pro dvourozměrný problém spojování objednávek obsahují dva antecedenty s logickou vazbou *and*, kterým odpovídá jeden konsekvent. Použitá pravidla mají obecně tvar:

*If* (dílní doba jízdy č.1 is  $L_{x_i}$ ) *and* (dílní doba jízdy č.2 is  $L_{x_j}$ ) *then* (celková doba jízdy is  $L_{y_i}$ )

Pro každou variantu výběru vstupních fuzzy dob dílních jízd jsem vytvořila pravidlo určující fuzzy dobu celkové jízdy – báze pravidel je sestavena do tab. 7.4.

Inferenční mechanismus na základě zadaných vstupních proměnných vyhodnotí rozhodovací pravidla. Výsledkem každého pravidla je získání fuzzy množiny reprezentující vyhodnocení odpovídající tomuto pravidlu. Pro vyhodnocení pravidel jsem použila fuzzy implikace. Pro řešenou úlohu jsem zvolila implikace typu Mamdani, která patří mezi velmi často používané fuzzy implikace.

Náročnost procesu implikace závisí na počtu současně působících pravidel, složitosti struktury premis těchto pravidel a bohatosti struktur jazykových proměnných. Při určení celkové doby jízdy jsem uvažovala dvourozměrnou úlohu, kdy aktivně působí dvě pravidla s premisami konjunkce dvou výroků typu (fuzzy výrok) *and* (fuzzy výrok) a se strukturalizací

jazykových proměnných do dvou jazykových hodnot. Vstupem do fuzzy regulátoru je dvojice ostrých hodnot.

		Fuzzy doba dílčí jízdy č.1						
		NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB
Fuzzy doba dílčí jízdy č. 2	NB	t4	t7	t9	ta12	ta14	ta17	tb19
	NM	t7	t10	tb12	t15	tb17	t20	tb22
	NS	t9	tb12	tb14	tb17	ta19	ta22	tb24
	ZO	ta12	t15	tb17	t20	ta22	t25	tb27
	PS	ta14	tb17	ta19	ta22	ta24	ta27	t29
	PM	ta17	t20	ta22	t25	ta27	t30	t32
	PB	tb19	tb22	tb24	tb27	t29	t32	t34

Tab. 7.4 Báze pravidel

Nalezení výstupní množiny pro dvě pravidla a dvourozměrnou závislost a Mamdaniho implikaci je zobrazeno na obr. 7.2. Výstupní množina je této Mamdaniho implikaci dána konsekventy implikací obou pravidel, které určují dílčí podíly na velikosti akční veličiny. Pro výstupní fuzzy množinu obou účinků platí:

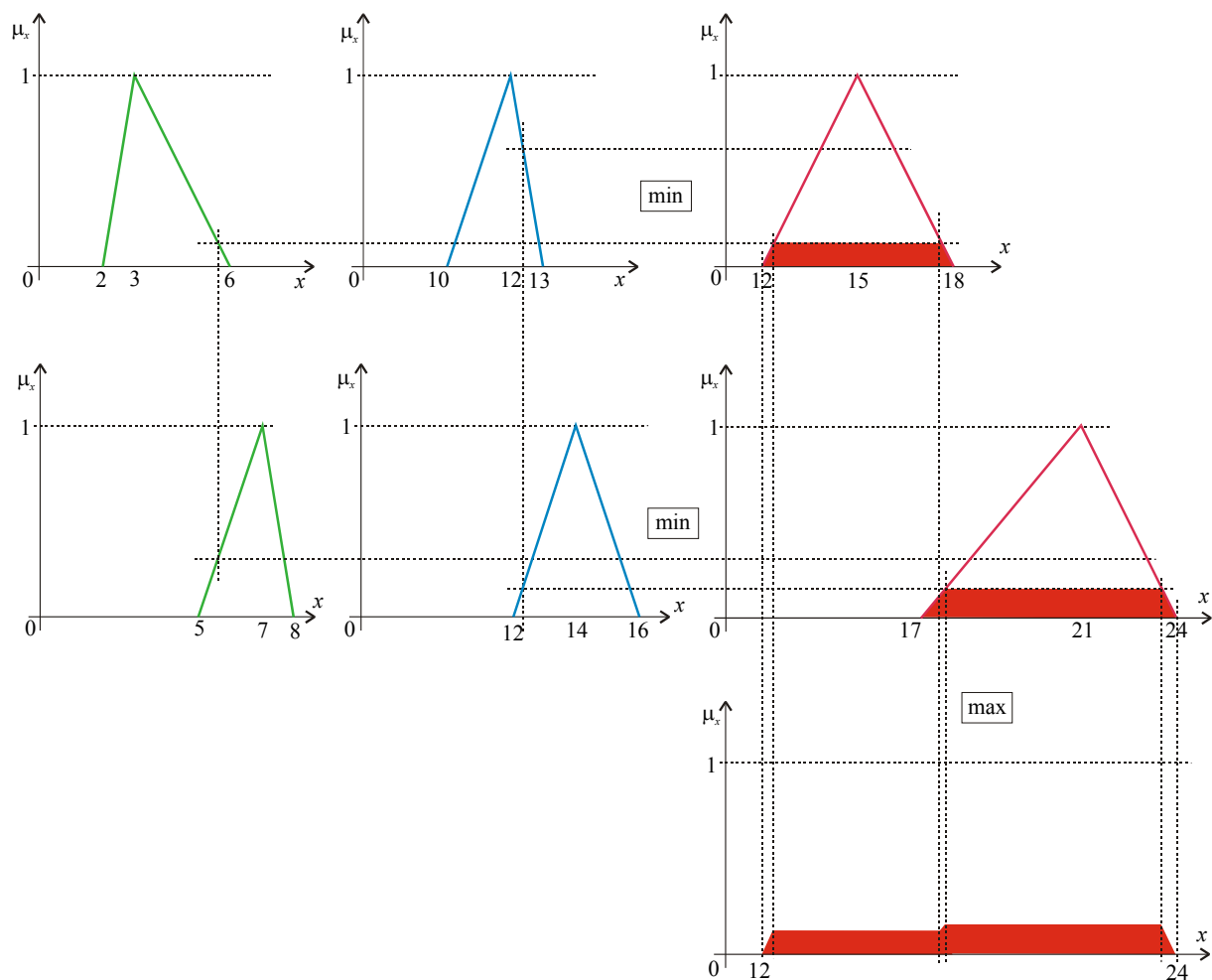
$$* \mu_{\tilde{C}}(u) = \max \{ * \mu_{\tilde{A}}(u), * \mu_{\tilde{B}}(u) \},$$

$$* \mu_{\tilde{A}}(u) = \min \{ \mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(y) \},$$

$$* \mu_{\tilde{B}}(u) = \min \{ \mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(y) \}.$$

kde  $* \mu_{\tilde{A}}(u), * \mu_{\tilde{B}}(u)$  .....jsou konsekventy obou implikací určující dílčí podíly na velikosti akční veličiny  $u$ ,

$\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(y)$  .....jsou funkce příslušnosti vstupních lingvistických proměnných.



Obr. 7.2 Inferenční mechanismus typu Mamdani

Poslední částí fuzzy regulátoru je defuzzyfikace, kde je funkci příslušnosti výstupní fuzzy množině přiřazena ostrá hodnota akční veličiny. Pro defuzzyfikaci jsem zvolila metodu těžiště.

## DÍLČÍ SHRNU TÍ KAPITOL 5-7

V kapitolách 2-4 jsem ukázala důležitost a současná řešení problematiky přeprav osob se sníženou schopností pohybu a orientace a vytipovala jsem jednu úlohu – určování tras jízdy vozidel "na zavolání" – jejímž řešením jsem se zabývala v další části práce.

V první fázi řešení vybrané úlohy rozhodování o sloučení dvou objednávek do společné jízdy jsem provedla její analýzu, určila omezení a sestavila verbální model (kapitola 5), který je východiskem pro následnou optimalizaci. Verbální model obsahuje soupis informací, které jsou k dispozici, kritéria hodnotící kvalitu řešení, omezující podmínky úlohy a charakteristiku výstupu z modelu.

Pomocí verbálního modelu úlohy dopravy "na zavolání" a základních matematických modelů lineárního programování svozně-rozvozných úloh jsem sestavila matematický model lineárního programování popisující úlohu dopravy "na zavolání" (kapitola 7.1). Navržený model minimalizuje celkovou délku okružních jízd vozidel při splnění 10 druhů vlastních omezení úlohy. Při testování správnosti sestaveného modelu je důležité znát výpočetní složitost zvoleného algoritmu, která udává maximální počet elementárních kroků algoritmu nutných k nalezení řešení úlohy v závislosti na velikosti zadané úlohy. Sestavený model úlohy dopravy „na zavolání“ je možné řešit pomocí simplexového algoritmu jehož výpočetní složitost jsem odhadla funkcí  $O(n^2 \cdot m)$ . Podle zkušeností dispečerů jedno vozidlo během dne obslouží zhruba 30 objednávek na přepravu výpočetní složitost simplexového algoritmu pro úlohu tohoto rozsahu je  $4,41 \cdot 10^{13}$ . Podrobný přehled závislosti vstupních proměnných a velikosti modelu na růst výpočetní složitosti simplexového algoritmu je uveden graf 7.1, tab. 7.1.

Nevýhodou řešení sestaveného modelu dopravy „na zavolání“ pomocí simplexového algoritmu je exponenciální růst výpočetní složitosti algoritmu, který je patrný již v úlohách s nižším počtem objednávek a vozidel. Tento nedostatek je možné odstranit použitím heuristických metod, které neřeší celé úlohy najednou, ale snaží se úlohu zjednodušit. Jedná se o metody primárního shlukování příp. trasování, metody výhodnostních koeficientů a vsouvání viz. kapitola 6.

Další nevýhodou řešení modelu pomocí lineárního programování, která neodpovídá realitě, je nutnost zadávání konstantních (přesných) hodnot u všech vstupních proměnných modelu. Některé proměnné v modelu není vhodné považovat za konstanty, jedná se o vstupní proměnné popisující časovou údaj – objednávaný čas pro zahájení resp. ukončení přepravy, doba jízdy mezi vrcholy dopravní sítě. Tyto proměnné je přesnější definovat jako neostrou proměnnou, u které uvažujeme s možným vznikem odchylky od této hodnoty s jistou mírou neurčitosti.

Vzhledem k uvedeným důvodům jsem model lineárního programování úlohy dopravy "na zavolání" dále nerozpracovávala. Za vhodnější přístup k řešení úlohy dopravy "na zavolání" považuji interaktivní metody založené na kombinaci schopností a práce člověka s využitím počítačových podpor, který pomůže při rozhodování o spojení více objednávek na přepravu do společné jízdy. V procesu rozhodování budou použity poznatky z teorie grafů k popisu dopravní sítě a fuzzy logiky, která umožní chápat časové údaje s určitou mírou neurčitosti.

Problematikou neostrých hodnot (množin) se zabývá fuzzy logika, jejíž poznatky jsem využila k vytvoření modelu podporujícího proces rozhodování o spojení více objednávek (kapitola 7.2, 7.3) do společné jízdy. V navrženém postupu je použit interaktivní model, který

využívá lidského potenciálu doplněného počítačovou aplikací (softwarovým balíkem zpracovávajícím podklady pro rozhodování).

V systému dopravy "na zavolání" praktickou část organizace zajišťuje dispečer, který přijímá objednávky na přepravu a již při objednávání přepravy musí rozhodnout, zda je možné dané objednavce vyhovět. Při přijetí objednávky dispečer začíná vytvářet plán jízdy vozidla. Proces rozhodování o spojení více objednávek do společné jízdy začíná v okamžiku vzniku požadavku na přepravu v časovém rozmezí, ve kterém již byla přislíbena přeprava jinému zákazníkovi resp. jiným zákazníkům a kapacita vozidla není využita. V tomto okamžiku může dojít k rozpůlení již navrženého úseku trasy jízdy vozidla a vložení nového místa obsluhy do tohoto úseku. Nové místo obsluhy je možné vložit do existujícího úseku trasy, jestliže nová celková doba jízdy vozidla v tomto úseku vzniklá spojením dvou dílčích dob jízdy vozidla nepřekročí dobu vyhrazenou pro jízdu v tomto úseku trasy.

Určení celkové doby jízdy vozidla v úseku vzniklém spojením dvou dílčích jízd jsem řešila vytvořením fuzzy regulátoru (kapitola 7.3.3). Důležitou částí fuzzy regulátoru je fuzzifikace vstupních ostrých hodnot udávajících dobu jízdy mezi libovolnou dvojicí míst obsluhované oblasti. Systémy dopravy "na zavolání" jsou většinou zřizovány ve větších (krajských) městech, kde je možné dobu jízdy mezi libovolnou dvojicí míst dané lokality uvažovat v intervalu 2-30 min. S ohledem na tuto skutečnost jsem navrhla sedm fuzzy množin pokrývajících zmíněný interval, které vychází z četností dob jízd zjištěných v matici minimálních vzdáleností (návrh vychází ze situace v městě Pardubice).

V následující části fuzzy regulátoru jsem navrhla pro každou variantu vstupních fuzzy dob dílčích jízd pravidla určující fuzzy dobu celkové jízdy. Tato pravidla jsou následně vyhodnocena inferenčním mechanismem, pro který jsem zvolila implikaci typu Mamdani.

V poslední kapitole je sestavený fuzzy regulátor zadán a následně vyzkoušen ve vybraném softwarovém prostředí.

## 8 ROZHODOVACÍ PROCES PŘI SESTAVOVÁNÍ TRAS JÍZD VOZIDEL

### 8.1 POSTUP PŘI ROZHODOVÁNÍ O SPOJENÍ VÍCE OBJEDNÁVEK DO SPOLEČNÉ JÍZDY

V systému dopravy na zavolání jsou postupně přijímány objednávky na přepravu zákazníků. Každá nová objednávka musí být při jejím přijímání prozkoumána z pohledu kapacit daného systému a s ohledem na již přijaté objednávky, u kterých již není možné měnit dohodnutá data (čas a místo zahájení příp. ukončení přepravy). Jestliže nová objednávka zasahuje časově do intervalu příslibeného jinému zákazníkovi dochází k rozhodovacímu procesu, který určí je-li možné kolidující přepravy spojit do jedné společné jízdy. Vzhledem k důvodu cestování může zákazník upřednostňovat čas zahájení přepravy (cesty od lékaře domů apod.), nebo je pro zákazníka důležitý čas ukončení přepravy (cesty na které navazuje další přeprava např. železnice, cesty do práce apod.) Postup rozhodování pro obě varianty je popsán v následující části kapitoly.

#### Důraz je kladen na čas odjezdu $t_z^+$

Pro zákazníka  $z$  je důležitý čas odjezdu  $t_z^+$  z místa  $v_i^{z+}$ . Během přijímání objednávky se dispečer rozhoduje zda přijetím nové objednávky nedojde k časovým změnám v jízdě vozidla, které poruší již dohodnuté termíny přijatých objednávek. Přijetím objednávky se dopravce zaručuje vyzvednout zákazníka v požadovaném čase na požadovaném místě a přepravit jej během maximální doby přepravy např. 30 min, na dohodnuté místo.

Podle času  $t_z^+$ , ve kterém zákazník požaduje zahájení přepravy dispečer zjistí, zda vozidlo provádí obsluhu jiného zákazníka, nebo zda v tomto čase není příslibena objednávka na jízdu. Jestliže je v daném čase vozidlo využíváno k přepravě zákazníka nebo zákazníků, je nutné určit, zda vozidlo není plně vytíženo; v tom případě je nutné počáteční dobu odjezdu  $t_z^+$  v požadavku zákazníka přesunout na jiný termín. Jestliže vozidlo v daném čase není kapacitně vytíženo a je v něm dostatek volné kapacity pro přijetí aktuální objednávky, nalezne se úsek  $(v_k, v_l)$  v trase jízdy vozidla, ve kterém se vozidlo pohybuje v čase  $t_z^+$ .

Do tohoto úseku bude vložena jízda do místa začátku právě vkládané přepravy  $v_i^{z+}$ , tj. úsek bude rozdělen na dvě dílčí jízdy  $(v_k, v_i^{z+})$  a  $(v_i^{z+}, v_l)$ , které nahradí úsek  $(v_k, v_l)$  viz. obr. 8.1. K tomuto nahrazení může dojít pouze v případě, že celková doba jízdy v úseku  $(v_k, v_l)$ , složená z dílčích dob jízdy v úsecích  $(v_k, v_i^{z+})$  a  $(v_i^{z+}, v_l)$ , nepřekročí maximální dobu jízdy již přijaté objednávky, kterou se pokoušíme spojit s nově přijímanou objednávkou. Celkovou dobu jízdy v úseku  $(v_k, v_l)$  složenou z dílčích dob jízdy v úsecích  $(v_k, v_i^{z+})$  a  $(v_i^{z+}, v_l)$  zjistíme pomocí sestaveného fuzzy regulátoru (kapitola 7.3, kapitola 8.2).

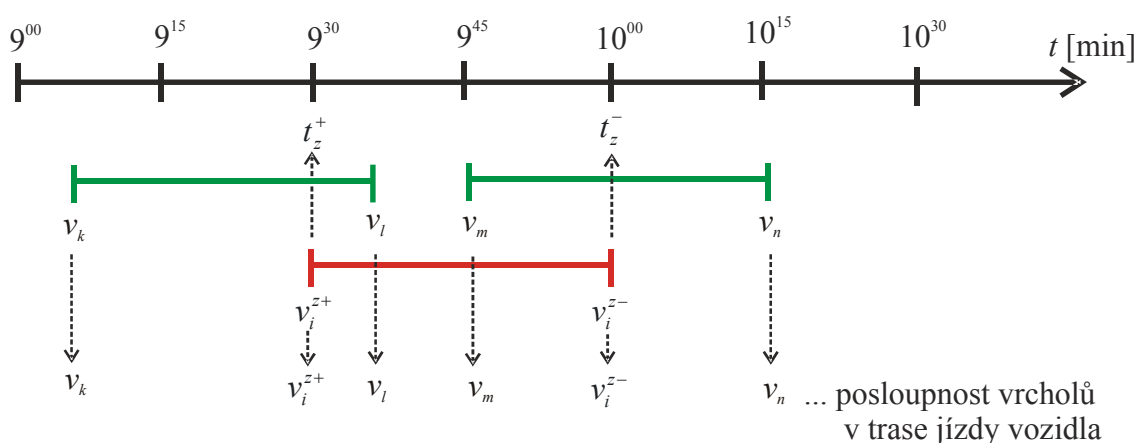
Druhou část ověřování, zda je možné přijmout objednanou přepravu, je určení okamžiku, kdy bude přeprava zákazníka z ukončena  $t_z^-$ . Zákazníkovi záleží na čase zahájení přepravy, dobu ukončení přepravy je možné z minimální doby jízdy objednané přepravy prodloužit až na maximální garantovanou dobu přepravy, např. 30 min.



Určím minimální dobu jízdy objednané přepravy mezi místem nástupu a výstupu zákazníka tj. úsek  $(v_i^{z+}, v_i^{z-})$  a určím čas, kdy může být přeprava nejdříve ukončena, tj. čas  $t_z^-$ . Zjistím zda v časovém intervalu  $\langle t_z^+, t_z^- \rangle$  není již přislíbena jiná přeprava a pokud tomu tak není mohu objednávku na novou přepravu přijmout.

Jestliže dojde k úplnému vložení nové přepravy do již přislíbené objednávky musím zjistit zda vložení nedojde k prodloužení doby již objednané přepravy nad povolenou maximální garantovanou dobu.

Jestliže doba ukončení přepravy  $t_z^-$  je okamžik, ve kterém již vozidlo vykonává jízdu již přislíbené objednávce, mohu dobu jízdy prodloužit až na maximální garantovanou dobu přepravy. Nebo mohu určit aktuální úsek trasy jízdy vozidla  $(v_m, v_n)$  v čase  $t_z^-$  a pokusím se vložit do tohoto úseku obsluhu místa ukončení objednané přepravy z-tého zákazníka, tj. rozdělím úsek na dvě dílčí jízdy  $(v_m, v_i^{z-})$  a  $(v_i^{z-}, v_n)$ . Pomocí sestaveného fuzzy regulátoru určím celkovou dobu jízdy v úseku  $(v_m, v_n)$  složenou z dílčích dob jízdy v úsecích  $(v_m, v_i^{z-})$  a  $(v_i^{z-}, v_n)$ . Jestliže celková doba jízdy v úseku  $(v_m, v_n)$  složená z dílčích dob jízdy v úsecích  $(v_m, v_i^{z-})$  a  $(v_i^{z-}, v_n)$  nepřekročí maximální garantovanou dobu jízdy již přijaté objednávky a také nově přijímané objednávky, mohu novou objednávku přijmout.



Obr. 8.1 Znáznornění úseků trasy jízdy vozidla "na zavolání" na časové ose

### Důraz je kladen na čas příjezdu $t_z^-$

Pro zákazníka  $z$  je důležitý čas příjezdu  $t_z^-$  do místa  $v_i^{z-}$ . Postup vyhodnocení možnosti přijetí objednávky je opačný od předchozí varianty tzn. nejdříve vyhodnotím možnost ukončení přepravy v čase  $t_z^-$  a pak určím čas zahájení přepravy  $t_z^+$ .

Podle času  $t_z^-$ , v kterém zákazník požaduje ukončení přepravy, dispečer zjistí, zda vozidlo provádí obsluhu jiného zákazníka nebo zda v tomto čase není dosud přislíbena objednávka na jízdu. Jestliže je v daném čase vozidlo již využíváno k přepravě zákazníka nebo zákazníků, je nutné určit úsek trasy jízdy vozidla  $(v_m, v_n)$ , ve kterém se vozidlo pohybuje v čase  $t_z^-$  a zda vozidlo není kapacitně vytíženo tj. je volná kapacita pro přijetí

aktuální objednávky. Do tohoto úseku  $(v_m, v_n)$  vložíím jízdu do místa ukončení právě vkládané přepravy  $v_i^{z+}$ , tj. úsek bude rozdělen na dvě dílčí jízdy  $(v_m, v_i^{z-})$  a  $(v_i^{z-}, v_n)$ , které nahradí úsek  $(v_m, v_n)$ . K tomuto nahrazení může dojít pouze v případě, že celková doba jízdy v úseku  $(v_m, v_n)$ , složená z dílčích dob jízdy v úsecích  $(v_m, v_i^{z-})$  a  $(v_i^{z-}, v_n)$ , nepřekročí maximální dobu jízdy již přijaté objednávky, kterou se pokouším spojit s nově přijímanou objednávkou. Celkovou dobu jízdy v úseku  $(v_m, v_n)$  složenou z dílčích dob jízdy v úsecích  $(v_m, v_i^{z-})$  a  $(v_i^{z-}, v_n)$ , zjistím pomocí sestaveného fuzzy regulátoru.

Druhou část ověřování, zda je možné přijmout objednanou přepravu, je určení okamžiku, kdy bude přeprava zákazníka zahájena tj. čas  $t_z^+$ . Celková doba přepravy se musí pohybovat v intervalu od minimální doby jízdy objednané přepravy po maximální garantovanou dobu přepravy, např. 30 min.

Určím minimální dobu jízdy objednané přepravy  $(v_i^{z+}, v_i^{z-})$  a určíme čas, kdy může být přeprava nejdříve zahájena, tj. čas  $t_z^+$ . Zjistím zda v časovém intervalu  $\langle t_z^+, t_z^- \rangle$  není již přislíbena jiná přeprava a pokud tomu tak není, mohu objednávku na novou přepravu přijmout. Jestliže doba zahájení přepravy  $t_z^+$  je okamžik, ve kterém je již přeprava přislíbena jinému zákazníkovi, mohu dobu jízdy prodloužit až na maximální dobu přepravy. Nebo mohu určit aktuální úsek trasy jízdy vozidla  $(v_k, v_l)$  v čase  $t_z^+$  a pokusím se vložit do tohoto úseku obsluhu místa ukončení objednané přepravy z-tého zákazníka, tj. rozdělím úsek na dvě dílčí jízdy  $(v_k, v_i^{z+})$  a  $(v_i^{z+}, v_l)$ . Pomocí sestaveného fuzzy regulátoru určím celkovou dobu jízdy v úseku  $(v_k, v_l)$  složenou z dílčích dob jízdy v úsecích  $(v_k, v_i^{z+})$  a  $(v_i^{z+}, v_l)$ . Jestliže celková doba jízdy v úseku  $(v_k, v_l)$  složená z dílčích dob jízdy v úsecích  $(v_k, v_i^{z+})$  a  $(v_i^{z+}, v_l)$  nepřekročí maximální dobu jízdy již přijaté objednávky a také nově přijímané objednávky, mohu novou objednávku přijmout.

## 8.2 APLIKACE SESTAVENÉHO FUZZY REGULÁTORU NA PODPORU ROZHODOVÁNÍ PŘI ORGANIZACI DOPRAVY "NA ZAVOLÁNÍ"

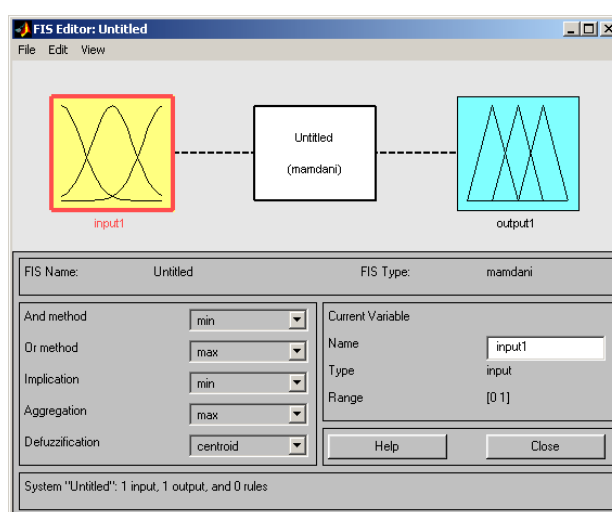
Fuzzy regulátor určující celkovou dobu trvání jízdy, která vznikne spojením dvou dílčích jízd je popsán v předcházející 7 kapitole. Funkčnost navrženého fuzzy regulátoru jsem ověřila pomocí programu MATLAB. Program MATLAB je určen pro zpracování vědeckotechnických výpočtů, pro modelování, návrhy algoritmů, simulace, analýzu a prezentaci dat, měření a zpracování signálů, návrhy řídicích a komunikačních systémů. Architektura MATLABu obsahuje řadu knihoven funkcí, nazývaných toolboxy, které rozšiřují použití programu v příslušných vědních a technických oborech.

Pro návrh fuzzy regulátoru v MATLABu jsem využila Fuzzy Logic Toolbox, který pomocí grafického uživatelského rozhraní umožňuje naplnit znalostní i datovou bázi fuzzy systému. Fuzzy Logic Toolbox se skládá z pěti základních nástrojů pro vytvoření, editaci a ladění fuzzy modelu – FIS editor, MF editor, Rule editor, Rule Viewer, Surface Viewer. Pomocí editorů FIS, MF a Rule je možné definovat a měnit data v fuzzy systému. Poslední dva grafické nástroje Rule Viewer a Surface Viewer jsou určeny pro pasivní prohlížení.

V následující části je uveden způsob, jakým jsem definovala vstupní a výstupní proměnné, jejich rozsahy, funkce příslušnosti, inferenční a rozhodovací pravidla a metody fuzzyfikace a defuzzyfikace pomocí nástrojů Fuzzy Logic Toolboxu. Zobrazení použitých editorů a grafických nástrojů Fuzzy Logic Toolboxu jsou uvedena v příloze 6-10.

### FIS editor (Fuzzy Inference System)

FIS editor je určen pro zadávání počtu vstupních a výstupních proměnných a jejich jmen, která jsou v podobě jazykových proměnných. V grafickém okně FIS editoru existují tři typy bloků viz. obr. 8.2 – vstupní proměnné, typ inference a výstupní proměnné.



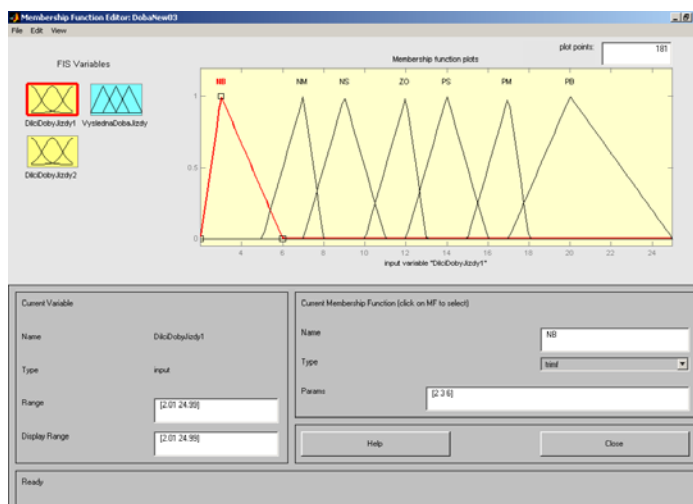
Obr. 8.2 Inferenční fuzzy systém – FIS editor

### MF editor (Membership Function)

V MF editoru se definuje pro každou vstupní a výstupní proměnnou rozsah univerza, počet termů, kterých mohou nabývat tyto proměnné, počet funkcí příslušnosti, jejich tvary, a každé funkci příslušnosti se určí její jméno.

Okno editoru MF se skládá ze čtyř hlavních částí. V levém horním rohu jsou ikony všech proměnných – Doba dílčí jízdy č.1, Doba dílčí jízdy č.2 a Doba celkové jízdy. Zbývající část okna slouží k editaci aktivní proměnné (proměnná označená červenou linkou). V pravé horní části editoru vedle ikon proměnných je graf s funkcemi příslušnosti aktivní proměnné, který dále umožňuje jednoduchou editaci aktivní proměnné. V levé dolní části je možné nastavit rozsah proměnné (Range) a zobrazovaný rozsah proměnné (Display Range). V pravé dolní části se nastavují vlastnosti funkce příslušnosti, vybrané v grafu, jméno vybrané funkce příslušnosti, její tvar a parametry. Přidání funkce příslušnosti je možné pomocí menu Edit.

Ukázka způsobu naplnění MF editoru pro jednu ze vstupních proměnných je na obr. 8.3, způsob naplnění zbývajících proměnných modelu je uveden v příloha. Definice vstupních a výstupních fuzzy proměnných pomocí, kterých jsou v MF editoru tyto proměnné nastaveny, je uvedena v kapitole 7.3.3 (viz. vstupní fuzzy množiny dílčích dob jízdy a výstupní fuzzy množiny celkových dob jízdy).



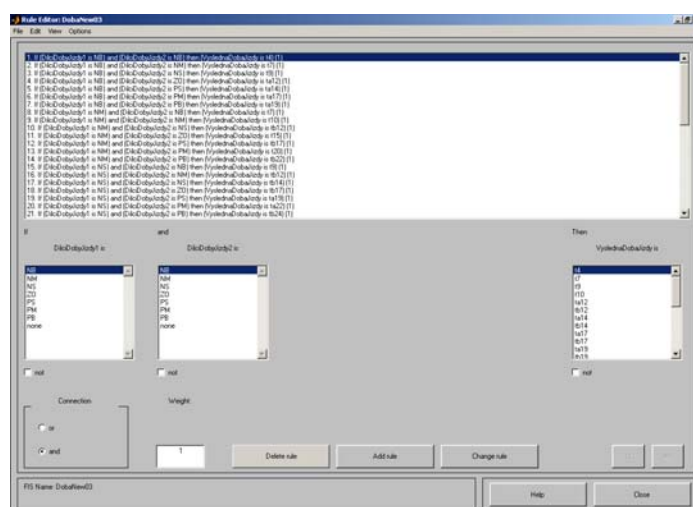
Obr. 8.3 Editor funkcí příslušnosti – MF editor

### RULE editor

Rule editor vytváří soubor všech fuzzy inferenčních pravidel včetně hodnot vah jednotlivých pravidel. Soubor fuzzy pravidel vytváří bázi znalostí. Tento editor definovaný pro vytvářenou úlohu je ukázán na obr. 8.4.

V horní části okna je seznam definovaných pravidel a pod ním jsou seznamy hodnot, které mohou nabývat jednotlivé proměnné. Nejsou zde uvedeny konkrétní hodnoty, ale jména funkcí příslušnosti definovaných v MF editoru. V dolní části okna jsou tlačítka pro editaci pravidel, pole pro určení vzájemného vztahu vstupních proměnných a pole pro určení váhy pravidla.

V sestavovaném modelu jsou definovány dvě vstupní proměnné a každá z nich je popsána sedmi funkcemi příslušnosti. Celkem je možné sestavit 49 fuzzy pravidel, jejichž konsekventem je 25 výstupních proměnných. Každé pravidlo má v systému stejnou důležitost, proto váha všech pravidel je 1.



Obr. 8.4 Editor pravidel

## Rule Viewer

Rule Viewer slouží ke grafickému zobrazení definovaných pravidel a výsledků inference pro zadané hodnoty vstupů. Umožňuje zobrazit konkrétní hodnotu výstupu pro konkrétní hodnoty vstupů.

Hodnoty výstupu se zobrazí po vybrání hodnot vstupů. Zároveň se zobrazí, která pravidla byla použita pro její zjištění a která pravidla mají podíl na výsledné hodnotě. Na obr. 8.5 je ukázán rule editor, pro hodnotu proměnné „dílčí doba jízdy č.1“ – 13,5 a hodnotu proměnné „dílčí doba jízdy č.2“ rovnou 13,5 viz. žlutě zvýrazněné funkce příslušnosti u obou proměnných. Modře označená funkce příslušnosti celkové doby jízdy ukazuje na pravidlo, které bylo použito v inferenčním mechanismu (jedná v tomto případě o pravidlo č. 33). Ve spodním obdélníku sloupce „celkových dob jízdy“ (třetí sloupec) je znázorněn výsledek implikace zvoleného typu (Mamdani). V horní části je možné odečíst výslednou hodnotu celkové doby jízdy, která je pro zadané vstupní hodnoty 28.

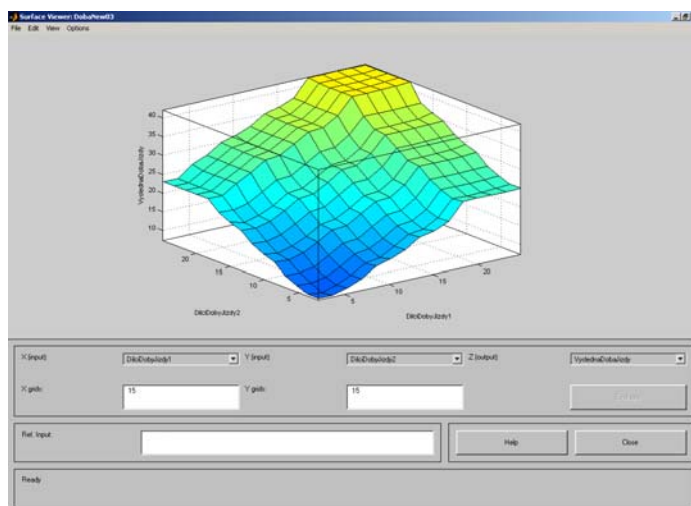
Další ukázky grafického zobrazení řešení jsou uvedeny v příloze 7.



Obr. 8.5 Znáznornění průběhu inferenčního mechanismu – Rule viewer

## Surface Viewer

Surface Viewer rovněž slouží pouze ke sledování, v tomto případě k zobrazení řídicí plochy navrhovaného systému. Řídicí plocha popisuje závislost výstupů na vstupech pro všechny definované hodnoty vstupů. Tento editor se zobrazenou řídicí plochou ukazující vliv dílčích dob jízdy na celkové době jízdy je ukázán na obr. 8.6.



Obr. 8.6 Grafické znázornění závislosti výstupu na vstupech – Surface viewer

## 9 ZÁVĚR

V posledních letech roste počet zdravotně postižených osob. V souvislosti s touto skutečností se společnost snaží vytvářet prostředí přístupné osobám se zdravotním omezením a pomáhá tak k jejich plnohodnotnému začlenění do života ve společnosti. Nedílnou součástí života je volnost pohybu a orientace, na které se významnou měrou podílí doprava. Jestliže se stane doprava přístupná osobám s těžkým zdravotním omezením (lidé na invalidním vozíku, osoby nevidomé a neslyšící) bude tato doprava také přístupná ostatním skupinám osob se zdravotním omezením a osobám starším, osobám s dětmi nebo s kočárkem, osobám s těžkými nebo objemnými zavazadly – zkrátka všem cestujícím.

Po roce 1989 došlo v České republice k novelizaci řady právních předpisů, které nově zahrnují úpravy představující legislativní podklady pro vytváření prostředí přístupného osobám se sníženou schopností pohybu a orientace. Přestože dnes již existují právní předpisy pro tvorbu bezbariérového prostředí, v praxi bývají v řadě případů tyto předpisy chybně implementovány. Častým příkladem jsou chybné úpravy přechodů pro chodce pro osoby slabozraké a nevidomé.

V kapitolách 2-4 je popsán současný stav přístupnosti železniční dopravy, silniční autobusové dopravy, veřejné hromadné dopravy pro osoby se sníženou schopností pohybu a orientace v oblasti bezbariérového přístupu k budovám, dopravním prostředkům a vybavenosti informačními systémy. Z celkového hodnocení těchto druhů dopravy se jako nejpřístupnější jeví městská hromadná doprava, následuje železniční doprava a nejméně přístupnou se jeví silniční autobusová doprava. Prozatím žádný druh dopravy není zcela bezbariérový a je potřebné vyřešit řadu technicko-organizačních nedostatků. Vzhledem k částečné přístupnosti veřejné dopravy osobám s omezenou schopností pohybu a orientace stále mnoho osob volí přepravu vlastním automobilem.

V některých městech České republiky vzniká jako doplněk veřejné dopravy speciální služba určená osobám s omezenou schopností pohybu a orientace (držitelé průkazu ZTP, ZTP/P) doprava "na zavolání". Důležitou částí organizace dopravy "na zavolání" je určování tras jízd vozidel vyhovující přijatým objednávkám. Na rozbor úlohy určování trasy jízd vozidel na zavolání, matematický zápis, hledání vhodného matematického aparátu jsem zaměřila další část práce.

Praktickou část organizace zajišťuje dispečer, který přijímá objednávky na přepravu a již při objednávání přepravy musí rozhodnout, zda je možné dané objednávce vyhovět. Při přijmutí objednávky dispečer začíná vytvářet plán jízdy vozidla. Proces rozhodování o spojení více objednávek do společné jízdy začíná v okamžiku vzniku požadavku na přepravu v časovém rozmezí, ve kterém již byla přislíbena přeprava jinému zákazníkovi resp. jiným zákazníkům a kapacita vozidla není využita. V tomto okamžiku může dojít k rozpulení již navrženého úseku trasy jízdy vozidla a vložení nového místa obsluhy do tohoto úseku. Nové místo obsluhy je možné vložit do existujícího úseku trasy, jestliže nová celková doba jízdy vozidla v tomto úseku vzniklá spojením dvou dílčích dob jízdy vozidla nepřekročí dobu vyhrazenou pro jízdu v tomto úseku trasy.

Určení celkové doby jízdy vzniklé spojením dvou dílčích jízd jsem analyzovala a navrhla možné řešení v kapitolách 5-7. Dílčí doby jízdy zde považuji za vstupní hodnoty, které považuji za neostré hodnoty a uvažuji je s jistou mírou neurčitosti (nepřesnosti). Koncem minulého století byla rozpracována fuzzy teorie množin, která se snaží popsat realitu v její nepřesnosti a neurčitosti. Využití této teorie pro řešení problémů v oblasti dopravy je prozatím ojedinělé.

Každá stanovená dílčí doba trvání jízdy mezi libovolnou dvojicí míst je přiřazena do jedné ze sedmi navržených fuzzy množin s jí odpovídající hodnotou funkce příslušnosti do dané fuzzy množiny. Pro určení výsledné celkové doby jízdy jsem sestavila fuzzy regulátor pracující se vstupními ostrými hodnotami dílčích dob jízd, které jsou fuzzyfikovány a následně zpracovány pomocí báze pravidel a inferenčního mechanismu. Nalezená výstupní fuzzy doba celkové doby jízdy je následně převedena na ostrou hodnotu tzv. defuzzyfikována.

Sestavený model ukazuje možnost využití teorie fuzzy množin pro řešení rozhodovacích úloh v dopravních systémech při neurčitých vstupních hodnotách. Funkčnost navrženého fuzzy regulátoru jsem ověřila na reálných vstupních datech naměřených v okrese Pardubice (kapitola 8).



## LITERATURA

- [ANR] Anruf Bus, Internationales Verkehrswesen, 6 /1996
- [AUT] Autorský kolektiv: Obce, města, regiony a sociální služby; Praha 1997
- [BAR] Bartoš, F.: Zásady řešení bezbariérové přístupnosti a užívání dopravních prostředků veřejné dopravy, vydalo Sdružení pro životní prostředí zdravotně postižených v ČR, Praha 1994
- [BRA] Brázdová, M.: Využití optimalizačních metod k řešení svozných a rozvozných úloh, disertační práce, Univerzita Pardubice 1998
- [BIL] Bíla, J.: Umělá inteligence a neuronové sítě v aplikacích, Praha 1998, ISBN 80-01-01769-9
- [BOD] Bodin, L., Golden, B.: Classification in vehicle routing and scheduling. Networkss, Vol. 11 )1981), s. 97-108
- [BRE] Březina, T., Singule, V., a kol: Řízení mechatronických soustav, VUT-Brno
- [CER] Černá, A., Černý, J.: Teorie řízení a rozhodování v dopravních systémech, Institut Jana Pernera 2004, ISBN 80-86530-15-9
- [CER1] Černý, J.: Operační výzkum pro managery I., České Budějovice 1993, ISBN 80-7040-088-9
- [DAN] Dantzig, G. B.: Lineárne programovanie a jeho rozvoj, Vydavateľstvo technickej literatúry, Bratislava 1966, 63-111-66
- [DEM] Demel, J.: Grafy a jejich aplikace, Academia Praha 2002, ISBN 80-200-0990-6
- [DUD] Dudr, V., Lněnička, P.: Navrhování staveb pro samostatný a bezpečný pohyb nevidomých a slabozrakých osob, Informační centrum ČKAIT, Praha 2002, ISBN 80-86364-63-1
- [FIL] Filipiová, D.: Projektujeme bez bariér, Ministerstvo práce a sociálních věcí 2002, ISBN 80-86552-18-7
- [FOR] Ford, F., Falkerson, D.: Flows in networks, Překlad do ruštiny, MIR, Moskva 1966
- [HAV] Havel, V., Holenda, J.: Lineární algebra, SNTL/Alfa Praha 1984, 04-011-84
- [IGN] Ignáčák, T.: Nízkopodlažnost kolejových vozidel, sborník mezinárodní konference Doprava bez bariér, Praha 2005
- [JAN] Janský, M.: Řešení dopravní obslužnosti s přihlédnutím k dopravě handicapovaných osob. diplomová práce, Pardubice 2000
- [JAN1] Janáček, J.: Optimalizace na dopravních sítích, Žilina 2003, ISBN 80-8070-031-1
- [JAN2] Janáček, J.: Matematické programování, Žilina 2003, ISBN 80-8070-054-0
- [JUR] Jura, P.: Základy fuzzy logiky pro řízení a modelování, Brno 2003, ISBN 80-214-2261-0
- [KAD] Kadlec, V., Vodáček, J.: Matematické metody řešení dopravních problémů. SNTL, Praha 1963
- [KRI] Кристофидес, Н.: Теория графов. MIR, Moskva 1978
- [LNE] Lněnička, P.: Doprava a pohybově postižení, DOPRAVA Ekonomicko-technická revue č. 5, 1999

- [LNE1] Lněnička, P.: Doprava a zrakově postižení, doprava a sluchově postižení, DOPRAVA Ekonomicko-technická revue č. 6, 1999
- [MAR] Martinec, I.: Kombinatorická metoda řešení okružních dopravních úloh. Ekonomicko-matematický obzor, 1979, č. 3
- [MAT] Matuška J. a kol.: Rozhodovací procesy cestujících s omezenou schopností pohybu a orientace. Sborník konference ŽEL 2005. Žilina (SR), ISBN 80-8070-400-7
- [MAT1] Matuška J. a kol.: Tvorba bezbariérového prostředí na Pardubicku. Projekt pro Magistrát města Pardubic, odbor dopravy. Institut Jana Pernera, o.p.s., Pardubice 2005
- [NAR] Národní rozvojový program mobility pro všechny, vydal Úřad vlády ČR, Vládní výbor pro zdravotně postižené občany, Praha 2004, ISBN 80-86734-31-5
- [NEC] Nečas, J.: Grafy a jejich použití, SNTL Praha 1978
- [NES] Nešetřil, J.: Teorie grafů, SNTL Praha 1979
- [NOV] Novák, V.: Fuzzy množiny a jejich aplikace, SNTL Praha 1986, 04-002-86
- [PEC] Pecha, A., Volek, J.: Netypické systémy dopravní obsluhy regionu
- [PHI] Philipe, T.: Transportation modelling and operations research: a fruitful connection. Hungary 1997
- [PLE] Plevný, M., Lukáš, L.: Operační výzkum. skriptum, Plzeň 2000
- [PLE1] Plesník, J., Dupačová, J., Vlach, M.: Lineárne programovanie, Alfa Bratislava 1990, ISBN 80-05-00679-9
- [PUB] PUB+: Accessibility to public utility buildings for urban citizens with mobility impairments. Socio-economic study, A project funded by the Commission of the European Communities under the EESD program no. EVK4-2002-00559
- [SDE] Sdělení Komise Evropského společenství o rovnoprávnosti v uplatnění občanů se zdravotním postižením, Komise ES COM/96/406final
- [SED] Sedláček, J.: Kombinatorika v teorii a praxi, Nakladatelství Československé akademie věd, 1964
- [SIR] Široký, J., Drdla, P.: Nové způsoby dopravní obsluhy,
- [SPP] Smluvní přepravní podmínky ČD pro veřejnou osobní dopravu
- [STA] Standartní pravidla pro vyrovnávání příležitostí pro osoby se zdravotním postižením, rezoluce Valného shromáždění OSN č. 48/96
- [STE] Steiner, M.: Přeprava handicapovaných osob v ČR, 3. mezinárodní konference o veřejnej osobnej doprave 19. - 20.10. 1999, Bratislava, ISBN 80-88992-00-1
- [VOL] Volek, J.: Operační výzkum I, Univerzita Pardubice 2002, ISBN 80-7194-410-6
- [VYH] Vyhláška 369/2001 Sb., o obecných požadavcích zabezpečujících užívání staveb osobami s omezenou schopností pohybu a orientace
- [WAL] Walter, J., Vejmla, S., Fiala, P.: Aplikace metod síťové analýzy v řízení a plánování, Praha, Státní nakladatelství technické literatury, 1989, ISBN 80-03-00101-3
- [WW1] <http://www.czso.cz>
- [WW2] <http://www.cdmail.cz/CP1250/SLUZBY/OSOBNI/postiz.htm>
- [WW3] <http://homel.vsb.cz/~s1v65/strankyWEB/Studenti/Kana/Fuzzy/Uvodfuzzy.htm>

- [WW4] <http://www.tyflocentrum-ol.cz/informace/bariery/prehled/>
- [WW5] <http://www.cd.cz/static/periodika/cdprovas/cd3-03.pdf>
- [WW6] <http://www.consensus.upv.es>
- [WW7] <http://www.bezbarier.ipardubice.cz>
- [ZAD] Zadeh, L. A.: Fuzzy sets, Inf.&Control, 1965
- [ZUC] Zuchovickij, S. I., Radčik, I. A.: Matematické metody síťové analýzy, Praha, Státní nakladatelství technické literatury, 1972

## SEZNAM ZKRATEK

ABS	.....	Automatický brzdový systém
ATC	.....	Air Traffic Control – Řízení letového provozu
CPM	.....	Critical Path Metod – Metoda kritické cesty
ČD	.....	České dráhy, a.s.
ČR	.....	Česká republika
ČSN	.....	Česká státní norma
DHM	.....	Digitální hlasový majáček
DOSIO	...	Dostupné služby imobilním občanům
EC	.....	Druh vlaku – eurocity
Ex	.....	Druh vlaku – expres
ES	.....	Evropské společenství
EU	.....	Evropská unie
GPS	.....	Globální polohový systém
IATA	.....	International Air Transport Association – Mezinárodní asociace pro leteckou dopravu
IC	.....	Druh vlaku – intercity
KC1	.....	Předpis pro přepravu cestujících na Českých drahách, a.s.
NP	.....	Nedeterministický polynominální algoritmus
MHD	.....	Městská hromadná doprava
OSN	.....	Organizace spojených národů
PERT	....	Program Evaluation and Review Technique
POV	.....	Pražská organizace vozíčkářů
Sb.	.....	Sbírka zákonů České republiky
SPPO	.....	Smluvní přepravní podmínky Českých drah, a.s. pro veřejnou osobní dopravu
SŽDC	.....	Správa železniční dopravní cesty
TP	.....	Skupina tělesně postižených osob
UIC	.....	Union Internationale des Chemins de Fer – Mezinárodní železniční unie
ZTP	.....	Skupina zdravotně postižených osob
ZTP/P	....	Skupina těžce zdravotně postižených osob

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 2.1 Mezinárodní symbol přístupnosti.....	11
Obr. 2.2 Zmenšená ukázka průkazu TP .....	16
Obr. 2.3 Zmenšená ukázka průkazu ZTP .....	16
Obr. 2.4 Zmenšená ukázka průkazky typu ZTP-P .....	17
Obr. 3.1 Mapa České republiky a umístění Pardubicka.....	23
Obr. 3.2 Přístupnost autobusového nádraží v Pardubicích.....	27
Obr. 4.1 Železniční stanice bezbariérově přístupná pro těžce tělesně postižené cestující .....	35
Obr. 4.2 Ukázka umělé vodící linie a způsob přerušení vodící linie .....	36
Obr. 4.3 Ukázka vizuálního informačního systému .....	36
Obr. 4.4 Nástup handicapovaných cestujících do vozů Českých drah.....	39
Obr. 4.5 Služební oddíl motorového vozu řady 842 .....	40
Obr. 4.6 Nízkopodlažní bezbariérový autobus Karosa-Renault City-bus z Karosy a. s. ....	42
Obr. 4.7 Individuální přístup k přepravovaným osobám speciální dopravou .....	45
Obr. 4.8 Zajištění speciální služby „autobus na zavolání“ .....	45
Obr. 4.9 Technické zajištění komunikace řidiče s dispečerem .....	46
Obr. 4.10 Pohled na vozidlo Ford Transit vybavené nájezdovou rampou pro vozíčkáře humanitárního sdružení "HANDICAP(?)" Zlín.....	47
Obr. 4.11 Speciální doprava provozovaná Pražskou organizací vozíčkářů .....	48
Obr. 4.12 Bezbariérové řešení autobusových zastávek.....	50
Obr. 4.13 Bezbariérové řešení přechodu.....	51
Obr. 5.1 Přehled organizace zajištění jízd na zavolání .....	55
Obr. 6.1 Clark-Wrightova metoda.....	65
Obr. 6.2 Síťový graf .....	66
Obr. 6.3 Průběh a definice $\Lambda$ -funkce.....	67
Obr. 6.4 Součet fuzzy množin.....	68
Obr. 6.5 Typické názvy a tvary funkcí příslušnosti slovních hodnot jazykové proměnné .....	68
Obr. 6.6 Mamdaniho implikace na jednorozměrné závislosti.....	69
Obr. 6.7 Struktura fuzzy regulátoru .....	70
Obr. 7.1 Vstupní fuzzy množiny dílčích dob jízd – graficky.....	81
Obr. 7.2 Inferenční mechanismus typu Mamdani .....	84
Obr. 8.1 Znázornění úseků trasy jízdy vozidla "na zavolání" na časové ose.....	88
Obr. 8.2 Inferenční fuzzy systém – FIS editor .....	90
Obr. 8.3 Editor funkcí příslušnosti – MF editor.....	91

Obr. 8.4 Editor pravidel.....	91
Obr. 8.5 Znázornění průběhu inferenčního mechanismu – Rule viewer .....	92
Obr. 8.6 Grafické znázornění závislosti výstupu na vstupech – Surface viewer .....	93

## SEZNAM TABULEK

Tab. 2.1 Procentuální údaje míry závislosti občanů podle věkových skupin .....	14
Tab. 2.2 Výskyt jednotlivých druhů zdravotního postižení na tisíc obyvatel v roce 1998 .....	15
Tab. 2.3 Přehled počtu držitelů mimořádných výhod v ČR podle stupně zdravotního postižení .....	15
Tab. 3.1 Úpravy přechodů pro chodce z pohledu osob se zrakovým omezením v Pardubicích .....	24
Tab. 3.2 Úpravy přechodů pro chodce z pohledu osob s pohybovým omezením v Pardubicích .....	25
Tab. 3.3 Vyhodnocení bezbariérovosti autobusových zastávek v Pardubicích .....	25
Tab. 3.4 Bezbariérová přístupnost žel. stanic a zastávek na území města Pardubic .....	28
Tab. 3.5 Vlaky (vozy) vhodné pro přepravu cestujících s pohybovým nebo smyslovým omezením .....	29
Tab. 4.1 Kód označení bezbariérovosti železniční stanice podle UIC .....	39
Tab. 4.2 Přehled počtu železničních vozidel osobní dopravy v ČR .....	40
Tab. 4.3 Počty tramvají s bezbariérovým vstupem v MHD .....	43
Tab. 6.1 Přehled charakteristik dopravních modelů .....	60
Tab. 7.1 Přehled výpočetní složitosti algoritmu v závislosti na rozsahu zadané úlohy .....	77
Tab. 7.2 Vstupní fuzzy množiny dílčích dob jízd .....	81
Tab. 7.3 Výstupní fuzzy množiny celkových dob jízd .....	82
Tab. 7.4 Báze pravidel .....	83

## SEZNAM GRAFŮ

Graf 2.1 Vývoj populace obyvatel v ČR v letech 1970-2000 .....	13
Graf 2.2 Očekávaný vývoj počtu osob ve věku 0-14 a 65+ do roku 2030.....	13
Graf 2.3 Odhad potenciální připravenosti jednotlivých druhů doprav pro přepravu handicapovaných osob v %.....	18
Graf 3.1 Využívání veřejné dopravy osobami s pohybovým omezením .....	21
Graf 3.2 Používání dopravních prostředků osobami s pohybovým omezením.....	22
Graf 3.3 Hlavní důvody vycházení z domu osob se sníženou schopností pohybu .....	23
Graf 3.4 Frekvence využívání veřejné dopravy pro cestování mimo dosah městské hromadné dopravy osobami s pohybovým omezením.....	30
Graf 3.5 Nejčastější druhy dopravy využívané osobami se sníženou schopností pohybu v rámci města .....	31
Graf 3.6 Míra využívání různých druhů dopravy osobami s pohybovým omezením.....	31
Graf 7.1 Výpočetní složitost algoritmu pro sestavený model lineárního programování dopravy „na zavolání“ v závislosti na počtu objednávek na přepravu a počtu vozidel.....	76



## SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA 1 – Zákony, vyhlášky, normy a ostatní předpisy týkající se problematiky přístupnosti k dopravním službám .....	105
PŘÍLOHA 2 – Dávky sociální péče na dopravu pro těžce zdravotně postižené občany v ČR .....	107
PŘÍLOHA 3 – Dopravní síť města Pardubic a okolí v rozsahu MHD.....	108
PŘÍLOHA 4 – Matice přímých vzdáleností odpovídající dopravní síti Pardubic a okolí.....	110
PŘÍLOHA 5 – Matice minimálních vzdáleností (distanční matice) Pardubic a okolí.....	112
PŘÍLOHA 6 – Editor pro zadávání proměnných do fuzzy systému – FIS editor.....	114
PŘÍLOHA 7 – Způsob zadání proměnných modelu pomocí editoru funkcí příslušnosti – MF editor.....	116
PŘÍLOHA 8 – Zadání inferenčních pravidel pomocí RULE editoru.....	119
PŘÍLOHA 9 – Ukázky činnosti inferenčního mechanismu .....	120
PŘÍLOHA 10 – Surface Viewer - zobrazení řídicí plochy navrženého systému.....	122

## **PŘÍLOHA 1 – Zákony, vyhlášky, normy a ostatní předpisy týkající se problematiky přístupnosti k dopravním službám**

- Zákon 2/1992 Sb., listina základních práv a svobod.
- Zákon 199/1994 Sb., o zadávání veřejných zakázek.
- Zákon 111/1994 Sb., o silniční dopravě.
- Zákon 38/1995 Sb., o technických podmínkách provozu silničních vozidel na pozemních komunikacích.
- Zákon 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích.
- Zákon 266/1994 Sb., o drahách.
- Zákon 266/1994 Sb., o drahách.
- Zákon 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích.
- Zákon 50/1976 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon).
- Vyhláška 369/2001 Sb., o obecných požadavcích zabezpečujících užívání staveb osobami s omezenou schopností pohybu a orientace.
- Vyhláška 187/1994 Sb., kterou se provádí zákon o silniční dopravě.
- Vyhláška 49/1998 Sb., o jízdních řádech a organizaci celostátního informačního systému o jízdních řádech.
- Vyhláška 50/1998 Sb., o prokazatelné ztrátě ve veřejné linkové osobní dopravě.
- Vyhláška 71/1999 Sb., o přepravním řádu pro silniční dopravu osob.
- Vyhláška 102/1995 Sb., o schvalování technické způsobilosti a technických podmínkách provozu silničních vozidel na pozemních komunikacích.
- Vyhláška 175/2000 Sb., přepravní řád pro veřejnou drážní a silniční osobní dopravu.
- Vyhláška 173/1995 Sb., kterou se vydává dopravní řád drah.
- Vyhláška 177/1995 Sb., kterou se vydává stavební a technický řád drah.
- Vyhláška 100/1995 Sb., kterou se stanoví podmínky pro provoz, konstrukci a výrobu určených technických zařízení a jejich konkretizace (Řád určených technických zařízení).
- Vyhláška 132/1964 Sb., o železničním přepravním řádu.
- Vyhláška 127/1964 Sb., o městském přepravním řádu.
- Vyhláška 182/1991 Sb., kterou se provádí zákon o sociálním zabezpečení a zákon České národní rady o působnosti orgánů České republiky v sociálním zabezpečení.
- Vyhláška 137/98 Sb., o obecných technických požadavcích na výstavbu.
- ČSN 73 6425, autobusové, trolejbusové a tramvajové zastávky.
- ČSN 73 6102, projektování křižovatek na silničních komunikacích.
- ČSN 73 6110, projektování místních komunikací.
- ČSN 73 6380, železniční přejezdy a přechody.

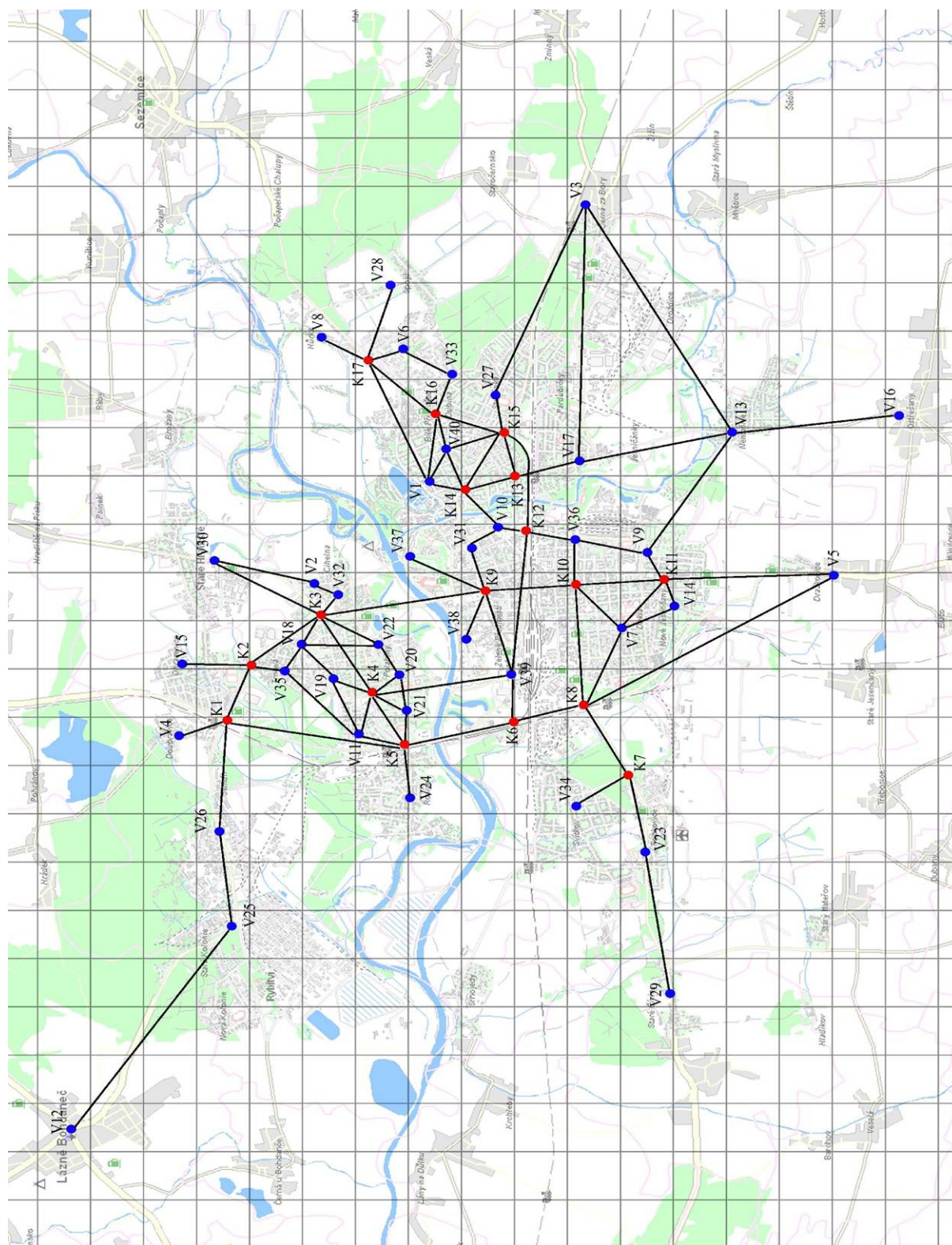
- ČSN 73 4108, šatny, umývárny a záchody.
- ČSN 73 4959, nástupiště a nástupištní přístřešky na drahách celostátních, regionálních a vlečkách.
- ČSN 73 6110, místní komunikace.
- ČSN 74 3305, ochranná zábradlí.
- ČSN 74 4130, schodiště a šikmé rampy.
- ČSN 74 4507, zkušební metody podlah.
- TNZ 73 4955, výpravní budovy a budovy zastávek.
- ISO 7193, vozíky pro invalidy.
- vzorový list železničního spodku – Ž 8.7, bezpečnostní a orientační pásy na nástupištech.
- Usnesení vlády 256/1998, Národní plán vyrovnání příležitostí pro občany se zdravotním postižením.
- Usnesením vlády 493/1993, Národní plán opatření pro snížení negativních důsledků zdravotního postižení.
- Usnesení vlády 499/1997, o systémové podpoře rozvoje městské hromadné dopravy a linkové autobusové dopravy.
- Usnesení vlády 632/2000, o podpoře obnovy vozidel městské hromadné dopravy a veřejné linkové dopravy.
- Usnesení vlády 466/1992, Národní plán pomoci zdravotně postiženým občanů.
- Usnesení vlády 545/2002, Program zvyšování bezpečnosti dopravy a jejího zpřístupňování osobám se sníženou schopností pohybu a orientace, Národní rozvojový program mobility pro všechny.
- Usnesení vlády 256/1998, Národního plánu vyrovnávání příležitostí pro občany se zdravotním postižením.
- Standardní pravidla pro vyrovnávání příležitostí pro osoby se zdravotním postižením, Valné shromáždění OSN 1993.
- UIC FICHE 565-3, VE o doporučeném vybavení železničních vozidel pro přepravu invalidů.
- Směrnice 2001/85, ES o zvláštních požadavcích na vybavení vozidel veřejné osobní dopravy.

## PŘÍLOHA 2 – Dávky sociální péče na dopravu pro těžce zdravotně postižené občany v ČR

Rok	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Celkové peněžité příspěvky pro těžce zdravotně postižené občany [mil. Kč]	170	247	382	552	667	800	1 312	1 521	1 519
Celkové peněžité příspěvky na dopravu pro těžce zdravotně postižené občany [mil. Kč]	170	247	382	465	538	641	1 130	1 155	1 128
Příspěvek na provoz motorového vozidla: počet občanů výdaje [mil. Kč]	36 989 138	57 273 203	61 417 256	68 699 307	73 967 368	83 840 405	91 003 473	104 671 576	125 258 679
Příspěvek na zakoupení motorového vozidla: počet občanů výdaje [mil. Kč]	2 391 32	1 790 44	3 484 126	3 305 145	2 511 132	3 055 191	6 582 601	6 220 516	4 589 378
Příspěvek na celkovou opravu vozidla: počet občanů výdaje [mil. Kč]	-- --	-- --	-- --	-- --	510 15	460 15	375 12	246 9	164 6
Příspěvek na zvláštní úpravu vozidla: počet občanů výdaje [mil. Kč]	-- --	-- --	-- --	-- --	309 5	318 7	643 15	709 23	643 22
Příspěvek na individuální dopravu: počet občanů výdaje [mil. Kč]	-- --	-- --	-- --	4 131 13	5 272 18	6 085 22	7 058 29	7 171 32	9 311 44

[16.6. 1999 MPSV]

### PŘÍLOHA 3 – Dopravní síť města Pardubic a okolí v rozsahu MHD



**Popis vrcholů dopravní sítě:**

V1.....	Bílé předměstí	K1.....	Křižovatka 1
V2.....	Cihelna	K2.....	Křižovatka 2
V3.....	Černá za Bory	K3.....	Křižovatka 3
V4.....	Doubravice	K4.....	Křižovatka 4
V5.....	Dražkovice	K5.....	Křižovatka 5
V6.....	Dubina	K6.....	Křižovatka 6
V7.....	Dukla	K7.....	Křižovatka 7
V8.....	Hůrka	K8.....	Křižovatka 8
V9.....	Jesničánky	K9.....	Křižovatka 9
V10.....	Karlovína	K10.....	Křižovatka 10
V11.....	Kréta	K11.....	Křižovatka 11
V12.....	Lázně Bohdaneč	K12.....	Křižovatka 12
V13.....	Nemošice	K13.....	Křižovatka 13
V14.....	Nové Jesenčany	K14.....	Křižovatka 14
V15.....	Ohrazenice	K15.....	Křižovatka 15
V16.....	Ostřešany	K16.....	Křižovatka 16
V17.....	Pardubičky	K17.....	Křižovatka 17
V18.....	Polabiny 1		
V19.....	Polabiny 2		
V20.....	Polabiny 3		
V21.....	Polabiny 4		
V22.....	Polabiny 5		
V23.....	Popkovice		
V24.....	Rosice		
V25.....	Rybitví		
V26.....	Semtín		
V27.....	Slovany		
V28.....	Spojil		
V29.....	Staré Čivice		
V30.....	Staré Hradiště		
V31.....	Staré město		
V32.....	Stavařov		
V33.....	Studánka		
V34.....	Svítkov		
V35.....	Trnová		
V36.....	Višňovka		
V37.....	Zámek		
V38.....	Závodu Míru		
V39.....	Zelené předměstí		
V40.....	Židov		

## PŘÍLOHA 4 – Matice přímých vzdáleností odpovídající dopravní síti Pardubic a okolí

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16	V17	V18	V19	V20	V21	V22		
V1																								
V2																								
V3													6											
V4																								
V5																								
V6																								
V7														1,5										
V8																								
V9													2,5											
V10																								
V11																								
V12																								
V13									2,5															
V14							1,5																	
V15																								
V16																								
V17																								
V18			3																					
V19																			1,5					
V20																								
V21																				3				
V22																								
V23																								
V24																								
V25																								
V26																								
V27																								
V28																								
V29																								
V30																								
V31																								
V32																								
V33																								
V34																								
V35																								
V36																								
V37																								
V38																								
V39																								
V40																								
																								3

Dopravní obslužnost regionu se zaměřením na handicapované občany

	V40	V39	V38	V37	V36	V35	V34	V33	V32	V31	V30	V29	V28	V27	V26	V25	V24	V23
	V1	3																
Bílé předm.	V2								1		2,5							
Cihelna	V3												2,5					
Černá za Bory	V4																	
Doubravice	V5																	
Dražkovice	V6							2,5										
Dubina	V7																	
Dukla	V8																	
Hůrka	V9				3,5													
Jesničánky	V10									1								
Karlovina	V11					1,5												
Křeta	V12															3,5		
Lázně Bohdaneč	V13																	
Nemošice	V14																	
N.Jesenčany	V15																	
Ohrazenice	V16																	
Ostřešany	V17																	
Pardubičky	V18																	
Polabiny 1	V19				3													
Polabiny 2	V20																	
Polabiny 3	V21																	
Polabiny 4	V22																	
Polabiny 5	V23										2,5							
Popkovice	V24																	
Rosice	V25																	
Rybitví	V26													1				
Semtin	V27															1		
Slovany	V28																	
Spojil	V29																	
Staré Čivice	V30																	2,5
Staré Hradiště	V31																	
Staré město	V32																	
Stavařov	V33																	
Studánka	V34																	
Svítkov	V35																	
Trnová	V36																	
Višňovka	V37																	
Zámek	V38																	
Závodů Míru	V39																	
Zelené předm.	V40																	
Židov																		



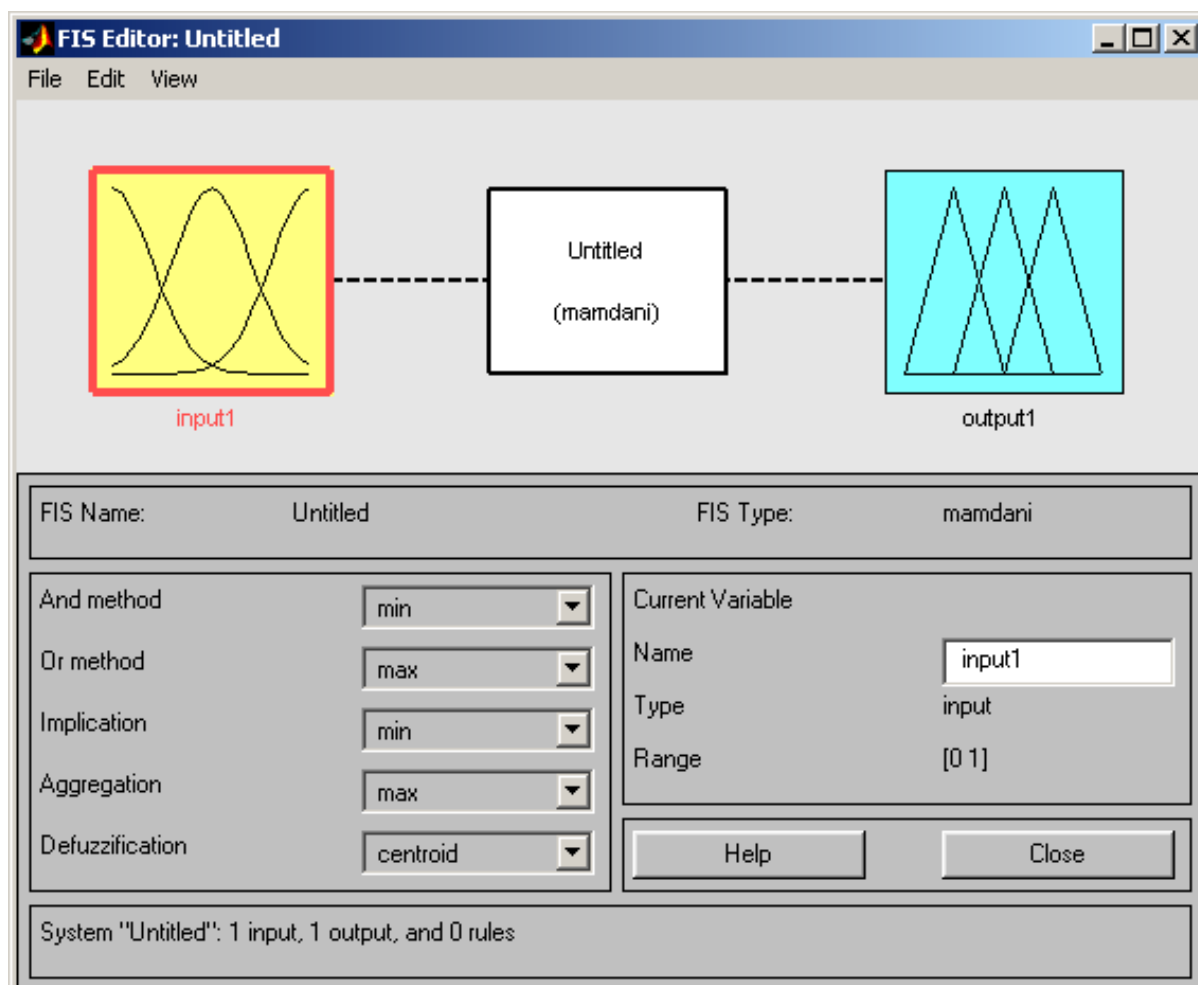
## PŘÍLOHA 5 – Matice minimálních vzdáleností (distanční matice) Pardubic a okolí

V19	V18	V17	V16	V15	V14	V13	V12	V11	V10	V9	V8	V7	V6	V5	V4	V3	V2	V1	
10	9,5	4	14	10,5	10,5	8	16,5	9	2	9,5	8	9	7,5	11	11	5,5	8,5	0	Bílá předm.
5,5	5	10,5	20	6	11,5	14	12	5	6,5	11,5	14,5	10	14	12	6,5	12	0	8,5	Cihelna
13	13	3	12	14	12,5	6	20	11,5	5,5	8,5	9,5	11,5	9	13	14,5	0	12	5,5	Černá za Bory
5,5	6,5	13	22	4,5	10,5	16	8,5	4	9	13,5	17	4	16,5	10,5	0	14,5	6,5	11	Doubravice
9	10,5	11	13	12	3,5	7	16	7,5	9	4,5	16	4	15,5	0	10,5	13	12	11	Dražkovice
15	15	8,5	18,5	16	15	12,5	22	13,5	7,5	14	3,5	13,5	0	15,5	16,5	9	14	7,5	Dubina
7,5	9	11	13	10,5	1,5	7	14,5	6	7	4,5	14	0	13,5	4	9	11,5	10	9	Dukla
15,5	15,5	9	19	16,5	15,5	13	22,5	14	8	14,5	0	14	3,5	16	17	9,5	14,5	8	Hřírka
12	12,5	6,5	8,5	13,5	4	2,5	19	10,5	7,5	0	14,5	4,5	14	4,5	13,5	8,5	11,5	9,5	Jesničanky
8	7,5	4	14	8,5	8,5	8	14,5	7	0	7,5	8	7	7,5	9	9	5,5	6,5	2	Karlova
1,5	3	11	19	4,5	7,5	13	9,5	0	7	10,5	14	6	13,5	7,5	4	11,5	5	9	Krétá
11	12	18,5	27,5	10	16	21,5	0	9,5	14,5	19	22,5	14,5	22	16	8,5	20	12	16,5	Lázně Bohdaneč
14,5	15	4	6	16	6,5	0	21,5	13	8	2,5	13	7	12,5	7	16	6	14	8	Nemošice
9	10,5	10,5	12,5	12	0	6,5	16	7,5	8,5	4	15,5	1,5	15	3,5	10,5	12,5	11,5	10,5	N. Jesenčany
6	6	12,5	22	0	12	16	10	4,5	8,5	13,5	16,5	10,5	16	12	4,5	14	6	10,5	Ohrazenice
20,5	21	10	0	22	12,5	6	27,5	19	14	8,5	19	13	18,5	13	22	12	20	14	Ostřešany
12	11,5	0	10	12,5	10,5	4	18,5	11	4	6,5	9	11	8,5	11	13	3	10,5	4	Pardubičky
1,5	0	11,5	21	6	10,5	15	12	3	7,5	12,5	15,5	9	15	10,5	6,5	13	5	9,5	Polabiny 1
0	1,5	12	20,5	6	9	14,5	11	1,5	8	12	15,5	7,5	15	9	5,5	13	5,5	10	Polabiny 2
3	3	10,5	20	6	9,5	14	11,5	2,5	6,5	11,5	14,5	8	14	9,5	6	12	4	8,5	Polabiny 3
2	3,5	11	20	6	8,5	14	10,5	1,5	7	11,5	14,5	7	14	8,5	5	12	4,5	9	Polabiny 4
3,5	2,5	10	19,5	5,5	10	13,5	11,5	3	6	11	14	8,5	13,5	10	6	11,5	3,5	8	Polabiny 5
7,5	9	13	18	10,5	6,5	12	14,5	6	9	9,5	16	5	15,5	6,5	9	13,5	10,5	11	Popkovice
4	5,5	12,5	20,5	7	9	14,5	11	2,5	8,5	12	15,5	7,5	15	9	5,5	13	7	10,5	Rosice
7,5	8,5	15	24	6,5	12,5	18	3,5	6	11	15,5	19	11	18,5	12,5	5	16,5	8,5	13	Rybitví
6,5	7,5	14	23	5,5	11,5	17	4,5	5	10	14,5	18	10	17,5	11,5	4	15,5	7,5	12	Semtín
10,5	10,5	4	14	11,5	10,5	8	17,5	9	3	9,5	7	9	6,5	11	12	2,5	9,5	3	Slovany
15,5	15,5	9	19	16,5	15,5	13	22,5	14	8	14,5	4	14	3,5	16	17	9,5	14,5	8	Spojil
10	11,5	15,5	20,5	13	9	14,5	17	8,5	11,5	12	18,5	7,5	18	9	11,5	16	13	13,5	Staré Čovice
7	6,5	12	21,5	7,5	13	15,5	13,5	6,5	8	13	16	11,5	15,5	13,5	8	13,5	2,5	10	Staré Hradiště
7	6,5	5	15	7,5	8	9	13,5	6	1	8	9	6,5	8,5	8,5	8	6,5	5,5	3	Staré město
4,5	4	9,5	19	5	10,5	13	11	4	5,5	10,5	13,5	9	13	11	5,5	11	1	7,5	Stavařov
13	13	6,5	16,5	14	13	10,5	20	11,5	5,5	12	5,5	11,5	2,5	13,5	14,5	7	12	5,5	Studánka
8,5	10	14	19	11,5	7,5	13	15,5	7	10	10,5	17	6	16,5	7,5	10	14,5	11,5	12	Svítkov
3	3	11,5	20,5	3	9	14,5	9	1,5	7,5	12	15,5	7,5	15	9	3,5	13	5	9,5	Trnová
9	9	8	12	10	4,5	6	16	7,5	4	3,5	11	3	10,5	5	10,5	8,5	8	6	Višňovka
7,5	7	7,5	17	8	8,5	11	14	6,5	3,5	8,5	11,5	7	11	9	8,5	9	6	5,5	Zámek
8	7,5	8	17,5	8,5	9	11,5	14,5	7	4	9	12	7,5	11,5	9,5	9	9,5	6,5	6	Závodní Miru
4	5,5	8,5	17,5	7	6	11,5	11	2,5	4,5	9	11,5	4,5	11	6	5,5	9	6,5	6,5	Zelené předm.
11	10,5	5	15	11,5	11,5	9	17,5	10	3	10,5	8	10	7,5	12	12	5,5	9,5	3	Židov

Dopravní obslužnost regionu se zaměřením na handicapované občany

	V40	V39	V38	V37	V36	V35	V34	V33	V32	V31	V30	V29	V28	V27	V26	V25	V24	V23	V22	V21	V20
Bílě předm.	3	6,5	6	5,5	6	9,5	12	5,5	7,5	3	10	13,5	8	3	12	13	10,5	11	8	9	8,5
Cihelna	9,5	6,5	6,5	6	8	5	11,5	12	1	5,5	2,5	13	14,5	9,5	7,5	8,5	7	10,5	3,5	4,5	4
Černá za Bory	5,5	9	9,5	9	8,5	13	14,5	7	11	6,5	13,5	16	9,5	2,5	15,5	16,5	13	13,5	11,5	12	12
Doubravice	12	5,5	9	8,5	10,5	3,5	10	14,5	5,5	8	8	11,5	17	12	4	5	5,5	9	6	5	6
Dražkovice	12	6	9,5	9	5	9	7,5	13,5	11	8,5	13,5	9	16	11	11,5	12,5	9	6,5	10	8,5	9,5
Dubina	7,5	11	11,5	11	10,5	15	16,5	2,5	13	8,5	15,5	18	3,5	6,5	17,5	18,5	15	15,5	13,5	14	14
Dukla	10	4,5	7,5	7	3	7,5	6	11,5	9	6,5	11,5	7,5	14	9	10	11	7,5	5	8,5	7	8
Hůrka	8	11,5	12	11,5	11	15,5	17	5,5	13,5	9	16	18,5	4	7	18	19	15,5	16	14	14,5	14,5
Jesničánky	10,5	9	9	8,5	3,5	12	10,5	12	10,5	8	13	12	14,5	9,5	14,5	15,5	12	9,5	11	11,5	11,5
Karlovina	3	4,5	4	3,5	4	7,5	10	5,5	5,5	1	8	11,5	8	3	10	11	8,5	9	6	7	6,5
Křeta	10	2,5	7	6,5	7,5	1,5	7	11,5	4	6	6,5	8,5	14	9	5	6	2,5	6	3	1,5	2,5
Lázně Bohdaneč	17,5	11	14,5	14	16	9	15,5	20	11	13,5	13,5	17	22,5	17,5	4,5	3,5	11	14,5	11,5	10,5	11,5
Nemošice	9	11,5	11,5	11	6	14,5	13	10,5	13	9	15,5	14,5	13	8	17	18	14,5	12	13,5	14	14
N.Jesenčany	11,5	6	9	8,5	4,5	9	7,5	13	10,5	8	13	9	15,5	10,5	11,5	12,5	9	6,5	10	8,5	9,5
Ohrazenice	11,5	7	8,5	8	10	3	11,5	14	5	7,5	7,5	13	16,5	11,5	5,5	6,5	7	10,5	5,5	6	6
Ostřešany	15	17,5	17,5	17	12	20,5	19	16,5	19	15	21,5	20,5	19	14	23	24	20,5	18	19,5	20	20
Pardubičky	5	8,5	8	7,5	8	11,5	14	6,5	9,5	5	12	15,5	9	4	14	15	12,5	13	10	11	10,5
Polabiny 1	10,5	5,5	7,5	7	9	3	10	13	4	6,5	6,5	11,5	15,5	10,5	7,5	8,5	5,5	9	2,5	3,5	3
Polabiny 2	11	4	8	7,5	9	3	8,5	13	4,5	7	7	10	15,5	10,5	6,5	7,5	4	7,5	3,5	2	3
Polabiny 3	9,5	4	6,5	6	8	4	9	12	3	5,5	5,5	10,5	14,5	9,5	7	8	4,5	8	0,5	2	0
Polabiny 4	10	3	7	6,5	8,5	3	8	12	3,5	6	6	9,5	14,5	9,5	6	7	3,5	7	2,5	0	2
Polabiny 5	9	4,5	6	5,5	7,5	4,5	9,5	11,5	2,5	5	5	11	14	9	7	8	5	8,5	0	2,5	0,5
Popkovice	12	4,5	9	8,5	6,5	7,5	3	13,5	9,5	8	12	2,5	16	11	10	11	7,5	0	8,5	7	8
Rosice	11,5	4	8,5	8	9	4	8,5	13	6	7,5	8,5	10	15,5	10,5	6,5	7,5	0	7,5	5	3,5	4,5
Rybitví	14	7,5	11	10,5	12,5	5,5	12	16,5	7,5	10	10	13,5	19	14	1	0	7,5	11	8	7	8
Semtín	13	6,5	10	9,5	11,5	4,5	11	15,5	6,5	9	9	12,5	18	13	0	1	6,5	10	7	6	7
Slovany	3	6,5	7	6,5	6	10,5	12	4,5	8,5	4	11	13,5	7	0	13	14	10,5	11	9	9,5	9,5
Spojil	8	11,5	12	11,5	11	15,5	17	5,5	13,5	9	16	18,5	0	7	18	19	15,5	16	14	14,5	14,5
Staré Čovice	14,5	7	11,5	11	9	10	5,5	16	12	10,5	14,5	0	18,5	13,5	12,5	13,5	10	2,5	11	9,5	10,5
Staré Hradiště	11	8	8	7,5	9,5	6,5	13	13,5	3,5	7	0	14,5	16	11	9	10	8,5	12	5	6	5,5
Staré město	4	3,5	3	2,5	4,5	6,5	9	6,5	4,5	0	7	10,5	9	4	9	10	7,5	8	5	6	5,5
Stavařov	8,5	5,5	5,5	5	7	4	10,5	11	0	4,5	3,5	12	13,5	8,5	6,5	7,5	6	9,5	2,5	3,5	3
Studánka	5,5	9	9,5	9	8,5	13	14,5	0	11	6,5	13,5	16	5,5	4,5	15,5	16,5	13	13,5	11,5	12	12
Svítkov	13	5,5	10	9,5	7,5	8,5	0	14,5	10,5	9	13	5,5	17	12	11	12	8,5	3	9,5	8	9
Třnová	10,5	4	7,5	7	9	0	8,5	13	4	6,5	6,5	10	15,5	10,5	4,5	5,5	4	7,5	4,5	3	4
Višňovka	7	5,5	5,5	5	0	9	7,5	8,5	7	4,5	9,5	9	11	6	11,5	12,5	9	6,5	7,5	8,5	8
Zámek	6,5	4	3,5	0	5	7	9,5	9	5	2,5	7,5	11	11,5	6,5	9,5	10,5	8	8,5	5,5	6,5	6
Závodů Míru	7	4,5	0	3,5	5,5	7,5	10	9,5	5,5	3	8	11,5	12	7	10	11	8,5	9	6	7	6,5
Zelené předm.	7,5	0	4,5	4	5,5	4	5,5	9	5,5	3,5	8	7	11,5	6,5	6,5	7,5	4	4,5	4,5	3	4
Židov	0	7,5	7	6,5	7	10,5	13	5,5	8,5	4	11	14,5	8	3	13	14	11,5	12	9	10	9,5

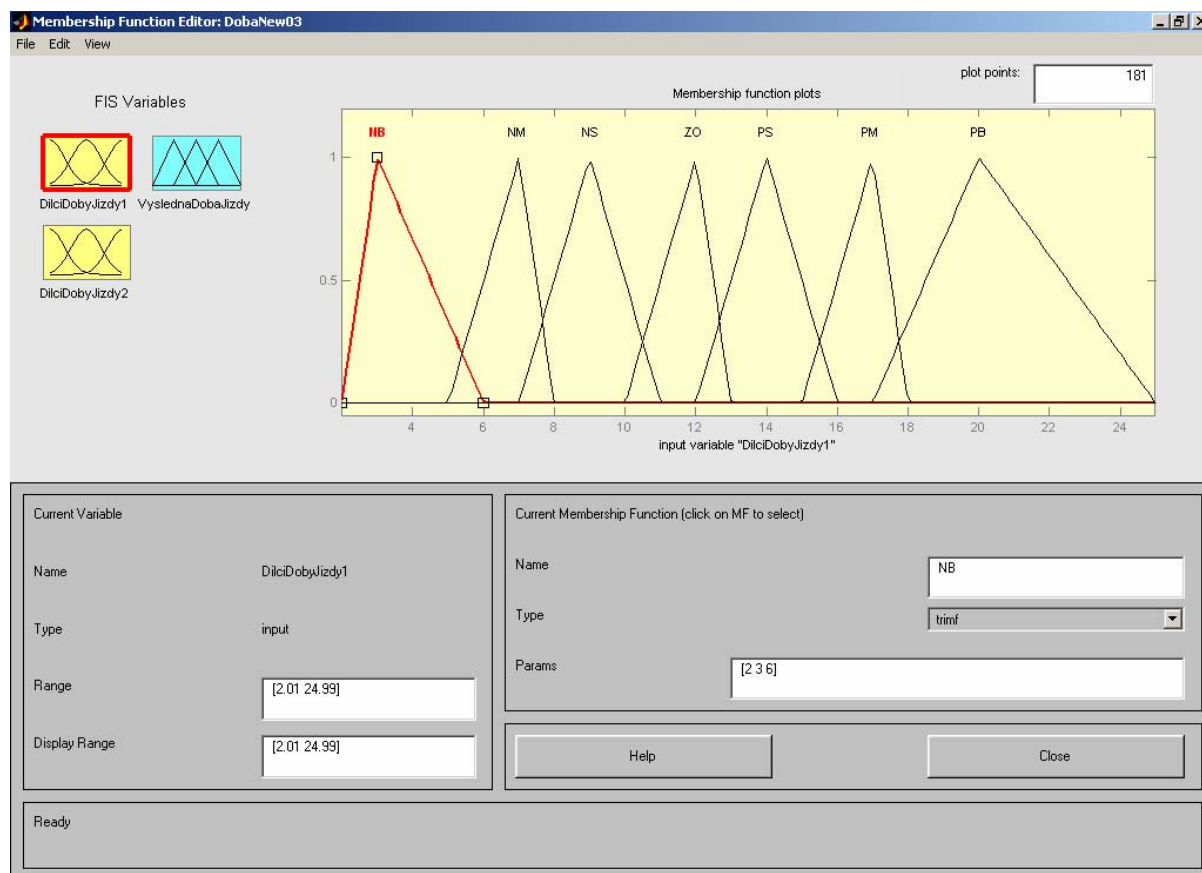
## PŘÍLOHA 6 – Editor pro zadávání proměnných do fuzzy systému – FIS editor

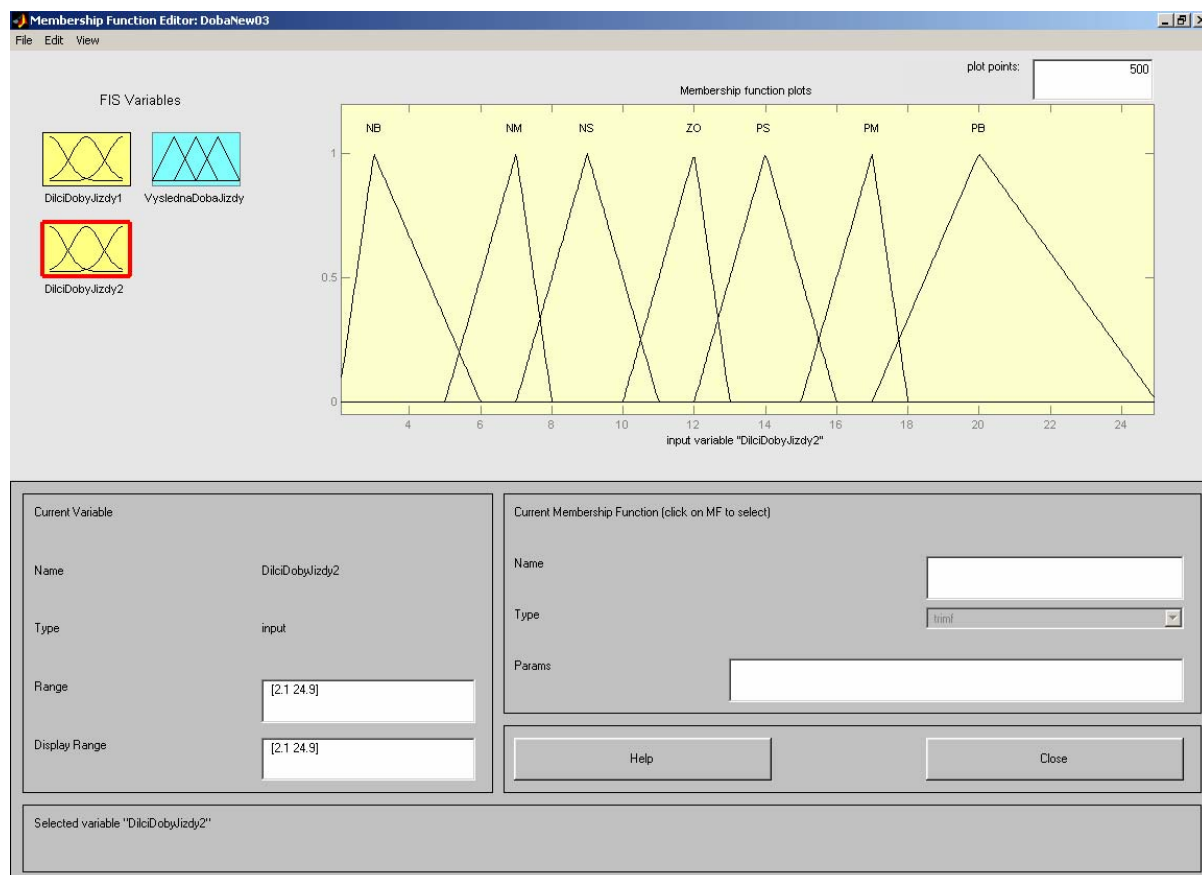


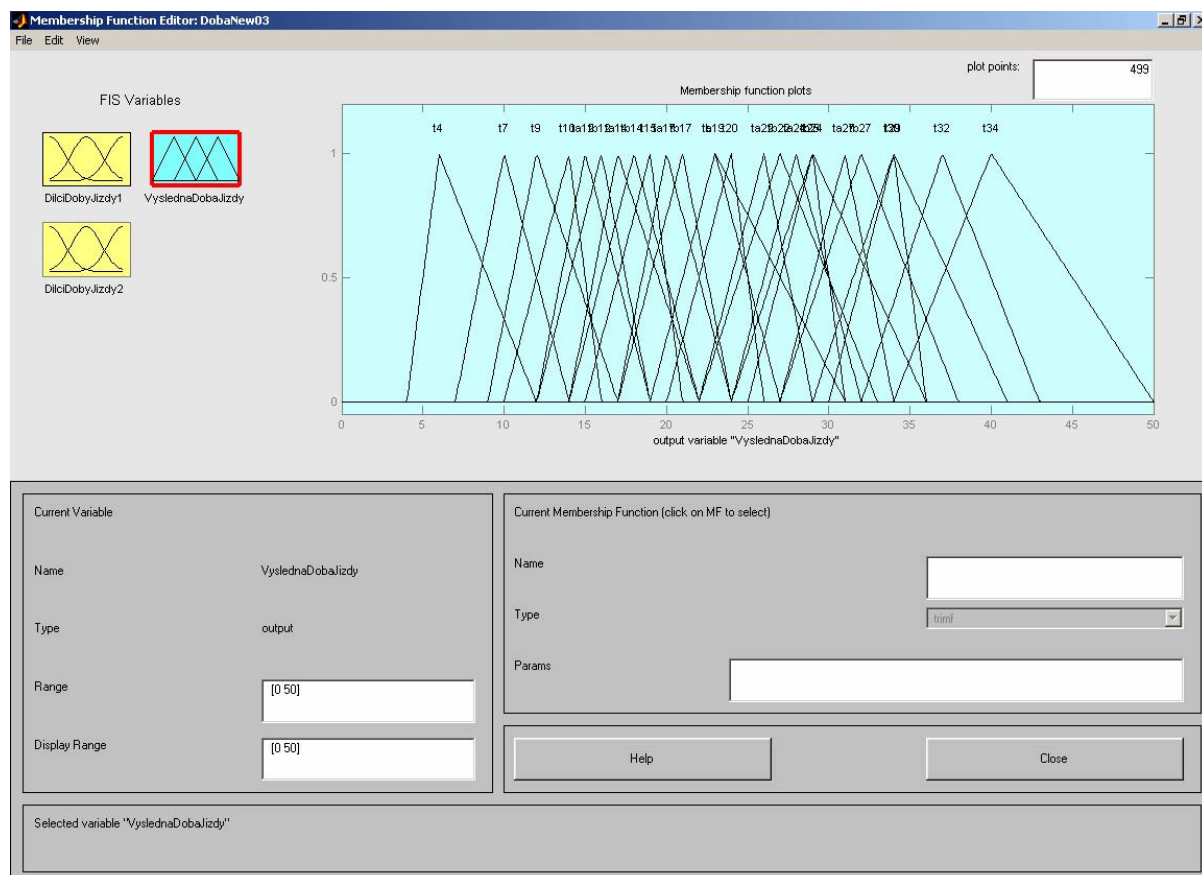
## Data zadaná ve fuzzy systému jsou uložena do souboru FIS editoru

[System]	[Output1]	[Rules]	
Name='DobaNew03'	Name='VyslednaDobaJizdy'	1 1, 1 (1) : 1	6 1, 9 (1) : 1
Type='mamdani'	Range=[0 50]	1 2, 2 (1) : 1	6 2, 13 (1) : 1
Version=2.0	NumMFs=25	1 3, 3 (1) : 1	6 3, 14 (1) : 1
NumInputs=2	MF1='t4':trimf,[4 6 12]	1 4, 5 (1) : 1	6 4, 16 (1) : 1
NumOutputs=1	MF2='t7':trimf,[7 10 14]	1 5, 7 (1) : 1	6 5, 17 (1) : 1
NumRules=49	MF3='t9':trimf,[9 12 17]	1 6, 9 (1) : 1	6 6, 20 (1) : 1
AndMethod='min'	MF4='t10':trimf,[10 14 16]	1 7, 11 (1) : 1	6 7, 21 (1) : 1
OrMethod='max'	MF5='ta12':trimf,[12 15 19]	2 1, 2 (1) : 1	7 1, 12 (1) : 1
ImpMethod='min'	MF6='tb12':trimf,[12 16 19]	2 2, 4 (1) : 1	7 2, 15 (1) : 1
AggMethod='max'	MF7='ta14':trimf,[14 17 22]	2 3, 6 (1) : 1	7 3, 25 (1) : 1
DefuzzMethod='centroid'	MF8='tb14':trimf,[14 18 22]	2 4, 23 (1) : 1	7 4, 18 (1) : 1
	MF9='ta17':trimf,[17 20 24]	2 5, 10 (1) : 1	7 5, 19 (1) : 1
<b>[Input1]</b>	MF10='tb17':trimf,[17 21 24]	2 6, 13 (1) : 1	7 6, 21 (1) : 1
Name='DilciDobyJizdy1'	MF11='ta19':trimf,[19 23 27]	2 7, 15 (1) : 1	7 7, 22 (1) : 1
Range=[2.01 24.99]	MF12='tb19':trimf,[19 23 31]	3 1, 3 (1) : 1	
NumMFs=7	MF13='t20':trimf,[20 24 26]	3 2, 6 (1) : 1	
MF1='NB':trimf,[2 3 6]	MF14='ta22':trimf,[22 26 29]	3 3, 8 (1) : 1	
MF2='NM':trimf,[5 7 8]	MF15='tb22':trimf,[22 27 33]	3 4, 10 (1) : 1	
MF3='NS':trimf,[7 9 11]	MF16='t25':trimf,[25 29 31]	3 5, 11 (1) : 1	
MF4='ZO':trimf,[10 12 13]	MF17='ta27':trimf,[27 31 34]	3 6, 14 (1) : 1	
MF5='PS':trimf,[12 14 16]	MF18='tb27':trimf,[27 32 38]	3 7, 25 (1) : 1	
MF6='PM':trimf,[15 17 18]	MF19='t29':trimf,[29 34 41]	4 1, 5 (1) : 1	
MF7='PB':trimf,[17 20 25]	MF20='t30':trimf,[30 34 36]	4 2, 23 (1) : 1	
	MF21='t32':trimf,[32 37 43]	4 3, 10 (1) : 1	
<b>[Input2]</b>	MF22='t34':trimf,[34 40 50]	4 4, 13 (1) : 1	
Name='DilciDobyJizdy2'	MF23='t15':trimf,[15 19 21]	4 5, 14 (1) : 1	
Range=[2.1 24.9]	MF24='ta24':trimf,[24 28 32]	4 6, 16 (1) : 1	
NumMFs=7	MF25='tb24':trimf,[24 29 36]	4 7, 18 (1) : 1	
MF1='NB':trimf,[2 3 6]		5 1, 7 (1) : 1	
MF2='NM':trimf,[5 7 8]		5 2, 10 (1) : 1	
MF3='NS':trimf,[7 9 11]		5 3, 11 (1) : 1	
MF4='ZO':trimf,[10 12 13]		5 4, 14 (1) : 1	
MF5='PS':trimf,[12 14 16]		5 5, 24 (1) : 1	
MF6='PM':trimf,[15 17 18]		5 6, 17 (1) : 1	
MF7='PB':trimf,[17 20 25]		5 7, 19 (1) : 1	

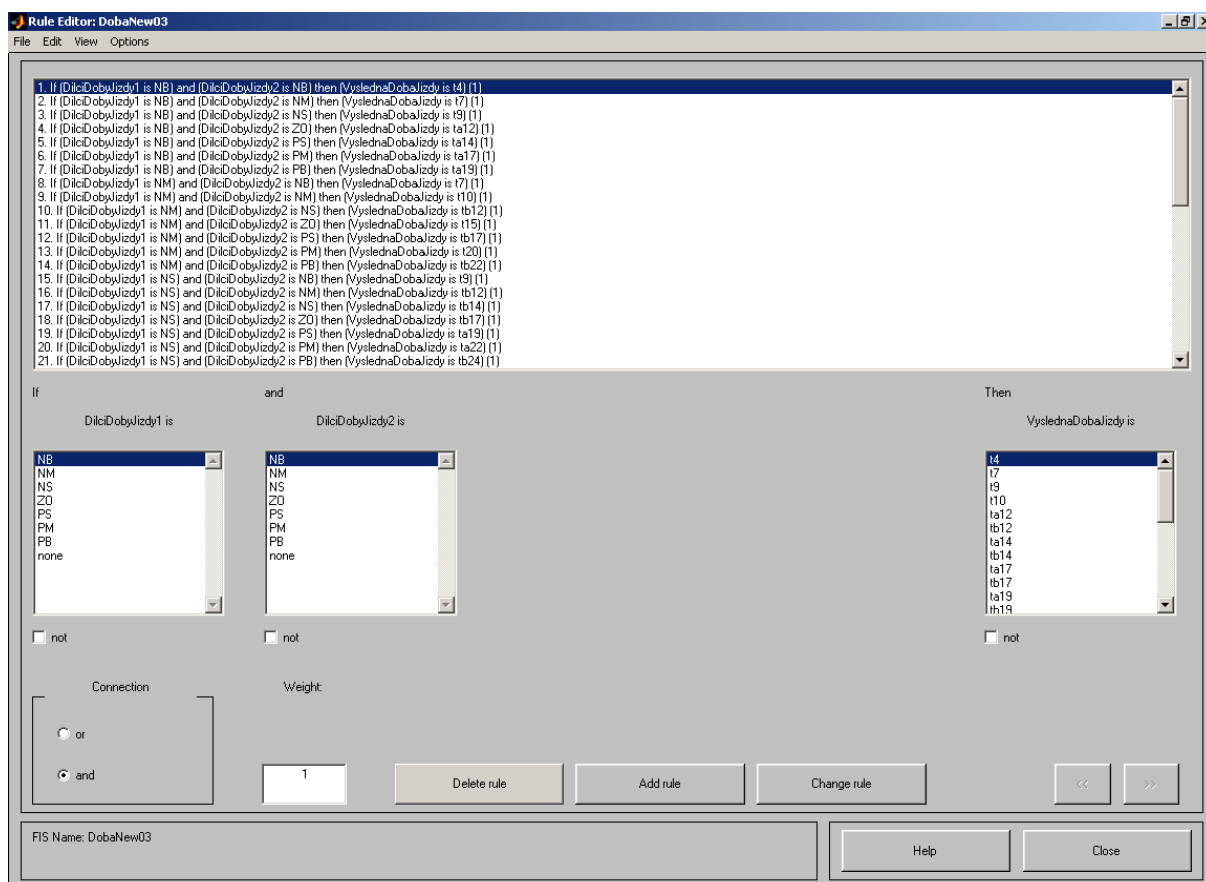
## PŘÍLOHA 7 – Způsob zadání proměnných modelu pomocí editoru funkcí příslušnosti – MF editor





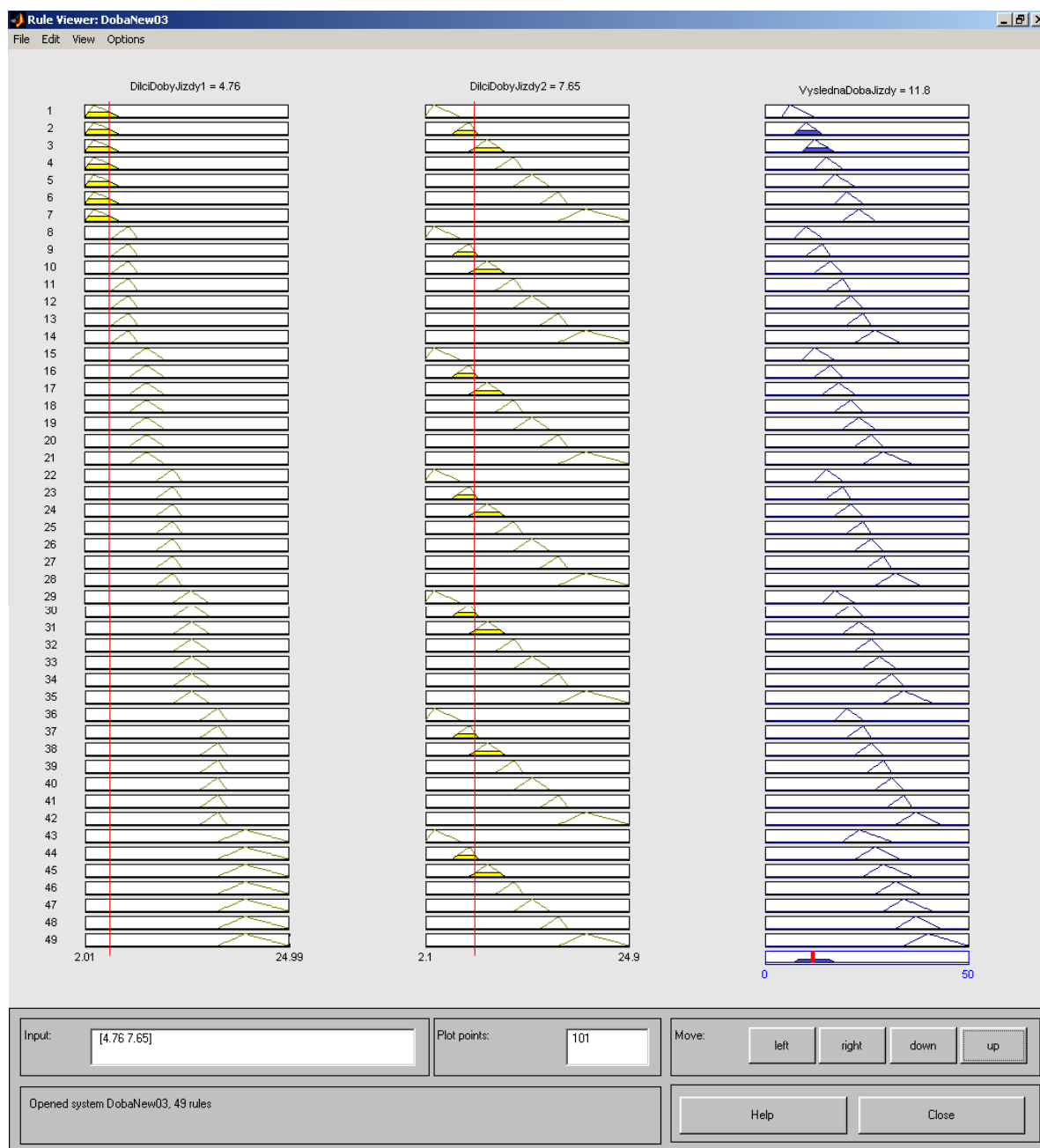


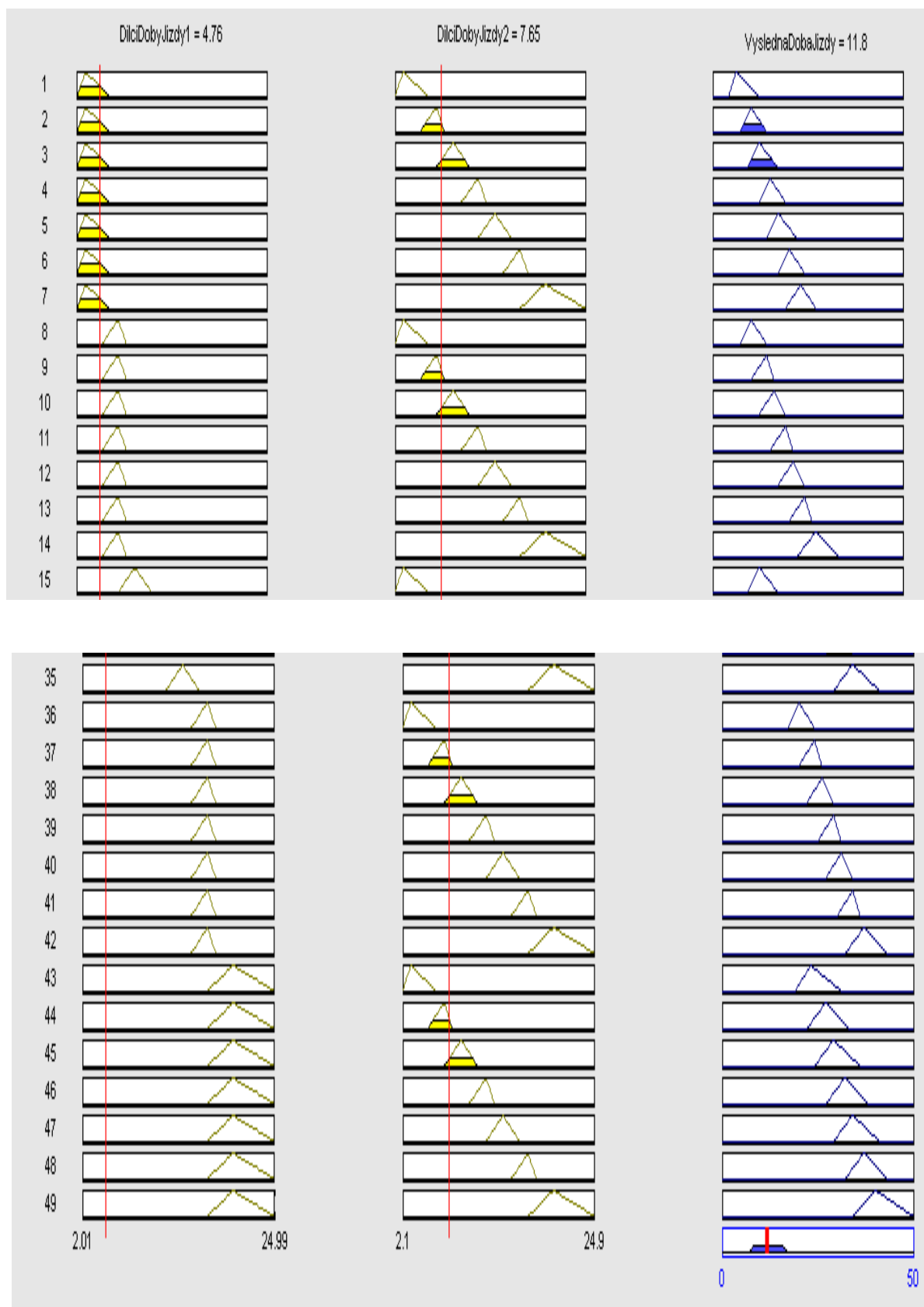
## PŘÍLOHA 8 – Zadání inferenčních pravidel pomocí RULE editoru



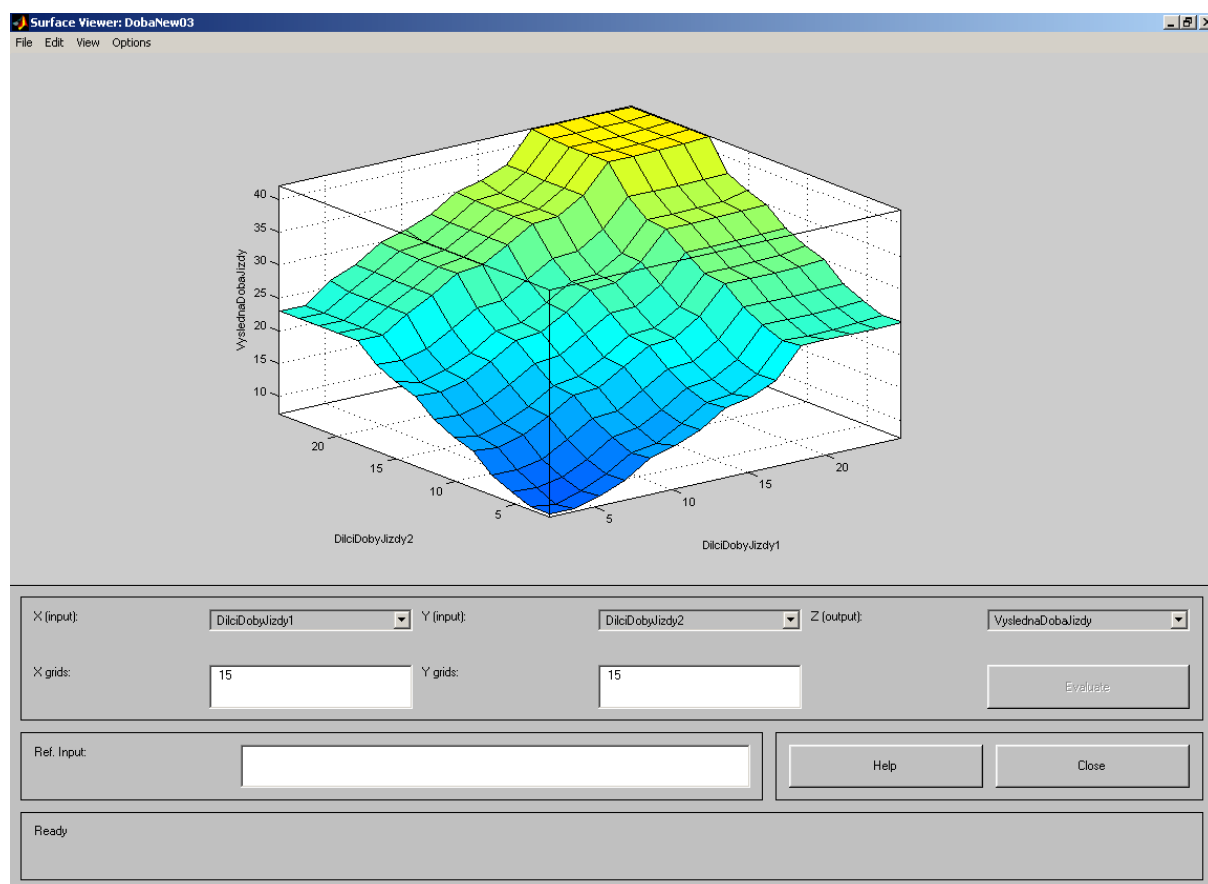


## PŘÍLOHA 9 – Ukázky činnosti inferenčního mechanismu





## PŘÍLOHA 10 – Surface Viewer - zobrazení řídicí plochy navrženého systému



## ÚDAJE PRO KNIHOVNICKOU DATABÁZI

Název práce	Dopravní obslužnost regionu se zaměřením na handicapované osoby
Autor práce	Ing. Soňa Čtvrtečková
Obor	Technologie a management v dopravě a telekomunikacích
Rok obhajoby	2006
Školitel	Doc. Ing. Josef Volek
Anotace	<p>Přístupnost dopravy osobám se zdravotním omezením je v současné době významným problémem. Práce je zaměřena na charakteristiku handicapovaných osob (zdravotně i dopravně), ukazuje potřeby a možná řešení zpřístupňující dopravu této skupině osob.</p> <p>V rámci dopravy vznikají speciální systémy dopravy "na zavolání" určené pro handicapované občany. Důležitou součástí nabídky této služby je určování tras jízd vozidel "na zavolání". Tento problém je v práci podrobně popsán a řešen pomocí teorie fuzzy množin.</p>
Klíčová slova	dopravní obslužnost, osoby se sníženou schopností pohybu a orientace, mobilita, doprava na zavolání, fuzzy množiny