

Vysoká škola logistiky o.p.s.

**Lokalizace vyhrazených parkovacích
stání pro sdílenou dopravu**

(Diplomová práce)

Přerov 2020

Bc. Luboš Víntr, DiS.



**Vysoká škola
logistiky
o.p.s.**

Zadání diplomové práce

student **Bc. Luboš Vintr, DiS.**

studijní program Logistika
obor Logistika

Vedoucí Katedry magisterského studia Vám ve smyslu čl. 22 Studijního a zkušebního řádu Vysoké školy logistiky o.p.s. pro studium v navazujícím magisterském studijním programu určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: **Lokalizace vyhrazených parkovacích stání pro sdílenou dopravu**

Cíl práce:

Analýza umístování sdílených vozidel ve městě v závislosti na demografii města Plzně. Návrh vyhrazených parkovacích stání pro vozidla sdílené automobilové dopravy v uličním prostoru.

Zásady pro vypracování:

Využijte teoretických východisek oboru logistika. Čerpejte z literatury doporučené vedoucím práce a při zpracování práce postupujte v souladu s pokyny VŠLG a doporučeními vedoucího práce. Části práce využívající neveřejné informace uveďte v samostatné příloze.

Diplomovou práci zpracujte v těchto bodech:

Úvod

1. Geografie a uliční prostor města
2. Analýza současného stavu sdílené dopravy v Plzni
3. Lokalizační metody v logistice
4. Návrh lokalizace vyhrazených parkovacích stání

Závěr

Rozsah práce: 55 – 70 normostran textu

Seznam odborné literatury:

CEMPÍREK, Václav, Rudolf KAMPF a Jaromír ŠIROKÝ. Logistické a přepravní technologie. Pardubice: Institut Jana Pernera, 2009. ISBN 978-80-86530-57-4.

RODRIGUE, Jean-Paul. The geography of transport systems. New York: Routledge, 2017. ISBN 978-1138669574.

BÍNOVÁ, H. Návrh logistického centra. Praha: Česká technika – nakladatelství ČVUT, 2016. ISBN 978-80-01-06003-2.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Alexander Čapka, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce:

31. 10. 2019

Datum odevzdání diplomové práce:

14. 5. 2020

Přerov 31. 10. 2019



doc. Ing. Zdeněk Čujan, CSc.
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivan Hlavoň, CSc.
rektor

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že předložená diplomová práce je původní a že jsem ji vypracoval samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná a že jsem v práci neporušil autorská práva ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb., o autorském právu, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů.

Prohlašuji, že jsem byl také seznámen s tím, že se na mou diplomovou práci plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména § 60 – školní dílo. Beru na vědomí, že Vysoká škola logistiky o.p.s. nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro pedagogické, vědecké a prezentační účely školy. Užiji-li svou diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti Vysokou školu logistiky o.p.s.

Prohlašuji, že jsem byl poučen o tom, že diplomová práce je veřejná ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, zejména § 47b. Taktéž dávám souhlas Vysoké škole logistiky o.p.s. ke zpřístupnění mnou zpracované diplomové práce v její tištěné i elektronické verzi. Tímto prohlášením souhlasím s případným použitím této práce Vysokou školou logistiky o.p.s. pro pedagogické, vědecké a prezentační účely.

V Přerově, dne 14. 05. 2020

.....

podpis

Poděkování

Rád bych poděkoval svému vedoucímu diplomové práce panu Ing. Alexanderu Čapkovi, Ph.D. za cenné rady, věcné připomínky a vstřícnost při vypracování diplomové práce.

Anotace

Analýza umístování sdílených vozidel ve městě v závislosti na demografii města Plzně. Návrh vyhrazených parkovacích stání pro vozidla sdílené automobilové dopravy v uličním prostoru.

Klíčová slova

Parkovací zóna, sdílené vozidlo, parkovací stání, e-mobilita

Annotation

Localisation analysis of the shared vehicles depending on demography in Pilsen city. Design for localization of reserved on-street parking places for shared transport.

Keywords

Parking zone, shared vehicle, parking space, e-mobility

Obsah

Úvod.....	9
1 Geografie a uliční prostor města.....	10
1.1 Plzeňský kraj	10
1.2 Město Plzeň.....	13
1.2.1 Uliční prostor města Plzně.....	17
1.2.2 Doprava v klidu ve městě	18
2 Analýza současného stavu sdílené dopravy v Plzni	22
2.1 Pojem sdílená ekonomika	22
2.2 Sdílená vozidla	25
2.2.1 Provoz a podpora sdílených vozidel v Evropě.....	28
2.2.2 Přednosti a nedostatky sdílených vozidel	31
2.2.3 Vývoj sdílených vozidel	33
3 Lokalizační metody v logistice.....	34
3.1 Lokační a alokační metody	34
3.2 Vícekriteriální modely rozhodování	36
3.2.1 Vícekriteriální hodnocení variant	37
3.2.2 Modelování dle preferencí	39
3.2.3 Kardinální informace kritérií	46
3.2.4 Ordinální informace kritérií	49
3.2.5 Vícekriteriální spojité modely rozhodování	49
3.3 Grafické znázornění variant	55
3.4 Shrnutí lokalizačních metod.....	57
4 Návrh lokalizace vyhrazených parkovacích stání	58
4.1 Volba rozhodujících kritérií	58
4.1.1 Kritérium 1. Docházková vzdálenost od zájmových bodů.....	58
4.1.2 Kritérium 2. Vzdálenost od sloupu veřejného osvětlení.....	59

4.1.3	Kritérium 3. Stávající parkovací stání	60
4.1.4	Kritérium 4. Vzdálenost od uzlu veřejné a individuální dopravy.....	60
4.1.5	Kritérium 5. Vizuální rozlišitelnost umístění	61
4.2	Volba variant řešení	62
4.3	Kriteriální matice a hodnocení variant.....	63
4.3.1	Aspirační úrovně kritérií.....	67
4.3.2	Hodnocení kritérií dle váhy	70
4.3.3	Metoda váženého součtu WSA.....	72
4.4	Výsledné návrhy a shrnutí.....	73
4.4.1	Varianta P3	74
4.4.2	Varianta P5	75
4.4.3	Varianta P9	75
4.4.4	Varianta P7	76
4.4.5	Varianta P1	76
	Závěr	77
5	Seznam zdrojů	78
6	Seznam grafických objektů	80
7	Seznam zkratek.....	81

Úvod

Cílem této diplomové práce je analýza umístování sdílených vozidel ve městě v závislosti na demografii města Plzně a následný návrh vyhrazených parkovacích stání pro vozidla sdílené automobilové dopravy v uličním prostoru.

Individuální sdílená doprava jako jsou cyklistická kola či osobní automobily, se začíná čím dál tím více objevovat také ve městech České republiky. Tento trend, kdy uživatel nemusí vlastnit přímo dopravní prostředek, ale využije jej jen na určitou dobu, většinou za úplatu, se začal formovat převážně ve větších městech. Dnes se lze setkat s tzv. bikesharingem či carsharingem v různých městech České republiky. Cyklistické kolo či sdílené vozidlo lze nalézt kdekoli v uličním prostoru a pomocí mobilní aplikace si jej odemknout a vypůjčit na určité časové období. Příležitostí pro sdílenou mobilitu je správná lokalizace vyhrazených míst pro tyto dopravní prostředky, tak aby splňovaly veškeré požadavky jak z provozního hlediska, tak i z hlediska přístupnosti uživatelů.

První část práce popisuje demografii a uliční prostor města spolu s řešením organizace statické dopravy. Představuje blíže strategické dokumenty a cíle, které si město vytyčilo pro další rozvoj v oblasti (sdílené) dopravy, řešení parkování a smart city. Druhá část práce mapuje pojem sdílená ekonomika a dále jej zasazuje do kontextu sdílené dopravy ve městě. Popisuje příklady provozu sdílených vozidel a postoje dotčených subjektů ke sdílené dopravě jak v okolních evropských zemích, tak v České republice a Plzni.

Další část představuje lokační metody využívané v logistice pro lokalizaci logistických center. Popisuje lokační a alokační metody, vícekriteriální modely rozhodování a výběr vhodné metody pro zpracování vlastního návrhu pro dosažení cíle diplomové práce. Poslední část práce se zabývá samotným návrhem vyhrazených parkovacích stání pro sdílená vozidla s využitím vhodných metod vícekriteriálního rozhodování. Jednotlivé varianty návrhu jsou popsány v kontextu zvolených kritérií a uličního prostoru města.

1 Geografie a uliční prostor města

Město Plzeň se nachází (dle matematicko-geografické polohy) na obdobné zeměpisné šířce jako hlavní město Lucemburského velkovévodství Lucembursko, druhé největší město Ukrajiny Charkov nebo jako největší metropole západní Kanady Vancouver. Z hlediska fyzicko-geografické polohy se Plzeň nachází v hloubi evropské pevniny. Nejbližší vzdálenost k moři je k Terstskému zálivu na Jaderském moři a ke Štětínskému zálivu na Baltském moři. Vzdálenost Plzně od obou moří je přibližně stejná, necelých 500 km, měřeno nejkratším směrem po povrchu Země. Statutární město Plzeň se nachází zhruba v severovýchodní části Plzeňského kraje. [1]

1.1 Plzeňský kraj

Město Plzeň se nachází v samosprávném Plzeňském kraji. Od roku 1960 byl Plzeňský kraj přejmenován (dle zákona č. 36/1960 Sb. o územním členění státu) na Západočeský kraj a zahrnoval okresy jako Sokolov, Cheb a Karlovy Vary. Zákonem o krajích č. 129/2000 Sb. z roku 2000 vznikly ze Západočeského kraje dva samosprávné kraje – Plzeňský kraj a Karlovarský kraj. Západočeský kraj tak zůstává jen jako jednotkou územního členění.

Rozloha Plzeňského kraje dle dat ze statistické ročenky z roku 2019 je 7 649 km² a počet obyvatel činí 584 672 osob (k 31. 12. 2018) [2]. Svou rozlohou je třetím největším krajem v České republice, avšak počtem obyvatel se řadí až na osmé místo v ČR. Plzeňský kraj tvoří sedm okresů s odlišným krajinným charakterem, velikostí i hustotou osídlení, skladbou obyvatelstva i ekonomickým potenciálem – Domažlice, Klatovy, Plzeň-jih, Plzeň-město, Plzeň-sever, Rokycany, Tachov. V roce 2016 se území Plzeňského kraje rozšířilo o některá katastrální území, která vznikla ze zrušeného vojenského újezdu Brdy. V kraji se nachází 501 obcí. Plzeňský kraj patří ke krajům v rámci ČR s nízkou hustotou zalidnění. Hustota obyvatel v kraji je 76,4 obyvatel na km² (hustota v ČR činí 135 obyvatel na km²). [2]

Z hlediska geografického systému je Plzeňský kraj velmi rozmanitý především díky svému reliéfu. Tvoří jej oblasti: Plzeňská pahorkatina, Brdská vrchovina, Český les a Šumava, kde klimatické, geologické i hydrologické podmínky jsou od sebe značně odlišné. Potenciál pro rozvoj zpracovatelského průmyslu v kraji představují zásoby

nerostných surovin nacházejících se převážně v oblasti Plzeňské pahorkatiny. Jedná se o zásoby stavebního kamene, žáruvzdorných a stavebních jíílů či černého uhlí. Naleziště vápence se nachází v podhůří Šumavy. Příznivé podmínky v kraji jsou pro zemědělství. Zemědělská půda zde tvoří 49,3 % celkové rozlohy kraje, z toho pak téměř 67 % připadá na ornou půdu. Zalesněné plochy z celkové rozlohy kraje činí 40,4 %, čímž poskytuje dostatečné přírodní zdroje dřeva pro lesní hospodářství. Zalesněné oblasti jsou převážně na Šumavě, v Českém lese a v Brdské vrchovině. Plzeňský kraj v těžbě dřeva jehličnatých stromů zaujímá sedmé místo mezi všemi kraji České republiky.

Životní prostředí v Plzeňském kraji dle hodnot měrných emisí (kg/obyvatel) podle REZZO 1-4 lze hodnotit jako příznivé. Emise oxidu siřičitého v kraji představovaly v roce 2017 41,1 % úrovně měrných emisí v ČR. Emise oxidu dusíku 44,1 % a oxidu uhelnatého 60,9 % úrovně měrných emisí v ČR. Nižší průměr těchto hodnot je zajištěn především výskytem národního parku, pěti chráněných krajinných oblastí a 193 maloplošných chráněných území na území kraje.

Příznivé životní prostředí v Plzeňském kraji narušuje město Plzeň a její okolí. V této oblasti je životní prostředí extrémně narušeno a úroveň měrných emisí zde mnohonásobně převyšuje hodnoty pro ČR. Plzeň je zatížena vysokou koncentrací průmyslové aktivity a přetíženou silniční sítí, což výrazně zvyšuje emise a hluk v oblasti. Krajinu dále devastují těžební oblasti jako Nýřany-Tlučná-Vejprnice, Břasy-Radnice či Stříbro a Ejpovice. [2]

Silniční dopravní infrastrukturu kraje tvoří celkem 5 011,2 km silnic, z toho 415 km silnic I. třídy a 109,2 km dálnic. Provozní délka železničních tratí v kraji je 705,4 km. Délka splavných vodních cest pro pravidelnou dopravu je 17 km. Včetně cest na nádržích a jezerech, převážně sloužících k dopravě osobními loděmi a sportovní plavbě. [3]

Hlavní sídla regionálního významu v kraji leží na rozvojových osách a na západní radiální ose, která spojuje Plzeň s Prahou a dále směřuje k hranici s Německem. Mimo tyto osy se nachází řídce osídlené území s převažujícím charakterem obytným či zemědělským. Sociální a technická infrastruktura je zde omezena, čímž i dopravní obslužnost území. [2]

Podíl Plzeňského kraje na celkovém hrubém domácím produktu v běžných cenách byl 4,9 % za rok 2018. V přepočtu HDP na jednoho obyvatele (449 822 Kč) se Plzeňský kraj umístil na pátém místě v rámci krajů ČR. Plzeňský kraj se řadí na 3. místo v ČR po Hlavním městě Praze a Středočeském kraji v průměrné hrubé měsíční mzdě fyzických

osob (činí zde 28 220 Kč), avšak celorepublikový průměr je zde o 1,7 % nižší. V celorepublikovém srovnání je Plzeňský kraj druhý, co se týče nejnižšího podílu nezaměstnaných (2,12 %). Dle evidence úřadu práce připadá jedno pracovní místo na přibližně 0,3 uchazeče. [2]

Počet osobních automobilů registrovaných v České republice k roku 2018 je 5 747 913. Z tohoto počtu je více než 1 milion vozidel starších pěti let a 3,5 milionu vozidel starších deseti let. Dle typu spotřebované energie je podíl registrovaných osobních vozidel 61,32 % na benzin, 38,63 % vozidel diesellových a pouze 0,04 % vozidel elektrických. Lze sledovat postupný nárůst počtu registrovaných elektromobilů v ČR. Zatímco v roce 2015 jich bylo celkem 713, v roce 2018 je 2 482 registrovaných elektromobilů, což představuje nárůst o 248 % během tří let. [3]

Mezioborové srovnání přepravních výkonů osobní dopravy v ČR znázorňuje Graf 1.1. Jedná se o hodnoty v osobokilometrech (oskm), které vyjadřují přepravu jedné osoby na vzdálenost jednoho kilometru. Osobokilometry se vypočítají jako součin dopravního výkonu (vzdálenost ujetá dopravním prostředkem) a celkového počtu přepravených osob. Přestože se jedná o odborný odhad, tak na individuální automobilovou dopravu připadá největší přepravní výkon. Druhý největší přepravní výkon je zajištěn veřejnou dopravou (převážně v rámci integrovaných dopravních systémů krajů).



Graf 1.1 Mezioborové srovnání přepravních výkonů osobní dopravy v ČR

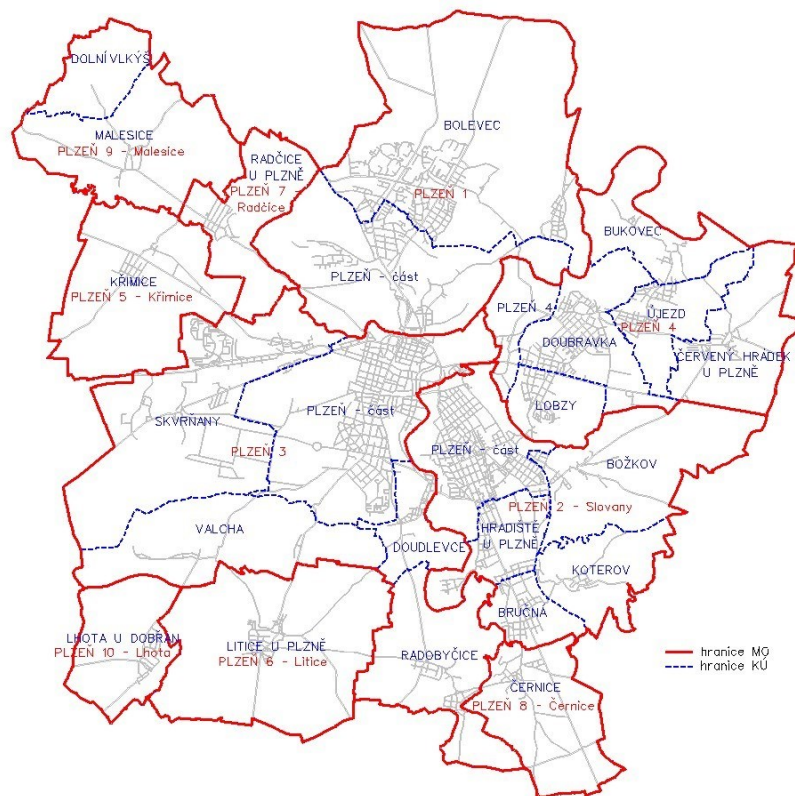
Zdroj: Ročenka dopravy ČR 2018, vlastní zpracování.

1.2 Město Plzeň

Dějiny mnohých českých měst je třeba posuzovat ve dvou časových horizontech, nevylučuje také historii města Plzně. Stará Plzeň neboli dnešní Starý Plzenec byl až do konce 13. století velkým knížecím hradištěm rodu Přemyslovců. Ve vrcholném středověku význam Staré Plzně poklesl a zaniklo tak hradské zřízení. Koncem 13. století bylo založeno město Plzeň, s umístěním, tak jak jej známe dnes.

Město Plzeň leží v Plzeňské kotlině na soutoku čtyř řek – Úhlavy, Úslavy, Radbuzy a Mže, ze kterých vzniká pátá řeka a to Berounka. Toto umístění poskytlo městu dobré předpoklady pro dopravní spojení s jinými městy. Reliéf administrativní oblasti v průměru kolísá o 100 výškových metrů a díky říčním korytům se postupně svažuje ke středu města. Centrum města se nachází v průměrné nadmořské výšce 310 m. Obvod administrativní oblasti města tvoří několik výrazných vrchů. Na severozápadě Sylvánský vrch (414 m n. m.), na severovýchodě Chlum (416 m n. m.), na východě Švabiny (409 m n. m.), na jihovýchodě Homolka (373 m n. m.) a na jihu Hůrka (378 m n. m.). V blízkém okolí se nacházejí ještě dva významné vrchy, které všechny převyšují – na severozápadě Krkavec (505 m n. m.) a na jihovýchodě Radyně (567 m n. m.). [1]

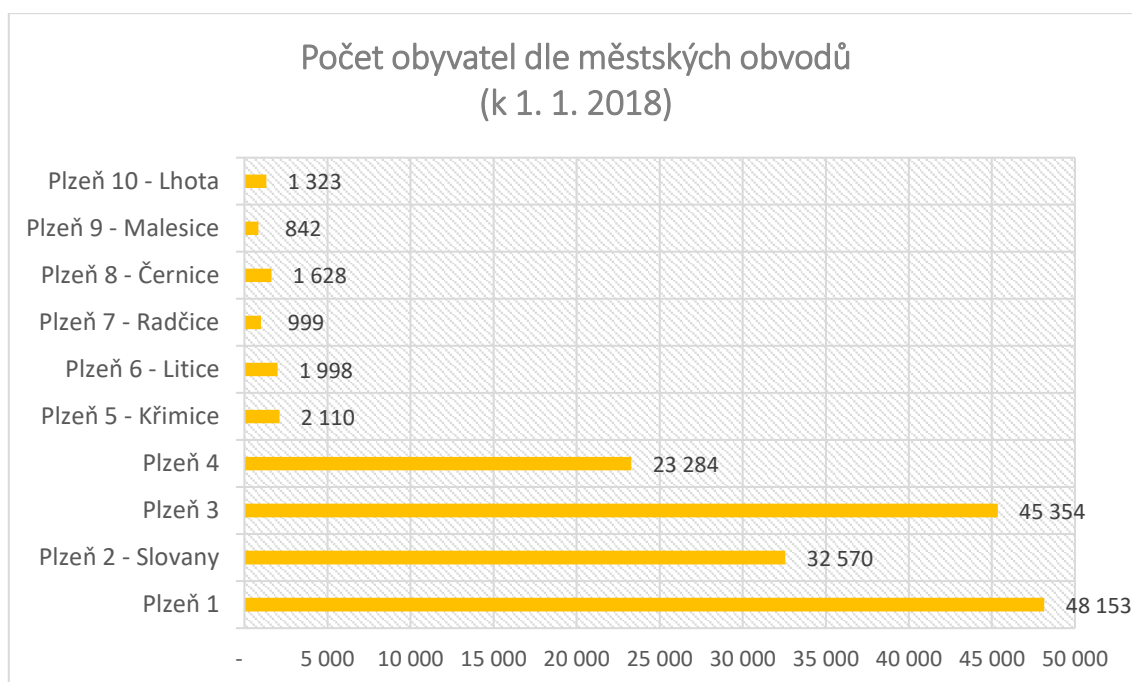
Nejstarší osídlení v dnešní lokalizaci města lze mapovat již od neolitu. Historicky zde ze sídelní kontinuity vznikla tzv. kmenová oblast, která představovala významné osídlení „horních“ vyšších Čech oproti pražské oblasti „dolních“ nižších Čech. Geopolitické umístění města Plzně hrálo významnou roli v různých historických érách. Ve 30. letech minulého století město leželo na hranicích protektorátu Čechy a Morava s Velkoněmeckou Říší, po druhé světové válce zde vedla demarkační linie oddělující sféry vlivu americké a sovětské armády a do roku 1990 byla Plzeň nedaleko „železné opony“, která rozdělovala politiku kapitalismu od politiky komunismu. Rozdělením Československa roku 1993 na dva samostatné státy, se Plzeň prostorově posunula více do středu České republiky. Excentricita města v rámci státu se tak snížila. Pravidelné investice do dopravní infrastruktury přispívají také k většímu napojení města na západní Evropu. [1]



Obr. 1.1 Mapa správních hranic městských obvodů

Zdroj: Vyhláška č. 8/2001, Statut města Plzně, ve znění pozdějších vyhlášek.

Město Plzeň má 157 672 tisíc obyvatel a je tak čtvrté největší město v České republice. Katastrální výměra města je 12 474 ha. Město tvoří deset samosprávních městských částí (obvodů). Hranice a umístění těchto obvodů je stanoveno městskou vyhláškou č. 8/2001 Statut města (viz Obr. 1.1). Každý městský obvod má svou hranici s vnější hranicí města, čímž je umožněno každému obvodu dále rozšiřovat své katastrální území. Vyhláška také jmenuje konkrétní katastrální území, která spadají do jednotlivých městských obvodů. Každá tato městská část má vlastní zastupitelstvo, radu i samostatného starostu. Jsou to Plzeň 1, Plzeň 2 – Slovany, Plzeň 3, Plzeň 4, Plzeň 5 – Křimice, Plzeň 6 – Litice, Plzeň 7 – Radčice, Plzeň 8 – Černice, Plzeň 9 – Malesice a Plzeň 10 – Lhota. Počet obyvatel jednotlivých městských částí znázorňuje Graf 1.2 na následující straně.



Graf 1.2 Počet obyvatel dle městských částí

Zdroj: plzen.eu, vlastní zpracování.

Městské části Plzeň 1 až 4 jsou tvořena velkými sídlišti, která vždy alespoň částečně zasahují do vnitřního města. Proto je počet obyvatel v těchto obvodech výrazně vyšší oproti obvodům Plzeň 5 až Plzeň 10, které byly k městu Plzni postupně přičleňovány a původně tvořily samostatné obce. Osídlené oblasti sledují vodní síť a významné komunikační tahy. V důsledku toho tyto oblasti tvoří částečně izolované sektory.

Město Plzeň je také sídlem mnoha institucí. Sídlí zde především hejtman, krajská rada, krajské zastupitelstvo i krajský úřad. Nachází se zde odvolací Krajský soud a notářská komora pro celý Západočeský region, ředitelství krajské a městské Policie České republiky i městská policie.

Historicky vždy byla Plzeň průmyslovým městem hlavně díky dominantnímu postavení strojírenských Škodových závodů. Dnes společnost pod názvem Škoda Holding, a. s. vlastní desítky dceřiných závodů zabývajících se těžkým strojírenstvím (výroba turbín, zařízení pro jaderné elektrárny, dopravní zařízení apod.), elektrotechnikou (výroba trakčních motorů, generátorů a transformátorů), dopravními prostředky (výroba elektrických lokomotiv, tramvají, metra a motorových vozů apod.) či výzkumem a akreditovaným zkušebnictvím. Významným zaměstnavatelem jsou také potravinářské závody jako pivovar Plzeňský prazdroj a lihovar Stock Plzeň. [1]

Od devadesátých let, kdy město vybuďovalo městský industriální park Borská pole, dochází k přílivu zahraničního kapitálu do Plzně. Zahraniční investoři budují své závody v této strategické oblasti, která je vybavena jak dopravní, tak sociální infrastrukturou. Je zde přímé napojení na dálnici směřující do Německa nebo Prahy, tramvajová trať spojující centrum města nebo také kampus Západočeské univerzity.

V blízkém okolí Plzně se nachází další velké zahraniční závody jako třeba Panasonic AVC, který vyrábí televizory a spotřební elektroniku, Yazaki Wiring Technologies s výrobou kabelových svazků a palubních sítí pro automobilový průmysl, BRUSH SEM vyrábějící velké elektromotory či Daikin Industrie se zaměřením na chladicí a vzduchotechnická zařízení.

Město se také zaměřuje na rozvoj profesí s vyšší přidanou hodnotou, proto podporuje sektor služeb, vznik vývojových center a vědeckotechnologických parků. Mezi hlavní nositele vědy, výzkumu, vzdělávání a vývoje patří právě Západočeská univerzita a její výzkumné centrum RICE nebo také Lékařská fakulta Univerzity Karlovy v Plzni.

Pozemní komunikace na území města tvoří dálnice s 5,7 km, silnice I. třídy s 51 km, silnice II. třídy s 22,4 km a silnice III. třídy s 54,7 km. Dále je pozemní komunikace tvořena místními komunikacemi, kde nejdelší část tvoří místní komunikace III. třídy s 333,2 km a místní komunikace IV. třídy pro pěší s 208,5 km. [4]

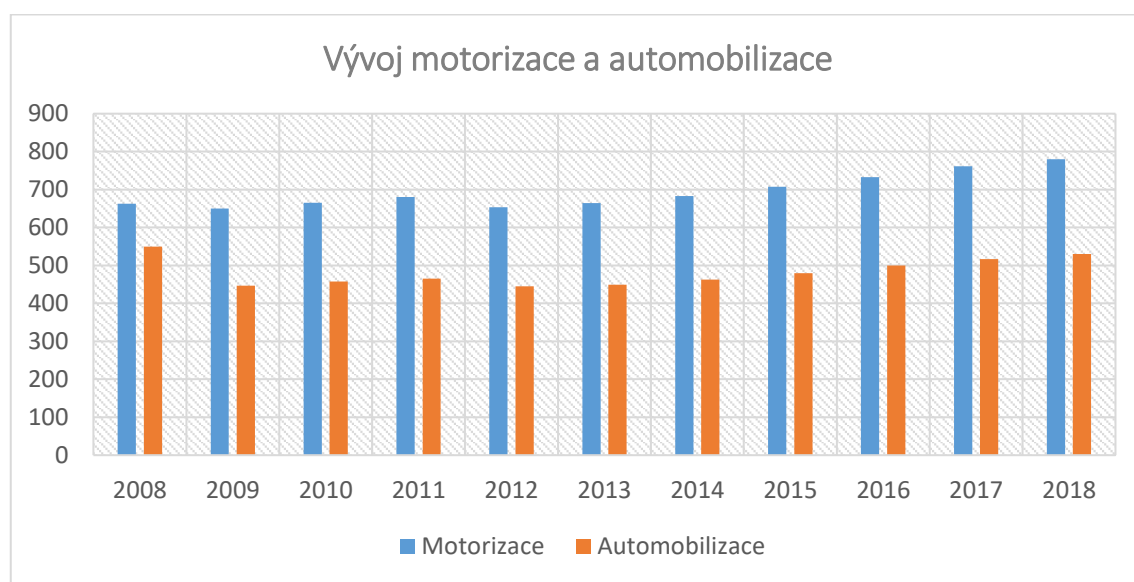
Evidenci všech registrovaných vozidel na území města spravuje Magistrát města Plzně, konkrétně Odbor registru vozidel a řidičů. Pod toto správní území spadá také několik přidružených obcí jako Dýšina, Chrást, Chválenice, Kyšice, Letkov, Lhůta, Losiná, Mokrouše, Nezavětice, Nezvětice, Starý Plzenec, Šťáhlavy, Štěnovický Borek a Týmákov. Údaje o motorizaci a automobilizaci města Plzně shrnuje Tab. 1.1.

Tab. 1.1 Motorizace a automobilizace města Plzně

Celkový počet provozovaných vozidel k 31. 12. 2018	149 357
Z toho počet osobních vozidel	101 496
Počet obyvatel v Plzni včetně přidružených obcí	191 599
Stupeň motorizace (počet vozidel na 1 000 obyvatel)	780
Stupeň automobilizace (počet osobních automobilů na 1 000 obyvatel)	530

Zdroj: svsmc.cz, vlastní zpracování.

Graf 1.3 znázorňuje vývoj motorizace a automobilizace v městě Plzni. Pravidelný růst vykazuje stupeň motorizace, který udává počet vozidel na 1 000 obyvatel. Výrazný pokles stupně automobilizace nastal po roce 2008, kdy světovou ekonomiku zasáhla ekonomická recese. V následujících letech lze očekávat dosažení či překročení hodnot počtu osobních vozidel na 1 000 obyvatel z let 2008.



Graf 1.3 Vývoj motorizace a automobilizace

Zdroj: svsmmp.cz, vlastní zpracování.

Plzeňská aglomerace je z urbanistického hlediska monocentrická. V Plzeňském kraji se nenachází velké množství obcí střední velikosti, čímž vzniká nerovnoměrná sídelní struktura mezi krajským městem Plzní a ostatními venkovskými sídly. Zhruba 30 % obyvatelstva kraje žije v menších obcích do dvou tisíc obyvatel. Tyto obce tvoří víc než 4/5 rozlohy celého kraje.

1.2.1 Uliční prostor města Plzně

Urbanistická a funkční struktura města vychází ze způsobu využívání území, které je výrazně formováno přírodními podmínkami, geografickou polohou či historickým vývojem města. Jednotlivé historické epochy, hospodářský rozvoj, stagnaci či úpadek města lze vysledovat právě z urbanistické struktury Plzně.

Jedinečná říční síť byla základem prehistorických dopravních směrů a je prakticky využívána do dnes. Vznik města Plzně v pozdějších letech 13. století je významným

urbanistickým počinem. Na soutoku řeky Mže a Radbuzy byla oblast zhruba 25 hektarů rozdělena na bloky pravoúhlou sítí 15 ulic. Uprostřed šachovnicového půdorysu vzniklo vynecháním dvou bloků centrální náměstí, diagonálu tvořila trojice kostelů a ze čtyř směrů byl přístup do města skrz městské brány.

Gotický půdorys a struktura města zůstává i s nástupem renesančního slohu v polovině 16. století či s pozdním nástupem baroka na počátku 18. století. Obměnou procházejí pouze dřevěné a hrázděné měšťanské domy či měřítko a silueta města. Významný plošný rozvoj přichází na přelomu 18. a 19. století, kdy jsou zbořeny městské hradby s bránami a místo příkopu vznikají městské sady. Tímto město Plzeň získává další pozemky pro územní rozvoj. Tradiční ekonomiku založenou na řemeslech a obchodu nahrazuje městská industriální struktura. S prudkým rozvojem výroby a železniční dopravy ve druhé polovině 19. století, dochází k růstu počtu obyvatel a k aktivaci stavebních aktivit. Vznikají zde veřejné budovy jako školy, muzeum, divadlo, hlavní železniční nádraží či trestnice nebo vojenské kasárny, čímž je středověký gotický půdorys obestaven architekturou 19. a 20. století. Během druhé světové války i po ní dochází k ekonomické preferenci těžkého průmyslu, což vede k další koncentraci obyvatelstva ve městě a nutnosti realizace bytové výstavby. Na všech periferiích města Plzně vznikají monofunkční velkokapacitní sídliště v socialistickém stylu. Následné období přispělo ke snížení urbanistické hodnoty a kvality životního prostředí města.

Zásadním momentem ve vývoji města byl rozvoj dopravních systémů, jako jsou silnice a železnice. Tato dopravní síť do jisté míry rozvoj města podporovala, ale také omezovala. Příkladem mohou být stávající železniční tratě, které město rozdělují na demograficky i sociálně výrazně odlišné části. Jedinečnou urbanistickou strukturu tvoří také radiálně koncentrický systém silnic tereziánského stylu, směřujících na věž katedrály sv. Bartoloměje v centru města. [1]

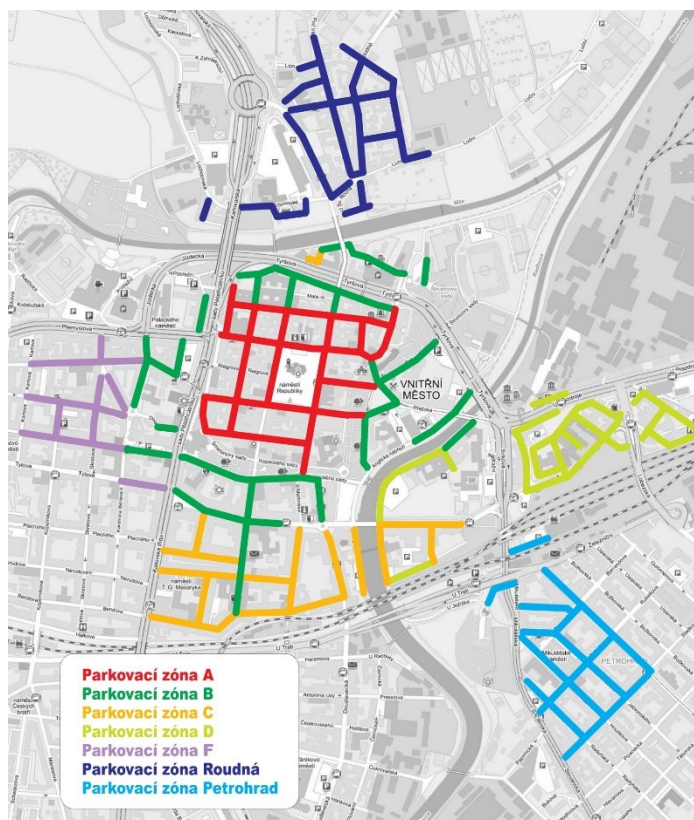
1.2.2 Doprava v klidu ve městě

Město Plzeň rozvíjí organizovaný systém statické dopravy (nebo také dopravy v klidu) již od 90. let dvacátého století. V současnosti je v centru města zřízena zóna placeného parkování, která řeší rovnováhu mezi nabídkou a poptávkou zpoplatněného území. Avšak zpoplatněné území pokrývá pouze nejexponovanější části centra města.

Okrajové oblasti, kde již zpoplatněné území neplatí je velmi vyhledávanou oblastí dojíždějících řidičů do města, čímž vzniká problém, kdy v těchto oblastech se nachází vyšší koncentrace rezidentského bydlení a tím i rezidentského parkování. Dochází tak k tlaku na vymístění návštěvníků města s cílem zlepšit parkování zde bydlících obyvatel. Obdobný problém se také vyskytuje v obytných čtvrtích, jako jsou Slovany nebo Bory, kde existuje páteří tramvajová síť spojující tyto oblasti přímo s centrem města. Dlouhodobým záměrem města, jak těmto problémům čelit, je rozšiřování oblastí cenové regulace parkování, výstavba záchytných parkovišť v režimu P+G v centru města, výstavba záchytných parkovišť v režimu P+R na periferiích města s návazností na páteří síť městské veřejné dopravy či rozšiřování rezidentského parkování pouze pro obyvatele. [5]

Organizaci dopravy v klidu ve městě Plzni do roku 2017 zajišťovala městská společnost Parking, s. r. o., která byla fúzována městskou akciovou společností Plzeňské městské dopravní podniky. Vzniklo tak samostatné oddělení Doprava v klidu, které vymáhá respektovanost cenově regulovaného parkování, zajišťuje provoz parkovacích automatů, parkovacích domů a ploch a podílí se na strategickém rozvoji statické dopravy v Plzni.

Území placeného parkování je rozděleno do několika zón s odstupňovanou sazbou – zóna A až F, Petrohrad a Roudná. Nejvyšší sazba za hodinovou dobu parkování je v zóně A, která obsahuje všechny ulice historického jádra v centru města. Tato nejatraktivnější oblast je navíc zpoplatněna skokově narůstající sazbou, kdy 1. hodina je za 40 Kč, 2. hodina za 50 Kč a každá další hodina za 100 Kč. Nejlevnější zóny D, F, Petrohrad a Roudná se nachází nejdále od historického jádra a jsou zpoplatněny sazbou 10 Kč za jednu hodinu. Přehledné umístění těchto zón v mapě města Plzně znázorňuje Obr. 1.2 na následující straně.



Obr. 1.2 Mapa parkovacích zón v Plzni

Zdroj: svsmc.cz.

Každá zpoplatněná zóna má své parkovací automaty, které jsou ve většině případů vybaveny pro bezhotovostní platby. Obyvatelé, kteří mají v těchto zónách trvalé bydliště, si mohou zažádat o speciální rezidenční kartu, která je opravňuje k parkování svého motorového vozidla na vyhrazených parkovacích místech. [4]

Další parkovací plochy v režii města Plzně jsou blíže popsány v Tab. 1.2. Sloupec „Vzdálenost od centra města“ v této tabulce vyjadřuje vzdálenost v metrech od katedrály sv. Bartoloměje, která je ve středu historického jádra. Jedná se o vzdálenost po dopravní síti respektující uliční prostor a místní dopravní značení.

Tab. 1.2 Přehled dalších parkovacích ploch

Název	Kapacita stání	Provozní doba	Vzdálenost od centra města
Sady Pětatřicátníků	110	Po – Pá 07:00 až 24:00 h *)	470 m
Nové divadlo	166	nonstop	580 m
Parkovací dům Rychtářka	297	nonstop	490 m

Zdroj: vlastní zpracování

*) Dnes je toto parkoviště s fyzickou obsluhou. Dle strategických dokumentů je v horizontu několika let v plánu toto parkoviště modernizovat a vybavit samoobslužnou technologií s dálkovým dohledem napojeným na centrální dispečink umístěný v Parkovacím domě Rychtárka (obdobně již funguje parkoviště Nové divadlo).

Jedním z důležitých parametrů pro návrhovou část této diplomové práce (Kapitola 4) je provozní doba těchto parkovacích ploch. Provozní doba může výrazně ovlivnit rozhodování pro vyhodnocení vhodné varianty na umístění vyhrazeného parkovacího stání pro sdílené vozidlo. Vyhrazené parkovací stání by mělo být veřejnosti přístupné nonstop, ať již sdílené vozidlo z tohoto místa je vypůjčeno či je vráceno.

Město Plzeň své záměry a požadavky ohledně dopravy v klidu definuje v několika strategických dokumentech. Pravidelně aktualizovaným podkladem je například Generel dopravy v klidu města Plzně, který byl poprvé schválen Zastupitelstvem města Plzně v roce 1997. Tvorba generelu a dalších strategických dokumentů spadá pod městskou organizaci Útvar koncepce a rozvoje města Plzně, avšak na samotné definici konkrétních požadavků se podílí mnohé zainteresované strany z řad městských organizací. Jeho poslední aktualizace a schválení proběhlo v roce 2017. Z této aktualizace vzniklo několik výstupů, které zhodnocují stávající stav regulovaného parkování jako nedostačující. Záměrem je rozšířit tento systém o další zóny placeného stání o ucelené úseky a plochy ve veřejném prostoru, zvýšit respektovanost v jednotlivých zónách pomocí důslednějších kontrol a sankcí či provést korekce hranic nejpřetíženějších zón. [5]

2 Analýza současného stavu sdílené dopravy v Plzni

Kupující a prodávající se střetávají prostřednictvím mechanismu jménem trh. Obě strany se střetávají na trhu, aby určily cenu zboží nebo služeb a jejich množství, jež se nakoupí a prodá. Role tržního systému je určit cenu, která vyjadřuje hodnotu zboží nebo služby v peněžní podobě. [6]

Na přepravním trhu dochází ke střetu nabídky a poptávky po přemístění. Střetávají se zde ekonomicky a právně samostatné podnikatelské subjekty nabízející přemístění s kupujícími a jejich požadavky na přemístění. Poptávka je tvořena množstvím zboží nebo služeb, které si je kupující ochoten a schopen koupit. Nabídku pak tvoří určité statky, určité ceny, které prodávající kupujícímu nabízí. Na přepravním trhu již existuje nabízená služba nazývaná přemístění. Je zde nabízeno přemístění zboží či osob.

Již samotná oblast dopravy je značně specifická. Doprava a s ní související fungování přepravního trhu je velmi ovlivňováno hospodářskou a sociální politikou státu. Zvláštností přepravního trhu je to, že je ovlivňován tržními principy i státními zásahy v různých podobách. Oblast dopravy je tak chápána nejen jako určitý segment ekonomiky, ale také jako důležitá infrastruktura státu. [7]

Konkurence na přepravním trhu může být tvořena mezi jednotlivými druhy dopravy nebo také uvnitř jednotlivých druhů dopravy. V nabídce jednotlivých druhů dopravy si konkurují různé druhy dopravy, kdy existuje více možností jak přemístění uskutečnit (např. vozidlo, vlak). Nabídku uvnitř jednotlivých druhů dopravy pak tvoří konkurující si nabídky na přemístění vždy v rámci stejného druhu dopravy (např. České dráhy, GW Train Regio apod.). [7]

2.1 Pojem sdílená ekonomika

Sdílená ekonomika funguje ve společnosti již od dob, kdy lidstvo začalo tvořit lidské společenství. Jedná se o nástroj využívaný hlavně ke zmírnění dopadů nízké produktivity v tehdejších ekonomikách. V předindustriální době sdílení podporoval mimo jiné i fakt, že lidé žili v menších komunitách, které poskytovaly vyšší míru sociální kontroly. Sociální kontrola zvyšovala důvěru a důvěra zas ochotu sdílet.

V důsledku průmyslové revoluce a s rostoucím blahobytem, se potřeba sdílet vytrácí. Lidé se stěhují do měst a ztrácí se míra sociální kontroly. Ekonomický růst a pokles nedostatku spotřebního zboží podporuje individualismus.

Opětovný nástup sdílené ekonomiky ve 21. století vyplývá z ekonomické recese v letech 2008 až 2009, z rozvoje digitálních technologií, chytrých mobilních zařízení a rozšířením internetu. Avšak ani následná konjunktura nezpomalila započatý rozmach sdílené ekonomiky. [8]

Samotný pojem sdílená ekonomika momentálně nemá obecně přijímanou definici. Existuje mnoho definic pojmu převážně sociálně-ekonomického charakteru (nikoli však právního). Pojem, jak ho chápeme dnes, byl poprvé zaznamenán roku 1978 autory Marcusem Felsonem a Joem L. Spaethem. Tito autoři popsali termín Collaborative Consumption, který do češtiny lze přeložit jako spoluspotřebitelství. Definovali jej jako případ, ve kterém jedna nebo více osob spotřebovává ekonomické statky nebo služby v procesu zapojování se s jedním nebo více osobami. [9]

Definováním pojmu sdílená ekonomika se v dnešní době zabývá také Evropská komise. Ve svém dokumentu Evropský program pro ekonomiku sdílení z roku 2016 obecně definuje pojem ekonomika sdílení:

Obchodní modely uskutečňovány na platformách pro spolupráci za účelem usnadnění činností, kterými se vytváří otevřený trh pro dočasné užívání zboží nebo služeb většinou poskytovaných soukromými osobami. Dále dělí aktéry ekonomiky sdílení na

1. Poskytovatele služeb, kteří sdílejí aktiva, zdroje, čas nebo dovednosti buď jako soukromé osoby (příležitostně), nebo jako profesionální poskytovatelé služeb.
2. Uživatele služeb.
3. Zprostředkovatele služeb, kteří propojují poskytovatele a uživatele (skrz on-line platformu) a usnadňují tak transakce mezi nimi.

Transakce v ekonomice sdílení mohou být prováděny pro zisk nebo i neziskově. Většinou nedochází v této transakci ke změně vlastnictví, avšak některé služby mohou zahrnovat převod práv duševního vlastnictví. [10]

Základní myšlenka sdílené ekonomiky spočívá v tom, že je výhodnější mít ke statku přístup než samotný statek vlastnit. Výhodnost nevlastnění statku dlouhodobé spotřeby spočívá v nižší ceně za „pouhé“ využití statku (oproti pořizovací ceně) a ekologičnosti, kdy další statek nemusel být vyroben.

V dnešní době je na sdílenou ekonomiku kladen důraz na ekologii a snadnou dostupnost. Dnešní sdílená ekonomika má mnoho forem a lze ji dělit na

- sdílení zdarma v rámci komunity,
- sdílení za úplatu na komerční bázi.

Některé zdroje dělí samotného zprostředkovatele služby na několik typů:

- **P2P (peer-to-peer, nebo person-to-person)** – Pojem pochází z informatiky, kde skrz počítačovou síť dochází k přímému sdílení dat bez prostředníka. Zprostředkovatel zde pouze propojí (zkontaktuje) poskytovatele a uživatele. Zprostředkovatel dále do (právního) vztahu zúčastněných nezasahuje. Obě strany jsou v tomto smyslu soukromé osoby, které své statky nebo služby poskytují příležitostně. Nejedná se o profesionální poskytovatele služby, z pohledu českého práva o podnikatele. Zprostředkovatel si toto propojení může honorovat či nikoli.
- **P2B2P (peer-to-business-to-peer)** – Zprostředkovatel zde propojí (zkontaktuje) poskytovatele a uživatele a stanovuje pro tento styk podmínky a pravidla (např. cenu za poskytnutí statku či služby). Opět jsou obě strany v tomto smyslu soukromé osoby, které své statky nebo služby poskytují příležitostně. Nejedná se o profesionální poskytovatele služby, z pohledu českého práva o podnikatele.
- **B2C případně B2B (business-to-consumer případně business-to-business)** – Zprostředkovatelem je zde ve většině případů samotný výrobce či podnikatelský subjekt, který je profesionálním poskytovatelem služby. Poskytuje svůj statek nebo službu soukromé osobě (B2C) nebo jinému podnikatelskému subjektu (B2B).

Výše popsaná klasifikace je převzata z marketingu, kdy je takto definován podnik dle svého zacílení na trhu. S rozvojem sociálních sítí a sdílené ekonomiky se také začíná používat čím dál více kategorie B2P (business-to-person). Tato kategorie zohledňuje jedinečné vlastnosti a potřeby jednoho samotného spotřebitele. [11]

Hlavní předpoklad pro samotnou existenci ekonomiky sdílení je: a) existence určitého statku nebo služby; b) ochota poskytovatele (vlastníka) tento statek či službu poskytnout uživateli (např. z důvodu neúplné využitelnosti statku či obohacení se ze strany vlastníka); c) existence subjektu (uživatele), který má zájem tento statek či službu využít (ať už za úplatu či bezplatně). [12]

Z makroekonomického pohledu může sdílení přispívat k efektivitě alokace společenských zdrojů a snižovat tak ekologickou zátěž v důsledku lepšího využití již vyrobených statků. Tím dochází ke snížení množství statků při zachování úrovně spotřeby. Sdílení vede také k dalším synergickým efektům jako je úspora na mnoha úrovních a zrychlení různých aktivit jak v oblasti makroekonomiky (veřejná správa apod.), tak v oblasti mikroekonomiky (podnikatelský sektor apod.). [12]

Dle průzkumu veřejného mínění Eurobarometr z roku 2016, má povědomí o službách nabízených sdílenou ekonomikou 52 % občanů EU, 17 % z dotazovaných pak alespoň jednou tuto službu využilo. [10]

Evropská komise v ekonomice sdílení vidí velký potenciál. Odborníci odhadují, že by tato oblast mohla přinést do hospodářství EU 160-572 miliardy EUR.

Závěry Evropské komise ohledně ekonomiky sdílení jsou značně rozporuplné. EK si je vědoma, že ekonomika sdílení vytváří nové příležitosti pro spotřebitele i podnikatele. Bude-li toto odvětví zodpovědně podporováno a rozvíjeno, může významně přispět k zaměstnanosti a růstu Evropské unie. Vytváření nových inovativních modelů podnikání může také přispět ke zvýšení konkurenceschopnosti celé EU. Na druhé straně EK zmiňuje, že je stále mnoho otázek ohledně uplatňování stávajících právních rámců a stírají se zde hranice mezi spotřebitelem a poskytovatelem, pracovníkem a osobou samostatně výdělečně činnou, nebo mezi profesionálem a neprofesionálem v poskytování služeb. Také je zde větší riziko v obcházení pravidel určených k zachování obecného zájmu (využití šedé zóny ekonomiky). [10]

2.2 Sdílená vozidla

Sdílená vozidla z angl. carsharing, jsou převážně osobní nebo užitkové automobily, které jsou využívány více jak jednou osobou (tzv. sériově, kdy statek může užívat více osob nikoliv však ve stejný okamžik, ale postupně v čase). Osoby tyto vozidla využívají (nezištně nebo za peníze) pouze k přepravě osob nebo nákladu z bodu A do bodu B a nejsou přímo majiteli vozidla. Jedná se o pronájem vozidla osobou, která momentálně své vozidlo nevyužívá, osobě, která vozidlo poptává. Typickým příkladem sdíleného vozidla je automobil v rodině, kdy je vozidlo registrováno na jednu osobu a je sdíleno s ostatními rodinnými příslušníky. Jedná se o časově omezený pronájem vozidla např. na hodinu, den, nebo i týden. V komerční sféře sdílených vozidel jde o podobný model

jako u autopůjčoven. Avšak spíše se jedná o tzv. inovaci autopůjčoven v důsledku technologického posunu. [13]

Historie sdílení motorového vozidla sahá již do dob samotného vzniku automobilismu. První zmínky o sdíleném vozidle se vyskytují v tisku z roku 1948 ve švýcarském Curychu. Vlastníci bytových jednotek založili družstvo pod názvem „SEFAGE“ (z něm. Selbstfahrer Genossenschaft) a z členských příspěvků pořídili osobní vůz, který byl v poválečné době pro jednotlivce nedosažitelným luxusem. Vozidlo tak bylo plně sdíleno mezi členy družstva. [14]

Tak jako v německy mluvících zemích, tak i ve spojených státech amerických má sdílené vozidlo dlouhou historii. Dříve známější pojem jako spolujízda (z angl. carpooling) byl důležitým prvkem při cestování napříč rozlehlými spojenými státy. Právě ve spojených státech vznikaly první komerční subjekty poskytující pronájem vlastních vozidel.

Služba sdílených vozidel je především doporučována osobám, které nenajedou více jak 10 000 až 12 000 kilometrů za rok. Jedná se především o osoby, které vozidlo nevyužívají denně. Pro takovéto osoby je carsharing ekonomicky výhodnější oproti vlastnění automobilu. Kromě toho je také příležitostí pro osoby, které z jakýchkoli důvodů nemají možnost, jak jinak uspokojit své požadavky na mobilitu, než mít přístup k vozidlu a přímo jej nevlastnit.

Carsharing lze rozdělit na několik kategorií. Základní dělení dle byznys modelu:

- Komerční carsharing s flotilou vozidel – vozidla jsou ve vlastnictví společnosti, která poskytuje výpůjčku vozidla uživateli na předem určenou dobu a cenu. Uživatel vypůjčené vozidlo využije pro svou potřebu a veškeré závazky spojené s vlastnictvím vozidla (pojištění vozidla, servis a údržba apod.) přebírá konkrétní společnost. Půjčování vlastních vozidel je výdělečná činnost společnosti.
- Peer-to-peer carsharing – vozidlo je ve vlastnictví soukromé osoby, která jej využívá pro své potřeby a jen v některých případech své vozidlo nabízí k výpůjčce jiným uživatelům. Pro vlastníka vozidla je výpůjčka jen příležitostným příjmem.
- Carsharing mezi sousedy – může se jednat o stejný princip jako u peer-to-peer carsharingu, ale většinou se jedná o situaci, kdy společenství osob (sousedi) složí finanční prostředky na pořízení vozidla, které následně využívají kolektivně. Náklady na provoz a servis si dělí rovným dílem či dle určeného klíče. Tento

model provozu je velmi rozšířený ve Švýcarsku a dalších německy mluvících zemích.

Další dělení je dle provozních charakteristik:

- Roundtrip systems – z angl. „zpáteční“ systémy, znamenají, že vozidlo je vypůjčeno a vráceno vždy do předem určené oblasti nebo místa. Tento systém se dělí na stanicově založený systém a na systém domácích zón. Stanicově založený systém je tvořen vyhrazeným prostorem (parkovacím stáním), který je viditelně označen a určen pouze pro sdílená vozidla. Systém domácích zón je tvořen pevně ohraničenými zónami v uličním prostoru, kde je možné vypůjčené vozidlo vyzvednout, resp. vrátit.
- Free-floating systems – z angl. „volné“ systémy, znamenají, že vozidlo je vypůjčeno a vráceno na libovolném místě, avšak za předem určených podmínek. Tento systém se dělí dle podmínek výpůjčky a vrácení na provozní oblast a na záchytné stanice. Provozní oblast stanovuje prostor, kde je možné vozidlo vypůjčit a také vrátit. Oblast je většinou definována hranicemi celého města nebo i městy sousedními. Záchytné stanice mohou tvořit parkoviště s více sdílenými vozidly umístěnými např. i mimo města, kraje nebo v sousedních státech. Výpůjčka a vrácení tak mohou probíhat v naprosto odlišných lokalitách, avšak v rámci podmínek provozovatele. [15]

Carsharing je rozšířen po celé Evropě. Nejdelší historii má však v západních zemích, kde je také největší podíl společností provozujících sdílená vozidla (téměř 60 %). V zemích bývalého východního bloku jsou tyto služby teprve na vzestupu. Carsharing zde provozuje celkem 8 % společností. Nejčastěji se v západních zemích provozuje tzv. roundtrip systém. Ve východních zemích je více zaváděn systém free-floating. [15]

Sever a jih Evropy jsou podobné, co se týče počtu provozovatelů carsharingu. Respektive 15 % a 18 %. Větší rozdíly jsou v provozních charakteristikách jednotlivých provozovatelů. Na jihu Evropy převládají systémy založené na free-floating, hlavně pak na definování provozní oblasti. Na severu Evropy se odráží fakt, že zde sdílení vozidel má delší tradici. Více provozovatelů zde operuje jako peer-to-peer carsharing. [15]

2.2.1 Provoz a podpora sdílených vozidel v Evropě

Carsharing podporuje také místní samospráva v **Paříži**. Pokud poskytovatelé carsharingu splní určitá kritéria, obdrží od města Paříže známku, která poskytuje jistá privilegia. Takový poskytovatel může využívat společnou reklamu s městem, zvýhodněné sazby za pronájem parkovacích stání v parkovacích domech nebo i vyhrazená parkovací stání pro vozidla carsharingu v ulicích Paříže. Na základě principu této známky vznikl v roce 2009 zákon o poskytování podobných výhod poskytovatelům carsharingu po celé Francii.

Nejrozšířenější je carsharing v **Německu**. Německo patří na první příčku mezi evropskými městy, co se týče počtu provozovatelů carsharingu i jejich uživatelů. Prakticky všechna města nad 200 tisíc a téměř všechna města nad 100 tisíc obyvatel mají minimálně jednoho poskytovatele carsharingu. V Německu je kromě komerčních subjektů poskytujících služby sdílených vozidel, také rozšířen model „nezávislého“ carsharingu mezi sousedy či členy jakéhokoli zájmového uskupení. V důsledku toho jsou hlavně u větších poskytovatelů tendence se slučovat do jednotných celků či navazovat užší spolupráci na regionální, ale i národní úrovni. Příkladem takové spolupráce je národní železniční dopravce Deutsche Bahn. DB poskytují komerční službu sdílených vozidel (skrže svou dceřinou společností) po celém Německu, kdy vyhrazená parkovací stání budují a umísťují u svých železničních nádraží. Tímto způsobem národní dopravce doplnil svou hustou železniční síť o další možnost individuální dopravy. Pod záštitou carsharingu od DB se přidávají i mnozí komerční poskytovatelé služby. Přínosem pro uživatele carsharingu spolupracujícího s DB, tak může být jednotnost rezervačního systému, jednotná nonstop infolinka pro komunikaci se zákazníky nebo také jednotné vyúčtování za službu.

Některá velká německá města následovali příkladu DB a poskytují svůj komerční carsharing skrže své dceřiné (městské) společnosti. Carsharing pod záštitou města je provozován v Berlíně, Kolíně nad Rýnem a ve Stuttgartu. Němečtí poskytovatelé sdílených automobilů také založili asociaci Bundesverband CarSharing e. V., která má reprezentovat a prosazovat politické zájmy v oblasti carsharingu. Tato asociace zastupuje až 97 % všech německých poskytovatelů carsharingu v celé zemi.

Švýcarsko může být z mnoha důvodů pokládáno za kolébku dnešního carsharingu. Nejenže zde vznikala první uskupení sdílející vozidla, ale i hustotou služby na počet obyvatel se nemůže rovnat žádnému jinému státu světa. Carsharing je rozšířen po celé

zemi a téměř ve všech obcích, například i v takových, ve kterých by jinde v Evropě služba sdílených vozidel prakticky neexistovala. Švýcarsko se svými 8,57 miliony obyvatel (2019) má sedmkrát vyšší poptávku po carsharingu než Německo, které má nejvyšší počet zákazníků carsharingu v absolutních číslech.

Pokrytí služby sdílených vozidel však není v zemi rovnoměrné. Nej hustší síť poskytovatelů je v německy mluvící severní části Švýcarska, nižší pokrytí je ve francouzsky mluvící západní části a na italsky mluvícím jihu jsou i místa bez sdílených vozidel. Důvody jsou převážně geografického charakteru, kdy ve výše položených oblastech jsou nároky na mobilitu odlišné.

Nebývalý úspěch carsharingu ve Švýcarsku lze připsat několika faktorům. Místní poskytovatelé sdílených vozidel uzavřeli řadu dohod s dopravci poskytující veřejnou dopravu, s dopravními asociacemi a se Švýcarskými spolkovými drahami (SBB/CFF/FFS). Spolupráci také navazují s maloobchodním řetězcem Migros, místními poštami nebo s největším švýcarským automobilovým klubem. Všechny tyto spolupráce přispívají k pozitivnímu vnímání carsharingu u veřejnosti i k větší vyjednávací síle při zavádění legislativy. [15]

V **České republice** je nástup sdílených vozidel jen pozvolný. Většina poskytovatelů své služby nabízí pouze ve velkých městech, především v Praze a Brně. Je to dáno například ekonomickou bonitou zákazníků ve městech, ale i větším povědomím o sdílené ekonomice. Demografie hraje také podstatnou roli při zájmu o sdílená vozidla, jelikož v těchto městech se nachází i zahraniční zákazníci, kteří již se sdílenou ekonomikou mají zkušenosti.

Systém provozování carsharingu v ČR je pouze na bázi free floating, kdy vozidla mají svou provozní zónu (celé město), kde lze vozidlo vypůjčit a také vrátit. Modely provozování carsharingu v ČR jsou různé. Například jeden z prvních poskytovatelů Autonapůl, vznikl jako sdružení několika rodin, kde vozidla byla sdílena pouze mezi členy rodiny. Dnes tento poskytovatel nabízí sdílená vozidla zákazníkům v devíti městech ČR, avšak hlavní část provozu je směřována na Prahu a Brno. Carsharing založený čistě na elektromobilech provozovala společnost EMUJ. Poskytovatel nabízel 19 sdílených elektromobilů typu Peugeot iOn a Nissan Leaf v Praze a Brně, avšak v důsledku dlouhodobě prodělečného provozu byla služba po třech letech zrušena a vozidla rozprodána. Jediným stávajícím poskytovatelem nízkoemisních sdílených vozidel je

AJO. Nabízí zákazníkům sdílená vozidla na LPG v Praze a Brně. Největším poskytovatelem carsharingu co do počtu vozidel je Car4way. Společnost úzce spolupracuje s výrobcem Škoda Auto a nabízí tak široký výběr vozů Škoda a Volkswagen. Zákazník tak může využít několik elektromobilů, užitkové vozy nebo i malá městská vozidla typu Škoda Citigo.

V **Plzni** existují dva poskytovatelé sdílených vozidel. Prvním je Autonapůl, které zde nabízí zákazníkům celkem 4 vozidla. Druhým je Karkulka PMDP, což je služba Plzeňských dopravních podniků, která nabízí celkem 10 osobních vozidel.

Plzeňské městské dopravní podniky jsou akciovou společností stoprocentně vlastněnou městem Plzeň. Poskytují veřejnou hromadnou dopravu na území města a v blízkém okolí. Projekt sdílených vozidel zde vznikl s cílem snížit dopravní zátěž ve městě. Tento poskytovatel nabízí zákazníkům dva typy vozidel, větší Ford Focus combi a menší Ford Ka+. Odemykání a zamykání vozidel může probíhat přes mobilní aplikaci nebo přes Plzeňskou kartu. Tato multifunkční čipová karta slouží jednak jako nosič předplatného na MHD, jako nosič peněžních prostředků či jako identifikátor při vstupu do škol, jídelen, zaměstnání apod. Plzeňská karta je rozšířena po celém kraji a je možné ji také sloučit s čipovou INkartou od Českých drah.

Výpůjčky vozidel carsharingu Karkulka PMDP jsou také cenově zvýhodněné pro předplatitele ročního předplatného na MHD pro vnitřní zónu Plzeň. Postupně je carsharing podporován i městem Plzní. Nařízením města Plzně z roku 2018 mohou všechna sdílená vozidla za určitých podmínek parkovat na ulici v parkovacích zónách za 1 Kč na den. Rozvoj sdílené mobility je také součástí různých strategických dokumentů města, například Plánu udržitelné mobility města Plzně, Strategie dopravy či Generelu dopravy.

V mnoha zemích provozující carsharing vznikají zájmová konsorcia sdružující poskytovatele carsharingu na lokální či národní úrovni (většinou záleží na velikosti státu/regionu). Zájmem těchto sdružení je společný vývoj a rozvoj služby, sdílení a sjednocení využívaných technologií, sdílení rezervačního systému či větší vyjednávací síla při pořizování nových vozidel a jejich pojištění. Velmi důležitým parametrem pro provozovatele služby jsou právě nastavené podmínky s pojišťovnou.

2.2.2 Přednosti a nedostatky sdílených vozidel

Prakticky veškeré dostupné průzkumy ohledně sdílené mobility ukazují, jak sdílená vozidla ve městech ovlivňují přepravní zvyky obyvatel i jak přispívají ke zlepšení životního prostředí a snížení počtu vozidel ve městě. Každé sdílené vozidlo nahradí čtyři až osm soukromých vozidel (v některých případech i více, průzkumy se v těchto číslech liší).

Z různých průzkumů, které se zaměřovaly na zákazníky i nezákazníky služeb sdílených vozidel byla sestavena Tab. 2.1 se třemi základními ukazateli přínosu carsharingu pro dopravu ve městě.

Tab. 2.1 Přehled údajů z průzkumů STARS: Car sharing in Europe

Podíl uživatelů carsharingu, kteří se rozhodli zbavit vlastního vozidla (alespoň jednoho)	Podíl uživatelů carsharingu, kteří se rozhodli nepořídit si vlastní vozidlo (na základě nabídky carsharingu)	Průměrný počet soukromých vozidel, který byl nahrazen jedním sdíleným vozidlem
22,6 %	37 %	10,8

Zdroj: stars-h2020.eu, vlastní zpracování.

Podíl uživatelů carsharingu, kteří se rozhodli zbavit vlastního vozidla, byl v intervalu od 5,3 % do 40,3 %. Nižší hodnoty byly u zákazníků, kteří sdílená vozidla využívají pro svůj byznys (podnikatelé, firmy) a doplňují tak svou flotilu podnikových vozidel. Carsharing využívají k pokrytí špičkových období poptávky po vozidlech, které nemohou pokrýt z vlastní flotily vozidel. Naopak vyšší podíl uživatelů, kteří se rozhodli zbavit vlastního vozidla, byl u fyzických osob a domácností.

Podíl uživatelů carsharingu, kteří se rozhodli nepořídit si vlastní vozidlo v důsledku nabídky sdílených vozidel, byl od 24,2 % do 67 %. Hodnoty zde byly velmi podobné, jen u zákazníků z podnikatelské sféry (podnikatelé, firmy), byl podíl vyšší.

Průměrný počet soukromých vozidel, který byl v důsledku služby carsharingu nahrazen sdílenými vozidly, se pohybuje od 4,5 do 14 vozidel. Toto číslo se často liší a každý průzkum k jeho výpočtu přistupuje trochu jinak. Velmi záleží na promítnutí konkrétních

charakteristik a demografii města a nabízených služeb carsharingu. Obecně je však přijímána hodnota okolo deseti vozidel. [16]

Jak vyplývá z dat reportu zabývajícího se carsharingem v Evropě, velcí poskytovatelé carsharingu (s více jak 20 vozidly), mají průměrný roční nájezd jednoho sdíleného vozidla 23 510 km. Menší poskytovatelé mají průměr na jedno vozidlo přibližně 13 658 km. Z toho vyplývá, že větší poskytovatelé carsharingu dokáží lépe využít svou flotilu vozidel. Průměrně jsou sdílená vozidla rezervována zákazníky na čtvrtinu dne. Rozdíl v podílu využití vozidel za den u velkých a malých poskytovatelů je malý (28,8 %, resp. 22,6 %).

Průměrný počet výpůjček vozidla na jednoho zákazníka je 15,2 za rok. Vážený průměr ujetých kilometrů za rok na jednoho zákazníka – soukromou osobu činí 737 km, zatímco na jednoho zákazníka – firmu to je více jak dvojnásobek, 1 868 km.

Podstatným přínosem sdílených vozidel je také dostupnost parkovacího stání. Jestliže jedno sdílené vozidlo může nahradit v průměru 10 soukromých vozidel, představuje to značný prostor, který lze ve městě využít pro jiné účely. S tímto faktem může být například počítáno i při nové výstavbě parkovacích ploch. Získaný prostor lze využít pro městskou zeleň, novou cyklostezku či pro stojan na cyklistická kola.

Mezi nedostatky sdílených vozidel patří přesné plánování rezervace vozidla. Zákazník musí znát čas, kdy si vozidlo vyzvedne a také přesný čas, kdy vozidlo vrátí. Pozdní vrácení vozidla je mnohdy penalizováno poskytovatelem. Jisté omezení zde představuje i fakt, že jedno konkrétní vozidlo může být vyžadováno více zákazníky ve stejné, nebo překrývající se časové období. Toto riziko je však ve velkých městech částečně eliminováno v důsledku vyšší nabídky vozidel. Podobný problém se týká také stanicového carsharingu, kdy je vypůjčení a vrácení vozidla omezeno pouze na konkrétní parkovací stání či oblasti. Toto omezení vyřešili například poskytovatelé carsharingu ve Finsku (viz podkapitola 2.2.1 Provoz a podpora sdílených vozidel v Evropě).

Další nedostatek oproti vlastnění vozidla je přímá dostupnost sdíleného vozidla. Většinou je nutné ke sdílenému vozidlo dojet či dojet veřejnou dopravou, zatímco vlastní vozidlo lze vždy nalézt před svým bydlištěm.

Jak již bylo zmíněno, carsharing je ekonomicky výhodný pro osoby, které nenajedou za rok více jak 10 až 12 tisíc kilometrů. Není primárně určen pro každodenní dojížděku do

školy či zaměstnání. Velmi často jsou ve státech severní Ameriky sdílená vozidla využívána jako druhé či třetí vozidlo v domácnosti.

Společenská nevýhoda carsharingu může být také přítomnost vandalismu. Tak jako městský mobiliář, tak i sdílená vozidla jsou součástí veřejného prostoru města a tím pádem i častým terčem vandalismu. Extrémním příkladem může být carsharing v Paříži, kdy se provozovatel rozhodl poskytovat vozidla bez jakékoli základové barvy čili v surovém kovu. Při častých hromadných akcích, protestech či pochodech jsou zde sdílená vozidla mnohdy ničena či dokonce zapalována. Dochází k tomu v důsledku vyšší anonymity v davu, ale i obecně ve velkých městech. Podobné problémy s vandalismem se vyskytují ve všech metropolích, ve kterých je provozován carsharing.

2.2.3 Vývoj sdílených vozidel

V průměru jsou nabízená sdílená vozidla mladšího roku výroby než většina soukromých vozidel. Sdílené vozidlo tak má technologicky modernější motor, vyšší efektivitu spalování paliva a tím i nižší lokální emise zplodin. Stále častěji se také objevují společnosti zaměřené na nízkoemisní sdílená vozidla. Jedná se například o vozidla s hybridním pohonem (nejčastěji elektromotor a spalovací motor), vozidla na CNG nebo také čistě elektrická vozidla. Z průzkumů mezi uživateli sdílených vozidel v Evropě vyplývá, že až ¾ uživatelů by raději využívala nízkoemisní (environmentally friendly) sdílená vozidla. Přibližně pak 60 % těchto respondentů by bylo ochotno platit vyšší cenu za výpůjčku sdíleného nízkoemisního vozidla, za předpokladu, že by vyšší cena nebyla výrazně vyšší, než je stávající. Mezi druhy alternativních pohonů je nejvíce preferován elektromotor a hybridní pohon, nejméně preferován je pohon na bionaftu. [16]

Komerční subjekty poskytující tzv. carsharing často fungují na podobném principu a liší se jen v některých nastavených podmínkách či dodatečných službách. Vždy se však jedná o digitální platformu dostupnou z internetu (mobilní aplikace, webové rozhraní), kde probíhá veškerá registrace uživatele, rezervace vozidla i vyúčtování výpůjčky. Uživatel sdíleného vozidla pouze zaplatí smlouvenou sumu za výpůjčku, ve které provozovatel a vlastník vozidla zohlední své náklady na provoz, údržbu, servis apod. Rychlost, flexibilita nebo i jednoduché ovládání jsou jen některé z důležitých atributů dnešních požadavků na službu. Právě v důsledku vývoje digitálních technologií dochází k rozvoji sdílených služeb a plnění těchto atributů. Carsharing je součástí stále se rozvíjející oblasti sdílené mobility.

3 Lokalizační metody v logistice

Lokalizačních nebo také lokačních úloh a jejich modifikací existuje celá řada. Některé z těchto úloh je možné využít v oblasti logistiky. Problém optimálního rozmístění např. středisek obsluhy je označován pojmem lokačně alokační úloha. Lokace je v tomto smyslu problém optimálního rozmístění středisek obsluhy a alokace je problém přiřazení obsluhovaných objektů ke konkrétním střediskům.

3.1 Lokační a alokační metody

Hledání optimálního umístění jednoho střediska obsluhy (tzv. single-facility location), které bude obsluhovat všechny objekty je jednoduší variantou. Složitější bývá hledání optimálního umístění několika středisek obsluhy současně (tzv. multi-facility location). Počet středisek může být pevně daný nebo může tvořit proměnnou, kde se hledá takový počet středisek, který bude optimální k definované účelové funkci. K řešení těchto úloh se využívá tzv. heuristických algoritmů. [7]

Lokační úlohy můžeme dělit dle různých parametrů. Podle tvaru účelové funkce je dělíme dle některých zdrojů na:

- Pokrývací problémy (covering problems) – Zde je každému obsluhovanému objektu dána maximální vzdálenost od střediska obsluhy. Parametrem nemusí být nutně vzdálenost (délka), ale může být vyjádřen např. dobou trvání (časem). Hodnoty mohou být rozdílné, ale i stejné. Cílem je minimalizovat náklady na „pokrytí“ všech vrcholů množiny, tj. co nejmenším počtem středisek. Typickým příkladem této úlohy může být distributor, který chce pokrýt nový trh svými distribučními sklady tak, aby byl schopen dodávat zboží všem svým klíčovými odběratelům v nějaké stanovené lhůtě.
- Problémy lokace mediánu (median location problems) – V logistice jsou nevíce uplatňované. Každému obsluhovanému objektu je dáno váhové ohodnocení. Váha představuje např. důležitost obsluhovaného objektu nebo velikost jeho požadavků na obsluhu. Cílem v této úloze je nalézt umístění střediska (nebo středisek), které splňuje požadavek na minimální součet vážených vzdáleností obsluhovaného objektu od nejbližšího střediska. Jedná se tedy o celkové přepravní náklady

vynaložené na obsluhu všech objektů. Typickým příkladem této úlohy může být vhodné umístění skladu nebo logistického centra.

- Problémy lokace centra (center location problems) – V logistické nejsou příliš uplatňované. Cílem v této úloze je nalézt umístění střediska (nebo středisek), které minimalizuje maximální vzdálenost každého obsluhovaného objektu od nejbližšího střediska. Hledá se zde takové umístění, aby i nejdlejší obsluhovaný objekt byl dosažitelný některému středisku. Typickým příkladem této úlohy může být vhodné umístění servisních nebo havarijních středisek (hasičské stanice, výjezdová stanoviště IZS apod.). [17]

Lokační úlohy dle povahy lokačního prostoru můžeme dále dělit na:

- Úlohy lokace v rovinném prostoru (planer location problems) – V těchto úlohách lze umístit střediska obsluhy kamkoli do definovaného geometrického prostoru, jelikož je lokační prostor kontinuální. Typickým zástupcem těchto úloh je tzv. Fermatův Weberův lokační problém. Jeho podstatou je hledání mediánu v Euklidovském prostoru. Pro řešení této úlohy se využívá Weiszfeldův algoritmus. Další úlohy lokace v rovinném prostoru jsou např. úlohy na hledání center, úlohy vícekritériálního typu a úlohy na současné umístování více středisek. Pro řešení většiny těchto typů úloh jsou vytvořeny odpovídající algoritmy, některé z nich spadají do oblasti kvadratického programování (resp. nelineárního programování obecně).
- Úlohy lokace na dopravní síti (network location problems) – V předchozí skupině úloh je cílem minimalizace dané účelové funkce umístovaných středisek, která byla vyjádřena přepravními náklady. Avšak ve skutečnosti je veškerá taková přeprava realizována po dopravní síti. Geometrické vzdálenosti objektů v prostoru z předchozích skupin úloh je tak aproximací skutečných vzdáleností objektů na dopravní síti. Pro samotnou volbu mezi úlohami lokace v rovinném prostoru nebo na dopravní síti je důležité zvážit, zda všechny výhody převažují nad pracností konstrukce samotného modelu dopravní sítě.

Tak jako v úlohách lokace v rovinném prostoru existuje celá škála lokačních úloh, tak i v lokaci na dopravní síti. Jednodušší situace v tomto případě nastává, když lze dopravní síť modelovat jako strom (tedy jako graf neobsahující kružnici), v obecném grafu je situace složitější. Některé typy úloh umožňují umístění

střediska pouze do vrcholů sítě, jiné umožňují umístění kdekoli, tedy i na hrany sítě.

- Úlohy diskrétní lokace (discrete location problems) – V úlohách diskrétní lokace je již dána množina všech možných umístění středisek obsluhy, ze které se vybírá optimální řešení (umístění). Jsou zde řešeny praktické problémy, z kterých následně vyplývají přijatelná umístění, mezi kterými se rozhoduje (např. oblasti určené územním plánem pro výstavbu logistického centra, napojení na významné dopravní uzly nebo terminály, cenová dostupnost pozemků apod.). Výsledné řešení úlohy může být stanoveno například vícekriteriální analýzou, kdy přepravní náklady jednotlivých variant na obsluhu středisek mohou tvořit jen jedno z určených kritérií.

Představitelem problému diskrétní lokace je například Warehouse location problem, který lze řešit jako úlohu lineárního programování. [7]

Většina výše popsaných úloh může být formulována a také řešena pomocí matematického (nelineárního) programování. Další možností jak tyto úlohy řešit je např. pomocí teorie grafů nebo v poslední době stále více využívanější (díky zvyšování výpočetní kapacity počítačů) metody metaheuristiky. Řešení těchto výpočetně náročných úloh se velmi často neobejde bez specializovaného softwaru nebo programátorských dovedností. Na trhu je k dispozici celá řada komerčních programů pro řešení těchto lokačních problémů. [17]

3.2 Vícekriteriální modely rozhodování

Rozhodující subjekt může dle klasického modelu porovnávat varianty podle jediného hodnotícího kritéria. V tomto případě rozhodující subjekt může využít celou řadu metod a modelů pro nalezení optimálního řešení, pro které není potřeba dalších dodatečných informací. Samotné zadání úlohy mohou tvořit veškeré informace použité pro řešení. [18]

Avšak většina reálných případů a rozhodovacích situací je založena na výběru z více kritérií. Větší množství kritérií přibližuje takovýto model více realitě a skýtá větší pravděpodobnost k dosažení a implementaci nalezeného řešení. Nelze však opomenout i určitou komplikaci při správném zahrnutí všech informací do modelu k dosažení kompromisního rozhodnutí, které by dostatečně zahrnovalo všechna zvolená kritéria.

Tento vícekriteriální rozhodovací model je vyjádřen množinami variant, hodnotících kritérií a dalšími vazbami mezi kritérii a variantami. Vícekriteriální model je formulován

ze strany rozhodujícího subjektu informacemi o variantách a samotných kritériích. Je vhodné nechat také možnost pro vstup dodatečných informací, které rozhodující subjekt v počáteční fázi modelování nedokázal formulovat. Dodatečné informace bývají subjektivní preference v množině kritérií rozhodujícího subjektu, tj. jaké jsou představy subjektu a čemu dává přednost:

1. Modelování preferencí mezi variantami z hlediska jednotlivých kritérií.
2. Modelování preferencí mezi kritérii a jejich agregace.

Vícekritériální modely s vyjádřenou množinou variant a množinou kritérií se dělí na modely vícekritériálního hodnocení variant (diskrétní modely) a na modely vícekritériálního programování (spojité modely). [18]

Tato kapitola pojednává o diskrétních modelech rozhodování, které jsou využity pro potřeby této diplomové práce. Následující kapitola pojednává o spojitých modelech rozhodování, aby tak doplnila všechny možnosti vícekritériálních modelů rozhodování.

Obsah informací u diskrétních modelů tvoří matice variant, které jsou ohodnoceny dle jednotlivých kritérií. Cílové informace z tohoto modelu mohou mít několik podob. Mohou tvořit množinu vhodných variant, variantu s nejvyšším ohodnocením dle zvolených kritérií, nebo jen uspořádání všech variant. [18]

3.2.1 Vícekritériální hodnocení variant

Vícekritériální hodnocení variant lze zapsat do *kritériální matice*, která je tvořena seznamem variant $A = \{a_1, a_2, \dots, a_p\}$ (řádky matice) a seznamem kritérií $F = \{f_1, f_2, \dots, f_k\}$ (sloupce matice). Obecně kritériální matice vypadá následovně:

$$Y = \begin{matrix} & f_1 & f_2 & \dots & f_k \\ a_1 & y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1k} \\ a_2 & y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2k} \\ & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_p & y_{p1} & y_{p2} & \dots & y_{pk} \end{matrix} \quad (3.1)$$

Hodnocení variant dle jednotlivých kritérií je vyjádřeno prvky kritériální matice $y_{ij}, i = 1, 2, \dots, p; j = 1, 2, \dots, k$, neboli kritériální hodnotou. Prvky kritériální matice obsahují informace, které mohou mít různé podoby. Kardinální podoba informace vyjadřuje konkrétní hodnoty kritérií jednotlivých variant. Ordinální podoba informace vyjadřuje

celkové pořadí konkrétní varianty dle kritérií. Relativní informace jsou porovnávány mezi sebou dle jednotlivých kritérií. Cílem vícekritériálního hodnocení je nalézt takovou variantu, která bude co nejlépe ohodnocena podle všech zvolených kritérií. [18]

Pro práci s kritériální maticí je vhodné, aby byla všechna kritéria (hodnoty) stejného typu, tedy minimalizační nebo maximalizační. Snadno lze převést jakoukoli úlohu na standardní (jednotný) typ kritérií.

- a) Stupnice je dána podstatou věci – Typickým příkladem je hodnocení známkami ve škole. V tomto případě je maximální hodnota stanovena číslem 5, která je následně odečtena od každé hodnoty kritérií.
- b) Stupnice není dána – V tomto případě je mezi variantami nalezena nejvyšší (nejhorší) hodnota, která je následně odečtena od každé hodnoty kritérií. Tím je nejvyšší hodnota kritérií ohodnocena nulou. Takovýto krok lze prezentovat jako „úsporu“ oproti nejhorší variantě.

Lze předpokládat, že všechny hodnoty kritérií jsou maximalizačního typu. Čím vyšší hodnota ohodnocení, tím je varianta vhodnější. [19]

Nedominovanou variantou je nazývána taková, ke které neexistuje žádná lepší varianta v množině variant, která by byla lépe hodnocena alespoň podle jednoho kritéria, a ne hůře dle ostatních kritérií. Úplné řešení vícekritériálního hodnocení variant tvoří matice nedominovaných variant A_N . Tato matice může být tvořena celou původní množinou všech rozhodovacích variant A . *Dominovanou variantou* je taková varianta, která má všechny hodnoty kritérií alespoň stejně dobré a minimálně jednu hodnotu lepší.

Ideální varianta je taková varianta, kde všechna kritéria jsou ohodnocena maximální (nejlepší) hodnotou. Mnohdy se jedná o hypotetickou variantu, neboť reálně je méně pravděpodobné, že takovouto variantu nalezneme. Ideální varianta a její hodnoty jsou označeny jako $H = (H_1, H_2, \dots, H_k)$. Opakem ideální varianty je *bazální varianta*, kde jsou všechna kritéria ohodnocena minimální (nejhorší) hodnotou. Opět se může jednat o variantu hypotetickou nebo reálně existující. Bazální varianta a její hodnoty jsou označeny jako $D = (D_1, D_2, \dots, D_k)$.

Optimální variantu lze nazývat variantou, která je jedinou nedominovanou variantou ve výběru. Je-li nedominantních variant ve výběru více, je vybrána jedna, která se považuje za reprezentativní. Tato varianta se nazývá *kompromisní*.

Jednotlivá kritéria matice variant mohou být rozdílně ohodnocena v různých měřítkách a v různých jednotkách. Agregaci všech vstupných informací (hodnot kritérií) je nutné nejdříve transformovat na *normalizované hodnoty*. Tím dojde k odstranění rozdílných jednotek a měřítek. Jednou z možností jak transformovat vstupní informace (kriteriální matici Y) na normalizovanou matici R , je vzorec

$$r_{ij} = \frac{y_{ij} - D_j}{H_j - D_j}, \quad (3.2)$$

kde normalizované hodnoty $r_{ij} \in \langle 0, 1 \rangle$. Zde normalizované bazální hodnoty náleží hodnotě 0 a normalizované bazální hodnoty náleží hodnotě 1.

Vlastnosti, které by měla splňovat nejvhodnější kompromisní varianta:

- a) Neměla by být nedominovaná.
- b) Dodatečné preferenční informace, které pomohou k samotnému nejvhodnějšímu výběru varianty, by měly zohledňovat všechny nedominované varianty bez rozdílu. [18]

3.2.2 Modelování dle preferencí

Metodou vícekritériálního rozhodování jsou modelovány rozhodovací situace, které jsou definovány množinou variant a souborem kritérií, které slouží k ohodnocení jednotlivých variant. Modelování dle preferencí rozhodovatele je důležitou součástí této metody. Rozhodující subjekt tak vyjadřuje své preference a představy, podle toho, čemu dává subjektivně přednost:

1. Preferencí mezi kritérii určuje rozhodující subjekt o důležitosti jednotlivých kritérií.
2. Preferencí mezi variantami dle jednotlivých kritérií určuje rozhodující subjekt o jejich agregaci a vyjádření celkové preference. [18]

Modelování preferencí mezi kritérii probíhá třemi způsoby: aspirační úrovně kritérií, ordinální informace o kritériích a kardinální informace o kritériích pomocí vah.

Aspirační úrovně kritérií jsou určeny rozhodujícím subjektem. Jsou to hodnoty, kterých by alespoň měla dosáhnout varianta ohodnocená podle jednotlivých kritérií. Tím rozhodující subjekt vyjádří své preference mezi kritérii. Varianty, které dosáhnout požadované aspirační úrovně jsou akceptovatelné varianty, ostatní varianty jsou označeny za neakceptovatelné. Úpravou aspiračních úrovní kritérií rozhodovatel zpřesňuje své

preference, čímž může dojít k výsledné kompromisní variantě. Toto tvoří základ pro postup interaktivního modelování preferencí s vyhodnocením variant podle více kritérií. Na aspiračních úrovních je založeno např. cílové programování. [18]

Existují tři možné metody, jak se znalostmi aspiračních úrovní dále pracovat – konjunktivní metoda, disjunktivní metoda a metoda PRIAM.

Při *konjunktivní metodě* je každému maximalizačnímu kritériu stanovena minimální hodnota, kterou musí varianta dosáhnout. Pojem konjunktivní zde znamená, že varianta je akceptovatelná, splňuje-li zadané aspirační úrovně y'_j pro všechna kritéria, tj. varianta a_i je akceptovatelná, pokud $y_{ij} \geq y'_j$ platí pro všechna $j = 1, \dots, k$. Pro nízké y'_j bude velká množina akceptovatelných variant, pro vysoké y'_j bude zas prázdná množina akceptovatelných variant. Pomocí aspiračních úrovní kritérií lze ovlivnit počet (přesněji poměr) akceptovatelných variant:

$$r = 1 - q^k \quad (3.3)$$

určíme tedy

$$q = \sqrt[k]{1 - r} \quad (3.4)$$

kde

k ... počet vzájemně nezávislých a stejně důležitých kritérií,

r ... podíl neakceptovatelných variant (podíl variant, které mají být vyřazeny v procentech),

q ... pravděpodobnost, že je varianta podle jednoho kritéria akceptovatelná (dle libovolného kritéria, neboť jsou všechna stejně důležitá),

q^k ... pravděpodobnost, že je varianta podle všech k kritérií akceptovatelná je rovna $q \cdot q \cdot \dots \cdot q = q^k$ (pravděpodobnost, že nastanou dva na sobě nezávislé jevy, je rovna součinu jejich pravděpodobností).

Varianta není akceptovatelná (dle všech kritérií) s pravděpodobností $1 - q^k$. Tato pravděpodobnost musí být rovna podílu neakceptovatelných variant r . [20]

Při *disjunktivní metodě* je také každému maximalizačnímu kritériu stanovena minimální hodnota, kterou musí varianta dosáhnout, tak jako u konjunktivní metody. Pojem disjunktivní zde znamená, že varianta je akceptovatelná, splňuje-li zadané aspirační

úrovně y'_j alespoň pro jedno kritérium, tj. varianta a_i je akceptovatelná, pokud existuje $j = 1, \dots, k$ takové, že $y_{ij} \geq y'_j$. Pomocí aspiračních úrovní kritérií lze ovlivnit počet (přesněji poměr) akceptovatelných variant:

$$r = (1 - p)^k \quad (3.5)$$

určíme tedy

$$p = 1 - \sqrt[k]{r} \quad (3.6)$$

kde

p ... pravděpodobnost, že je varianta podle jednoho kritéria akceptovatelná (dle libovolného kritéria, neboť jsou všechna stejně důležitá),

$(1 - p)^k$... pravděpodobnost, že není varianta podle žádného z k kritérií akceptovatelná je rovna $(1 - p) \cdot (1 - p) \cdot \dots \cdot (1 - p) = (1 - p)^k$ (pravděpodobnost, že nenastanou dva na sobě nezávislé jevy, je rovna součinu pravděpodobností, že nenastane žádný z nich).

Varianta není akceptovatelná (dle jednoho kritéria) s pravděpodobností $1 - p$. Tato pravděpodobnost musí být rovna podílu neakceptovatelných variant r . [20]

Metoda PRIAM je interaktivní procedura s diskrétní množinou p variant $A = a_1, a_2, \dots, a_p$. Při řešení této metody se postupuje tzv. stromem a uzly (pojmy z teorie grafů). Uzly jsou označovány jako tentativní (značí cestu zpět k počátečnímu uzlu a v případě potřeby se k nim vrací), nebo jako imperativní (nejsou pro řešení dále potřeba a není třeba se k nim více vracet). Hodnota j -tého kritéria pro i -tou variantu je označena jako $f_j(a_i)$, tj. $f_j(a_i) = y_{ij}$ a počet akceptovatelných variant d , tedy variant, pro které platí

$$f_j(a_i) \geq y_j^{(S)} \quad (3.7)$$

kde

$y_j^{(S)}$... aspirační úrovně jednotlivých kritérií.

V této metodě mohou nastat tři různé situace:

- $d \geq 1$... dle počtu akceptovatelných variant, může rozhodující subjekt měnit aspirační úroveň,
- $d = 1$... je dosaženo jediné akceptovatelné varianty (nedominované varianty),
- $d = 0$... neexistuje žádná akceptovatelná varianta. Nastane-li tento případ, je vybírána kompromisní varianta tak, aby minimalizovala vzdálenost od zadané aspirační úrovně, tedy aby došlo k minimalizaci výrazu

$$\sum_{j=1}^k \frac{1}{f'_j} \left| y_j^{(S)} - f_j(a_i) \right|, a_i \in A, \text{ kde } f'_j, j = 1, \dots, k \text{ jdou ideální kritériální hodnoty. [20]}$$

Váhy jsou podstatné pro některé metody vícekritériálního rozhodování, představují informace o relativní důležitosti jednotlivých kritérií v poměru k ostatním kritériím. Ohodnocení kritérií dle jejich důležitosti lze pomocí váhového vektoru

$$v = (v_1, \dots, v_k), \sum_{j=1}^k v_j = 1, v_j \geq 0.$$

Jednotlivé varianty jsou tak hodnoceny na základě preferenční relace:

- Čím je důležitost kritéria větší, tím je větší i jeho váha v poměru k ostatním kritériím.
- Pokud z nějakého důvodu nelze stanovit priority mezi kritérii, každému kritériu je přiřazena stejná váha, tj. každé kritérium (n) má váhu $100/n$.
- Nutno zvážit, zda konečné informace budou ve formě kardinální či ordinální. [21]

Metoda pořadí je stanovena ordinální informací, tj. pořadím kritérií dle důležitosti. Kritéria jsou seřazena od nejnižší hodnoty (nejnižší důležitosti) až po nejvyšší hodnoty (nejvyšší důležitosti). Takto uspořádaným kritériím jsou přiřazeny čísla (body) $k, k - 1, \dots, 1$, kde nejvyšší důležitosti je přiřazeno číslo k (celkový počet kritérií), dalšímu $k - 1$, až nejnižší důležitosti číslo 1. Obecně platí, že i -tému kritériu je přiřazeno číslo b_i . Váhy jednotlivých kritérií se vypočítají dle vzorce:

$$v_i = \frac{b_i}{\sum_{i=1}^k b_i}, i = 1, 2, \dots, k \quad (3.8)$$

kde:

v_i ... váha i -tého kritéria ($i = 1, 2, \dots, k$),

k ... čísla (body) přiřazená uspořádaným kritériím,

b_i ... číslo, které je přiřazeno i -tému kritériu.

Součet čísel b_i ve jmenovateli lze vypočítat dle vzorce:

$$\sum_{i=1}^k b_i = \frac{k(k+1)}{2} \quad (3.9)$$

Pro *bodovací metodu* je důležitá kardinální informace. Rozhodující subjekt kvantitativně ohodnotí důležitost jednotlivých kritérií. Dle zvolené bodovací stupnice, jsou ohodnoceny i -té kritéria hodnotou b_i v dané stupnici: $b_i \in \langle 0, 100 \rangle$. Čím je důležitost kritéria větší, tím je větší i jeho bodové ohodnocení při celkovém součtu 100 bodů. Stejnou hodnotu bodů může mít i více kritérií. Oproti metodě pořadí, nabízí tato metoda větší diferenciaci ve vyjádření subjektivních preferencí rozhodujícího subjektu. Výpočet vah kritérií probíhá dle vzorce (3.9) jako u metody pořadí. [21]

Metoda párového srovnání kritérií spočívá v tom, že ze dvou porovnávaných kritérií je vybráno pro další postup to důležitější. Postupné srovnávání rozhodujícím subjektem právě dvou kritérií mezi sebou, je určeno počtem srovnání:

$$N = \binom{k}{2} = \frac{k(k-1)}{2} \quad (3.10)$$

Fullerův trojúhelník slouží ke srovnávání těchto párů kritérií. Kritéria jsou pevně očíslována dle pořadí čísly $1, 2, \dots, k$. Do trojúhelníkového schématu jsou zakresleny všechny páry kritérií. Dvojice pořadových čísel vždy tvoří dvojřádky tak, aby se každá dvojice kritérií vyskytla právě jednou. Rozhodující subjekt např. zakroužkováním následně rozhoduje o preferenci (důležitosti) jednoho z kritérií oproti druhému v páru. Celkový počet zakroužkování i -tého kritéria je označen jako n_i . Váha i -tého kritéria se vypočte dle vzorce:

$$v_i = \frac{n_i}{N}, \quad i = 1, 2, \dots, k \quad (3.11)$$

$$\begin{array}{r}
 1 \ 1 \ 1 \ \dots\dots\dots 1 \\
 2 \ 3 \ 4 \ \dots\dots\dots k \\
 \hline
 2 \ 2 \ \dots\dots\dots 2 \\
 3 \ 4 \ \dots\dots\dots k \\
 \hline
 \dots\dots\dots \\
 \qquad \qquad \qquad k-2 \ k-2 \\
 \qquad \qquad \qquad k-1 \ k \\
 \hline
 \qquad \qquad \qquad k-1 \\
 \qquad \qquad \qquad k
 \end{array}$$

Obr. 3.1 Fullerův trojúhelník

Zdroj: [18], vlastní zpracování.

Úpravami lze připustit i situace, kdy jsou některá kritéria stejně důležitá anebo vzájemně nesrovnatelná. Pokud se rozhodující subjekt rozhodne vypustit nulové hodnoty vah, lze zvýšit celkový počet zakroužkovaných kritérií (n_i) o jedna. Tato úprava musí být zohledněna také ve vzorci (3.11) – zvýšení hodnoty jmenovatele o jedna. Při těchto úpravách však může dojít ke zkreslení odhadu vah. Výhodou této metody je jednoduchost pro získání informací od rozhodovatele.

Metoda kvantitativního párového srovnání kritérií pro odhad vah je jednou z nejpoužívanějších metod pro volbu vah. Používá se např. v postupu pro analýzu rozhodovacích problémů pomocí hierarchického znázornění (AHP). Tato metoda využívá Saatyho matici, někdy se pro tuto metodu využívá název Saatyho metoda. Podobně jako v metodě párového srovnání, tak i v této metodě se srovnávají páry kritérií $S = (s_{ij})$, $i, j = 1, 2, \dots, k$ a používá se stupnice 1, 2, ..., 9. Odhady podílu vah i -tého a j -tého kritéria tvoří samotné prvky matice s_{ij} .

$$s_{ij} \cong \frac{v_i}{v_j}, \quad i, j = 1, 2, \dots, k.$$

Hodnocení se zapisuje do tzv. Saatyho matice, kde pro prvky matice S platí:

$$\begin{array}{ll}
 s_{ii} = 1 & i = 1, 2, \dots, k, \\
 s_{ji} = \frac{1}{s_{ij}} & i, j = 1, 2, \dots, k.
 \end{array}$$

Rozsah stupnice je zvolen tak, aby byly všechny prvky stejného řádu. Následující systém slouží k verbálnímu párovému srovnání kritérií.

- 1 – i a j jsou rovnocenná kritéria
- 3 – i je slabě preferováno před kritériem j
- 5 – i je silně preferováno před kritériem j
- 7 – i je velmi silně preferováno před kritériem j
- 9 – i je absolutně preferováno před kritériem j

Hodnocení mezistupňů vyjadřují hodnoty 2, 4, 6 a 8. Metoda kvantitativního párového srovnání kritérií je relativně jednoduchá a lze vyřešit v pěti krocích.

1. Vyplnění Saatyho matice
 - Na diagonále bude hodnota jedna ($s_{ii} = 1$),
 - $s_{ij} \in \langle 0, 9 \rangle$, pokud i je preferováno před kritériem j ,
 - $s_{ji} = \frac{1}{s_{ij}}$.
2. Pro každé kritérium i je vypočtena hodnota $s_i = \prod_{j=1}^k s_{ij}$.
3. Pro každé kritérium i je vypočtena hodnota $R_i = (s_i)^{1/k} = \sqrt[k]{s_i}$.
4. Dále je vypočteno $\sum_{i=1}^k R_i$.
5. Závěrem jsou určeny váhy kritérií dle vztahu $v_i = \frac{R_i}{\sum_{i=1}^k R_i}$. [22]

Poslední často používanou metodou pro odhad vah je *metoda geometrického průměru (metoda logaritmických nejmenších čtverců)*. Tato metoda určuje odhady minimalizací kvadratické formy

$$F = \sum_i \sum_{j>i} (\ln s_{ij} - (\ln v_i - \ln v_j))^2 \rightarrow \min,$$

za podmínky

$$\sum_{i=1}^k v_i = 1, \quad v_i \geq 0.$$

Normalizovaný geometrický průměr řádků v matici S je řešením úlohy

$$v_i = \frac{[\sum_{j=1}^k s_{ij}]^{1/k}}{\sum_{i=1}^k [\sum_{j=1}^k s_{ij}]^{1/k}}, \quad i = 1, 2, \dots, k. \quad (3.12)$$

Pro posouzení, zda je matice S uspokojivě konzistentní v měřítkách konzistence odhadu rozptylu σ^2 , slouží test:

$$\sigma^2 < 0,1 \text{ pro } k = 3,$$

$$\sigma^2 < 0,2 \text{ pro } k = 4, 5, 6, 7,$$

$$\sigma^2 < 0,3 \text{ pro } k > 7.$$

Platí

$$\sigma^2 = \frac{F}{d}$$

F ... hodnota kvadratické formy,

d ... počet nezávislých srovnání minus počet lineárně nezávislých váhových parametrů

$$d = \frac{k(k-1)}{2} - (k-1) = \frac{(k-1)(k-2)}{2}.$$

Metoda geometrického průměru poskytuje větší interakci, kdy je možné lépe zpřesňovat odhady a zlepšovat konzistenci. Rozhodující subjekt může na základě vypočtených podílů $\frac{v_i}{v_j}$, prvků matice s_{ij} , hodnoty v matici upravit tak, že mohou být vypočteny nové odhady vah.

3.2.3 Kardinální informace kritérií

Neboli kvantitativní kritéria, kdy každé variantě je přiřazena hodnota (váha) kritéria dle důležitosti. Tyto hodnoty bývají mezi kritérii neporovnatelná, jelikož mají rozdílné jednotky. Pro některé rozhodovací modely je třeba neporovnatelnost odstranit normalizací. [23]

Ohodnocení kritérií dle jejich důležitosti lze pomocí váhového vektoru

$$v = (v_1, \dots, v_k), \sum_{j=1}^k v_j = 1, v_j \geq 0.$$

Pro práci s kardinálními kritérii existují tři základní výpočetní principy:

1. Princip maximalizace užítku.
2. Princip minimální vzdálenosti od ideální varianty.
3. Princip vyhodnocování variant na základě preferenční relace. [22]

Princip metody **maximalizace užitku** (ad. 1.) spočívá ve skutečnosti, že každé variantě je určena hodnota užitku v intervalu $< 0, 1 >$. Čím je varianta dle nějakého kritéria vhodnější, tím bude hodnota užitku vyšší. S použitím vah kritérií je dosaženo agregace dílčích hodnot užitku, které tvoří celkovou hodnotu užitku dle všech kritérií. Na principu maximalizace užitku je založena celá řada metod tzv. „americké školy“ vícekritériálního rozhodování:

1. Metoda funkce užitku (UFA).
2. Metoda váženého součtu (WSA).
3. Metoda pro analýzu rozhodovacích problémů pomocí hierarchického znázornění (AHP).

Metoda funkce užitku (UFA) – z angl. Utility Function Approach. Dílčí funkce užitku

$$u_j[f_j(a_i)],$$

kde

a_i ... obecná i -tá varianta,

f_i ... obecné j -té kritérium,

$y_{ij} = f_j(a_i)$... určitá hodnota varianty a_i podle kritéria f_i ,

slouží k modelování preferencí rozhodujícího subjektu. S funkčními hodnotami v intervalu $< 0, 1 >$, kde vhodnější variantu představuje vyšší hodnota dílčí funkce užitku.

Vícekritériální funkce užitku je agregací dílčích funkcí užitku do jedné funkce užitku. Vyjadřuje celkový užitek z vybrané varianty dle všech kritérií společně

$$u(a_i) = u\{u_1[f_1(a_i)], u_2[f_2(a_i)], \dots, u_k[f_k(a_1)]\}.$$

Praktické využití má aditivní funkce užitku

$$u(a_i) = \sum_{j=1}^k v_j u_j [f_j(a_i)],$$

kde

$u_j [f_j(a_i)]$... dílčí funkce užitku jednotlivých kritérií,

v_j ... váhy kritérií.

Také v této variantě jsou váhy normalizované a funkční hodnoty se nacházejí v intervalu $\langle 0, 1 \rangle$. Jedinou omezující podmínkou aditivní funkce užitku je vzájemná preferenční nezávislost kritérií.

Nalezení kompromisní varianty je úloha řešena jako

$$u(a_i) \rightarrow \max$$

za omezujících podmínek

$$a_i \in A = \{a_1, a_2, \dots, a_p\}.$$

Varianta s dosaženou maximální hodnotu užitku je tou nejvhodnější pro rozhodující subjekt. Varianty mohou také být seřazeny dle klesající hodnoty užitku.

Metoda funkce užitku je značně náročná na výpočty, proto se pro tuto metodu využívá výpočetní technika a k tomu určené softwarové programy. [18]

Metoda váženého součtu (WSA) – z angl. Weighted Sum Approach. Jedná se o speciální lineární verzi funkce užitku. Vychází také z principu maximalizace užitku, avšak je zjednodušena na předpoklad linearitu funkce. Proto jsou úlohy touto metodou dobře zvládnutelné i bez použití softwarových programů.

Tato metoda pracuje s váhami jednotlivých kritérií, které jim již byly přiřazeny jednou z možných metod zmíněných v této kapitole (metoda pořadí, bodovací metoda, metoda párového srovnávání, metoda kvantitativního párového srovnávání).

Kriteriální matici $Y = (y_{ij})$ transformujeme vzorcem na normalizovanou kriteriální matici $R = (r_{ij})$

$$r_{ij} = \frac{y_{ij} - D_j}{H_j - D_j} \quad (3.13)$$

Matice R tak představuje hodnoty užitku z i -té varianty podle j -tého kritéria. Dle vzorce dojde k transformaci kriteriálních hodnot $r_{ij} \in \langle 0, 1 \rangle$, kde D_j je hodnota 0 a H_j je hodnota 1. Následný užitek z varianty a_i je roven

$$u(a_i) = \sum_{j=1}^k v_j r_{ij} \quad (3.14)$$

Metoda váženého součtu tak maximalizuje součet. Za kompromisní variantu je vybrána varianta s nevyšším váženým součtem. Varianty mohou také být seřazeny dle klesajících hodnot váženého součtu. [17] [19]

Metoda pro analýzu rozhodovacích problémů pomocí hierarchického znázornění (AHP) – z angl. Analytic Hierarchy Process. Relativně jednoduchá metoda pro stanovení priorit vícekritériálního rozhodování. Rozhodovací varianty, kritéria a cíle jsou zasazeny do hierarchické struktury. Úrovně této struktury jsou uspořádány od obecné ke konkrétní – s rostoucí prioritou. Části jednotlivých úrovní jsou párově srovnávány, čímž vzniká vektor vah jednotlivých částí. Z vektoru vah je získána varianta s největší agregovanou vahou. [18]

Pro postup při párovém srovnání je využívána Saatyho matice. Také často využívanou metodou pro odhad vah je metoda geometrického průměru (metoda logaritmických nejmenších čtverců), viz podkapitola 4.3.2. Váhy.

3.2.4 Ordinální informace kritérií

Neboli kvalitativní kritéria, kdy jsou varianty hodnoceny pouze mezi sebou v rámci jednotlivých kritérií. Stanoví se tak, zda je varianta lepší, horší či srovnatelné důležitosti v určitém kritériu.

Pro práci s ordinálními kritérii existují tři základní metody:

1. Lexikografická metoda.
2. Permutační metoda.
3. Metoda ORESTE. [24]

Pro potřeby diplomové práce jsou již ordinální informace kritérií blíže popsány v této kapitole u jednotlivých metod rozhodování.

3.2.5 Vícekritériální spojitě modely rozhodování

Vícekritériální úlohy rozhodování jsou obdobou úloh matematického programování s tím rozdílem, že není definováno jen jedno kritérium účelové funkce, ale je jich zde několik. Úlohy vícekritériálního programování lze definovat jako

$$\begin{bmatrix} z_1 = f_1(x_1, x_2, \dots, x_n) \\ z_2 = f_2(x_1, x_2, \dots, x_n) \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ z_k = f_k(x_1, x_2, \dots, x_n) \end{bmatrix} \rightarrow \max \quad (3.15)$$

za podmínek

$$\begin{aligned}g_1(x_1, x_2, \dots, x_n) &\leq b_1, \\g_2(x_1, x_2, \dots, x_n) &\leq b_2, \\&\dots \\&\dots \\&\dots \\g_m(x_1, x_2, \dots, x_n) &\leq b_m, \\x_i &\geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, n,\end{aligned}\tag{3.16}$$

n ... počet proměnných,

m ... počet vlastních omezení,

k ... počet kritérií,

funkce f_1, f_2, \dots, f_k a g_1, g_2, \dots, g_m jsou funkce proměnných x_1, x_2, \dots, x_n . Řešením výše popsané úlohy je nalezení vektoru $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, za vyhovujících omezujících podmínek (3.16) a zároveň hodnoty kritérií f_1, f_2, \dots, f_k dosahují, pokud možno co nejvyšších hodnot.

Zápis symbolu *max* u úlohy (3.15) je potřeba blíže popsat. Nelze v této úloze přesně definovat, co vyjadřuje současná maximalizace všech kritérií. Předpokládá se, že rozhodující subjekt se snaží dosáhnout co možná nejlepších hodnot jednotlivých kritérií. Zápis úlohy (3.15) lze také zapsat jako souhrn maximalizačních funkcí

$$\begin{aligned}z_1 = f_1(x_1, x_2, \dots, x_n) &\rightarrow \max, \\z_2 = f_2(x_1, x_2, \dots, x_n) &\rightarrow \max, \\&\dots \\&\dots \\z_k = f_k(x_1, x_2, \dots, x_n) &\rightarrow \max.\end{aligned}$$

V kapitole vícekritériální spojité modely rozhodování se uvažuje o kritériích jako o kritériích maximalizačního charakteru. Opačný extrém (kritéria minimalizačního charakteru) je snadné převést, tak aby kritéria byla vždy jednotného charakteru. [18]

Tak jako se pojem nedominované řešení vyskytuje v úlohách vícekritériálního hodnocení variant, tak i zde v úlohách vícekritériálního programování je jedním ze základních pojmů. Pro definování tohoto pojmu je nedřívě potřeba upravit zápis a podmínky tak, že množina vektorů x , vyhovující podmínkám (3.14) bude označena jako X . Prvek množiny

X bude přípustným řešením úlohy vícekriteriálního programování a množina X bude množinou přípustných řešení. Dále bude $F(x^i)$ vektor kriteriálních hodnot řešení x^i

$$F(x^i) = \begin{bmatrix} f_1(x^i) \\ f_2(x^i) \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ f_k(x^i) \end{bmatrix}.$$

Definice dominovaného řešení – $x^i \in X$ a $x^j \in X$ jsou libovolná dvě přípustná řešení. Jestliže platí

$$F(x^i) \geq F(x^j),$$

pak řešení x^i dominuje řešení x^j . Jestliže platí

$$F(x^j) \geq F(x^i),$$

pak řešení x^j dominuje řešení x^i . Pokud neplatí ani jeden z těchto vztahů, pak jsou řešení x^i a x^j vzájemně nedominovaná.

Lze říci, že x^i je nedominovaným řešením úlohy vícekriteriálního programování, jestliže neexistuje jiné řešení, které by jej dominovalo. Množina všech nedominovaných řešení se označuje jako X_N .

Podoba výsledků při analýze úloh ve vícekriteriálních spojitých modelech se může podobat požadavkům na výsledek v úlohách vícekriteriálních diskretních modelů. Jedná se například o požadavek rozhodujícího subjektu na výsledek, který se skládá z jednoho řešení analýzy. Ten se tak může stát podkladem pro konečné rozhodování subjektu. Toto jediné řešení je typickým příkladem kompromisního řešení, kdy je řešení kompromisem mezi ostatními protichůdnými kritérii. Kompromisní řešení je velmi závislé na subjektivních preferencích rozhodujícího subjektu. Preference rozhodujícího subjektu mohou být definovány několika způsoby – formou uspořádaných kritérií od nejvíce preferovaného po nejméně preferované, určením konečných hodnot kritérií, nebo nejčastější formou vah kritérií $v = (v_1, v_2, \dots, v_k)$, $v > 0$, kde jsou prvky ohodnoceny dle relativní důležitosti kritérií. [18]

Pokud rozhodujícím subjektem nelze blíže specifikovat preference pro kompromisní řešení, může být řešením úlohy daného modelu množina nedominovaných řešení. Tato množina X_N by měla být charakterizovaná a přehledně popsána, aby mohla tvořit

nejúplnější formu výstupu řešení úlohy vícekriteriálního programování. Výsledek úlohy v podobě množiny X_N je mnohdy komplikovanější než získání pouhého kompromisního řešení, které je často založeno na jedné nebo několika mnohokriteriálních úlohách. Libovolně vybrané kompromisní řešení je však stále prvkem množiny X_N .

Řešení vícekriteriálního programování se však neomezuje pouze na výše zmíněné dvě formy řešení – nalezení kompromisního řešení a popis množiny X_N . Tyto dvě možnosti představují pouze krajní polohy řešení úloh. Vždy záleží i na samotném charakteru konkrétní řešené úlohy. Cílem analýzy může být například nalezení určité podmnožiny množiny X_N , nebo nalezení několika kompromisních řešení.

Úlohy vícekriteriálního programování lze rozdělit do několika skupin dle vlastností funkcí ve formulaci zápisu (3.13) a (3.14):

- vícekriteriální lineární programování – úlohy, kde jsou všechny funkce f_1, f_2, \dots, f_k a g_1, g_2, \dots, g_m lineární,
- vícekriteriální nelineární programování – úlohy jsou obecnějšího typu, linearita funkcí f_1, f_2, \dots, f_k a g_1, g_2, \dots, g_m zde není splněna,
- vícekriteriální programování se speciální strukturou – například vícekriteriální distribuční úlohy, úlohy s podmínkami na celočíselné hodnoty apod.

Největší význam mají především úlohy vícekriteriálního lineárního programování. Splňují požadavky na praktičnost využití, možnosti řešení či dostupnost vhodných softwarových produktů pro řešení úloh. [18]

Metody s průběžnými informacemi se také nazývají metody interaktivní, jelikož jsou založeny na aktivním dialogu mezi rozhodujícím subjektem a analytikem. Analytik je v těchto úlohách zastoupen počítačem, který lépe pojme objem veškerých prací při řešení úloh. Rozhodující subjekt vyhodnocuje a zpřesňuje jednotlivá řešení pomocí kriteriální funkce, které mu průběžně předkládá analytik.

Při řešení těchto úloh se předpokládá, že rozhodující subjekt není schopen definovat preferenční informace komplexně pro celý problém najednou. Průběžná řešení tak umožňují rozhodujícímu subjektu lépe poskytovat preferenční informace na lokální úrovni. Nejenže sám rozhodující subjekt poskytne analytikovi podrobnější informace, ale také lépe pochopí řešení komplexní úlohy do hloubky. Každá interace se skládá ze dvou základních fází, které se střídají – výpočetní fáze a rozhodovací fáze. Rozhodující subjekt

prochází s analytikem množinu přípustných řešení a v každém kroku tak zpřesňuje řešení dle svých preferencí. Nalezené řešení je považováno za kompromisní, pokud analytik nabízí rozhodujícímu subjektu vyhovující hodnoty kriteriálních funkcí anebo nelze již tyto hodnoty více přiblížit preferencím rozhodujícího subjektu. Výsledné rozhodování probíhá v kriteriální množině Z .

Výpočetní fáze při řešení vícekriteriálního programování

$$F(x) = \begin{bmatrix} f_1(x) \\ f_2(x) \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ f_k(x) \end{bmatrix} \rightarrow \max$$

za omezujících podmínek

$$x \in X = \{x \in R^n; g_i(x) \leq b_i, i = 1, 2, \dots, m, x_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n\}$$

je převážně založena na jedné z těchto úloh:

- a) Maximalizace váženého součtu kriteriálních funkcí

$$\sum_{i=1}^k v_i f_i(x) \rightarrow \max$$

za omezujících podmínek $x \in X$.

Nedominantní řešení je zde zaručeno pouze pro konvexní úlohy.

- b) Minimalizace vzdálenosti od ideální varianty

$$\left(\sum_{i=1}^k (w_i (\bar{z}_i - c^{(i)}(x)))^p \right)^{1/p} \rightarrow \min$$

za omezujících podmínek $x \in X = \{x; Ax \leq b, x \geq 0\}$.

Postup je určen pro lineární úlohy, kde vychází z věty o nedominovanosti aproximace ideální varianty. [18]

Při rozhodovací fázi rozhodující subjekt určí, zda mu dosažené průběžné řešení analytikem vyhovuje. Pokud vyhovuje, je řešení označeno za kompromisní. Pokud toto řešení nevyhovuje, sdělí rozhodující subjekt analytikovi zpřesňující informace o preferencích v rámci již dosaženého průběžného řešení. Informace o preferencích

mohou být různého typu. Různé typy jsou využívány i různými interaktivními metodami. Tyto metody lze rozdělit do dvou skupin dle vyjádření hodnoty záměny:

1. Metody explicitní – rozhodující subjekt zde určuje míry substituce mezi jednotlivými kriteriálními funkcemi. Míra substituce s_{ij} určuje mezi i -tou a j -tou kriteriální funkcí, ke kterému zhoršení i -té kriteriální funkce došlo oproti zlepšení j -té kriteriální funkce o jednotu. Do této skupiny metod patří Geoffrionova-Dyerova-Feinbergova metoda (neboli metoda GDF).
2. Metody implicitní – rozhodující subjekt zde určuje akceptovatelné hodnoty dosažených úrovní jednotlivých kriteriálních funkcí. Určuje zde také přípustné meze, ve kterých se hodnoty kriteriálních funkcí mohou pohybovat. Do této skupiny metod patří metoda STEM (STEP Method).

Tak jako na jiné metody vícekriteriálního programování, tak i na interaktivní metody jsou kladeny určité požadavky, které by měly být splněny. Základní požadavky jsou konvergence a univerzálnost. V konečném řešení by metoda za určitých počtů interací měla nalézt kompromisní řešení či dospět k řešení, že nelze uspokojit veškeré požadavky. Univerzálnost by v této metodě měla představovat posloupnost odpovědí rozhodujícího subjektu, které vedlo k nedominovanému řešení.

Již samotný výběr vhodné interaktivní metody pro řešení úlohy může představovat vícekriteriální problém. Kritéria v tomto rozhodování mohou představovat například náročnost výpočetního výkonu algoritmů, rychlost konvergence, rozsah reálné použitelnosti nebo srozumitelnost dotazů na rozhodující subjekt a následná náročnost na požadované odpovědi.

Výhodou těchto interaktivních metod může být požadované „dávkování“ zpřesňujících informací. Není třeba po rozhodujícím subjektu ihned požadovat všechny preferenční informace celého problému. Informace jsou doplňovány analytikovi postupně. Tím je rozhodující subjekt stále součástí rozhodovacího procesu a dochází tak k lepšímu porozumění komplexního problému i k výpočetnímu systému samotnému. Takové řešení má větší pravděpodobnost na implementaci. [18]

Nevýhodou interaktivních metod je požadované větší úsilí rozhodujícího subjektu oproti ostatním metodám vícekriteriálního programování. Rozhodující subjekt musí přesně definovat lokální informace o preferencích, čímž dochází k subjektivnímu hodnocení

subjektu. U interaktivních metod také nastává problém při vyrovnávání se s nekonzistentností odpovědí a netranzitivností odpovědí rozhodujícího subjektu.

Cílem **Steuerovy metody** je nalezení nedominovaného krajního bodu, který bude splňovat požadavky na nejvyšší užitek pro rozhodující subjekt. Metoda řeší redukcí kritériálního kužele.

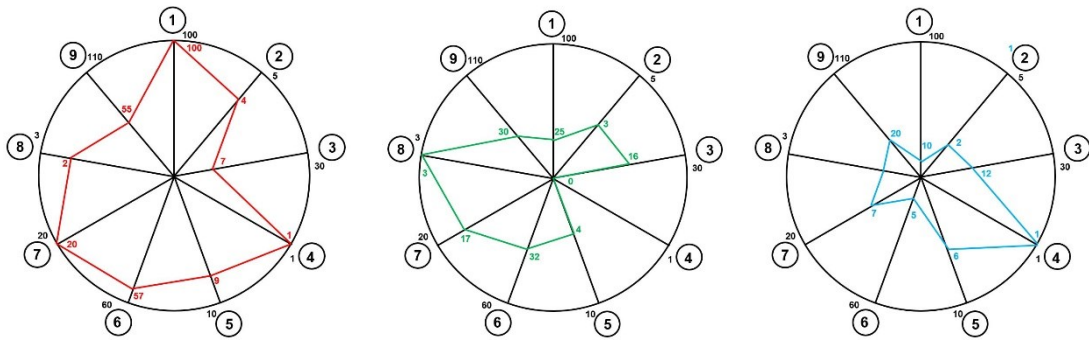
Úloha je řešena ve výpočetní fázi tak, aby došlo k maximalizaci váženého součtu kritériálních funkcí. Postupné generování váhových vektorů umožňuje sofistikovanou redukcí množin vah, čímž se postupně prohlubuje vyhledávání podmnožin vah ve směru určeném rozhodujícím subjektem. Tato úprava množiny vah redukuje kritériální kužel a množinu řešení, ze kterých mohou být nové váhy vybrány.

Rozhodovací fázi se tato metoda řadí mezi metody s implicitně vyjádřenou hodnotou záměny. Rozhodující subjekt vybírá z předkládaných kritériálních hodnot $2k + 1$ řešení. Dosažené hodnoty vyhodnotí a vybere ty, které nejvíce preferuje. [18]

3.3 Grafické znázornění variant

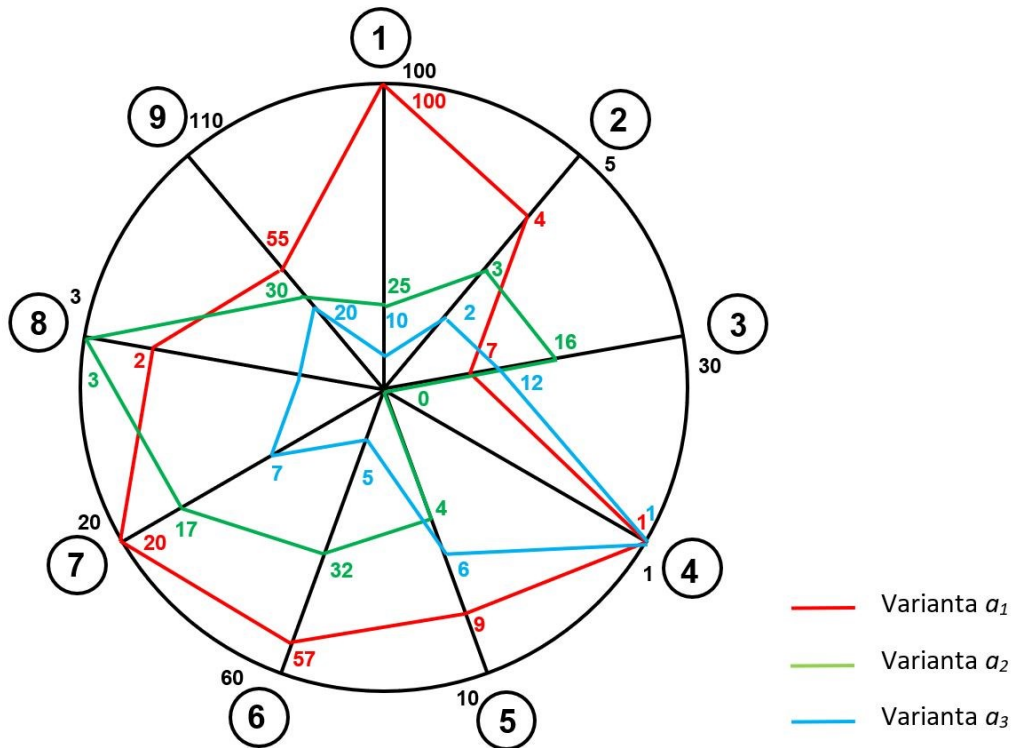
Nejpřesnějšího grafického znázornění variant kritérií řešení lze získat hvězdicovým nebo polygonálním grafem. Jednotlivá kritéria k tvoří počty paprsků k vepsaných do jednotlivé kružnice. Každý z paprsků tvoří osu jednoho kritéria. Střed kružnice představuje bazální hodnotu kritéria a kružnice ideální hodnotu daného kritéria. Na každou osu je tak vyneseno lineární měřítko.

Hodnoty jednotlivé varianty mohou být zobrazeny jako hvězdice nebo jako k -úhelník. Při polygonálním zobrazení bude ideální varianta ve tvaru pravidelného k -úhelníku a bazální varianta bude střed kružnice, viz Graf 3.1 Grafické znázornění jednotlivých variant hvězdicovým grafem a následné sloučení do Grafu 3.2.



Graf 3.1 Grafické znázornění jednotlivých variant hvězdicovým grafem

Zdroj: vlastní zpracování.



Graf 3.2 Grafické znázornění všech variant hvězdicovým grafem

Zdroj: vlastní zpracování.

Polygonální varianta poskytuje vizuálně snadný a rychlý přehled o dominantnosti či nedominantnosti jednotlivé varianty. Pokud se k -úhelník představující variantu a_i nachází uvnitř k -úhelníku varianty a_j , tak varianta a_j dominuje variantě a_i a naopak varianta a_i je dominována variantou a_j . Pokud se k -úhelník představující variantu a_i protíná s k -úhelníkem varianty a_j , varianty lze označit jako nedominované. [19]

3.4 Shrnutí lokalizačních metod

Pro prostorou lokalizaci využívanou v logistice (např. při lokalizaci logistických center) existuje celá řada metod. Výběr vhodné metody nebo rozhodovacího modelu vždy záleží na rozhodujícím subjektu a jeho prioritách. Některé z těchto metod byly představeny a blíže popsány v této kapitole. Některé z těchto metod jsou výpočetně náročné na řešení, proto jsou tyto úlohy řešeny pomocí specializovaných softwarových programů. Dalším řešením lokačních úloh se zabývá obor diskrétní matematiky – oblast teorie grafů.

Při rozhodování o prostorové lokalizaci lze v mnohých případech využít metody vícekriteriální analýzy. Výhodou těchto metod je, že umožňují porovnávání jednotlivých kritérií, která mohou být různého charakteru. Již samotný proces rozhodování o použití vhodné metody pro řešení úlohy může představovat vícekriteriální model rozhodování.

Dále v této diplomové práci jsou využity metody vícekriteriální analýzy, jelikož jsou pro dané modelování vhodnější. Například prostorová lokalizace na dopravní síti by nebyla vhodným řešením, jelikož k vozidlům na vyhrazených parkovacích stáních může osoba přistupovat z více směrů nezávisle na dopravní síti. Vícekriteriální analýza poskytuje také přesnější zapracování místních parametrů a reálií týkající se uličního prostoru.

Zásadním pro rozhodovací model jsou zvolená kritéria. Jednotlivá kritéria musí vystihovat agregaci dílčích pohledů a zároveň být v souladu s globálním pohledem na všechna kritéria současně. Důležitost kritérií bývá značně subjektivní záležitostí, avšak tyto dodatečné informace jsou pro rozhodovací model zásadní. Úrovně kritérií mohou být ve formě kardinální, tj. pomocí vah kritérií, nebo ve formě ordinální, tj. dle pořadí důležitosti kritérií. Pro rozhodovací model musí být kritéria jednotného typu.

4 Návrh lokalizace vyhrazených parkovacích stání

Tato kapitola se zabývá návrhem lokalizace vyhrazených parkovacích stání pro sdílená vozidla ve městě Plzni. Cílem je nalézt nejvhodnější místa, která budou vyhrazena pouze pro parkování sdílených vozidel v uličním prostoru města za použití vícekritériálních modelů rozhodování. Lokalizace těchto míst je podmíněna zvolenými kritérii, která určují míru vhodnosti umístění. Bylo zvoleno pět kritérií, která jsou blíže popsána v podkapitole 4.1. Zájmovou oblastí pro lokalizaci vyhrazených parkovacích míst bylo zvoleno centrum města, které částečně kopíruje hranice existující zóny carsharingu Karkulka PMDP, kde je umožněno zahájit a ukončit výpůjčku vozidla.

Návrh vyhrazených parkovacích stání vychází ze zpracovaných interních dat zmíněného provozovatele carsharingu o četnostech míst, kde vozidlo bylo zaparkováno při ukončení výpůjčky v dané zóně v období roku 2019. Z těchto četností bylo vybráno deset nejvíce exponovaných parkovacích míst, které v následných úlohách představuje deset variant pro vhodné umístění vyhrazeného parkovacího stání.

4.1 Volba rozhodujících kritérií

V následujících podkapitolách jsou podrobněji vysvětlena zvolená kritéria. Jsou popsány důvody zvolení a očekávané přínosy tohoto kritéria. Dále jsou určeny škály a jednotky konkrétních kritérií.

4.1.1 Kritérium 1. Docházková vzdálenost od zájmových bodů

Docházková vzdálenost ke sdílenému stání od zájmových bodů je důležitým kritériem při rozhodování zákazníka zda sdílené vozidlo využije či zvolí jiný alternativní druh dopravy. Docházková vzdálenost je parametr, který je řešen ve všech druzích dopravy – při plánování výstavby nového parkoviště nebo parkovacího domu, při umístění zastávek veřejné dopravy či stanic pro sdílená kola (bikesharing). Příkladem může být doporučení Institute for Transportation and Development Policy ve svém The Bike-share Planning Guide, kde docházková vzdálenost mezi stanicemi sdílených kol má být nejvýše 500 m. Tímto by měla být zajištěna rovnoměrná nabídka sdílené individuální mobility ve městě s pokrytím všech zájmových bodů.

Zájmovými body jsou myšlena místa, která slouží k nějakému účelu obyvatele a k důvodu jejich vyšší koncentrace v okolí. Zájmové body mohou být například ohraničené (rozlehlá nákupní centra na periferii města), která se vyznačují vysokou koncentrací osob v její oblasti, nikoli však v jejím okolí. Dalšími zájmovými body v tomto smyslu mohou být obytné domy, kancelářské budovy, úřady a veřejné instituce či sportovní areály a multifunkční plochy. V samotném centru města to jsou pak ulice a pěší zóny s obchody různého sortimentu, městské parky a sadové okruhy či městské dominanty a turistická místa. Všechny tyto body se vyznačují vysokou koncentrací a různorodostí osob. Například městské dominanty a turistická místa budou v běžné situaci více exponovaná návštěvníky města než samotnými obyvateli a rozlehlá nákupní centra na periferii města budou koncentrovat osoby i z blízkého a vzdáleného okolí mimo hranice samotného města. Docházková vzdálenost tak určuje úspěšnost umístění vyhrazeného parkovacího stání pro sdílené vozidlo, které tak může konkurovat ostatním druhům dopravy (zastávce veřejné dopravy, stanici sdílených kol nebo i placenému parkování osobních vozidel). Jednotka tohoto kritéria je v metrech. Čím je hodnota kritéria varianty nižší, tím je varianta vhodnější.

4.1.2 Kritérium 2. Vzdálenost od sloupu veřejného osvětlení

Kritérium 2. Vzdálenost od sloupu veřejného osvětlení bylo zvoleno z důvodu toho, že některé strategické dokumenty města Plzně (např. Generel dobíjení), preferují možnost využití sloupů veřejného osvětlení pro umístění dobíjecí stanice pro elektromobily. Toto řešení má své výhody i nevýhody a také své příznivce a odpůrce z řad zástupců města a městských organizací. Hlavním problémem je, nutnost přivedení samostatného síťového vodiče do sloupu veřejného osvětlení ze samostatné elektrické přípojky. Stávající vodiče slouží pouze k napájení VO a odběr elektřiny pro tyto účely je daňově zvýhodněn. Stávající vodiče jsou také ovládány spínací skříní, která spíná VO v pevně určenou dobu. Vodiče pro dobíjecí stanici by mohly využít stávající síťovou trasu, nicméně by musely být odděleny od systému VO. Dobíjecí stanice by musela být zapojena na samostatné odběrné místo, mít samostatné měření odběru elektřiny a v lepším případě také internetovou konektivitu (připojení na optickou síť města Plzně). Využití sloupů VO pro umístění dobíjecí stanice je pro veřejný prostor velmi přínosné. Není třeba stavebního povolení pro umístění stavby v případě vybudování samostatné

stojanové dobíjecí stanice a nezasahuje výrazně do urbanistického rázu města. Nevytváří se tak další překážka pro chodce, cyklisty či vozidla městské údržby.

Jednotka tohoto kritéria je v metrech. Čím je hodnota kritéria varianty nižší, tím je varianta vhodnější.

4.1.3 Kritérium 3. Stávající parkovací stání

Existence parkovacího stání, které je vhodné na umístění vyhrazeného stání pro sdílené vozidlo, je dalším důležitým kritériem při rozhodování. Při určitých úpravách preferencí rozhodujícího subjektu toto kritérium může být dokonce na prvním či druhém místě v důležitosti rozhodování. Již vybudované parkovací stání představuje rychlejší a mnohdy i snazší řešení pro úpravu na vyhrazené stání pro sdílená vozidla. Pro budoucí stání je potřeba vyhotovit projektovou dokumentaci, zajistit všechna povolení od dotčených subjektů a úřadů a v neposlední řadě toto stání fyzicky vybudovat. Výstavba nového parkovacího stání musí také splňovat určitá kritéria a být v souladu se strategickými dokumenty města jako například se Strategickým plánem města Plzně, Územním plánem Plzně, Generelem parkování či dalšími dokumenty a záměry v oblasti investic, výstavby a rozvoje města.

Parametry tohoto kritéria jsou dvě – ANO a NE, pro zjednodušení budou tyto parametry nahrazeny čísly 1 a 0. Preferovanější je varianta, kde je toto kritérium označeno jako ANO. Parkovací stání, kde je teprve záměr či nějaká úroveň rozpracování záměru města Plzně, je označena jako ANO, jelikož takovéto stání je ideální k zahrnutí všech požadavků pro to, aby se stalo stáním pro sdílená vozidla (požadavky je možno zahrnout do záměru či rozpracované projektové dokumentace, aniž by došlo k výraznému zásahu do plánované stavby).

4.1.4 Kritérium 4. Vzdálenost od uzlu veřejné a individuální dopravy

Obdobně jako kritérium 1., tak i kritérium 4. Vzdálenost od uzlu veřejné a individuální dopravy, se zakládá na předpokladu vyšší kumulace osob (a tedy potenciálních uživatelů) v blízkosti umístění vyhrazeného parkovacího stání pro sdílená vozidla. Uzly a přestupní body veřejné dopravy slouží ve městě k přestupu uživatele z jednoho typu dopravního prostředku na typ druhý. V Plzni je páteří veřejného dopravního systému tramvajová doprava se třemi linkami, které zajišťují spojení všech velkých městských částí s centrem

města. Tramvaje zde tvoří největší část přepravního výkonu městské veřejné dopravy. Tento dopravní systém doplňuje trolejbusová a autobusová doprava, která zajišťuje dopravní obslužnost některými linkami i za hranicemi města. Významné dopravní uzly v Plzni jsou tvořeny všemi zmíněnými módy dopravy či alespoň dvěma v různých kombinacích. Některé dopravní uzly jsou využívány také linkovou veřejnou dopravou nebo regionální železniční dopravou, kde cestující z regionu přestupují na městskou veřejnou dopravu. Samostatný významný dopravní uzel pak představuje Hlavní nádraží, kde se setkávají všechny trakce městské veřejné dopravy, regionální a mezinárodní železniční doprava a linková doprava z regionů České republiky.

Výše zmíněné dopravní uzly jsou v některých případech doplněny také nabídkou individuální dopravy. Může se jednat o možnost veřejného parkování osobních automobilů v těsné blízkosti, nabídky taxi služby, která je typická pro Hlavní nádraží nebo také možnost výpůjčky cyklistického kola neboli bikesharing. Kritérium 4. je mimo jiné zvoleno z důvodu toho, že dostupnost sdílených vozidel může tyto multimodální uzly doplnit o další druh individuální dopravy a tím rozšířit nabídku mobility.

Jednotka tohoto kritéria je v metrech. Čím je hodnota kritéria varianty nižší, tím je varianta vhodnější.

4.1.5 Kritérium 5. Vizuální rozlišitelnost umístění

Vizuální rozlišitelnost parkovacího stání pro sdílená vozidla od běžného parkovacího stání je důležitá hned z několika důvodů. Jednoduše rozlišitelné a viditelné stání je pro potenciálního uživatele přínosem jak z praktického důvodu, tak také z toho marketingového. Pokud je parkovací stání viditelné (ze všech stran, kde může být pohyb osob) a snadno dostupné, je taková i samotná služba sdílených vozidel. Praktické důvody jsou, aby uživatel sdíleného vozidla jednoduše našel vyhrazené parkovací stání bez sebemenších problémů, čímž byla zajištěna kladná zkušenost se službou.

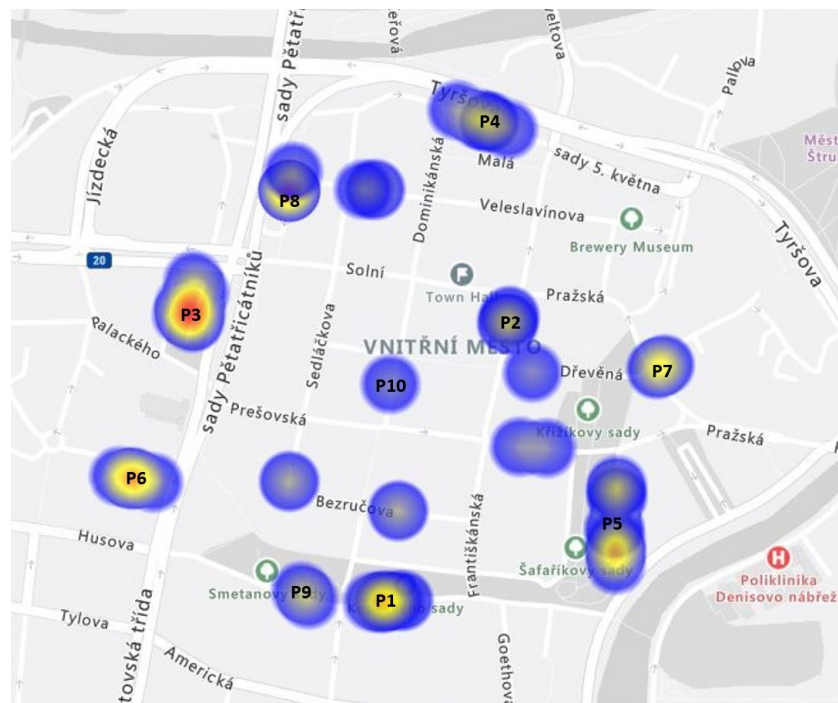
Snadno dostupné a viditelné místo také snižuje pravděpodobnost vandalizmu na sdílených vozidlech. Prostory s větší fluktuací osob jsou ve městě považovány za bezpečnější mimo jiné z toho důvodu, že jsou pod stálým kamerovým systémem, ať už městským (s dozorem Policie ČR) či soukromým. Snížení vandalizmu a včasného upozornění na případné poškození sdílených vozidel lze do jisté míry zabezpečit také

vhodným umístěním v blízkosti policejních služeben (městských či státních) či v rámci pravidelných pochůzkových tras policistů.

Hodnota tohoto kritéria je stanovena dle stupnice od 1 do 5 dle subjektivního zvážení rozhodujícího subjektu v rámci výše popsaných parametrů. Čím je hodnota kritéria varianty vyšší, tím je varianta vhodnější.

4.2 Volba variant řešení

Jednotlivé varianty lokalizace vyhrazených parkovacích stání jsou zvolena na základě zpracovaných interních dat o polohách sdílených vozidel při ukončení výpůjček. Na základě těchto dat je vytvořena mapa pomocí webového nástroje na tvorbu vlastních map od Google Maps, kdy jednotlivé body představují jednotlivé ukončené výpůjčky sdílených vozidel za určité období. Tato data byla dále upravena a použita pro tvorbu tzv. heatmapy neboli teplotní mapy (viz Obr. 4.1), kde četnost míst je vizualizována pomocí barevné škály od tmavě modré (nejnižší hodnoty) po červenou (nejvyšší hodnoty) na podkladu uliční mapy.



Obr. 4.1 Teplotní mapa četností stání sdílených vozidel

Zdroj: vlastní zpracování přes maps.espatial.com.

Z těchto četností bylo vybráno deset nejvíce exponovaných parkovacích míst, které v následných úlohách představuje deset variant pro vhodné umístění vyhrazeného parkovacího stání. Tyto varianty jsou v Obrázku 4.1 označeny jako P1 až P10. Popis lokality vybraných variant:

- P1: parkovací stání v placené zóně A, tvoří linii s městským sadovým okruhem.
- P2: neschválené parkovací stání, nachází se přímo na Náměstí Republiky.
- P3: placená parkovací plocha v zóně B, nachází se v těsné blízkosti nejvytíženějšího uzlu veřejné dopravy v Plzni.
- P4: parkovací stání v placené zóně B, nachází se na hranici centrální části města.
- P5: parkovací stání v placené zóně B, tvoří linii s městským sadovým okruhem.
- P6: neschválené parkovací stání, nachází se ve slepé ulici v blízkosti administrativních budov.
- P7: placená parkovací plocha v zóně B, nachází se v blízkosti širšího sadového okruhu.
- P8: parkovací stání v placené zóně A, nachází se v blízkosti hlavní pošty a přestupního uzlu veřejné dopravy
- P9: parkovací stání v placené zóně A, tvoří linii s městským sadovým okruhem.
- P10: neschválené parkovací stání, nachází se přímo na Náměstí Republiky.

4.3 Kriteriační matice a hodnocení variant

Předchozí podkapitoly popisovaly jednotlivá kritéria, důvody jejich zvolení a hodnoty, které budou představovat v modelování a výpočtech a jednotlivé varianty včetně jejich vizualizace v heatmapě. Pro zjednodušení a přehlednost jsou kritéria označena třemi velkými písmeny dle následujícího klíče:

- | | |
|--|-----|
| 1. Docházková vzdálenost od zájmových bodů | ZJB |
| 2. Vzdálenost od sloupu VO | SVO |
| 3. Stávající parkovací stání | PRK |
| 4. Vzdálenost od uzlu veřejné a individuální dopravy | UZL |
| 5. Vizualní rozlišitelnost umístění | VIZ |

Všechny zvolené varianty a jejich hodnoty u jednotlivých kritérií znázorňuje Tab. 4.1.

Tab. 4.1 Hodnoty variant (P1 – P10) jednotlivých kritérií (1 – 5)

<i>j</i>	1	2	3	4	5
Kritérium	ZJB	SVO	PRK	UZL	VIZ
Jednotka	metry	metry	1/0	metry	Známka
Typ kritéria	min	min	max	min	max
P1	60	20	1	170	3
P2	10	5	0	320	5
P3	200	2	1	25	4
P4	210	10	1	350	2
P5	60	10	1	180	4
P6	210	2	0	165	3
P7	180	15	1	170	5
P8	190	2	1	100	1
P9	60	15	1	160	3
P10	10	5	0	250	5

Zdroj: vlastní zpracování

Hodnoty variant udávaných v metrech jsou zpracovány na základě měření vzdáleností ve webové aplikaci Google Maps, na základě popsaných parametrů pro konkrétní kritérium v podkapitole 4.1 Volba rozhodujících kritérií. Hodnoty variant u kritérií PRK a VIZ jsou určeny na základě osobních zkušeností a odborného úsudku rozhodujícího subjektu.

Dalším krokem je vytvoření kritériální matice Y z předchozí tabulky:

	1	2	3	4	5
	(min)	(min)	(max)	(min)	(max)
$P1$	60	20	1	170	3
$P2$	10	5	0	320	5
$P3$	200	2	1	25	4
$P4$	210	10	1	350	2
$P5$	60	10	1	180	4
$P6$	210	2	0	165	3
$P7$	180	15	1	170	5
$P8$	190	2	1	100	1
$P9$	60	15	1	160	3
$P10$	10	5	0	250	5

Kritériální matice bude transformována tak, aby všechna kritéria byla maximalizačního charakteru. Pro minimalizační kritéria první, druhé a čtvrté jsou určeny nejhorší hodnoty (400, 20 a 500).

- Pro kritérium ZJB je nejvyšší (nejhorší) hodnota 400 m. Transformace tedy bude vypadat tak, že hodnota kritéria y_{i1} bude nahrazena hodnotou $400 - y_{i1}$.
- Pro kritérium SVO je nejvyšší (nejhorší) hodnota 20 m. Transformace tedy bude vypadat tak, že hodnota kritéria y_{i2} bude nahrazena hodnotou $20 - y_{i2}$.
- Pro kritérium UZL je nejvyšší (nejhorší) hodnota 500 m. Transformace tedy bude vypadat tak, že hodnota kritéria y_{i4} bude nahrazena hodnotou $500 - y_{i4}$.

Všechna kritéria jsou upravena na maximalizační charakter, což vypovídá o tom, o kolik jsou varianty lepší, než nejhorší varianta.

Upravená kritériální matice vypadá následovně:

	1	2	3	4	5
	(max)	(max)	(max)	(max)	(max)
<i>P1</i>	340	0	1	330	3
<i>P2</i>	390	15	0	180	5
<i>P3</i>	200	18	1	475	4
<i>P4</i>	190	10	1	150	2
<i>P5</i>	340	10	1	320	4
<i>P6</i>	190	18	0	335	3
<i>P7</i>	220	5	1	330	5
<i>P8</i>	210	18	1	400	1
<i>P9</i>	340	5	1	340	3
<i>P10</i>	390	15	0	250	5

Ideální varianta *H* je nejlepší varianta, které lze teoreticky či prakticky dosáhnout. Nejvyšší hodnota v kritériální matici pro dané kritérium je označena jako relativní (rel), nejvyšší možná teoretická hodnota je označena jako absolutní (abs).

Bazální varianta *D* je nejhorší varianta, které lze teoreticky či prakticky dosáhnout. Nejnižší hodnota v kritériální matici pro dané kritérium je označena jako relativní (rel), nejnižší možná teoretická hodnota je označena jako absolutní (abs).

Obě tyto varianty a jejich typy hodnot jsou znázorněny v Tab. 4.2.

Tab. 4.2 Typ ideálních a bazálních hodnot

Kritérium	1	2	3	4	5
Ideální hodnota	400	18	1	500	5
Typ hodnoty	abs	rel	rel	abs	rel

Bazální hodnota	0	0	0	0	1
Typ hodnoty	abs	rel	rel	abs	rel

Zdroj: vlastní zpracování

$$H = (400; 18; 1; 500; 5),$$

$$D = (0; 0; 0; 0; 1).$$

Jestliže je již známá ideální a bazální varianta, lze snadno znormalizovat kritériální matici Y . Normalizací dojde k úpravě všech hodnot, které tak budou pouze v intervalu $\langle 0, 1 \rangle$, kde ideální hodnota v kritériální matici bude prezentována číslem 1 a bazální hodnota číslem 0. *Normalizovaná kritériální* matice R má tu vlastnost, že je zcela nezávislá na konkrétních jednotkách.

Normalizovanou kritériální matici $R = (r_{ij})$ získáme z kritériální matice $Y = (y_{ij})$ pomocí transformační rovnice:

$$r_{ij} = \frac{y_{ij} - D_j}{H_j - D_j}, \quad (4.1)$$

kde

$D_j \dots$ je bazální (dolní) hodnota pro kritérium j ,

$H_j \dots$ je ideální (horní) hodnota pro kritérium j .

Tab. 4.3 Hodnoty variant jednotlivých kritérií pro normalizaci kritériální matice

Kritérium Varianta	1	2	3	4	5
P1	340	0	1	330	3
P2	390	15	0	180	5
P3	200	18	1	475	4
P4	190	10	1	150	2
P5	340	10	1	320	4
P6	190	18	0	335	3
P7	220	5	1	330	5
P8	210	18	1	400	1
P9	340	5	1	340	3
P10	390	15	0	250	5
H_j	400	18	1	500	5
D_j	0	0	0	0	1
$H_j - D_j$	400	18	1	500	4
r_{ij}	$\frac{y_{i1}}{400}$	$\frac{y_{i2}}{18}$	$\frac{y_{i3}}{1}$	$\frac{y_{i4}}{500}$	$\frac{y_{i5} - 1}{4}$

Zdroj: vlastní zpracování

Podle vztahu v posledním řádku Tab. 4.3 je sestavena následná normalizovaná kritériální matice R .

$$R = \begin{bmatrix} 0,85 & 0 & 1 & 0,66 & 0,50 \\ 0,98 & 0,83 & 0 & 0,36 & 1 \\ 0,50 & 1 & 1 & 0,95 & 0,75 \\ 0,48 & 0,56 & 1 & 0,30 & 0,25 \\ 0,85 & 0,56 & 1 & 0,64 & 0,75 \\ 0,48 & 1 & 0 & 0,67 & 0,50 \\ 0,55 & 0,28 & 1 & 0,66 & 1 \\ 0,53 & 1 & 1 & 0,80 & 0 \\ 0,85 & 0,28 & 1 & 0,68 & 0,50 \\ 0,98 & 0,83 & 0 & 0,50 & 1 \end{bmatrix}$$

4.3.1 Aspirační úrovně kritérií

Aspirační úrovně kritérií určíme minimální hodnoty kritérií, které musí jednotlivé varianty splňovat, aby byly akceptovatelné. Výpočty jsou provedeny ve všech třech metodách aspiračních úrovní. Předpokládá se, že všechna kritéria (5) mají stejnou váhu.

Cílem *konjunktivní metody* bude ze zvolených 10 variant získat 5, vyloučíme tedy 5 variant a poměr neakceptovatelných variant tak bude $r = \frac{5}{10} = 0,5$.

Dále pravděpodobnost, že bude varianta akceptována dle jednoho kritéria, je odvozena ze vztahu $q = \sqrt[k]{1-r} = \sqrt[5]{1-0,5} = 0,8706$.

Je tedy potřeba zvolit aspirační úroveň pro každé kritérium tak, aby 87 % variant bylo dle daného kritéria akceptováno.

Bude využita již vypracovaná maximalizační kritériální matice o pěti kritériích a deseti variantách v předchozí podkapitole. Rozhodující subjekt stanovil aspirační úrovně kritérií následovně:

$y'_j = (200, 0, 1, 300, 2)$, čímž byla určena množina akceptovatelných pěti variant, kterou tvoří první, třetí, pátá, sedmá a devátá varianta.

Aspiračními úrovněmi lze také nalézt jedinou akceptovatelnou variantu, avšak zde velmi záleží na zvolených hodnotách rozhodujícího subjektu. Pokud by byly aspirační úrovně kritérií stanoveny následovně:

$y'_j = (300, 10, 1, 300, 3)$, jediná akceptovatelná a tedy kompromisní a optimální by byla varianta pátá. Pokud by například aspirační úrovně byly stanoveny takto:

$y'_j = (200, 15, 1, 300, 3)$, akceptovatelnou variantou by byla jen třetí varianta.

Stejné vstupní parametry jako u předchozí metody budou použity i u metody disjunktivní – pět kritérií, výběr pěti variant z deseti.

Poměr neakceptovatelných variant tak bude $r = \frac{5}{10} = 0,5$.

Dále pravděpodobnost, že bude varianta akceptována dle jednoho kritéria, je odvozena ze vztahu $p = 1 - \sqrt[k]{r} = 1 - \sqrt[5]{0,5} = 0,1294$.

Je tedy potřeba zvolit aspirační úroveň pro každé kritérium tak, aby 12,9 % variant bylo dle daného kritéria akceptováno.

Interaktivní procedura pro vícekritériální rozhodování je *metoda PRIAM*. Opět je využita kritériální matice s maximalizačními kritérii.

První aspirační úrovně jsou zvoleny takto: $y^1 = (200, 0, 0, 180, 1)$. Jediné dvě varianty, které tyto aspirační úrovně nesplňují, jsou čtvrtá a šestá varianta, tj. $f(a_i) \geq y^{(1)} = 8$.

Jelikož $d \geq 1$, lze upravit aspirační úrovně.

Je tedy zvoleno následovně:

$y^2 = (200, 0, 1, 300, 2)$. Tedy $d = 5$, tyto aspirační úrovně splňuje pět variant (první, třetí, pátá, sedmá a devátá).

Opět jsou zvýšeny aspirační úrovně takto:

$y^3 = (250, 10, 1, 330, 4)$. V tomto případě neexistuje žádná akceptovatelná varianta, $d = 0$. Je tedy přistoupeno k předchozímu uzlu, kde bylo přípustných pět variant a bude dále hledána varianta, která je nejbližší k zadaným aspiračním úrovním.

Pro další výpočet je potřeba znát ideální variantu: $f' = (400; 18; 1; 500; 5)$. Dále je určena pro každou variantu a_i hodnota výrazu $\sum_{j=1}^k \frac{1}{f_j} |y_j^{(S)} - f_j(a_i)|$.

$$\begin{aligned} a_1: \frac{1}{400} |200 - 340| + \frac{1}{18} |0 - 0| + \frac{1}{1} |1 - 1| + \frac{1}{500} |300 - 330| + \frac{1}{5} |2 - 3| \\ = 0,6100 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_3: \frac{1}{400} |200 - 200| + \frac{1}{18} |0 - 18| + \frac{1}{1} |1 - 1| + \frac{1}{500} |300 - 475| + \frac{1}{5} |2 - 4| \\ = 1,7500 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_5: \frac{1}{400} |200 - 340| + \frac{1}{18} |0 - 10| + \frac{1}{1} |1 - 1| + \frac{1}{500} |300 - 320| + \frac{1}{5} |2 - 4| \\ = 1,3456 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_7: \frac{1}{400} |200 - 220| + \frac{1}{18} |0 - 5| + \frac{1}{1} |1 - 1| + \frac{1}{500} |300 - 330| + \frac{1}{5} |2 - 5| \\ = 0,9878 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_9: \frac{1}{400} |200 - 340| + \frac{1}{18} |0 - 5| + \frac{1}{1} |1 - 1| + \frac{1}{500} |300 - 340| + \frac{1}{5} |2 - 3| \\ = 0,9078 \end{aligned}$$

Akceptovatelná a tedy kompromisní a optimální by byla varianta s nejnižší hodnotou tohoto výrazu, což je varianta první a_1 .

4.3.2 Hodnocení kritérií dle váhy

Rozhodující subjekt stanovil pořadí důležitosti kritérií a podle tohoto pořadí byly přiřazeny kritériím hodnoty 1 až 5, jejichž součet činí 15. *Metoda pořadí* je zobrazena v Tab. 4.4. Váhy jsou zaokrouhleny na dvě desetinná místa.

Tab. 4.4 Metoda pořadí

Kritérium	ZJB	SVO	PRK	UZL	VIZ	Součet
Index i	1	2	3	4	5	
Pořadí	1	2	3	4	5	
Hodnoty (b_i)	5	4	3	2	1	15
Váhy ($v_i = \frac{b_i}{\sum_{i=1}^5 b_i}$)	0,33	0,27	0,20	0,13	0,07	1

Zdroj: vlastní zpracování

Při *bodovací metodě* je postup obdobný jako u metody pořadí, jediný rozdíl je v přidělování hodnot (bodů) b_i . V této metodě byl zvolen interval bodovací stupnice $b_i \in \langle 0, 100 \rangle$. Také zde platí pravidlo, že čím více bodů (větší ohodnocení), tím je kritérium důležitější. Následující zpracování viz Tab. 4.5.

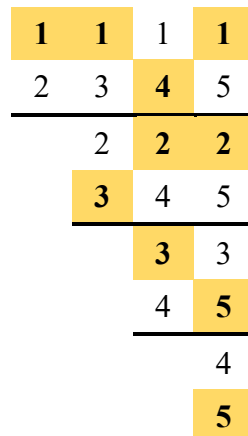
Tab. 4.5 Bodovací metoda

Kritérium	ZJB	SVO	PRK	UZL	VIZ	Součet
Index i	1	2	3	4	5	
Hodnoty (b_i)	80	70	55	40	35	280
Váhy ($v_i = \frac{b_i}{\sum_{i=1}^5 b_i}$)	0,29	0,25	0,19	0,14	0,13	1

Zdroj: vlastní zpracování

Metoda bodovací oproti metodě pořadí, nabízí větší diferenciaci ve vyjádření subjektivních preferencí rozhodujícího subjektu. Z tabulky výše lze také vyčíst, míru (úrovně) důležitosti jednotlivých kritérií, např. kritérium UZL a VIZ se dle váhy liší jen o 0,01 hodnoty dle této metody.

Při metodě párového srovnávání variant byl použit *Fullerův trojúhelník*. Rozhodující subjekt zvýraznil jednotlivá kritéria dle své preference (viz Schéma 4.1).



Obr. 4.2 Fullerův trojúhelník kritérií

Zdroj: vlastní zpracování.

Výpočet vah dle Fullerova trojúhelníku je pak následující:

$$\begin{aligned}
 n_1 &= 3 & v_1 &= 0,30 \\
 n_2 &= 2 & v_2 &= 0,20 \\
 n_3 &= 2 & v_3 &= 0,20 \\
 n_4 &= 1 & v_4 &= 0,10 \\
 n_5 &= 2 & v_5 &= 0,20 \\
 N &= 10 & & .
 \end{aligned}$$

Nějbvětší výhodou této metody párového srovnání je její jednoduchost a rychlost při zpracovávání. Rozhodující subjekt tak okamžitě získá přehled nad preferovanými kritérii pro další řešení úlohy. V tomto řešení lze pozorovat shodné preference kritérií SVO, PRK a VIZ.

Výsledky metod využitých pro hodnocení kritérií dle váhy byla sestavena Tab. 4.6

Tab. 4.6 Váhy kritérií dle jednotlivých metod

Kritérium	ZJB	SVO	PRK	UZL	VIZ
Metoda pořadí	0,33	0,27	0,20	0,13	0,07
Bodovací metoda	0,29	0,25	0,19	0,14	0,13
Fullerův trojúhelník	0,30	0,20	0,20	0,10	0,20

Zdroj: vlastní zpracování

Výpočet vah kritérií v metodě pořadí a v metodě bodovací se od sebe neliší co se týče pořadí kritérií na stupnici důležitosti (tj. ZJB, SVO, PRK, UZL a VIZ). V bodovací metodě se od sebe váhy jednotlivých kritérií liší jen o několik setin bodů. Nejmenší rozdíl je mezi kritérii UZL a VIZ, kde UZL je vyšší pouze o 0,01 bodu. U metody pořadí je rozdíl mezi kritérii rozvorný. Dle Fullerova trojúhelníku má nejvyšší váhu kritérium ZJB a na druhém místě jsou kritéria SVO, PRK a VIZ se shodnou váhou 0,20 bodu. Třetím v pořadí je tak kritérium UZL s poloviční hodnotou.

4.3.3 Metoda váženého součtu WSA

Tato metoda pracuje s váhami jednotlivých kritérií, které jsou určeny nějakou z vhodných metod jako např. metoda pořadí, bodovací metoda či metoda párového srovnávání. Pro další řešení úlohy využijeme zjištěné hodnoty vah z metody pořadí z předchozí podkapitoly, tj. $v = (0,29; 0,25; 0,19; 0,14; 0,13)$.

V metodě váženého součtu bude využita normalizovaná kritériální matice R s výběrem variant dle aspiračních úrovní kritérií metodou PRIAM. Pomocí vah kritérií maximalizujeme vážený součet pro každou variantu, dle vztahu $\sum_{j=1}^k v_j r_{ij}$. Kompromisní varianta bude pak taková, která bude mít vážený součet nejvyšší, následně bude sestaveno pořadí variant.

$$R = \begin{matrix} P1 \\ P3 \\ P5 \\ P7 \\ P9 \end{matrix} \begin{bmatrix} 0,85 & 0 & 1 & 0,66 & 0,50 \\ 0,50 & 1 & 1 & 0,95 & 0,75 \\ 0,85 & 0,56 & 1 & 0,64 & 0,75 \\ 0,55 & 0,28 & 1 & 0,66 & 1 \\ 0,85 & 0,28 & 1 & 0,68 & 0,50 \end{bmatrix}$$

Výpočet váženého součtu pro variantu P1 je $0,29 \cdot 0,85 + 0,25 \cdot 0 + 0,19 \cdot 1 + 0,14 \cdot 0,66 + 0,13 \cdot 0,50 = 0,59$. Všechny varianty jsou pak vypočítány v Tab. 4.7

Tab. 4.7 Řešení metody WSA

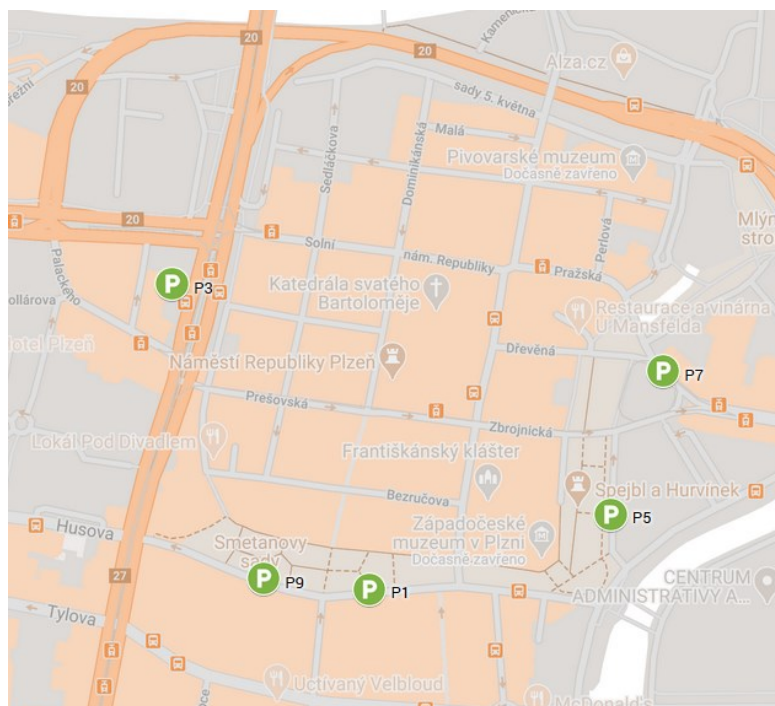
Varianta	WSA	Pořadí
P1	0,59	5.
P3	0,82	1.
P5	0,76	2.
P7	0,64	4.
P9	0,67	3.

Zdroj: vlastní zpracování

Dle metody váženého součtu dosahuje varianta P3 nejvyšší hodnoty a tudíž je variantou kompromisní (nejlepší). Uspořádání variant dle pořadí je pak následující: P5, P9, P7 a P1.

4.4 Výsledné návrhy a shrnutí

Cílem výpočtů bylo z původních deseti variant určit pět prioritních, které budou označeny jako varianty vhodné pro realizaci stanoveného záměru, a určit mezi nimi pořadí dle důležitosti. Z dostupných dat o parkování sdílených vozidel v dané oblasti byla sestavena teplotní mapa, na základě které rozhodující subjekt vybral deset míst s nejvyšší koncentrací, což představuje deset variant. Bylo určeno pět kritérií, podle kterých jsou jednotlivé varianty ohodnoceny. Pomocí aspiračních úrovní kritérií bylo získáno pět vhodných variant pro další řešení úloh. Metoda váženého součtu (WSA) pak určila samotné pořadí jednotlivých variant, tak jak by mohly být realizovány. Jednotlivá vyhrazená stání pro sdílená vozidla (varianty) jsou promítnuta do mapového podkladu, viz Obrázek 4.2 na následující straně.



Obr. 4.3 Preferované varianty promítnuté v mapovém podkladu

Zdroj: vlastní zpracování v Google My Maps

Dle stanoveného pořadí preference jsou dále popsány samotné varianty lokalizace vyhrazeného parkovacího stání pro sdílená osobní vozidla:

4.4.1 Varianta P3

Jedná se o stání na placené parkovací ploše Sady Pětatřicátníků, které je dnes se závorovým systémem a fyzickou obsluhou. Jak již bylo zmíněno v podkapitole 1.3, je v plánu tuto parkovací plochu modernizovat a vybavit automatizovaným systémem pro odbavení s napojením na centrální vzdálený dispečink s nonstop provozem.

Vyhrazené parkovací stání pro sdílená vozidla v této oblasti je dobře dostupné a viditelné z okolních ulic s vyšší fluktuací osob. Nachází se v těsné blízkosti přestupního uzlu veřejné dopravy Sady Pětatřicátníků, kterým jsou trasovány všechny tři tramvajové linky a několik městských linek autobusových, z nichž některé směřují i na periferii města. Je zde zajištěn bezbariérový a rychlý přestup hrana-hrana. V blízkém okolí se nachází pěší zóny s vyšší koncentrací restauračních zařízení a obchodů, které směřují do samotného historického jádra města a sadového okruhu. V širším okolí se nachází budova Nového divadla či nákupní centrum Plaza.

Jelikož se na samotném parkovišti nachází několik trakčních sloupů sloučených s veřejným osvětlením, je zde možnost připojení zamýšlené dobíjecí stanice pro sdílená elektrovozidla. Vhodná realizace tohoto záměru se také naskýtá při plánované modernizaci samotného parkoviště, kde budou nutné stavební úpravy pro samotný závorový systém a úpravu povrchů.

4.4.2 Varianta P5

Jedná se o stání v placené parkovací zóně kopírující linii sadového okruhu, v tomto případě Šafaříkových sadů. V těsné blízkosti se nachází několik administrativních budov a kancelářských objektů či obytných domů. Parkovací stání je dobře dostupné a viditelné z okolních ulic či sadového parku, který je monitorován městským kamerovým systémem. V docházkové vzdálenosti je několik hotelů, ulic s restauračními zařízeními a obchody či přestupní uzel veřejné dopravy Anglické nábřeží. Tímto přestupním uzlem jsou trasovány dvě tramvajové linky a několik trolejbusových, které zajišťují spojení východní části Plzně s centrem města.

Vzhledem k tomu, že parkovací stání tvoří linii se sadovým okruhem, jsou zde sloupy veřejného osvětlení v historickém stylu. Záměr zde vybudovat dobíjecí stanici pro sdílená elektrovozidla by musel být v souladu s urbanistickými plány a musel by splňovat požadavky historiků. Nicméně již dnes se zde nachází několik parkovacích automatů, které požadavky úřadů splňují.

4.4.3 Varianta P9

Jedná se o stání v placené parkovací zóně kopírující linii sadového okruhu, v tomto případě Smetanových sadů. V blízkém okolí se nachází pěší zóna s obchody směřující do historického jádra města. V docházkové vzdálenosti je několik hotelů, městských úřadů, ulic s restauračními zařízeními a obchody či městská knihovna a vědecká knihovna Plzeňského kraje. Nejbližší přestupní uzel veřejné dopravy se nachází na Americké třídě, kde jsou trasovány všechny trolejbusové linky, několik autobusových a je zde zajištěn přestup i mezi linkami linkové regionální dopravy. Tento uzel je také důležitý pro všechny noční linky, které se zde rozjíždí do všech částí města.

Obdobně jako u varianty P5, tak i zde jsou sloupy veřejného osvětlení v historickém stylu, avšak i zde se nachází několik parkovacích automatů, které požadavky úřadů splňují.

4.4.4 Varianta P7

Jedná se o stání na placené parkovací ploše, kterou ze dvou stran ohraničují budovy s restauračními zařízeními, hotely a kanceláři. V blízkém okolí se nachází nejvyšší administrativní budova ve městě, městský sadový okruh, rekreační plocha Mlýnská strouha či fotbalový stadion se sportovištěm. V docházkové vzdálenosti je přestupní uzel veřejné dopravy Anglické nábřeží. Tímto přestupním uzlem jsou trasovány dvě tramvajové linky a několik trolejbusových, které zajišťují spojení východní části Plzně s centrem města.

V linii parkoviště je vedena tramvajová trať, proto se zde nachází několik trakčních sloupů sloučených s veřejným osvětlením, je zde možnost připojení zamýšlené dobíjecí stanice pro sdílená elektrovozidla.

4.4.5 Varianta P1

Poslední v pořadí z vhodných varianta na realizaci vyhrazeného parkovacího stání pro sdílená vozidla je stání obdobné variantě P9. Nachází se ve stejné linii kopírující sadový okruh, v tomto případě Kopeckého sady. V blízkém okolí se nachází pěší zóna s obchody směřující do historického jádra města, městská knihovna nebo také kulturní zařízení Měšťanská beseda. Nejbližší přestupní uzel veřejné dopravy se nachází na Americké třídě obdobně jako u varianty P9.

Také zde jsou sloupy veřejného osvětlení v historickém stylu, avšak i zde se nachází několik parkovacích automatů, které požadavky úřadů splňují.

Bylo zjištěno, že žádná z variant umístěných v samotném historickém jádru (např. na Náměstí Republiky), nebyla preferována. Všechny pět variant se nachází na okraji centrální části města v blízkosti uzlů veřejné dopravy.

Závěr

Sdílená doprava je v dnešní době více než kdy dříve velmi podporovaná. Ve velkých městech, kde je dopravní infrastruktura pravidelně přetěžovaná kongescemi, lokálními emisemi zplodin či hlukem, poskytuje sdílená doprava příležitost, jak tyto nepříznivé vlivy z dopravy do určité míry snižovat. Sdílená doprava je v okolích zemí Evropy podporována i ze strany státu, který ji tak vytváří příznivé podmínky pro fungování v samotných regionech. Například jeden sdílený osobní automobil může nahradit zhruba desítku dalších automobilů, které by jinak bylo potřeba někde parkovat, převážet na servis apod. Provozovatelé nabízející služby sdílených vozidel fungují na různých principech provozu. Někteří sdílejí vozidla jen mezi předem určenou skupinou uživatelů (např. obyvatelé obytného domu), někteří zas poskytují svá vozidla širokému spektru uživatelů. Provozovatelé se také liší v tom, kde a jak lze nalézt sdílené vozidlo. Většina komerčních subjektů v západních zemích buduje samostatná vyhrazená místa pouze pro svá sdílená vozidla, naopak v zemích střední a východní Evropy provozovatelé více poskytují vozidla tzv. na ulici.

V rámci diplomové práce byla zanalyzována provozní data jednoho poskytovatele sdílených vozidel, z nichž byla sestavena teplotní mapa četností stání sdílených vozidel v uličním prostoru města. Pro lokalizaci vyhrazených parkovacích stání byly zvoleny vícekritériální modely rozhodování. Na základě výsledků teplotní mapy bylo vybráno deset nejfrekventovanějších míst, kde byla vozidla umístována, což představuje deset variant pro potenciální lokalizaci vyhrazených parkovacích stání. Vybrané varianty byly ohodnoceny dle pěti zvolených kritérií, která zohledňují veškeré parametry na požadované vyhrazené místo v uličním prostoru. Dalšími metodami vícekritériálního rozhodování bylo získáno pět nejvhodnějších variant pro lokalizaci vyhrazených míst. Preferované varianty byly seřazeny dle pořadí vhodnosti realizace a zasazeny do kontextu rozhodujících kritérií a reálného uličního prostoru města.

5 Seznam zdrojů

- [1] MATUŠKOVÁ, A., M. NOVOTNÁ. *Geografie města Plzně*. Plzeň: Západočeská univerzita, Fakulta pedagogická, katedra geografie, 2007. ISBN 978-80-7043-558-8.
- [2] ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. *Statistická ročenka Plzeňského kraje 2019* [online]. Plzeň, 2019. [cit. 25.02.2020]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/documents/10180/91345195/33010819.pdf/0497e658-77d2-4940-97b5-3675eef635ad?version=1.5>
- [3] KASTLOVÁ, O., HOUŠŤ, R. *Ročenka dopravy České republiky 2018*. Praha: Ministerstvo dopravy, 2019. ISSN 1801-3090.
- [4] SPRÁVA VEŘEJNÉHO STATKU MĚSTA PLZNĚ. *Informace o dopravě v Plzni za rok 2018* [online]. Plzeň, 2019. [cit. 25.02.2020]. Dostupné z: <http://www.svsmp.cz/dopravni-pruzkumy/informace-o-doprave-v-plzni-za-rok-2018.aspx>
- [5] ÚTVAR KONCEPCE A ROZVOJE MĚSTA PLZNĚ. *Plzeň – General dopravy v klidu, aktualizace 2017* [online]. Plzeň, 2019. [cit. 25.02.2020]. Dostupné z: <https://ukr.plzen.eu/doprava-a-technicka-infrastruktura/doprava/automobilova-doprava/automobilova-doprava.aspx>
- [6] SAMUELSON, P. A. a William D. NORDHAUS. *Ekonomie 19. vydání*. Praha, 2013. ISBN 978-80-205-0629-0
- [7] CEMPIREK, Václav a kol. *Logistická centra*. Pardubice: Institut Jana Pernera, 2010. ISBN 978-80-86530-70-3
- [8] MAREK, David a kol. *Sdílená ekonomika: Bohatství bez vlastnictví* [online]. Praha: Deloitte, 2017. [cit. 25.02.2020]. Dostupné z: <https://edu.deloitte.cz/cs/Content/DownloadPublication/sdilena-ekonomika-2017>
- [9] FELSON, Marcus a Joe L. SPAETH. *Community Structure and Collaborative Consumption: A Routine Activity Approach* [online]. American Behavioral Scientist, 2006. [cit. 25.02.2020]. Dostupné z: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/000276427802100411>
- [10] EVROPSKÁ KOMISE. *Evropská program pro ekonomiku sdílení* [online]. Brusel: Evropská komise, 2016. [cit. 25.02.2020]. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2016/CS/COM-2016-356-F1-CS-MAIN-PART-1.PDF>
- [11] ZELLER, Preston. *Forget B2B vs. B2C: Long Live B2P Sales & Marketing* [online]. ZoomInfo Blog: B2B Marketing, 2019. [cit. 25.02.2020]. Dostupné z: <https://blog.zoominfo.com/b2p-sales-marketing/>
- [12] VEBER, Jaromír; KRAJČÍK, Vladimír; HRUŠKA, Lubor a kol. *Sdílená ekonomika: Vymezení metodologických postupů pro zajištění datové základny*

- a ekonomických východisek pro regulatorní ošetření tzv. sdílené ekonomiky, verze 1.4* [online]. Praha: VŠPP, 2016. [cit. 25.02.2020]. Dostupné z: <https://www.vspp.cz/wp-content/uploads/2017/05/zprava.pdf>
- [13] VEBER, Jaromír a kol. *Digitalizace ekonomiky a společnosti*. Praha: Albatros Media, 2018. ISBN 978-80-7261-554-4.
- [14] SCHÖNBECK, Christoph et al. *Handbüch für AutoTeiler* [online]. Aachen: StadtteilAUTO e.V., 1992. [cit. 25.02.2020]. Dostupné z: <https://web.archive.org/web/20070720225314/http://www.rainmagazine.com/handbook.htm>
- [15] RODENBACH, Johannes et al. *Car sharing in Europe: a multidimensional classification and inventory* [online]. Brusel: The European Commission, 2017. [cit. 25.02.2020]. Dostupné z: <http://stars-h2020.eu/wp-content/uploads/2019/06/STARS-D2.1.pdf>
- [16] ELTIS – THE URBAN MOBILITY OBSERVATORY. *The State of European Car-Sharing Final Report* [online]. Brusel: Bundesverband CarSharing e. V., 2010. [cit. 25.02.2020]. Dostupné z: https://www.eltis.org/sites/default/files/trainingmaterials/the_state_of_carsharing_europe.pdf
- [17] CEMPÍREK, Václav a kol. *Logistické a přepravní technologie*. Pardubice: Institut Jana Pernera, 2009. ISBN 978-80-86530-57-4
- [18] FIALA, Petr. *Modely a metody rozhodování*. Praha: VŠE, 2008. ISBN 978-80-245-1345-4
- [19] SEKNIČKOVÁ, J. *Kriteriální matice a hodnocení variant* [online]. Praha: VŠE, 2019. [cit. 25.02.2020]. Dostupné z: <http://jana.kalcev.cz/vyuka/kestazeni/EKO422-KriterialniMatice.pdf>
- [20] SEKNIČKOVÁ, J. *Informace o aspiračních úrovních kritérií* [online]. Praha: VŠE, 2019. [cit. 25.02.2020]. Dostupné z: <http://jana.kalcev.cz/vyuka/kestazeni/EKO422-Aspiracni.pdf>
- [21] BÍNOVÁ, Helena. *Návrh logistického centra*. Praha: ČVUT, 2016. ISBN 978-80-01-06003-2
- [22] SEKNIČKOVÁ, J. *Kardinální informace o kritériích (část 1)* [online]. Praha: VŠE, 2019. [cit. 25.02.2020]. Dostupné z: <http://jana.kalcev.cz/vyuka/kestazeni/EKO422-Kardinalni1.pdf>
- [23] ROUDNÁ, Jana. *Prostorová lokalizace logistických center v ČR*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2011. ISBN 80-245-0622-X
- [24] SEKNIČKOVÁ, J. *Ordinální informace o kritériích* [online]. Praha: VŠE, 2019. [cit. 25.02.2020]. Dostupné z: <http://jana.kalcev.cz/vyuka/kestazeni/EKO422-Ordinalni.pdf>

6 Seznam grafických objektů

Tab. 1.1 Motorizace a automobilizace města Plzně.....	16
Tab. 1.2 Přehled dalších parkovacích ploch	20
Tab. 2.1 Přehled údajů z průzkumů STARS: Car sharing in Europe	31
Tab. 4.1 Hodnoty variant (P1 – P10) jednotlivých kritérií (1 – 5)	64
Tab. 4.2 Typ ideálních a bazálních hodnot	66
Tab. 4.3 Hodnoty variant jednotlivých kritérií pro normalizaci kritériální matice.....	67
Tab. 4.4 Metoda pořadí.....	70
Tab. 4.5 Bodovací metoda	70
Tab. 4.6 Váhy kritérií dle jednotlivých metod.....	71
Tab. 4.7 Řešení metody WSA	73
Obr. 1.1 Mapa správních hranic městských obvodů.....	14
Obr. 1.2 Mapa parkovacích zón v Plzni.....	20
Obr. 3.1 Fullerův trojúhelník	44
Obr. 4.1 Teplotní mapa četností stání sdílených vozidel	62
Obr. 4.2 Fullerův trojúhelník kritérií	71
Obr. 4.3 Preferované varianty promítnuté v mapovém podkladu.....	74
Graf 1.1 Mezioborové srovnání přepravních výkonů osobní dopravy v ČR.....	12
Graf 1.2 Počet obyvatel dle městských částí	15
Graf 1.3 Vývoj motorizace a automobilizace	17
Graf 3.1 Grafické znázornění jednotlivých variant hvězdicovým grafem.....	56
Graf 3.2 Grafické znázornění všech variant hvězdicovým grafem.....	56

7 Seznam zkratk

ČR	Česká republika
DB	Deutsche Bahn
EK	Evropská komise
EU	Evropská unie
HDP	Hrubý domácí produkt
IZS	Integrovaný záchranný systém
LPG	z angl. Liquefied Petroleum Gas (zkapalněný ropný plyn)
MHD	Městská hromadná doprava
P+G	z angl. Park and Go (zaparkuj a jdi)
P+R	z angl. Park and Ride (zaparkuj a jeď)
REZZO	Registr emisí a zdrojů znečištění ovzduší
VO	Veřejné osvětlení

Autor	Bc. Luboš Vintr, DiS.
Název DP	Lokalizace vyhrazených parkovacích stání pro sdílenou dopravu
Studijní obor	LOG
Rok obhajoby DP	2020
Počet stran	69
Počet příloh	0
Vedoucí DP	Ing. Alexander Čapka, Ph.D.
Anotace	Analýza umístování sdílených vozidel ve městě v závislosti na demografii města Plzně. Návrh vyhrazených parkovacích stání pro vozidla sdílené automobilové dopravy v uličním prostoru.
Klíčová slova	Parkovací zóna, sdílené vozidlo, parkovací stání, e-mobilita
Místo uložení	ITC (knihovna) Vysoké školy logistiky v Přerově
Signatura	