

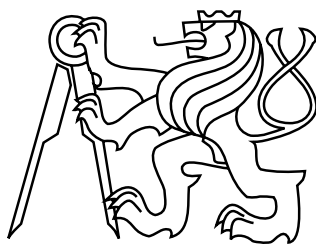
ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA STAVEBNÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

PRAHA 2012

Bc. Tereza PANTŮČKOVÁ

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA STAVEBNÍ  
OBOR GEOINFORMATIKA



DIPLOMOVÁ PRÁCE  
SÍŤOVÉ ANALÝZY V GIS

Vedoucí práce: Ing. Jiří CAJTHAML, Ph.D.  
Katedra mapování a kartografie

ZDE VLOŽIT LIST ZADÁNÍ

Z důvodu správného číslování stránek

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce si bere za cíl seznámit veřejnost s problematikou síťových analýz v extenzi Network Analyst programu ArcGIS. Je popsána základní nápověda jednotlivých analýz použitých v extenzi Network Analyst jako je analýza trasy, nejbližšího zařízení, oblasti služeb, OD cenové matice, lokace-alokace a analýza rozvozního problému. Dalším cílem práce je vysvětlit prakticky práci s extenzí Network Analyst při použití analýz na základě jednoduchých příkladů, které jsou zpracovány formou výukových videí.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Síťová analýza, Network Analyst; analýza trasy, nejbližšího zařízení, OD cenové matice, oblasti služeb, lokace-alokace, rozvozního problému; výukové video.

## **ABSTRACT**

The diploma thesis aims to introduce the public with the network analysis problematics by using Network Analyst extension of ArcGIS program. A basic help of all analysis used in Network Analyst extension such as route, closest facility, service area, OD cost matrix, location-allocation analysis and vehicle routing problem analysis is described. Another aim of this work is to explain this theme in practice by using the analysis based on simple examples, which are interpreted via video tutorials.

## **KEYWORDS**

Network analysis, Network Analyst; route, closest facility, OD cost matrix, service area, location-allocation, vehicle routing problem analysis; video tutorial.

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Síťové analýzy v GIS“ vypracovala samostatně. Použitou literaturu a podkladové materiály uvádím v seznamu zdrojů.

V Praze dne .....

.....

(podpis autora)

## PODĚKOVÁNÍ

Chtěla bych poděkovat vedoucímu diplomové práce Ing. Jiřímu Cajthamlovi, Ph.D. za připomínky a pomoc při zpracování této práce. Dále bych chtěla poděkovat společnosti Central European Data Agency, a.s. za poskytnutá data. V neposlední řadě bych chtěla poděkovat Ing. Petru Soukupovi, Ph.D. za umožnění práce s programem Adobe Captivate a jeho vřelý přístup.

# Obsah

<b>Úvod</b>	<b>8</b>
<b>1 Teoretická část</b>	<b>9</b>
1.1 Analýza trasy . . . . .	10
1.1.1 Vrstva analýzy trasy . . . . .	10
1.1.2 Třídy analýzy trasy . . . . .	11
1.1.3 Parametry analýzy trasy . . . . .	29
1.1.4 Directions . . . . .	34
1.1.5 Nalezení nejlepší trasy v ArcMap . . . . .	35
1.1.6 Nalezení nejlepší trasy použitím nástroje geoprocessing . . . . .	37
1.2 Analýza nejbližšího zařízení . . . . .	39
1.2.1 Vrstva analýzy nejbližšího zařízení . . . . .	40
1.2.2 Třídy analýzy nejbližšího zařízení . . . . .	41
1.2.3 Parametry analýzy nejbližšího zařízení . . . . .	47
1.2.4 Nalezení nejbližšího zařízení v ArcMap . . . . .	51
1.2.5 Nalezení nejbližšího zařízení použitím nástroje geoprocessing . . . . .	53
1.3 Analýza oblasti služeb . . . . .	55
1.3.1 Co je oblast služeb? . . . . .	55
1.3.2 Vrstva analýzy oblasti služeb . . . . .	55
1.3.3 Třídy analýzy oblasti služeb . . . . .	57
1.3.4 Parametry analýzy oblasti služeb . . . . .	64
1.3.5 Nalezení oblasti služeb v ArcMap . . . . .	71
1.3.6 Nalezení oblasti služeb použitím nástroje geoprocessing . . . . .	73
1.4 Analýza OD cenové matice . . . . .	75
1.4.1 Vrstva analýzy OD cenové matice . . . . .	76
1.4.2 Třídy analýzy OD cenové matice . . . . .	78
1.4.3 Parametry analýzy OD cenové matice . . . . .	82
1.4.4 Tvorba OD cenové matice v ArcMap . . . . .	85
1.4.5 Tvorba OD cenové matice použitím nástroje geoprocessing . . . . .	87

1.5	Analýza lokace-alokace . . . . .	89
1.5.1	Co je lokace-alokace? . . . . .	89
1.5.2	Vrstva analýzy lokace-alokace . . . . .	91
1.5.3	Třídy analýzy lokace-alokace . . . . .	92
1.5.4	Parametry analýzy lokace-alokace . . . . .	102
1.5.5	Řešení a interpretování výsledků analýzy lokace-alokace . . . . .	118
1.5.6	Řešení problému lokace-alokace v ArcMap . . . . .	119
1.5.7	Řešení problému lokace-alokace použitím nástroje geoprocessing . . . . .	121
1.6	Analýza rozvozního problému . . . . .	123
1.6.1	Vrstva analýzy rozvozního problému . . . . .	124
1.6.2	Třídy analýzy rozvozního problému . . . . .	125
1.6.3	Parametry analýzy rozvozního problému . . . . .	170
1.6.4	Řešení a interpretování výsledků rozvozního problému . . . . .	178
1.6.5	Řešení rozvozního problému v ArcMap . . . . .	180
1.6.6	Řešení rozvozního problému použitím nástroje geoprocessing . . . . .	183
<b>2</b>	<b>Praktická část</b>	<b>185</b>
2.1	Podkladová data . . . . .	185
2.1.1	O společnosti . . . . .	185
2.1.2	Vektorové mapy . . . . .	186
2.2	Adobe Captivate . . . . .	188
2.3	Výuková videa . . . . .	189
	<b>Závěr</b>	<b>196</b>
	<b>Použité zdroje</b>	<b>198</b>
	<b>Slovník pojmů</b>	<b>201</b>
	<b>Seznam obrázků</b>	<b>208</b>
	<b>Přílohy</b>	<b>213</b>
	Příloha A – Obsah CD1 . . . . .	213
	Příloha B – Obsah DVD1 . . . . .	214



# Úvod

Tématem této diplomové práce jsou síťové analýzy. Tématu síťových analýz jsem se věnovala již ve své bakalářské práci (zde najdete úplné základy týkající se problematiky geografických informačních systémů a síťové analýzy obecně) [1]. Toto téma mne zaujalo natolik, abych v jeho rozvíjení pokračovala i v další práci. Síťová analýza je totiž součástí našich životů, jak přímo, tak i nepřímo (například navigace v automobilech, uspořádání silniční sítě, provoz hromadné dopravy či zásobování restaurací). Proto jsem si za cíl své práce stanovila, aby byla tato problematika vysvětlena a přiblížena veřejnosti jak teoreticky, tak i prakticky. Pro svou práci jsem opět využila extenzi Network Analyst programu ArcGIS.

Při psaní této práce se tedy snažím přiblížit základní analýzy běžnému uživateli. Proto jsem se rozhodla část práce věnovat základní nápovědě, která se týká jednotlivých analýz, které jsou v extenzi dostupné. Jedná se o analýzy: trasy, nejbližšího zařízení, oblasti služeb, OD cenové matice, rozvozního problému a lokace-alokace. Nápověda se týká popisu jednotlivých vrstev analýzy, jejich tříd, atributů apod. Nápovědu jsem přeložila z angličtiny z dostupného manuálu programu ArcGIS 10.0, jelikož nápověda v českém jazyce není v současné době dostupná. Z tohoto důvodu jsem kontaktovala firmu ArcData, zda je k dispozici alespoň česká lokalizace pro tuto extenzi. Lokalizace pro tuto extenzi však vytvořena nebyla, byla jsem proto nucena vytvořit jakési vlastní názvosloví pro některé pojmy, které se v analýze vyskytly. Z tohoto důvodu jsem pro větší přehlednost, a také aby nedošlo k omylům, sepsala jednoduchý slovník, který základní terminologii popisuje.

Další část práce potom věnuji praktickému představení jednotlivých analýz, jelikož výuka pomocí ukázek je jednou z nejjednodušších forem osvojení si dané problematiky. Pro práci jsem využila reálnou síť komunikací poskytnutou společností CEDA a.s., program ArcGIS a program Adobe Captivate, pomocí něhož jsem vytvořila výuková videa, jejichž obsah je v práci popsán a kterážto jsou dostupná na přiloženém kompaktním disku.

# 1 Teoretická část

V teoretické části se věnuji popisu jednotlivých vrstev síťové analýzy, které jsou v extenzi Network Analyst programu ArcGIS dostupné. Jedná se o překlad části nápovědy programu k dané extenzi programu verze 10.0. Jelikož není dostupná česká lokalizace této extenze, obsahuje práce kapitolu *Slovník*, kde jsou nejdůležitější pojmy vysvětleny.

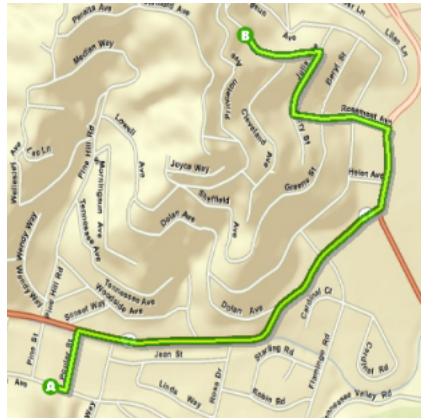
Kapitoly jsou rozděleny podle jednotlivých analýz a to postupně:

- analýza trasy
- analýza nejbližšího zařízení
- analýza oblasti služeb
- analýza OD cenové matice
- analýza lokace-alokace
- analýza rozvozního problému

V kapitolách jsou tedy popsány základní informace o analýzách, jejich třídách, atributech a nastaveních.

## 1.1 Analýza trasy

Vyřešení analýzy trasy může znamenat nalezení nejrychlejší, nejkratší nebo nejmalebnější trasy v závislosti na zvolené impedanci. Pokud je impedancí čas, pak je nejlepší cesta cestou nejrychlejší. Proto může být nejlepší cesta definována jako cesta, která má nejnižší impedanci nebo nejmenší cenu, kde je impedance zvolená uživatelem. Jakýkoliv cenový atribut může být použit jako impedance při určování nejlepší trasy.



Obr. 1.1: Ukázka analýzy trasy [2]

Akumulování atributů nehraje při výpočtu řešení žádnou roli. Například, pokud si zvolíte jako impedanční atribut atribut časových nákladů a zároveň chcete využít atribut vzdálenostních nákladů, je k optimalizaci řešení využít pouze atribut časových nákladů.

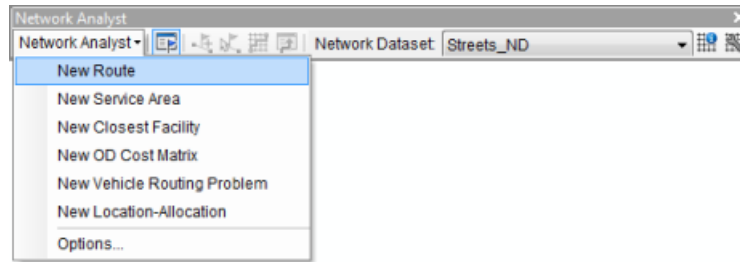
Nalezení nejlepší trasy procházející řadou zastávek se řídí stejným pracovním postupem jako v případě jiných síťových analýz. [2]

### 1.1.1 Vrstva analýzy trasy

Vrstva analýzy trasy ukládá všechny vstupy, parametry a výstupy analýzy trasy.

#### Vytvoření vrstvy analýzy trasy

Kliknutím na panel nástrojů Network Analyst můžete vytvořit vrstvu analýzy nejbližšího zařízení **Network Analyst > New Route**.



Obr. 1.2: Panel nástrojů Network Analyst pro novou vrstvu analýzu trasy [2]

Když vytvoříte novou vrstvu analýzy trasy, tak se vrstva ukáže v okně *Network Analyst* spolu se svými pěti třídami -- Zastávky (Stops), Trasy (Routes), Bodové Bariéry (Point Barriers), Liniové Bariéry (Line Barriers) a Polygonové Bariéry (Polygon Barriers).

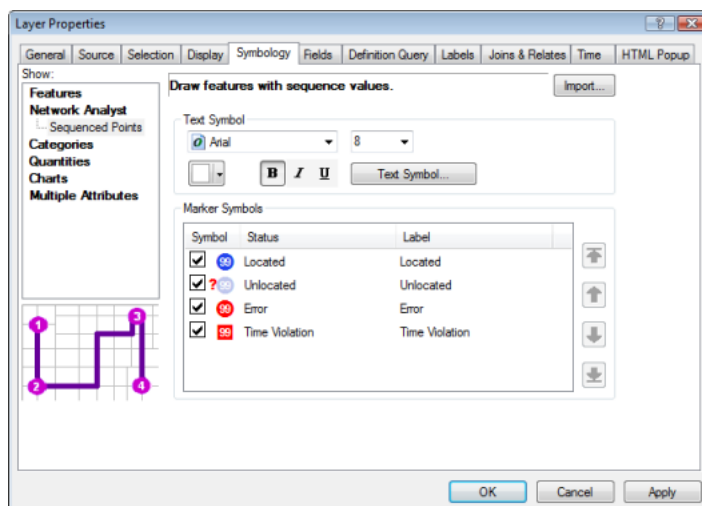
Vrstva analýzy trasy se zároveň zobrazí v obsahu jako složená vrstva Route (nebo pokud trasa se stejným jménem už existuje – Route 1, Route 2, a tak dále). Je zde pět vrstev prvků – Zastávky (Stops), Trasy (Routes), Bodové Bariéry (Point Barriers), Liniové Bariéry (Line Barriers) a Polygonové Bariéry (Polygon Barriers). Každá z těchto pěti vrstev prvků má výchozí symbologii, která může být upravena v dialogovém okně *Layer Properties*. [2]

### 1.1.2 Třídy analýzy trasy

Vrstva analýzy trasy se skládá z pěti tříd síťové analýzy. Přehled každé třídy a popis jejích vlastností je vypsán v následujících sekcích.

#### Třída zastávek

Tato vrstva ukládá umístění v síti, která se používají jako zastávky v analýze trasy. Vrstva zastávek je ve výchozím nastavení symbolizována standardně ve čtyřech typech: Located Stops (Umístěné zastávky), Unlocated stops (Neumístěné zastávky), Error (Chyba) a Time Violation Stop (Porušení času zastávky). Symbologie může být měněna v dialogovém okně *Layer Properties*, kde je k dispozici vlastní kategorie symbolů pro zastávky, **Network Analyst > Sequenced Points**.



Obr. 1.3: Třída zastávek analýzy trasy a její nastavení v Layer Properties [2]

Když je vytvořena nová vrstva analýzy trasy, tak je vrstva prázdná. Vrstva je naplněna pouze tehdy, pokud jsou přidána síťová umístění. Pro vytvoření trasy jsou nutné alespoň dvě zastávky.

### Vlastnosti třídy zastávky

Některé z vlastností zastávek jsou dostupné jen pokud je nastaven čas startu nebo jsou povolena časová okna, což jsou obojí parametry záložky **Analysis Settings** vrstvy analýzy trasy v dialogovém okně *Layer Properties*.

Vstupní parametry zastávek:

- **ObjectID** – Systémem přiřazené ID.
- **Shape** – Pole geometrie označující geografickou polohu objektu síťové analýzy.
- **Name** – Jméno objektu síťové analýzy. Jméno, které můžete upravovat, je přiřazeno automaticky, když je zastávka přidána do mapy.
- **RouteName** – Reprezentuje název trasy, které náleží dané zastávky. Pomocí této vlastnosti lze zastávky v rámci jedné vrstvy analýzy trasy přiřadit k více trasám.

- Pokud některé zastávky mají název trasy, tak jsou seskupeny do trasy se stejným názvem. V tomto případě, pokud některé zastávky nemají přiřazený název trasy, jsou potom uvedeny jako nepřiřazené a nejsou považovány za trasy.
  - Není-li název přítomen, pak všechny zastávky patří do stejné trasy.
- **TimeWindowStart** – Toto pole ukládá nejdřívejší čas, kdy může být umístění v síti navštíveno. Pokud je TimeWindowStart nastaven na 10:00 AM a trasa dorazí do zastávky již v 09:50 AM, vzniká potom čekací doba 10 minut, která se přidává k celkovému času.  
Pokud používáte dopravní data, tak pole time-of-day odpovídá stejné časové zóně jako hrany, na kterých jsou zastávky umístěny.
  - **TimeWindowEnd** – Toto pole ukládá nejpozdější čas, kdy může být umístění v síti navštíveno.  
Pole TimeWindowStart a TimeWindowEnd dohromady tvoří časové okno, ve kterém může trasa zastávku navštívit. Pokud má zastávka nastaven TimeWindowEnd na 11:00 AM a nejdřívejší čas, kdy lze navštívit zastávku je 11:25 AM, pak je evidováno 25 minut, které podmínky porušují. Navíc je porušení podmínky graficky znázorněno.  
Pokud používáte dopravní data, tak pole time-of-day odpovídá stejné časové zóně jako hrany, na kterých jsou zastávky umístěny.  
Toto pole je přístupné pouze pokud jsou povolena časová okna ve vrstvě síťové analýzy.
  - **Attr\_[Impedance]** (například Attr\_Minutes, kde jsou minuty impedancí pro síť) – Toto pole specifikuje, kolik času bude stráveno na síťovém umístění, když ji trasa navštíví. To znamená, že ukládá hodnotu impedance pro síťové umístění. Pokud je hodnota pole rovna nule nebo null, pak síťové umístění nevyžaduje žádný servisní čas. Například, pokud chcete najít nejlepší trasu přes tři zastávky pomocí pole Drivetime (času jízdy) užitého jako impedance, může být tato vlastnost Attr\_Drivetime použita k ukládání času stráveného na každé zastávce. Pokud začnete od Stop 1 (první zastávky), dosáhnete Stop 2

(druhé zastávky) za 10 minut, strávíte na ní 10 minut a dosáhnete Stop 3 (třetí zastávky) v dalších 10-ti minutách, pak se celkový čas k dosažení Stop 3 (třetí zastávky) bude zobrazovat jako 30 minut ( $10 + 10 + 10$ ), i když to trvá jen 20 minut ( $10 + 10$ ) k dosažení Stop 3 (zastávky 3).

- Pole síťového umístění (**SourceID**, **SourceOID**, **PosAlong**, **SideOfEdge**)
  - Dohromady tato čtyři pole popisují bod v síti, kde je objekt umístěn.
- **CurbApproach** – Tato vlastnost určuje směr dopravního prostředku, odkud může přijet a kam může odjet ze síťového umístění. Jsou tu čtyři následující možnosti (jejich kódová hodnota je zobrazena v závorkách):
  - Either side of vehicle (0) – Vozidlo může dorazit i odjet ze síťového umístění v obou směrech. Otočky jsou povoleny. Toto nastavení můžete zvolit, pokud vaše vozidlo může udělat otočky na zastávce, nebo pokud se může někde jinde otočit.
  - Right side of vehicle (1) – Když vozidlo dorazí nebo odjede ze síťového umístění, musí být obrubník umístěn na pravé straně vozidla. Otočka je zakázána.
  - Left side of vehicle (2) – Když vozidlo dorazí nebo odjede ze síťového umístění, musí být obrubník umístěn na levé straně vozidla. Otočka je zakázána.
  - No U-turn (3) – Když vozidlo dorazí do síťového umístění, může být obrubník na obou stranách vozidla, ale vozidlo musí odjet bez otáčení.

#### Vstupní/výstupní pole zastávek:

- **Sequence** – Jedná se o vstupní pole. Toto číslo představuje pořadí, ve kterém jsou zastávky navštíveny. V rámci trasy je pořadové číslo větší než 0, ale ne větší, než je maximální počet zastávek. Pořadová čísla by také neměla být duplikována. Pokud parametr **Reorder Stops To Find Optimal Route** vrstvy analýzy není zaškrtnut, výsledná trasa navštíví zastávky ve specifikovaném pořadí. Pokud je povoleno zastávkám změnit pořadí řešitelem, je objevena

optimální sekvence a toto pole je aktualizováno během procesu řešení.

Cesta ke změně pořadí je přetažení zastávek nad nebo pod jiné zastávky v okně Network Analyst.

- **Status** – Toto pole je omezeno oborem hodnot, což je vypsáno níže (kódové hodnoty jsou zapsány v závorkách).
  - **OK** (0) – Umístění v síti je platné.
  - **Not Located** (1) – Umístění v síti nemůže být stanoveno.
  - **Network element not located** (2) – Síťový prvek, na němž má být síťové umístění, nemůže být nalezen. Toto se může objevit, když je vymazána hrana sítě a umístění v síti není přepočítáno.

Po vyřešení operace se může status změnit na některou z následujících hodnot:

- **OK** (0) – Umístění v síti bylo úspěšně vyhodnoceno.
- **Element not traversable** (3) – Síťový element, na kterém je síťové umístění, není průchozí. Toto se může objevit, pokud je síťový element zakázán atributem omezení.
- **Invalid field values** (4) – Pole hodnot síťového umístění spadají mimo označenou vrstvu nebo rozsah. Například může existovat záporné číslo tam, kde jsou požadována čísla kladná.
- **Not reached** (5) – Síťové umístění nemůže být řešitelem dosaženo.

Výstupní pole zastávek:

- **ArriveCurbApproach** – Toto pole ukazuje, na které straně vozidla je obrubník, když trasa dosáhne tohoto síťového umístění. Pokud je hodnota pole CurbApproach síťového umístění nastavena na Right side of vehicle, je hodnota ArriveCurbApproach po vyřešení Right side of vehicle. Je-li však hodnota pole CurbApproach síťového umístění nastavena na Either side of vehicle nebo No U-turn, pole ArriveCurbApproach pak může být pravá nebo levá strana, což záleží na tom, co bude produkovat celkovou nejkratší trasu.



- **DepartCurbApproach** – Toto pole ukazuje, na které straně vozidla je obrubník, když trasa opouští toto síťové umístění. Pokud je hodnota pole CurbApproach síťového umístění nastavena na Right side of vehicle, je hodnota DepartCurbApproach po vyřešení Right side of vehicle. Je-li však hodnota pole CurbApproach síťového umístění nastavena na Either side of vehicle nebo No U-turn, pole DepartCurbApproach pak může být pravá nebo levá strana, což záleží na tom, co bude produkovat celkovou nejkratší trasu.
- **Cumul\_[Impedance]** (například Cumul\_Minutes, kde jsou minuty impedancí) – Tato vlastnost zastávky vyjadřuje celkovou impedanci, která je potřeba k dosažení této zastávky. To zahrnuje impedanci vzniklou při cestování do zastávky, spolu se všemi impedancemi z předešlých zastávek.  
 Z příkladu uvedeného ve vstupních parametrech, Attr\_[Impedance], Cumul\_Drivetime pro Stop 2 (druhou zastávku) je 20 minut (10 minut doba cesty + 10 minut strávených na Stop 2 (druhé zastávce)) a Cumul\_Drivetime pro Stop 3 (třetí zastávku) je 30 minut (20 minut Cumul\_Drivetime na Stop 2 (druhé zastávce) + 10 minut cesty od Stop 2 (druhé zastávky) k Stop 3 (třetí zastávce)).
- **Wait\_[Impedance]** (například Wait\_Minutes, kde jsou minuty impedancí) – Tato vlastnost ukládá čas čekání na zastávce na otevření časového okna, když trasa dorazí do zastávky před TimeWindowStart. Toto pole je dostupné pouze když jsou povolena časová okna ve vrstvě síťové analýzy.
- **CumulWait\_[Impedance]** (například CumuWait\_Minutes, kde jsou minuty impedancí) – Tato vlastnost ukládá kumulativní dobu čekání na všech zastávkách na otevření časového okna, kam trasa dorazila před TimeWindowStart. Zahrnuje čas od současné zastávky a všech předchozích navštívených zastávek na trase. Toto pole je dostupné pouze když jsou povolena časová okna ve vrstvě síťové analýzy.
- **Violation\_[Impedance]** – Toto pole je měřením, jak pozdě trasa dorazila po zavření časového okna. Speciálně ukládá množství času mezi koncem časového

okna a příjezdem trasy. Toto pole je dostupné pouze když jsou povolena časová okna ve vrstvě síťové analýzy.

- **CumulViolation**\_[Impedance] – Tato vlastnost ukládá kumulativní čas narušení od současné zastávky a všech předešlých zastávek navštívených na trase. Toto pole je dostupné pouze když jsou povolena časová okna ve vrstvě síťové analýzy.
- **ArriveTime** – Hodnota datumu a času indikující čas příjezdu na zastávku. Pokud používáte dopravní data, tak pole time-of-day odpovídá stejné časové zóně jako hrany, na kterých jsou zastávky umístěny.
- **DepartTime** – Hodnota datumu a času indikující čas odjezdu ze zastávky. Pokud používáte dopravní data, tak pole time-of-day odpovídá stejné časové zóně jako hrany, na kterých jsou zastávky umístěny.

Časová pole ve třídě zastávek mohou obsahovat buď pouze hodnoty času nebo hodnoty datumu a času. Pokud časové pole, jako je TimeWindowStart, má pouze hodnotu času (například 08:00 AM), je datum ignorováno. Použití obou, datumu a času (například, 07/11/2008 08:00 AM), umožňuje určit časová okna, která trvají více dní.

Časové okno pouze uvádí, kdy vozidlo může přijet k objednavce, ne kdy musí být objednávka ukončena. Chcete-li předem spočítat čas služby před tím, než je vlastní časové okno ukončené, odečtěte pole Attr\_[Impedance] od pole TimeWindowEnd.

### Třída tras

Třída tras ukládá výslednou trasu nebo trasy analýzy. Stejně jako u jiných vrstev prvků může být její symbologie přístupná a měněná v dialogovém okně *Layer Properties*.

Třída tras je třídou pouze výstupní. Je prázdná, dokud není analýza ukončena. Jakmile je nejlepší trasa nalezena, tak se zobrazí v okně *Network Analyst*.

## Vlastnosti třídy tras

### Výstupní pole tras:

- **ObjectID** – Systémem přiřazené ID.
- **Name** – Název trasy je přiřazen automaticky, když je trasa řešena, a to buď načtením hodnoty z vlastnosti RouteName třídy zastávek, nebo pokud je tato hodnota null, integruje se název z názvu první a poslední zastávky, například Graphic Pick 1 – Graphic Pick 8. Trasu můžete přejmenovat v okně *Network Analyst*.
- **FirstStopID** – ObjectID první zastávky na trase.
- **LastStopID** – ObjectID poslední zastávky na trase.
- **StopCount** – Počet zastávek navštívených během trasy.
- **Total\_[Impedance]** (například Total\_Minutes, kde jsou minuty impedancí) – Celková impedance od počátku první zastávky po konec poslední zastávky. Celková cestovní impedance a Attr\_[Impedance] navštívených zastávek je v této hodnotě zahrnuta.
- **TotalWait\_[Impedance]** (například TotalWait\_Minutes, kde jsou minuty impedancí) – Tato vlastnost ukládá celkovou dobu čekání na trase, což je čas strávený na zastávkách při čekání na otevření časových oken. Toto pole je dostupné pouze, když jsou povolena časová okna ve vrstvě síťové analýzy.
- **TotalViolation\_[Impedance]** (například TotalViolation\_Minutes, kde jsou minuty impedancí) – Tato vlastnost ukládá celkový čas narušení na zastávkách. Čas narušení je přidán, když trasa dorazí do zastávky po skončení časového okna, je to rozdíl mezi ArriveTime a TimeWindowEnd. Toto pole je dostupné pouze, když jsou povolena časová okna ve vrstvě síťové analýzy.
- **StartTime** – Čas začátku trasy. Toto pole je dostupné pouze když jsou povolena časová okna ve vrstvě síťové analýzy.

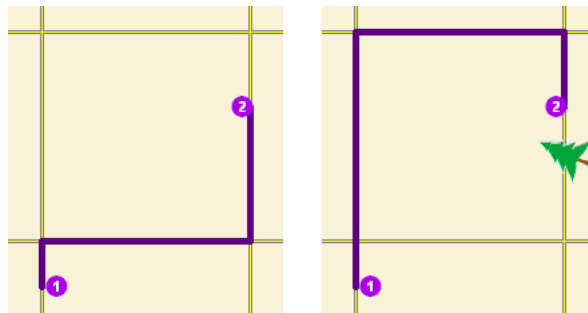
- **EndTime** – Čas dokončení trasy. Toto pole je dostupné pouze když jsou povolena časová okna ve vrstvě síťové analýzy.

### Třída bodových, liniových a polygonových bariér

Bariéry slouží k dočasnému zákazu, přidání impedance a určení rozsahu impedance na částech sítě. Když je vytvořena nová vrstva síťové analýzy, jsou třídy bariéry prázdné. Třídy jsou naplněny pouze, když přidáte objekty, přidávání bariér ale není nutné. [2]

Bariéry jsou třídy prvků ve vrstvě síťové analýzy, která zakazuje nebo mění impedance základních hran a uzlů asociovaných síťových datasetů. Bariéry jsou rozděleny do třech typů geometrií (body, linie a polygony) a jsou navrženy pro modelování dočasných změn na síti. Druhy bariér jsou popsány níže:

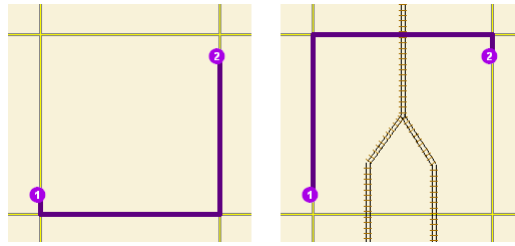
- Bodová bariéra omezení může modelovat spadlý strom, nehodu, spadlé elektrické vedení nebo cokoliv, co kompletně blokuje dopravu na specifickém místě na síti. Pro bodové bariéry umístěné na hranách může být cestování povoleno na hraně, ale ne skrz bariéru. Volitelně může být cestování zakázáno kdekoliv na hraně, na které je bodová bariéra omezení umístěna.



Obr. 1.4: Mapa nalevo ukazuje nejkratší cestu mezi dvěma zastávkami bez jakýchkoliv bodových omezení. Mapa napravo má zablokovanou silnici spadlým stromem, takže je nejkratší trasa mezi zastávkami delší. [3]

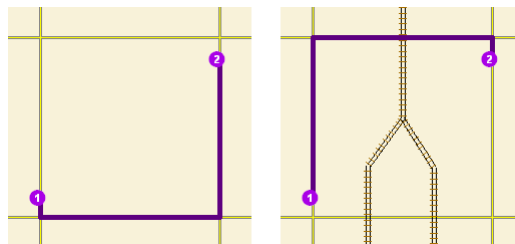
- Bodová bariéra přidané hodnoty povoluje cestování skrz bariéru, ale průchodem skrz ni vznikají náklady, které specifikujete, jako například jedna minuta. Bodové bariéry přidané hodnoty mohou být použity k modelování zpoždění

způsobené dopravní nehodou nebo čas navíc vyžadovaný nákladním vozidlem převážejícím nebezpečný náklad při přejezdu kolejí.



Obr. 1.5: Cestovní čas ze zastávky jedna do zastávky dva by byl stejný když, by se šlo severně nebo jižně, ale při přejezdu kolejí nákladním vozem vznikají náklady časové penalizace (modelované s bodovou bariérou přidané hodnoty) trasa pouze s jedněmi kolejemi bude vybrána. Náklady na přejezd kolejí jsou přidány do akumulované ceny výsledné trasy. [3]

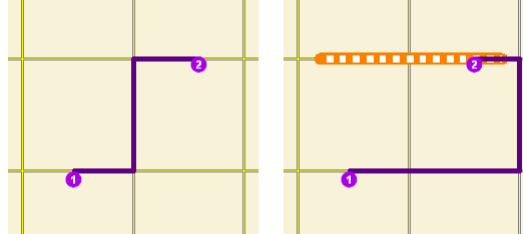
- Liniová bariéra omezení zakazuje cestovat kamkoliv, kde bariéra kříží síť. Například průvod nebo protestní akce, která blokuje dopravu podél několika ulic může být modelována s liniovou bariérou omezení. Tento typ bariéry může rychle ohradit ulice od jejich průchodu, čímž směruje výsledky pryč od nežádoucích částí vaší sítě.



Obr. 1.6: Mapa nalevo zobrazuje nejkratší trasu mezi dvěma body. Mapa napravo zobrazuje nejkratší trasu, když je několik ulic blokováno liniovou bariérou omezení. [3]

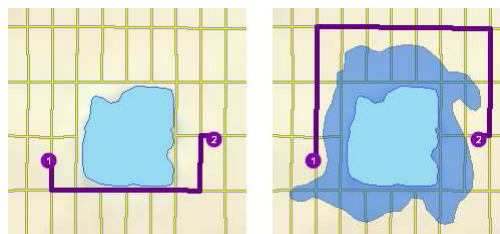
- Liniová bariéra poměrných nákladů nezakazuje cestování po hraně a uzlech, které pokrývá, spíše zvažuje náklady na průchod pokrytých hran a uzlů faktorem, který specifikujete. Přiřazení faktoru 0.5 by znamenalo, že bude cestování

dvakrát tak rychlé jako normálně. Faktor 2.0 by znamenal, že je nutné očekávat dvakrát delší čas než normálně. Můžete zvýšit cestovní čas liniové bariéry poměrných nákladů, když je úsek dálnice dočasně zpomalen výstavbou.



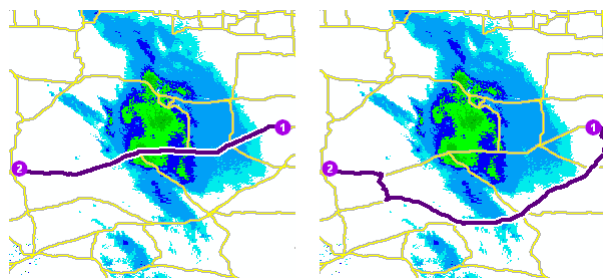
Obr. 1.7: Nejkratší trasa mezi dvěma body je ukázána nalevo. Napravo liniová bariéra poměrné hodnoty zvyšuje náklady cestování na silnici, kterou pokrývá. Na rozdíl od bariéry omezení je možné na trase cestovat, ale s modifikovanými náklady. Řešitel používá modifikovanou cenu při výpočtu nejkratší trasy, navíc, modifikované náklady jsou zahrnuty v akumulované ceně výsledků. [3]

- Polygonová bariéra omezení zakazuje cestování kdekoliv, kde polygon protíná síť. Jedno použití tohoto typu bariéry je pro modelování záplav pokrývajících oblast sítě, což způsobuje neprůjezdnost sítě.



Obr. 1.8: Levá strana vykresluje nejkratší trasu mezi dvěma body. Napravo blokuje polygonová bariéra zaplavené ulice, takže nejkratší trasa mezi stejnými dvěma body je rozdílná. [3]

- Polygonová bariéra poměrných nákladů nezakazuje cestování na hranách nebo uzlech, které pokrývá, spíše zvažuje náklady na průchod pokrytých hran a uzlů faktorem, který specifikujete, jako například 0.25, což by znamenalo, že je cestování očekáváno čtyřikrát rychlejší než normálně. Faktor 3.0 by způsobil třikrát delší dobu jízdy než obvykle. Tento typ bariéry může být použit pro modelování bouřek pro redukování cestovní rychlosti ve specifických regionech.



Obr. 1.9: Mapa nalevo ukazuje trasu, která prochází skrz nevlídné počasí bez ohledu na špatné podmínky silnice během cestovního času. Napravo polygonová bariéra poměrné hodnoty zdvojnásobuje cestovní čas silnic pokrytých bouřkou. Trasa stále prochází skrz jižní část bouře, jelikož je rychlejší strávit více času pomalým průjezdem menší částí bouřky než kompletní průjezd okolo ní. Podobně jako liniová bariéra poměrné hodnoty řešitel použije modifikovanou cenu při výpočtu nejkratší trasy, navíc je modifikovaná cena zahrnuta v akumulované ceně výsledků. [3]

Bariéry jsou součástí vrstvy síťové analýzy, ne síťového datasetu. Proto mají bariéry pouze efekt na vrstvu síťové analýzy, která je obsahuje. Pokud jsou bariéry vyžadovány v jiných analýzách, mohou být nahrány do vhodné vrstvy síťové analýzy. Alternativně může být síťový dataset upravován místo použití bariér.

Jakákoliv změna překážky ve vztahu k průchodnosti nebo impedanci sítě může být také dosažena prostřednictvím úpravy síťového datasetu. Přesto vám překážky pomohou přidat nebo rychle odebrat síťové změny, což je ideální pro modelování dočasných změn impedance: strom blokující dopravu bude odstraněn a povodeň nakonec ustoupí. Jakmile je záležitost, kterou bariéra modeluje, překonána, může být bariéra jednoduše vymazána.

Jelikož mohou bariéry fungovat jako náhražka pro editaci, můžete vytvořit změny v síťové průchodnosti a impedanci, i když nemáte editační práva. Například pokud máte needitovatelný síťový dataset, jako je StreetMap Severní Ameriky a myslíte, že hodnoty impedance přesně nereflektují vaše cestovní časy v dané oblasti, můžete přidat polygonovou bariéru a přerozdělit impedance do více vhodných hodnot. Musíte ale očekávat pomalejší rychlost řešitele bariér.

Čas nutný k vytvoření nebo načtení liniové nebo polygonové bariéry je proporcio-

nální k počtu síťových elementů, které pokrývá. Použití bariér pro pokrytí hustších nebo velkých oblastí vaší sítě nemusí být proveditelný.

Třídy bariér se nachází ve všech vrstvách síťové analýzy.

Bariéry mohou být přidány do třídy bariér pomocí funkce **Create Network Location Tool** na panelu nástrojů *Network Analyst*, pomocí dialogového okna **Load Locations** nebo pomocí funkce geoprocessing **Add Locations**. Když jsou bariéry vytvořeny, nahrány nebo přidány, tak ovlivňují pouze položky zaškrtnuté na záložce **Network Locations** dialogového okna **Layer Properties** vrstvy síťové analýzy. Toto je pravda i když bariéry protínají vrstvy, které jsou nezaškrtnuté na záložce **Network Locations**.

Bariéry mají atributy, které mohou být zkoumány a editovány pomocí atributové tabulky, kde všechny bariéry a jejich atributy jsou vypsány v této třídě bariér, nebo pomocí tabulky bariér Properties, kde může být vypsána pouze jedna bariéra a její atributy.

### Vrstva prvků bodových bariér

Když je bodová bariéra nahrána nebo vytvořena, tak se přichytí k nejbližší hraně nebo uzlu sítě vzhledem k zadané toleranci hledání. Umístění bariéry na síti je specifikováno poli síťového umístění (SourceID, SourceOID, SideOfEdge a PosAlong). Když je na hraně bodová bariéra typu omezení, můžete si vybrat mezi zakázáním průchodu celé hrany nebo pouze bodové bariéry. Bodová bariéra typu přidané hodnoty přidá náklady k trase, kdykoliv je překročena.

### Vlastnosti bodových bariér

Vstupní pole bodových bariér:

- **ObjectID** – Systémem přiřazené ID.
- **Name** – Jméno objektu síťové analýzy.
- **BarrierType** – Specifikuje zda bodová bariéra zakazuje cestování kompletně nebo přidá impedanci, když je překročena. Jsou zde dvě možnosti:



- **Restriction** (0) – Zakazuje průchod skrz bariéru. Jedná se o výchozí hodnotu.
- **Added Cost** (2) – Překročení bariéry zvýší síťovou cenu množstvím specifikovaným hodnotou pole `Attr_[Impedance]`.
- **FullEdge** – Toto pole je specifické pro bodové bariéry typu omezení na hranách elementů. Výchozí hodnota je `False`.
  - **False** – Povoluje cestování na hraně až k bariéře, ale ne skrz ni.
  - **True** – Zakazuje cestování kdekoliv na asociované hraně.
- **Attr\_[Impedance]** (například `Attr_Minutes`, kde jsou minuty impedancí)
  - Toto pole je specifické pro bariéry typu přidaná hodnota a je limitováno hodnotami, které jsou větší nebo rovné nule. To indikuje, jak moc jsou síťové impedance přidány, když je bariéra překročena.
- Pole síťového umístění (**SourceID**, **SourceOID**, **PosAlong**, **SideOfEdge**)
  - Dohromady tato čtyři pole popisují bod v síti, kde je objekt umístěn.
- **CurbApproach** – Toto pole vám umožní specifikovat směr dopravy, která je ovlivněna bariérou. Když je bariéra na hraně a má toto pole nastavené:
  - **Either side of vehicle** (0) – Bariéra ovlivňuje cestování po hraně v obou směrech.
  - **Right side of vehicle** (1) – Ovlivňuje pouze vozidla cestující tak, že je bariéra na jejich pravé straně. Vozidla, která projíždějí stejnou hranu, ale překážka je na levé straně, nejsou bariérou ovlivněny.
  - **Left side of vehicle** (2) – Vozidla jsou ovlivněna pouze pokud je bariéra na jejich levé straně během průjezdu po hraně. Vozidla, která projíždějí stejnou hranu, ale bariéra je na jejich pravé straně, nejsou bariérou ovlivněna.

Jelikož jsou uzly body a nemají stranu, bariéry na uzlech ovlivní všechna vozidla bez ohledu na hodnotu pole `CurbApproach`.

### Vstupní/výstupní pole bodových bariér:

- **OK (0)** – Umístění v síti je platné.
- **Not Located (1)** – Umístění v síti nemůže být stanoveno.
- **Network element not located (2)** – Síťový prvek, na němž má být síťové umístění, nemůže být nalezen. Toto se může objevit, když je vymazána hrana sítě a umístění v síti není přepočítáno.

Po vyřešení operace se může status změnit na některou z následujících hodnot:

- **OK (0)** – Umístění v síti bylo úspěšně vyhodnoceno.
- **Element not traversable (3)** – Síťový element, na kterém je síťové umístění, není průchozí. Toto se může objevit, pokud je síťový element zakázán atributem omezení.
- **Invalid field values (4)** – Pole hodnot síťového umístění spadají mimo označenou vrstvu nebo rozsah. Například může existovat záporné číslo tam, kde jsou požadována čísla kladná.
- **Not reached (5)** – Síťové umístění nemůže být řešitelem dosaženo.

### **Vrstva prvků liniových bariér**

Zatímco se bodové bariéry přichytávají k nejbližší hraně nebo uzlu, liniové bariéry se nepřichytávají na síť, proto liniové bariéry potřebují pokrývat hrany a uzly, aby na ně měly nějaký efekt.

Když je cíl liniové bariéry projít napříč síťovými elementy a blokovat dopravu tam, kde se bariéra protíná s hranou a uzlem, je obvykle dostatečná funkce **Create Network Location Tool** pro splnění tohoto cíle.

Alternativně, pokud je účel zakázat určitou rozteč podél hrany, měl by být vytvořen liniový prvek v editačním módu a nahrán do třídy liniových bariér. Editační funkce, jako je funkce Trace vám dávají více kontroly nad situací než nástroj Create Network Location a pojistí to, že je liniová bariéra souběžná s prvky zdroje sítě.

## Vlastnosti liniových bariér

Vstupní pole liniových bariér:

- **ObjectID** – Systémem přiřazené ID.
- **Name** – Jméno objektu síťové analýzy.
- **BarrierType** – Specifikuje zda bodová bariéra zakazuje cestování kompletně nebo poměřuje náklady při jejím překročení. Jsou zde dvě možnosti:
  - **Restriction** (0) – Zakazuje průchod skrz bariéru. Jedná se o výchozí hodnotu.
  - **Scaled Cost** (1) – Poměřuje impedanci odpovídajících hran vynásobením jich hodnotou pole `Attr_[Impedance]`. Pokud jsou hrany částečně pokryty bariérou, je impedance rozdělena a vynásobena.
- **Attr\_[Impedance]** (například `Attr_Minutes`, kde jsou minuty impedancí) – Toto pole je specifické pro bariéry typu poměrných nákladů. Je to faktor, kterým je násobena impedance hran spadající k bariéře. Hodnoty musí být nulové nebo vyšší, pokud tuto hodnotu nastavíte na nula, řešitel pravděpodobně vrátí nesmyslné výsledky, jelikož náklady odpovídajících hran se stanou možnými k projití. Proto je doporučeno použít hodnoty větší než nula.

## Vrstva prvků polygonových bariér

Polygonové bariéry jsou podobné liniovým bariérám v tom, že se nepřichytávají k síti. Proto liniové bariéry potřebují pokrývat hrany a uzly, aby na ně měly nějaký vliv.

## Vlastnosti polygonových bariér

Vlastnosti polygonových bariér jsou identické s liniovými bariérami.

## Priorita překrývajících se bariér

Pokud se dvě a více bariér překrývá, tak ArcGIS Network Analyst následuje sadu pravidel pro garantování konzistentního chování a výsledky:

- Bariéry omezení mají přednost před bariérami přidané hodnoty a bariérami poměrné hodnoty.
- Pokud se dvě a více bariér typu přidané hodnoty překrývá, jsou jejich hodnoty Attr\_[Impedance] přidány společně pro každý impedanční typ.
- Pokud se dvě a více bariér typu poměrných hodnot překrývá, jsou jejich hodnoty Attr\_[Impedance] společně vynásobeny pro každý typ impedance a vynásobeny odpovídající impedancí pokryté oblasti podkladových hran.
- Pokud se obě bariéry jak typu přidané hodnoty tak typu poměrné hodnoty překrývají, jsou bariéry typu poměrné hodnoty nejprve vynásobeny s pokrytou oblastí podkladových hran, pak je produkt přidán k odpovídající hodnotě Attr\_[Impedance] bariéry typu přidaná hodnota.

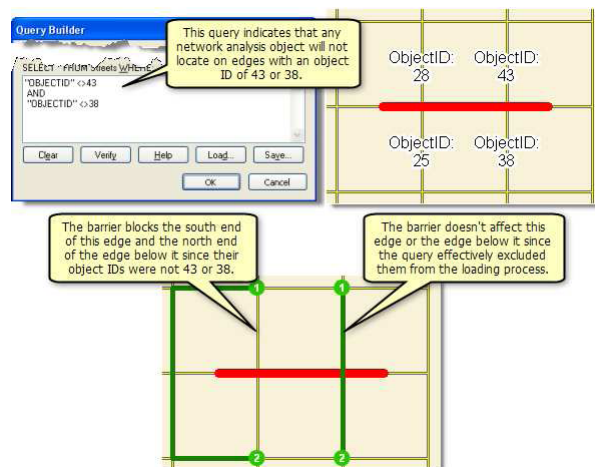
## Metody tvorby bariér

Tato část zdůrazňuje některé z možností, které máte k dispozici při tvoření bariér a cituje některé z jejich výhod a nevýhod pro lepší pochopení rozdílných přístupů pro vybrání toho, která nejlépe vystihne vaše potřeby.

Bodové bariéry jsou asociované pouze s jedním síťovým elementem, i když je element shodný s jiným elementem. Alternativně liniové nebo polygonové bariéry ovlivňují ve výchozím nastavení všechny síťové elementy, které pokrývají. Nezamýšlené následky se mohou projevit, pokud je některý ze síťových elementů z liniových nebo polygonových bariér přehlédnut. Například pokud je silnice nadjezdu frézována a je přidána liniová bariéra omezení podél nadjezdu, budou zakázány obě silnice, na nadjezdu i ta pod nadjezdem. To je proto, že se liniová bariéra dotýká obou silnic v dvourozměrném prostoru. Při tvorbě bariér je vždy nutné jejich pečlivé zvážení.

Zde je několik metod ke zvážení u situace s nadjezdem, který splňuje cíl zablokování nadjezdu bez blokace silnice pod nadjezdem:

- **Použití bodové bariéry.** Liniová bariéra na nadjezdu může být nahrazena bodovou bariérou s vlastností FullEdge nastavenou na hodnotu true. Pole FullEdge zajistí, že bude celá hrana zakázaná a jelikož se jedná o bodovou bariéru, tak omezí pouze hranu, na které se nachází. Jedním z varování je, že bodové bariéry typu fulledge nemohou být nastaveny k ovlivnění pouze dílčí části hrany. Proto je ztracena přesnost v porovnání k liniové bariéře, která může pokrýt a ovlivnit i dílčí části. Také vizualizování bodové bariéry v ArcMap může být zavádějící, jelikož zobrazená bariéra jako bod může vlastně zakazovat celou hranu.
- **Použití editačního prostředí.** Pro ujištění, že je liniová bariéra opravdu shodná s hranou, jako je ta, co reprezentuje nadjezd, může být vytvořen liniový prvek v editačním prostředí, kde může být zdrojový prvek hrany sledován. Nový, souběžný liniový prvek může být nahrán do třídy liniových bariér. Aby jste se vyhnuli problému zákazu hrany pod nadjezdem, na silnici pod nadjezdem, použijte funkci buffer a pak funkcí clip odříznete bufferovanou oblast. To ponechá dvě linie na každé straně silnice, které mohou být nahrány do třídy liniových bariér. Další možností je jednoduše sledovat dvě hrany nadjezdu, jednu na každé straně silnice níže. To vyžaduje více snahy, ale vizualizování efektů, které mají bariéry na síť jsou jasnější, jelikož ovlivněné elementy jsou pokryty liniovou bariérou.
- **Použití dotazů.** Před načtením nebo vytvořením bariér můžete napsat dotaz použitím SQL, aby ste efektivně sdělili nástroji Network Analyst, které elementy chcete bariérou ovlivnit. Jakmile jsou nahrány, se mohou bariéry dotýkat síťových elementů bez jejich ovlivnění. Prostředí pro psaní dotazů je dostupné otevřením dialogového okna *Layer Properties*, kliknutím pravým tlačítkem na element sítě na panelu **Finding Network Locations** a vybráním možnosti **Query Builder**. Následující obrázek ukazuje dotaz, který je napsán před načtením liniové bariéry. Když je bariéra načtena, tak sděluje dotaz k výběru, které elementy by měla blokovat.



Obr. 1.10: Použití nástroje Query Builder, bariéry mohou překrývat elementy sítě, ale nemusí je ovlivňovat. [3]

Vizualizování bariér přidaných nástrojem Query Builder může být matoucí, jelikož hrany a uzly mohou být pokryty bariérami, ale mohou fungovat normálně. Například na obrázku výše, ačkoliv liniová bariéra omezení kříží hranu s ObjectID 43 a 38, jsou stále průchozí, jak je ukázáno u trasy napravo.

Další metoda pro tvorbu bariér může být výhodná také v jiných situacích. Zde je několik příkladů:

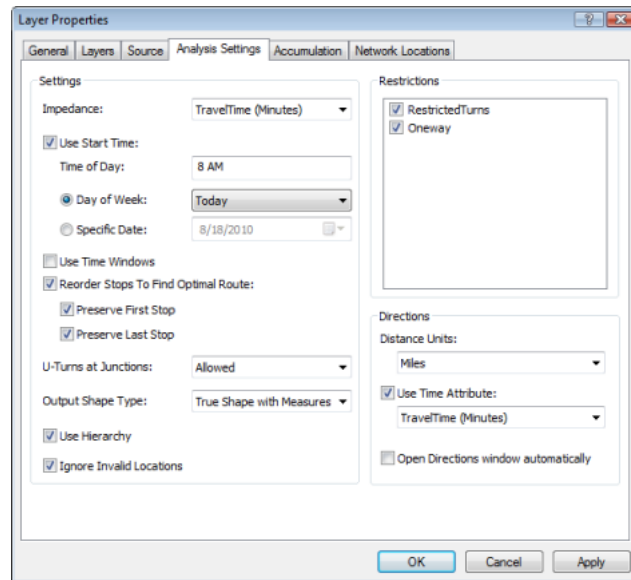
- Načtení vybraných prvků. Vyberte prvky, jako jsou ulice a nahrajte vybrané ulice do třídy bariér. To vám zajistí, že jsou liniové bariéry shodné s ulicí.
- Načtení silnice z jiné síťové analýzy. Vytvořte trasu v jiné vrstvě síťové analýzy, pak nahrajte trasu zpět do vaší původní vrstvy analýzy jako liniovou bariéru. Tato metoda vám zajistí, že je liniová bariéra shodná s ulicemi a místo pouhého úplného pokrytí hran vám dá flexibilitu pro vytvoření liniových bariér, které pouze částečně pokrývají hranu. [3]

### 1.1.3 Parametry analýzy trasy

Parametry analýzy jsou nastaveny v dialogovém okně *Layer Properties* pro vrstvu analýzy. Dialogové okno může být dosažitelné různými možnostmi.

## Záložka nastavení Analysis Settings

Následující podsekcce popisují parametry, které můžete nastavit ve vrstvě analýzy. Můžete je nalézt na záložce **Analysis Settings** dialogového okna *Layer Properties*.



Obr. 1.11: Záložka nastavení pro analýzu trasy [2]

### Impedance

Jakýkoliv atribut nákladů může být vybrán jako impedance, který je při určování trasy minimalizován. Například zvolením atributu minut dosáhneme nejrychlejší cesty.

### Restrictions

Můžete si vybrat, které atributy omezení by měly být při výpočtu trasy dodržovány. Omezení jako je například jednosměrný provoz, by mělo být použito při hledání nejkratší cesty na ulicích. Pokud váš síťový dataset obsahuje dodatečné atributy omezení, jako je hmotnostní nebo výškový limit, můžete je použít také.

Atributy omezení mohou být také použity ve spojení s dynamickými atributy. Například hrana může být zakázána, pokud je vozidlo vyšší než je výška tunelu.

### Use Start Time

**Use Start Time** ve spojení s **Specific Date** nebo **Time of Day** a **Day of Week**

vám umožní specifikovat, kdy trasa začne od první zastávky. Trase může být přiřazeno počáteční datum a čas pouze pokud byl vybrán časově založený cenový atribut jako atribut Impedance.

Pokud váš síťový dataset zahrnuje dopravní data, výsledek analýzy se může změnit v závislosti na počátečním čase a čase, který zde specifikujete. Například při dopravní špičce může trasa trvat déle než mimo špičku. Navíc se může na základě těchto skutečností změnit nejlepší trasa.

Můžete si vybrat mezi výběrem pohyblivého dne (**Day of Week**) nebo kalendářního dne (**Specific Date**). Pro kalendářní den zadáte den, měsíc a rok. Pro pohyblivé datum vyberete **Today** nebo jakýkoliv den v týdnu (od **Něděle** do **Soboty**). Pohyblivé dny vám umožní konfigurovat analýzu vrstvy, která může být opětovně využita bez nutnosti si zapamatovat změnu data.

Pohyblivé dny jsou speciálně užitečné, když jsou použity s dopravními daty. Například pokud vyberete **Day of Week** a **Today** v nastavení, řešitel vygeneruje výsledky založené na historické dopravě pro daný den, což je určeno operačním systémem počítače. Pokud například vrátíte další den, May 5, a vyřešíte stejnou analýzu vrstvy znovu, bude řešení založené na historické dopravě pro den v týdnu, ve kterém se May 5 nachází. Nápodobně, když vyberete **Pondělí** za vlastnost **Day of Week**, pak provedete řešení, které bude založeno na historické dopravě pro další pondělí. Ale, pokud je dnes pondělí, použijí se při řešení dnešní historická dopravní data.

Pokud používáte dopravní data, tak pole time-of-day odpovídá stejné časové zóně jako hrany, na kterých jsou zastávky umístěny. Je zde jeden případ, kdy tento důvod zapříčiní chybu, protože časová zóna nemohla být určena předem. Taková situace je vytvořena, když jsou vaše zastávky rozmístěny napříč několika časovými zónami a vy zaškrtnete **Reorder Stops To Find Optimal Route** bez zachování počáteční zastávky. Tomu se můžete vyhnout přiřazením první zastávky.

Prvek nebo prvky trasy, které jsou výstupem řešitele mají pole StartTime a EndTime. Hodnota StartTime se shoduje s hodnotou, kterou zadáte v nastavení **Use Start Time** ve vrstvě analýzy. Pole EndTime bude spočteno z počátečního času a času trvání trasy. Tyto počáteční a koncové časy jsou použity, když jsou genero-



vány směry. Jako výchozí je nastaven počáteční čas 8:00 AM.

### **Use Time Windows**

Pokud zastávka může být navštívena pouze během určité denní doby, může být její časové okno uloženo v polích TimeWindowStart a TimeWindowEnd síťového umístění (zastávky). Toto zaškrťovací políčko povoluje nebo zakazuje používání těchto časových oken. Pokud jsou časová okna povolena, trasa bude upravena tak, aby byla časová okna respektována. Pokud trasa není schopna dostat některé z časových oken, budou dotčené zastávky symbolizovány pro porušení časového okna.

### **Reordering stops to find optimal route**

Ve výchozím nastavení trasa prochází zastávkami v pořadí, které definujete. Nicméně si můžete vybrat, aby Network Analyst našel nejlepší pořadí na základě různých proměnných, jako jsou například časová okna. Další možností je zachovat počátek trasy a místo určení a zároveň umožňuje Network Analyst, aby pořadí zastávek přeuspořádal.

Když zaškrtnete toto pole, změní se analýza trasy z problému nejkratší trasy na problém obchodního cestujícího.

### **U-turns at junctions**

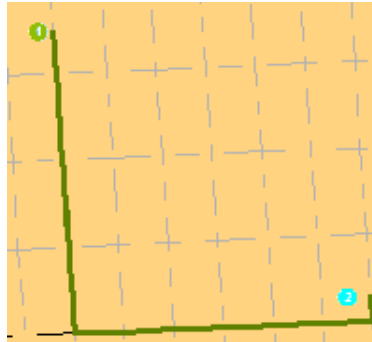
ArcGIS Network Analyst může umožnit otočky kdekoliv, nikde, pouze ve slepých uličkách, nebo pouze na křížení a ve slepých uličkách. Povolení otoček znamená, že trasa se může otočit okolo na křižovatce a vrátit se zpět po stejné ulici.

### **Output Shape Type**

Výsledné trasy analýzy mohou být reprezentovány jednou ze čtyř možností.

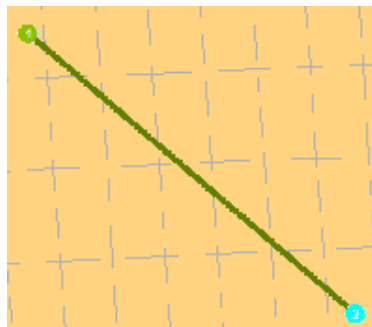
Nezáleží na tom, jaký výstupní tvar je vybrán, nejbližší zařízení je vždy určeno síťovou impedancí, nikdy Eukleidovskou vzdáleností. To znamená, že jsou jiné pouze tvary trasy, ne impedanční hodnoty uložené v atributové tabulce.

- **True Shape** vrací přesný tvar výsledné trasy.



Obr. 1.12: Přesný tvar výsledné trasy

- **True Shape with Measures** vrací přesný tvar výsledné trasy. Navíc výstup obsahuje měření trasy pro lineární referencování. Měření se navyšují od první zastávky a ukládají kumulativní impedanci.
- **Straight Line** vede k jedné přímé linii mezi dvěma zastávkami.



Obr. 1.13: Přímá linie mezi dvěma zastávkami

- Když je výstupní tvar nastaven na **None**, tak se žádný tvar nezobrazí.

### Use Hierarchy

Pokud má síťový dataset atribut hierarchie, tak můžete hierarchii v průběhu analýzy použít. Použití hierarchie vyústí v preferování hran vyššího pořadí k hranám nižšího pořadí. Řešení s hierarchií jsou rychlejší a mohou být použita pro simulaci řídičských preferencí při cestování na dálnicích místo na místních silnicích i pokud to znamená delší trasu. Nepoužití hierarchie ale dává přesnou trasu pro síťový dataset.

### Ignore Invalid Locations

Toto vám umožní ignorovat neplatná síťová umístění a najít cestu pouze mezi platnými síťovými umístěními. Pokud tato možnost není zaškrtnuta a vy máte neumístěná síťová umístění, může řešení selhat. V obou případech jsou neplatná umístění v analýze ignorována.

### Directions

S vlastnostmi **Directions** můžete nastavit jednotky pro zobrazování vzdáleností a volitelně čas (pokud máte atribut času). Navíc můžete zvolit otevření směrů automaticky po vygenerování trasy. (Pokud vyberete, aby se směry nezobrazily automaticky, můžete kliknout na tlačítko **Directions Window** v toolbaru *Network Analyst*.)

### Záložka Accumulation

V akumulární tabulce můžete vybrat cenové atributy ze síťového datasetu tak, aby byly akumulovány na objektu trasy. Tyto akumulární atributy jsou pouze informativní; řešitel používá pouze cenový atribut specifikovaný impedancí ve vrstvě analýzy.

Pro každý cenový atribut, který je akumulován, je k trase přidáno pole Total\_[Impedance], což je výstupem řešitele.

### Záložka Network Locations

Parametry na záložce Network Locations jsou použity pro nalezení síťových umístění a nastavují hodnoty pro své vlastnosti. [2]

#### 1.1.4 Directions

Směry mohou být zobrazeny v ArcMap po vygenerování trasy v analýze trasy.

Pro zobrazení směrů klikněte na panelu nástrojů *Network Analyst* na tlačítko **Directions Window**.

- *Directions Window* zobrazuje směry krok za krokem v mapě s impedancí.

- Pokud je impedance nastavena na čas, Directions Windows zobrazuje čas potřebný pro každý segment trasy. Navíc, *Direction Window* může zobrazit délku každého segmentu.
- Pokud trasa podporuje časová okna, Directions Windows zobrazí atributy Attr\_[time] a Wait\_[time]. Ale atributy Violation\_[time] a Attr\_[length] nejsou podporovány. [2]

### 1.1.5 Nalezení nejlepší trasy v ArcMap

Kroky:

1. Zapněte ArcMap kliknutím na **Start > All Programs > ArcGIS > ArcMap 10.0.**
2. Povolte extenzi Network Analyst.
3. Klikněte na tlačítko **Catalog window** na panelu nástrojů *Standard*. Otevře se dokovatelné okno *Catalog*.
4. Při použití okna *Catalog* přejděte na umístění síťového datasetu a přetáhněte ho do mapového okna nebo do obsahu. Pokud ještě neexistuje spojení se složkou, které obsahuje síťový dataset, tak můžete jeden vytvořit kliknutím na tlačítko **Connect To Folder** nebo zadejte cestu ke složce do textového pole **Location**. Otevře se dialogové okno *Adding Network Layer*.
5. Klikněte na **No**, abyste do mapy přidali pouze síťový dataset. Volitelně můžete kliknout na **Yes** pro přidání síťového datasetu a všech jeho zdrojových tříd prvků do mapy. Síťový dataset je do ArcMap přidán jako síťová vrstva.
6. Pokud se vám nezobrazuje panel nástrojů *Network Analyst*, klikněte **Customize > Toolbars > Network Analyst**. Do ArcMap se vám potom přidá panel nástrojů *Network Analyst*.
7. Pokud se vám nezobrazuje okno *Network Analyst*, klikněte na tlačítko **Show/Hide Network Analyst Window** na panelu nástrojů *Network Analyst*.

Otevře se dokovatelné okno *Network Analyst*. Když jsou z panelu nástrojů vytvořeny vrstvy síťové analýzy, tak jsou automaticky asociovány s aktivním síťovým datasetem.

8. Ujistěte se, že je aktivní správný síťový dataset. Aktivní síťový dataset je specifikovaný v nabídkovém menu **Network Dataset** panelu nástrojů *Network Analyst*.
9. Na panelu nástrojů *Network Analyst* klikněte **Network Analyst > New Route**. Je vytvořena vrstva síťové analýzy a objeví se v obsahu a okně *Network Analyst*. Vrstva analýzy trasy je složena z následujících tříd síťové analýzy: Zastávky (Stops), Trasy (Routes), Linie (Lines), Bodové Bariéry (Point Barriers), Liniové Bariéry (Line Barriers) a Polygonové Bariéry (Polygon Barriers). Třídy jsou prázdné. Budete potřebovat vytvořit objekty síťové analýzy, aby měl řešitel dostatek informací pro vygenerování řešení.
10. Otevřete dialogové okno *Layer Properties* pro vrstvu síťové analýzy.
11. Klikněte na záložku **Analysis Settings**.
12. Nastavte vlastnosti pro vrstvu analýzy oblasti služeb. Pokud potřebujete navštívit zastávky v určitém časovém rámci, tak zaškrtněte pole **Use Time Windows**.
13. Klikněte **OK**.
14. Přidejte alespoň dvě zastávky do analýzy. Je tu několik možností, jak do vrstvy analýzy přidat objekty síťové analýzy. Nejčastějším způsobem je jejich vytvoření použitím **Create Network Locations Tool** nebo jejich nahráním z třídy prvků. Jsou zde dvě možnosti jak nahrát objekty síťové analýzy z třídy prvků: první používající funkci Load Location z ArcMap, druhá je za pomoci nástroje Add Locations tool.
15. Nastavte nebo změňte jakékoli vlastnosti objektů síťové analýzy, které jste v posledním kroku přidali. Pokud chcete mít časová okna na nějaké zastávce, nastavte pole **StartTimeWindow** a **EndTimeWindow** na tyto zastávky.

(StartTimeWindow a EndTimeWindow jsou viditelné pouze tehdy, když zaškrtnete pole **Use Time Window** ve vrstvě analýzy trasy.)

16. Pokud potřebujete upravit polohu zařízení nebo události, tak klikněte na panelu nástrojů **Network Analyst Select/Move Network Location Tool**.
17. Volitelně můžete přidat bodové, liniové nebo polygonové bariéry. Tlačítko **Solve** funguje ve vrstvě síťové analýzy tak, že je aktivní v okně **Network Analyst**. Takže se ujistěte, že máte analýzu, kterou chcete vyřešit, vybranou ve vašem rozbalovacím seznamu v okně **Network Analyst**.
18. Klikněte na tlačítko **Solve** na panelu nástrojů **Network Analyst**.

Pokud analýza proběhla úspěšně, byly vytvořeny objekty trasy ve třídě tras a výstupní pole zastávek byly aktualizovány pro zobrazení výsledků. [4]

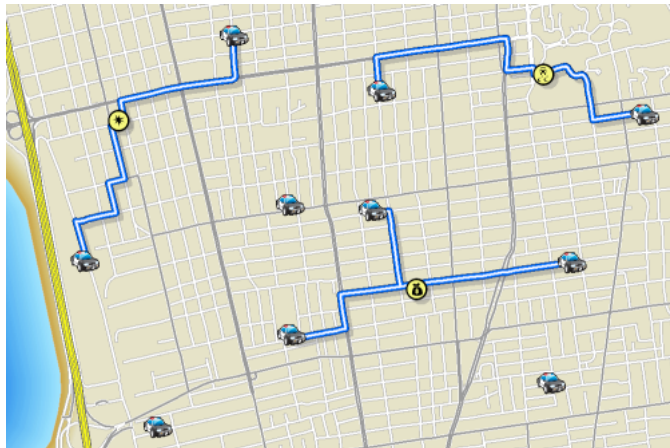
### 1.1.6 Nalezení nejlepší trasy použitím nástroje geoprocessing

1. Zapněte ArcMap kliknutím **Start > All Programs > ArcGIS > ArcMap 10.0.**
2. V menu klikněte **Geoprocessing > Search For Tools**.
3. Ve vyhledávacím poli zadejte **Make Route Layer** a zmáčkněte **Enter**. Výsledky vyhledávání jsou vypsány v okně **Search**.
4. Klikněte na odkaz **Make Route Layer**, toto okno se následně otevře.
5. Specifikujte parametry v dialogovém okně.
6. Klikněte na **OK**. Je vytvořena vrstva analýzy trasy.
7. Použijte nástroj **Add Locations** pro vytvoření objektů v různých třídách analýzy, které používá jako vstup do řešitele.
8. Zadejte **Solve** do vyhledávacího pole a stiskněte **Enter**. Výsledky se zobrazí v okně **Search**.
9. Klikněte na odkaz **Solve**, toto okno se následně otevře.

10. Specifikujte parametry v dialogovém okně. Parametr **Input network analysis layer** se musí nastavit na vrstvu nejlepší trasy, kterou jste vytvořili nástrojem Make Route Layer.
  11. Klikněte **OK**. Analýza trasy je vyřešena, pokud nedošlo k žádným chybám.
- [5]

## 1.2 Analýza nejbližšího zařízení

Řešitel nejbližšího zařízení měří náklady na cestování mezi událostmi a zařízeními a určuje, které jsou si nejbližší. Při hledání nejbližšího zařízení můžete určit, kolik nejbližších zařízení chcete najít a zda je směr cestování směrem od nich nebo k nim. Analýza nejbližšího zařízení zobrazí nejlepší trasy mezi událostmi a zařízeními a uvádí jejich cestovní náklady a směr zpětné trasy jízdy.



Obr. 1.14: Ukázka analýzy nejbližšího zařízení [6]

Při nalézání nejbližšího zařízení můžete zadat omezení, jako jsou mezní náklady, při jejichž překročení ArcGIS Network Analyst nebude zařízení hledat. Například můžete nastavit problém nejbližšího zařízení tak, že chcete vyhledat nemocnice v rámci patnácti minut jízdy od místa nehody. Jakákoliv nemocnice, kterou trvá dosáhnout déle než do patnácti minut jízdy, nebude zahrnuta do výsledků. V tomto případě jsou nemocnice zařízeními a úraz událostí. ArcGIS Network Analyst umožňuje provádět více analýz nejbližšího zařízení současně. To znamená, že můžete mít více událostí a můžete najít nejbližší zařízení pro každý incident.

Nejbližší zařízení a OD cenová matice provádí velmi podobné analýzy, hlavní rozdíl je ve výstupu a v rychlosti výpočtu. OD cenová matice vytváří výsledky rychleji, ale nemůže vrátit skutečný tvar trasy nebo směr jízdy trasy. OD cenová matice je navržena tak, aby rychle řešila velké  $M \times N$  problémy a z tohoto důvodu výsledek interně neobsahuje informace potřebné pro generování tvaru trasy a směru trasy. Alternativně analýza nejbližšího zařízení vrátí trasy a směry, ale provádí analýzu pomaleji než OD cenová matice. Pokud potřebujete směr jízdy nebo skutečný tvar



trasy, použijte analýzu nejbližšího zařízení, jinak použijte OD cenovou matici ke snížení výpočetního času.

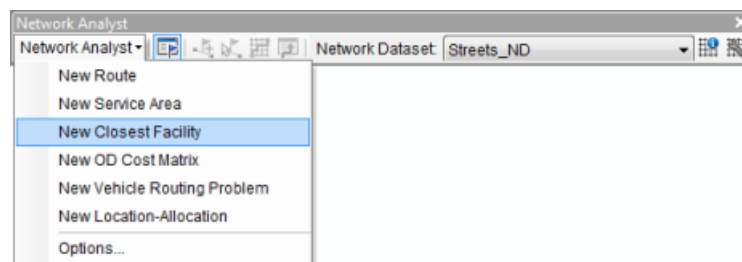
Nalezení nejbližšího zařízení k určité události se řídí stejným postupem jako jiné síťové analýzy. [6]

### 1.2.1 Vrstva analýzy nejbližšího zařízení

Vrstva analýzy nejbližšího zařízení ukládá všechny vstupy, parametry a výstupy analýzy nejbližšího zařízení.

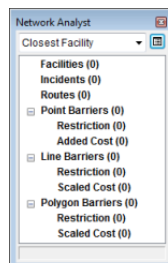
#### Tvorba vrstvy analýzy nejbližšího zařízení

Můžete vytvořit vrstvu analýzy nejbližšího zařízení z panelu nástrojů *Network Analyst* kliknutím na **Network Analyst** > **New Closest Facility**.



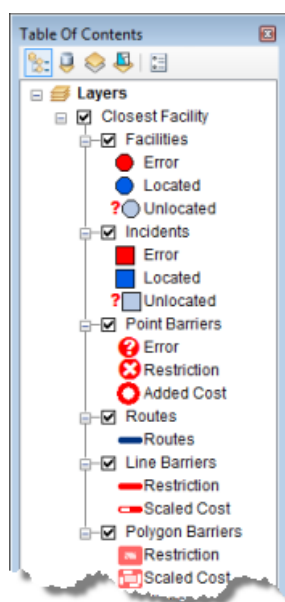
Obr. 1.15: Panel nástrojů Network Analyst pro vrstvu analýzy nejbližšího zařízení [6]

Když vytvoříte novou vrstvu analýzy nejbližšího zařízení, tak se vrstva zobrazí v okně *Network Analyst* společně se svými šesti třídami – Zařízení (Facilities), Události (Incidents), Trasy (Routes), Bodové bariéry (Point Barriers), Liniové bariéry (Line Barriers) a Polygonové bariéry (Polygon Barriers).



Obr. 1.16: Okno Network Analyst se svými šesti třídami síťové analýzy nejbližšího zařízení [6]

Vrstva analýzy nejbližšího zařízení se také zobrazí v okně obsahu jako složená vrstva, která je pojmenována Closest Facility nebo pokud už v mapovém dokumentu existuje Closest Facility se stejným názvem, tak se vrstvy číslují (Closest Facility 1, Closest Facility 2 atd.). Vrstev analýzy je šest – Zařízení (Facilities), Události (Incidents), Trasy (Routes), Bodové bariéry (Point Barriers), Liniové bariéry (Line Barriers) a Polygonové bariéry (Polygon Barriers). Každá ze šesti vrstev prvků má standardní symbologii, která může být měněna v dialogovém okně *Layer Properties*). [6]



Obr. 1.17: Okno obsahu složené vrstvy analýzy nejbližšího zařízení [6]

### 1.2.2 Třídy analýzy nejbližšího zařízení

Vrstva analýzy nejbližšího zařízení se skládá z šesti tříd síťové analýzy.

Přehled každé třídy a její popis následuje v podrobnějších kapitolách.

#### Třída zařízení

Tato třída síťové analýzy ukládá umístění v síti, která jsou použita jako počáteční a koncové body v analýze nejbližšího zařízení. Když je vytvořena nová analýza nejbližšího zařízení, tak je třída zařízení prázdná. Třída je naplněna pouze, když jsou přidána umístění v síti. Pro vyřešení analýzy je nutné minimálně jedno zařízení a jedna událost.

## Vlastnosti třídy zařízení

### Vstupní parametry zařízení:

- **ObjectID** – Systémem přiřazené ID.
- **Shape** – Pole geometrie označující geografickou polohu objektu síťové analýzy.
- **Name** – Jméno objektu síťové analýzy.
- **Attr\_ [Impedance]** (například `Attr_Minutes`, kde jsou minuty impedancí) – Toto pole ukládá hodnotu impedance pro síťové umístění. Vezměme si příklad s nalezením tří nejbližších hasičských stanic k požáru při použití `DriveTime` (času jízdy) jako impedance. `Attr_DriveTime` může obsahovat čas nutný k oblečení hasičů, tedy čas nutný k opuštění hasičské stanice.
- **Cutoff\_ [Impoedance]** (například `Cutoff_DriveTime`, kde je čas jízdy impedancí) – Při hledání nejbližšího zařízení k události může ArcGIS Network Analyst použít mezní hodnotu pro impedanci. Jakákoliv událost za mezní hodnotou nebude vyhledána. Pokud není pro zařízení nastaveno pole `Cutoff_ [Impedance]`, tak analýza nejbližšího zařízení použije **Default Cutoff Value**, kterou specifikujete v dialogovém okně vlastností vrstvy (*Layer Properties*). Pokud je **Default Cutoff Value** nastavena na `<None>`, tak je nejbližší událost nalezena bez ohledu na to, jak je daleko.
- Pole síťového umístění (**SourceID**, **SourceOID**, **PosAlong**, **SideOfEdge**) – Dohromady tato čtyři pole popisují bod v síti, kde je objekt umístěn.
- **CurbApproach** – Toto pole vám umožní specifikovat, na které straně vozidla chcete mít zařízení, když k němu přijedete nebo když od něj odjíždíte. Můžete použít **Right side of vehicle**(1) nebo **Left side of vehicle**(2) pro jakoukoliv analýzu, která požaduje po vozidlu, aby k zařízení přijelo pouze z jedné strany. Pokud je příjezd nebo odjezd ze zařízení povolen z obou stran, tak použijte výchozí hodnotu **Either side of vehicle** (0). Pro analýzu nejbližšího zařízení je hodnota funkce pro **No U-turn** (3) stejná jako pro obě strany vozidla.

### Vstupní/výstupní parametry zařízení:

- **Status** – Toto pole je omezeno oborem hodnot, což je vypsáno níže (kódové hodnoty jsou zapsány v závorkách).
  - **OK** (0) – Umístění v síti je platné.
  - **Not Located** (1) – Umístění v síti nemůže být stanoveno.
  - **Network element not located** (2) – Síťový prvek, na němž má být síťové umístění, nemůže být nalezen. Toto se může objevit, když je vymazána hrana sítě a umístění v síti není přepočítáno.

Po vyřešení operace se může status změnit na některou z následujících hodnot:

- **OK** (0) – Umístění v síti bylo úspěšně vyhodnoceno.
- **Element not traversable** (3) – Síťový element, na kterém je síťové umístění, není průchozí. Toto se může objevit, pokud je síťový element zakázán atributem omezení.
- **Invalid field values** (4) – Pole hodnot síťového umístění spadají mimo označenou vrstvu nebo rozsah. Například může existovat záporné číslo, když jsou požadována čísla kladná.
- **Not reached** (5) – Síťové umístění nemůže být řešitelem dosaženo.

### **Třída události**

Tato třída síťové analýzy ukládá umístění v síti, která jsou použita jako počáteční a koncové body v analýze nejbližšího zařízení. Ať se jedná o počáteční či koncové body, jsou události vždy na opačném konci trasy k připojenému zařízení. Když je vytvořena nová analýza nejbližšího zařízení, tak je třída událostí prázdná. Třída je naplněna pouze když jsou přidána umístění v síti. Pro vyřešení analýzy je nutné minimálně jedno zařízení a jedna událost.

## Vlastnosti třídy události

### Vstupní parametry událostí:

- **ObjectID** – Systémem přiřazené ID.
- **Shape** – Pole geometrie označující geografickou polohu objektu síťové analýzy.
- **Name** – Jméno objektu síťové analýzy.
- **TargetFacilityCount** – Toto pole ukládá počet zařízení, která musí být nalezena pro danou událost. Pokud je toto pole nastaveno na jinou hodnotu než <Null>, je počet zařízení k nalezení přepsán. Pole vrstvy analýzy, které se přepíše je **Facilities To Find**, které se nalézá na záložce (**Analysis Settings**) v dialogovém okně *Layer Properties*.
- **Attr\_[Impedance]** (například Attr\_Minutes, kde jsou minuty impedancí) – Toto pole ukládá hodnotu impedance pro síťové umístění. Vezměme si příklad s nalezením tří nejbližších hasičských stanic k požáru při použití DriveTime (času jízdy) jako impedance. Attr\_DriveTime může ukládat čas strávený na místě požární události. Toto může být čas, který hasiči potřebují k zapojení jejich zařízení před samotným hašením.
- **Cutoff\_[Impedance]** (například Cutoff\_DriveTime, kde je čas jízdy impedancí) – Při hledání nejbližšího zařízení od události může ArcGIS Network Analyst použít mezní hodnotu pro impedanci. Jakákoliv událost za mezní hodnotou nebude vyhledána a ani zobrazena ve výsledcích. Pokud není pro zařízení nastavena Cutoff\_[Impedance], tak analýza nejbližšího zařízení použije Default cutoff value, kterou specifikujete na záložce **Analysis Settings** dialogového okna *Layer Properties*. Pokud také není výchozí hodnota nastavena, tak bude nalezena nejbližší událost, bez ohledu na to, jak daleko může být.
- Pole síťového umístění (**SourceID**, **SourceOID**, **PosAlong**, **SideOfEdge**) – Dohromady tato čtyři pole popisují bod v síti, kde je objekt umístěn.
- **CurbApproach** – Toto pole vám umožní specifikovat, na které straně vozidla chcete mít zařízení, když k němu přijedete nebo když od něj odjíždíte. Můžete

použít **Right side of vehicle** (1) nebo **Left side of vehicle** (2) pro jakoukoliv analýzu, která požaduje po vozidlu, aby k zařízení přijelo pouze z jedné strany. Pokud je příjezd nebo odjezd ze zařízení povolen z obou stran, tak použijte výchozí hodnotu **Either side of vehicle** (0). Pro analýzu nejbližšího zařízení je hodnota funkce pro **No U-turn** (3) stejná jako pro obě strany vozidla.

#### Vstupní/výstupní pole událostí:

- **Status** – Toto pole je omezeno oborem hodnot, což je vypsáno níže (kódové hodnoty jsou zapsány v závorkách).
  - **OK** (0) – Umístění v síti je platné.
  - **Not Located** (1) – Umístění v síti nemůže být stanoveno.
  - **Network element not located** (2) – Síťový prvek, na němž má být síťové umístění, nemůže být nalezen. Toto se může objevit, když je vymazána hrana sítě a umístění v síti není přepočítáno.

Po vyřešení operace se může status změnit na některou z následujících hodnot:

- **OK** (0) – Umístění v síti bylo úspěšně vyhodnoceno.
- **Element not traversable** (3) – Síťový element, na kterém je síťové umístění, není průchozí. Toto se může objevit, pokud je síťový element zakázán atributem omezení.
- **Invalid field values** (4) – Pole hodnot síťového umístění spadají mimo označenou vrstvu nebo rozsah. Například může existovat záporné číslo, když jsou požadována čísla kladná.
- **Not reached** (5) – Síťové umístění nemůže být řešitelem dosaženo.

#### **Třída trasy**

Třída tras ukládá výslednou trasu nebo trasy analýzy. Stejně jako u jiných vrstev prvků lze měnit symbologii v dialogovém okně **Layer Properties**.

Třída *tras* je třídou pouze výstupní; třída je prázdná, dokud není analýza kompletní. Jakmile jsou nejbližší zařízení nalezena, jsou zobrazeny trasy v okně *Network Analyst*.

### Vlastnosti třídy trasy

#### Výstupní pole tras:

- **ObjectID** – Systémem přiřazené ID.
- **Shape** – Pole geometrie označující geografickou polohu objektu síťové analýzy.
- **Name** – Jméno trasy nejbližšího zařízení je založeno na jménech zařízení a události. Jméno zařízení je první, pokud je vybráno **Facility to incident** v nastavení vrstvy analýzy **Travel From**. Například Zařízení 5 – Událost 3 indikuje, že trasa probíhá ze zařízení 5 do incidentu 3. Pokud je vybráno **Incident To Facility** je první jméno události. Například Událost 3 – Zařízení 5.
- **FacilityID** – Unikátní ID zařízení, kterým trasa prochází.
- **FacilityRank** – Pořadí zařízení mezi všemi zařízeními nalezenými pro dané události. Nejbližší zařízení má pořadí 1.
- **IncidentCurbApproach** – Popisuje stranu vozidla, která k události přijede nebo odjede. Hodnota 1 znamená pravou stranu vozidla, hodnota 2 znamená levou stranu vozidla.
- **FacilityCurbApproach** – Popisuje stranu vozidla, která k zařízení přijede nebo odjede. Hodnota 1 znamená pravou stranu vozidla, hodnota 2 znamená levou stranu vozidla.
- **IncidentID** – Unikátní ID incidentu, kterým trasa prochází.
- **Total\_[Impedance]** (například **Total\_Minutes**, kde jsou minuty impedancí) – Kumulativní cena trasy mezi zařízeními a incidentem. Toto pole je generováno pro atribut impedance a jakýkoliv akumulací atribut.

## Třída bodových, liniových a polygonových bariér

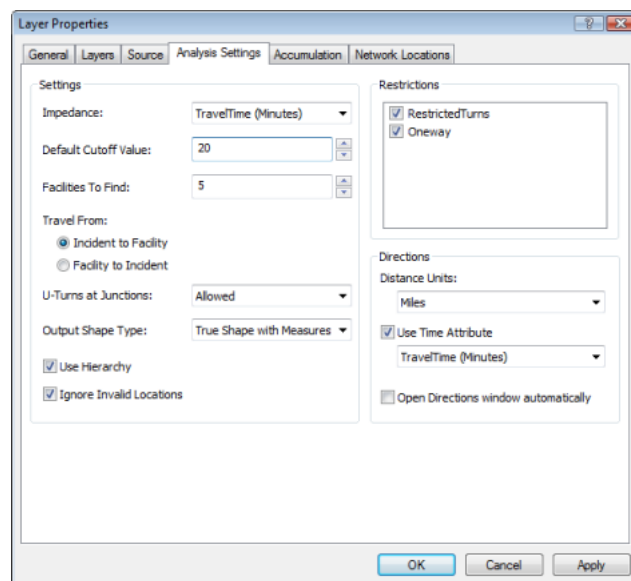
Bariéry slouží k dočasnému zákazu, přidání impedance a určení rozsahu impedance na částech sítě. Když je vytvořena nová vrstva síťové analýzy, jsou třídy bariéry prázdné. Třídy jsou naplněny pouze, když přidáte objekty, ale přidávání bariér není nutné.

Bariéry jsou dostupné ve všech vrstvách síťové analýzy, proto jsou popsány v samostatném tématu (viz kapitola analýza trasy).

### 1.2.3 Parametry analýzy nejbližšího zařízení

Parametry analýzy jsou nastaveny v dialogovém okně *Layer Properties* pro vrstvu analýzy. Dialogové okno může být dosažitelné různými možnostmi.

#### Záložka nastavení Analysis Settings



Obr. 1.18: Záložka nastavení analýzy nejbližšího zařízení [6]

Následující podsekcce popisují parametry, které můžete nastavit ve vrstvě analýzy. Můžete je nalézt na záložce **Analysis Settings** dialogového okna *Layer Properties*.



## Impedance

Jakýkoliv cenový atribut, který je při určování trasy minimalizován, může být zvolen jako impedance. Například zvolením atributu minut dostaneme nejrychlejší trasu k nalezení nejbližšího zařízení.

## Restrictions

Můžete vybrat, která omezení budou respektována při řešení analýzy. Omezení jako je jednosměrnost, může být použito pro vozidla, která musí tato pravidla dodržovat (jako jsou nepohotovostní vozidla). Pokud váš síťový dataset obsahuje dodatečné atributy omezení, jako je výškový nebo váhový limit, tak je můžete použít.

Atributy omezení mohou být také použity ve spojení s dynamickými atributy. Například může být zakázána hrana, pokud je výška vozidla větší než výška tunelu.

## Default Cutoff Value

Při hledání nejbližšího zařízení může ArcGIS Network Analyst použít výchozí mezní hodnotu pro impedanci. Jakékoliv zařízení za mezní hodnotou nebude nalezeno. Například při hledání nejbližších nemocnic od místa události mezní hodnota 15-ti minut znamená, že bude ArcGIS Network Analyst hledat nejbližší nemocnice ve vzdálenosti do 15-ti minut od incidentu. Pokud je nejbližší nemocnice vzdálená do 17-ti minut, nebudou nalezeny žádné nemocnice. Mezní hodnota je speciálně užitečná při hledání mnohonásobných zařízení.

## Facilities To Find

ArcGIS Network Analyst může nalézt mnohonásobná zařízení k události. Toto je užitečné v situacích jako je například požár, kdy je nutná potřeba více hasičských jednotek z více hasičských stanic. ArcGIS Network Analyst může nalézt například tři nejbližší hasičské stanice k požáru. Pokud byste použili mezní hodnotu 10-ti minut a tři nejbližší stanice by byly ve vzdálenostech 5-ti, 7-ti a 11-ti minut, budou vybrány pouze první dvě hasičské stanice.

### Travel From

Můžete specifikovat, zda chcete hledat nejbližší zařízení měřené od události k incidentu nebo opačně. Omezení jako jednosměrnost a impedance jako je TravelTime (doba cestování), může být založeno na směru trasy, což může ovlivnit výsledky. Například v jednom směru může být trasa 10-ti minutová, v opačném směru 15-ti minutová.

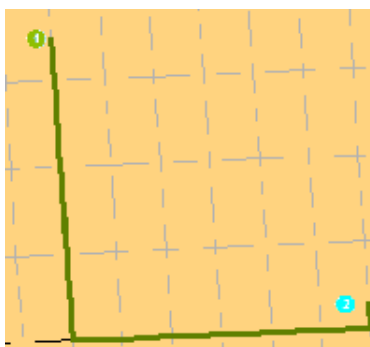
### U-turns at Junctions

ArcGIS Network Analyst může otočky povolit kdekoliv, nikde, pouze na koncích nebo pouze na křižovatkách a slepých uličkách. Povolení otoček znamená, že se vozidlo může otočit a jet zpět po stejné ulici.

### Output Shape Type

Výsledné trasy analýzy nejbližšího zařízení mohou být reprezentovány skutečným tvarem s měřením, skutečným tvarem, rovnou linií nebo se nemusí geometricky zobrazit. Nezáleží na tom, jaký výstupní tvar je vybrán, nejbližší zařízení je vždy určeno síťovou impedancí, nikdy Eukleidovskou vzdáleností. To znamená, že jsou jiné pouze tvary trasy, ne impedanční hodnoty uložené v atributové tabulce.

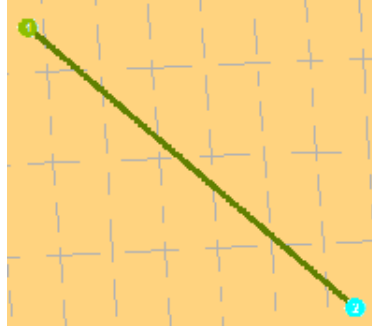
- **True Shape** vrací přesný tvar výsledné trasy.



Obr. 1.19: Přesný tvar výsledné trasy [6]

- **True Shape with Measures** vrací přesný tvar výsledné trasy. Navíc výstup obsahuje měření trasy pro lineární referencování. Měření se navyšují od první zastávky a ukládají kumulativní impedanci.

- **Straight Line** vede k jedné přímé linii mezi dvěma zastávkami.



Obr. 1.20: Přímá linie mezi dvěma zastávkami [6]

- Když je výstupní tvar nastaven na **None**, tak se žádný tvar nezobrazí.

### Use Hierarchy

Pokud má síťový dataset atribut hierarchie, tak můžete hierarchii v průběhu analýzy použít. Použití hierarchie vyústí v preferování hran vyššího pořadí k hranám nižšího pořadí. Řešení s hierarchií jsou rychlejší a mohou být použita pro simulaci řídičských preferencí při cestování na dálnicích místo na místních silnicích i pokud to znamená delší trasu. Nepoužití hierarchie ale dává přesnou trasu pro síťový dataset.

### Ignore Invalid Locations

Tato vlastnost vám umožní ignorovat neplatná síťová umístění a řešit vrstvu analýzy pouze z platného umístění v síti. Pokud není tato možnost zaškrtnuta a vy máte neumístěná síťová umístění, tak může řešení selhat. V obou případech jsou neplatná umístění v analýze ignorována.

### Directions

S vlastnostmi **Directions** můžete nastavit jednotky pro zobrazování vzdáleností a volitelně čas (pokud máte atribut času). Navíc můžete zvolit otevření směrů automaticky po vygenerování trasy. (Pokud vyberete, aby se směry nezobrazily automaticky, můžete kliknout na tlačítko **Directions Window** na panelu nástrojů *Network Analyst*.)

### Záložka **Accumulation**

V akumulární tabulce můžete vybrat cenové atributy ze síťového datasetu, aby byly akumulovány na objektu trasy. Tyto akumulární atributy jsou pouze informativní; řešitel používá pouze cenový atribut specifikovaný impedancí ve vrstvě analýzy.

Pro každý cenový atribut, který je akumulován, je k trase přidáno pole `Total_[Impedance]`, které je výstupem řešitele.

### Záložka **Network Locations**

Parametry na záložce **Network Locations** jsou použity pro nalezení síťových umístění a nastavují hodnoty pro své vlastnosti. [6]

## 1.2.4 Nalezení nejbližšího zařízení v ArcMap

Kroky:

1. Zapněte ArcMap kliknutím na **Start > All Programs > ArcGIS > ArcMap 10.0..**
2. Povolte extenzi **Network Analyst**.
3. Klikněte na tlačítko **Catalog window** na panelu nástrojů **Standard**. Otevře se dokovatelné okno **Catalog**.
4. Při použití okna **Catalog** přejděte na umístění síťového datasetu a přetáhněte ho do mapového okna nebo do obsahu. Pokud ještě neexistuje spojení se složkou, které obsahuje síťový dataset, tak můžete jeden vytvořit kliknutím na tlačítko **Connect To Folder** nebo zadejte cestu ke složce do textového pole **Location**. Otevře se dialogové okno **Adding Network Layer**.
5. Klikněte na **No**, abyste do mapy přidali pouze síťový dataset. Volitelně můžete kliknout na **Yes** pro přidání síťového datasetu a všech jeho zdrojových tříd prvků do mapy. Síťový dataset je do ArcMap přidán jako síťová vrstva.

6. Pokud se vám nezobrazuje panel nástrojů *Network Analyst*, klikněte **Customize > Toolbars > Network Analyst**. Do ArcMap se vám potom přidá panel nástrojů *Network Analyst*.
7. Pokud se vám nezobrazuje okno *Network Analyst*, klikněte na tlačítko **Show/Hide Network Analyst Window** na panelu nástrojů *Network Analyst*. Otevře se dokovatelné okno *Network Analyst*. Když jsou z panelu nástrojů vytvořeny vrstvy síťové analýzy, tak jsou automaticky asociovány s aktivním síťovým datasetem.
8. Ujistěte se, že je aktivní správný síťový dataset. Aktivní síťový dataset je specifikovaný v nabídkovém menu **Network Dataset** panelu nástrojů *Network Analyst*.
9. Na panelu nástrojů *Network Analyst* klikněte **Network Analyst > New Closest Facility**. Je vytvořena vrstva síťové analýzy a objeví se v obsahu a okně *Network Analyst*. Vrstva analýzy nejbližšího zařízení je složena z následujících tříd síťové analýzy: Zařízení (Facilities), Události (Incidents), Trasy (Routes), Bodové Bariéry (Point Barriers), Liniové Bariéry (Line Barriers) a Polygonové Bariéry (Polygon Barriers). Třídy jsou prázdné. Budete potřebovat vytvořit objekty síťové analýzy, aby měl řešitel dostatek informací pro vygenerování řešení.
10. Přidejte alespoň jedno zařízení a jednu událost do analýzy. Je tu několik možností, jak do vrstvy analýzy přidat objekty síťové analýzy. Nejčastějším způsobem je jejich vytvoření použitím **Create Network Locations Tool** nebo jejich nahráním z třídy prvků. Jsou zde dvě možnosti jak nahrát objekty síťové analýzy z třídy prvků: první používající funkci Load Location z ArcMap, druhá je za pomoci nástroje Add Locations tool.
11. Nastavte nebo změňte jakékoliv vlastnosti objektů síťové analýzy, které jste v posledním kroku přidali.
12. Pokud potřebujete upravit polohu zařízení nebo události, tak klikněte na panelu nástrojů *Network Analyst* **Select/Move Network Location Tool**.

13. Volitelně můžete přidat bodové, liniové nebo polygonové bariéry.
14. Otevřete dialogové okno *Layer Properties* pro vrstvu síťové analýzy.
15. Klikněte na tabulku **Analysis Settings**.
16. Nastavte vlastnosti pro vrstvu analýzy nejbližšího zařízení.
17. Klikněte **OK**.
18. Klikněte na tlačítko **Solve** na panelu nástrojů *Network Analyst*.

Pokud je analýza úspěšně vyřešena, tak je vytvořena jedna nebo více objektů tras ve třídě tras. [7]

### 1.2.5 Nalezení nejbližšího zařízení použitím nástroje geoprocessing

1. Zapněte ArcMap kliknutím **Start > All Programs > ArcGIS > ArcMap 10.0.**
2. V menu klikněte **Geoprocessing > Search For Tools**.
3. Ve vyhledávacím poli zadejte **Make Closest Facility Layer** a zmáčkněte **Enter**. Výsledky vyhledávání jsou vypsány v okně *Search*.
4. Klikněte na odkaz **Make Closest Facility Layer**, toto okno se následně otevře.
5. Specifikujte parametry v dialogovém okně.
6. Klikněte na **OK**. Je vytvořena vrstva analýzy nejbližšího zařízení.
7. Použijte nástroj **Add Locations** pro vytvoření objektů v různých třídách analýzy, které používá jako vstup do řešitele.
8. Zadejte **Solve** do vyhledávacího pole a stiskněte **Enter**. Výsledky se zobrazí v okně *Search*.

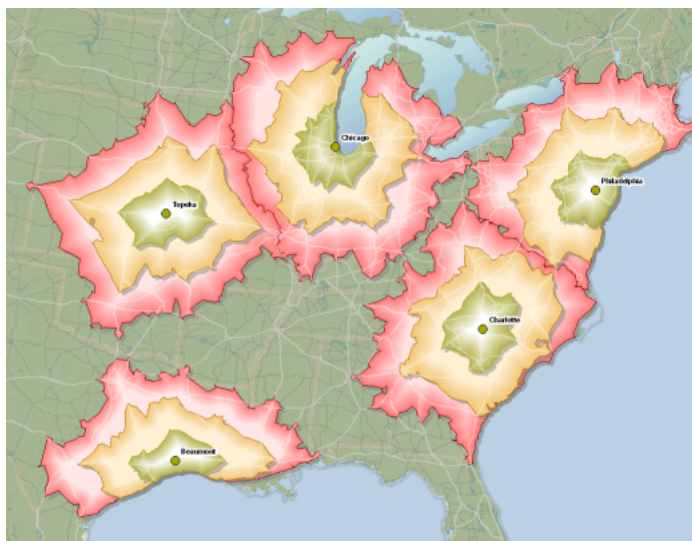
9. Klikněte na odkaz **Solve**, toto okno se následně otevře.
10. Specifikujte parametry v dialogovém okně. Parametr **Input network analysis layer** se musí nastavit na vrstvu nejbližšího zařízení, kterou jste vytvořili nástrojem Make Closest Facility Layer.
11. Klikněte **OK**. Analýza nejbližšího zařízení je vyřešena, pokud nedošlo k žádným chybám. [8]

## 1.3 Analýza oblasti služeb

### 1.3.1 Co je oblast služeb?

S pomocí ArcGIS Network Analyst najdete oblasti služeb v okolí libovolného místa v síti. Síťová oblast služeb je oblast, která zahrnuje všechny dostupné ulice (ulice, které leží ve stanovené impedanci). Například 5-ti minutová oblast služeb pro bod sítě zahrnuje všechny ulice, které mohou být dosaženy do 5-ti minut od uvedeného bodu.

Oblast služeb vytvořená pomocí Network Analyst také pomáhá hodnotit dostupnost. Soustředné oblasti služeb ukazují, jak se dostupnost mění s impedancí. Jakmile jsou oblasti služeb vytvořeny, tak je můžete využít k identifikování počtu lidí, rozlohy půdy nebo kvantity čehokoliv v sousedství nebo regionu. [9]



Obr. 1.21: Ukázka analýzy oblasti služeb [9]

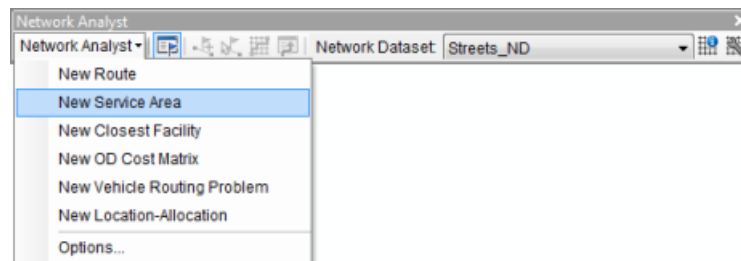
### 1.3.2 Vrstva analýzy oblasti služeb

Vrstva analýzy oblasti služeb ukládá vstupy, parametry a výsledky analýzy oblasti služeb.



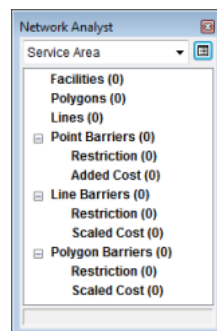
## Vytvoření vrstvy analýzy oblasti služeb

Kliknutím na panel nástrojů Network Analyst můžete vytvořit vrstvu analýzy oblasti služeb **Network Analyst > New Service Area**.



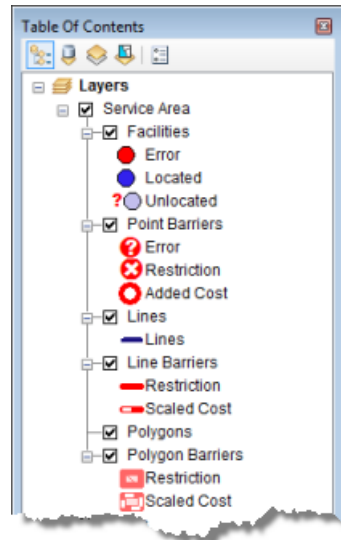
Obr. 1.22: Panel nástrojů Network Analyst pro novou oblast služeb [9]

Když vytvoříte novou vrstvu analýzy oblasti služeb, tak se vrstva zobrazí v okně **Network Analyst** společně se svými šesti třídami – Zařízení (Facilities), Linie (Lines), Polygony (Polygons), Bodové bariéry (Point Barriers), Liniové bariéry (Line Barriers) a Polygonové bariéry (Polygon Barriers).



Obr. 1.23: Okno Network Analyst se svými šesti třídami síťové analýzy pro oblast služeb [9]

Vrstva analýzy oblasti služeb se také zobrazí v okně obsahu jako složená vrstva, která je pojmenována Service Area nebo pokud už v mapovém dokumentu existuje oblast služeb se stejným názvem, tak se vrstvy číslují (Service Area 1, Service Area 2 atd.). Vrstev analýzy je šest, každá z šesti vrstev prvků má standardní symbologii, která může být měněna v dialogovém okně **Layer Properties**. [9]



Obr. 1.24: Okno obsahu složené vrstvy analýzy oblasti služeb [9]

### 1.3.3 Třídy analýzy oblasti služeb

Přehled každé třídy a její popis následuje v následujících kapitolách.

#### Třída zařízení

Tato třída síťové analýzy ukládá umístění v síti, která jsou použita jako zařízení v analýze oblasti služeb. Vrstva prvků zařízení má tři výchozí symboly – Located, Unlocated a Error. Můžete modifikovat symbologii vrstvy zařízení v dialogovém okně *Layer Properties*.

Když je vytvořena nová vrstva analýzy oblasti služeb, tak je třída zařízení prázdná. Třída je naplněna pouze, když jsou přidána umístění v síti. Pro vyřešení analýzy je nutné minimálně jedno zařízení.

#### Vlastnosti třídy zařízení

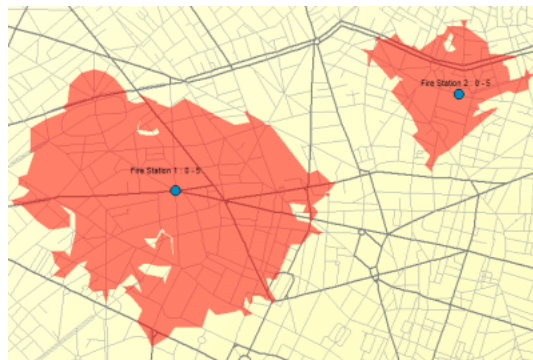
Vstupní pole zařízení:

- **ObjectID** – Systémem přiřazené ID.
- **Shape** – Pole geometrie označující geografickou polohu objektu síťové analýzy.
- **Name** – Jméno objektu síťové analýzy.

- **Attr\_[Impedance]** (například Attr\_Minutes, kde jsou minuty impedancí) – Toto pole ukládá hodnotu impedance pro síťové umístění. Přidáním hodnoty do tohoto pole redukuje dosah oblasti služeb.

Například pokud hledáte oblasti služeb pro tři zařízení za použití času jízdy jako impedance, pole Attr\_DriveTime může být použito k uložení množství času stráveného v zařízení.

Například, když počítáte oblasti služeb, které reprezentují čas odevzy jednotlivých hasičských stanic, Attr\_DriveTime může ukládat čas odevzy, což je čas, který zabere posádce si obléci vhodné ochranné oblečení a odjet ze stanice. Předpokládejme, že Fire Station 1 má čas odevzy dvě minuty a Fire Station 2 má čas odevzy tři minuty. Pokud je spočtena pětiminutová oblast služeb pro obě stanice, tak aktuální oblast služeb pro Fire Station 1 bude tři minuty (jelikož dvě z pěti minut budou počítány jako čas odevzy). Podobně Fire Station 2 bude mít aktuální oblast služeb pouze dvě minuty.



Obr. 1.25: Vliv časové odevzy na výpočet oblasti služeb [9]

- **Breaks\_[Impedance]** (například Breaks\_DriveTime, kde je čas jízdy impedancí) – Můžete ukládat rozdílné hodnoty hranic polygonů pro každé zařízení oblasti služeb v poli Breaks\_[Impedance]. To znamená, že když máte dvě zařízení, tak můžete generovat 5-ti, 10-ti a 15-ti minutové polygony oblastí služeb pro jedno zařízení a 3, 6-ti, 9-ti, 12-ti a 15-ti minutové polygony oblastí služeb pro druhé zařízení.





Obr. 1.28: Odjezd ze zařízení z pravé strany vozidla [9]

- Left side of vehicle (2) – Oblast služeb může začít nebo skončit v zařízení tak, že je nalevo od vozidla.



Obr. 1.29: Odjezd ze zařízení z levé strany vozidla [9]

- No U-turn (3) – Pro oblast služeb je toto pole stejné jako Either side of vehicle.

#### Vstupní/výstupní parametry zařízení:

- **Status** – Toto pole je omezeno oborem hodnot, což je vypsáno níže (kódové hodnoty jsou zapsány v závorkách).
  - **OK** (0) – Umístění v síti je platné.
  - **Not Located** (1) – Umístění v síti nemůže být stanoveno.
  - **Network element not located** (2) – Síťový prvek, na němž má být síťové umístění, nemůže být nalezen. Toto se může objevit, když je vymazána hrana sítě a umístění v síti není přepočítáno.

Po vyřešení operace se může status změnit na některou z následujících hodnot:

- **OK** (0) – Umístění v síti bylo úspěšně vyhodnoceno.
- **Element not traversable** (3) – Síťový element, na kterém je síťové umístění, není průchozí. Toto se může objevit, pokud je síťový element zakázán atributem omezení.

- **Invalid field values** (4) – Pole hodnot síťového umístění spadají mimo označenou vrstvu nebo rozsah. Například může existovat záporné číslo, když jsou požadována čísla kladná.
- **Not reached** (5) – Síťové umístění nemůže být řešitelem dosaženo.

### Třída polygonů

Třída polygonů síťové analýzy ukládá výsledné polygony oblasti služeb. Tak jako ostatní vrstvy prvků je symbologii možné nalézt a měnit z dialogového okna *Layer Properties*.

Když je vytvořena nová vrstva analýzy oblasti služeb, je třída polygonů prázdná. Třída je naplněna pouze když je vyřešena vrstva analýzy. Jakmile je oblast služeb spočtena, jsou polygony uloženy ve vrstvě prvků a jsou vypsány v okně *Network Analyst*.

### Vlastnosti třídy polygonů

Výstupní pole polygonů:

- **ObjectID** – Systémem přiřazené ID.
- **Shape** – Geometrie polygonu, která je interně uložená.
- **Name** – Jméno polygonu oblasti služeb je založeno na jméně asociovaného zařízení a rozsahu hranic, například Graphic Pick 1: 0.0 – 5.0 by reprezentovalo polygon, který pokrývá všechny průchozí hrany v časové vzdálenosti pěti minut od zařízení (Graphic Pick 1).
- **FacilityID** – Unikátní ID asociovaného zařízení.
- **FromBreak** – Dolní hranice z rozmezí hranic polygonů.
- **ToBreak** – Horní hranice z rozmezí hranic polygonů.

## Třída linií

Třída linií ukládá výslednou oblast služeb jako lineární prvky a reprezentuje hrany sítě, které mohou být dosaženy v dané impedanci. Linie jsou pravdivější reprezentací oblasti služeb, jelikož je oblast služeb založená na měřeních po síti.

Linie oblasti služeb nejsou jako výchozí generovány během analýzy oblasti služeb, můžete si vybrat, aby se vygenerovaly. Zaškrtněte **Generate Lines** v záložce **Line Generation** dialogového okna **Layer Properties** vrstvy analýzy oblasti služeb.

Vrstva prvků linií oblasti služeb může být symbolizována stejným způsobem jako ostatní liniové prvky vrstvy.

## Vlastnosti třídy linií

### Výstupní pole linií:

- **ObjectID** – Systémem přiřazené ID.
- **Shape** – Pole geometrie linie, která je interně uložena.
- **FacilityID** – Unikátní ID asociovaného zařízení.
- **FromCumul\_[Impedance]** (například **FromCumul\_Miles**, kde jsou míle impedancí) – Pole obsahuje kumulativní cenu cesty ze zařízení k počátku tohoto liniového prvku. Impedance přilehlého uzlu na začátku linie je zahrnuta v této hodnotě. Toto pole je generováno pro atribut impedance a jakýkoliv akumulací atribut.
- **ToCumul\_[Impedance]** (například **ToCumul\_Miles**, kde jsou míle impedancí) – Pole obsahuje kumulativní cenu cesty ze zařízení ke konci tohoto liniového prvku. Impedance přilehlého uzlu na konci linie je zahrnuta v této hodnotě. Toto pole je generováno pro atribut impedance a jakýkoliv akumulací atribut.
- **SourceID** – Každá linie oblasti služeb prochází prvkem ze zdroje síťové třídy prvků. Toto pole specifikuje unikátní ID třídy prvků zdroje, kterého je prvek součástí. Pole **SourceID** je udáno pouze tehdy, pokud je zaškrtnuto pole

**Include Network Source Fields** před samotným řešením. Zaškrtačací políčko **Include Network Source Fields** je na záložce **Line Generation** dialogového okna *Layer Properties*.

- **SourceOID** – ObjectID podkladového zdroje prvků, který je procházen oblastí služeb. Pole SourceOID je udáno pouze tehdy, pokud je zaškrtnuto pole **Include Network Source Fields** před samotným řešením. Zaškrtačací políčko **Include Network Source Fields** je na záložce **Line Generation** dialogového okna **Line Properties**.
- **FromPosition** – Specifikuje, kde na podkladovém zdroji prvků linie oblasti služeb začíná.
  - Hodnota 0 indikuje, že linie oblasti služeb začíná na bodě from-point podkladového zdroje prvků.
  - Hodnota 1 indikuje, že linie oblasti služeb začíná na bodě to-point podkladového zdroje prvků.
  - Hodnota mezi 0 a 1 indikuje, že linie začíná na bodě podél podkladového zdroje prvků, například hodnota 0.25 znamená, že linie začíná po 25-ti procentech digitalizovaného směru podkladového zdroje prvků.

Pole FromPosition je udáno pouze tehdy, pokud je zaškrtnuto pole **Include Network Source Fields** před samotným řešením. Zaškrtačací políčko je na záložce **Line Generation** dialogového okna *Line Properties*.

- **ToPosition** – Specifikuje, kde na podkladovém zdroji prvků linie oblasti služeb končí.
  - Hodnota 0 indikuje, že linie oblasti služeb končí na bodě from-point podkladového zdroje prvků.
  - Hodnota 1 indikuje, že linie oblasti služeb končí na bodě to-point podkladového zdroje prvků.



- Hodnota mezi 0 a 1 indikuje, že linie končí na bodě podél podkladového zdroje prvků, například hodnota 0.25 znamená, že linie začíná po 25-ti procentech digitalizovaného směru podkladového zdroje prvků.

Pole `ToPosition` je udáno pouze tehdy, pokud je zaškrtnuto pole **Include Network Source Fields** před samotným řešením. Zaškrťovací políčko je na záložce **Line Generation** dialogového okna **Line Properties**.

### Třída bodových, liniových a polygonových bariér

Bariéry slouží k dočasnému zákazu, přidání impedance a určení rozsahu impedance na částech sítě. Když je vytvořena nová vrstva síťové analýzy, jsou třídy bariéry prázdné. Třídy jsou naplněny pouze, když přidáte objekty, přidávání bariér ale není nutné.

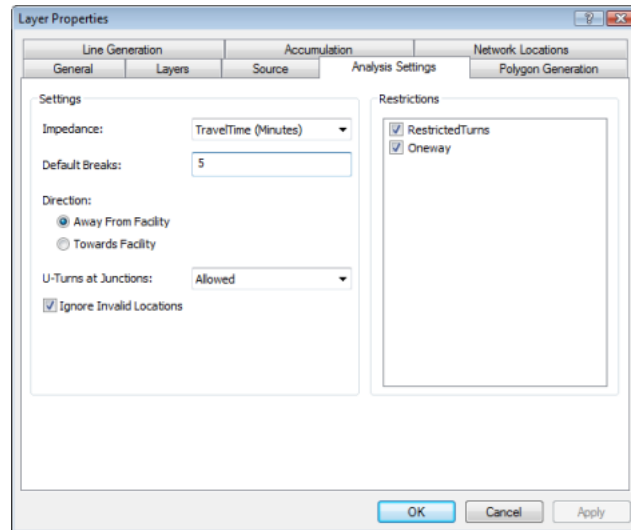
Bariéry jsou dostupné ve všech vrstvách síťové analýzy, proto jsou popsány v samostatném tématu (viz kapitola analýza trasy). [9]

### 1.3.4 Parametry analýzy oblasti služeb

Parametry analýzy jsou nastaveny v dialogovém okně **Layer Properties** pro vrstvu analýzy. Dialogové okno může být dosažitelné různými možnostmi.

#### Záložka nastavení **Analysis Settings**

Následující podsekcce popisují parametry, které můžete nastavit ve vrstvě analýzy. Můžete je nalézt na záložce **Analysis Settings** dialogového okna **Layer Properties**.



Obr. 1.30: Záložka nastavení analýzy pro oblast služeb [9]

## Impedance

Jakýkoliv cenový atribut, který je při určování oblasti služeb minimalizován, může být zvolen jako impedance. Například zvolením atributu minut dostaneme oblast služeb založenou na čase.

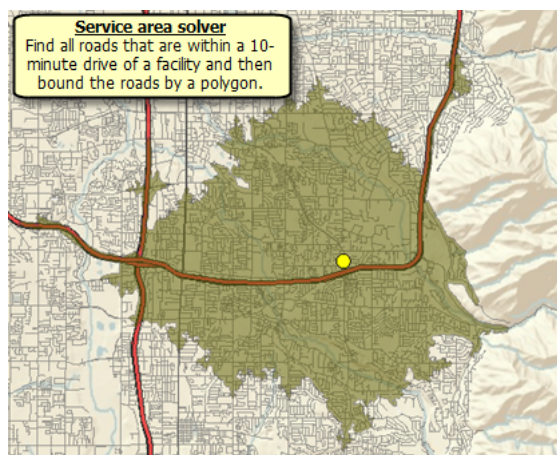
## Restrictions

Můžete vybrat, která omezení budou respektována při řešení analýzy. Omezení jako je jednosměrnost, může být použito pro vozidla, která musí tato pravidla dodržovat (jako jsou nepohotovostní vozidla). Pokud váš síťový dataset obsahuje dodatečné atributy omezení, jako je výškový nebo váhový limit, tak je můžete použít.

Atributy omezení mohou být také použity ve spojení s dynamickými atributy. Například může být zakázána hrana, pokud je výška vozidla větší než výška tunelu.

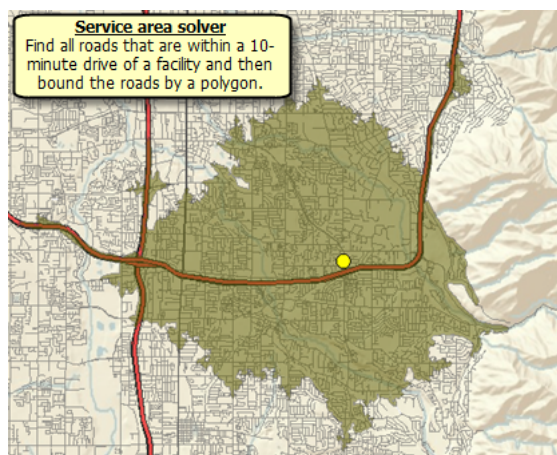
## Default Breaks

Rozsah oblasti služeb, který se má spočítat je specifikován polem **Default Breaks**. Například výchozí hranice 10 vytvoří oblast služeb o 10-ti jednotkách (například míle nebo minuty) od zařízení. Jednotky jsou určeny cenovým atributem vybraným pro pole **Impedance**.



Obr. 1.31: Ukázka rozsahu služeb pro oblast služeb [9]

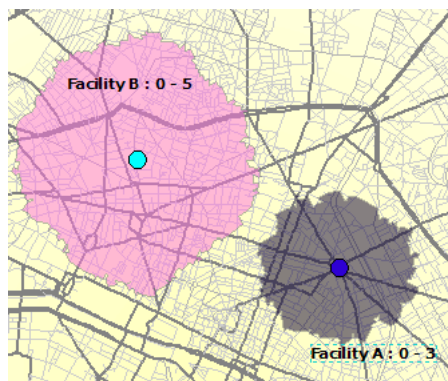
Pole **Default Breaks** je použito, když hodnota pole zařízení `Breaks_[Impedance]` je null. Předpokládejme, že máte dvě zařízení, **A** a **B**, pro které chcete nalézt oblast služeb za použití pole `DriveTime` (času jízdy) jako impedance. Zařízení **A** má hodnotu pole `Breaks_[Impedance]` (v tomto případě `Breaks_DriveTime`) rovno 3. Zařízení **B** nemá pro pole `Breaks_DriveTime` žádnou hodnotu. Když najdete oblast služeb s výchozím polygonem 5-ti minut, zařízení **B** bude mít 5-ti minutovou oblast služeb, ale zařízení **A** bude mít oblast služeb jen 3 minutovou.



Obr. 1.32: Ukázka zadání hranic polygonů pro oblast služeb [9]

Parametry výchozích hranic polygonů se přiřadí k hranicím zařízení, které nemají přiřazené individuální hodnoty hranic (uložené v poli `Break_[Impedance]`). Vícečetné hranice polygonů mohou být nastaveny pro vytvoření soustředných oblastí služeb. Například pokud chcete najít 2, 3, 5-ti minutovou oblast služeb pro stejné

zařízení, tak zadáte 2 3 5 v poli Default Polygons (čísla 2, 3 a 5 musí být oddělena mezerou).



Obr. 1.33: Ukázka zadání vícečetných hranic polygonů pro oblast služeb [9]

### Direction

Můžete si vybrat, zda chcete vytvořit oblast služeb akumulováním impedance ve směru pryč nebo k zařízení. Na síti s omezením jednosměrnosti a různými impedancemi založenými na směru trasy, to vyústí v různé oblasti služeb. Směr, který by jste si měli vybrat, záleží na povaze vaší analýzy oblasti služeb. Oblast služeb pro obchod s rozvozem pizzy, by například měla být generována směrem od zařízení, jelikož jsou pizzy rozváženy z provozovny k zákazníkovi. Alternativně nemocnice může vybrat opačný směr, jelikož urgentní částí cesty pro příchozího pacienta je čas dojezdu do nemocnice, ne jeho návrat domů.

### U-turns at Junctions

ArcGIS Network Analyst může umožnit otočky kdekoliv, nikde, pouze ve slepých uličkách, nebo pouze na křížení a ve slepých uličkách. Povolení otoček znamená, že se trasa může otočit na křižovatce a vrátit se zpět po stejné ulici.

### Ignore Invalid Locations

Toto pole vám umožní ignorovat neplatná síťová umístění a najít cestu pouze mezi platnými síťovými umístěními. Pokud tato možnost není zaškrtnuta a vy máte neumístěná síťová umístění, může řešení selhat. V obou případech jsou neplatná umístění v analýze ignorována.

## Záložka Polygon Generation

### Generate Polygons

Tato volba je zaškrtnuta jako výchozí. Odškrtnutí vám umožní spočítat oblast služeb bez generování polygonů. (Místo toho můžete zaškrtnout možnost **Generate Lines** na záložce **Line Generation** pro vytvoření linií oblasti služeb, nebo dokonce polygonů.)

### Polygon Type

Můžete si vybrat vytvoření upravených, generalizovaných nebo detailních polygonů.

- **Generalized** – Generalizované polygony jsou generovány rychle a jsou poměrně přesné, kromě roztřepených okrajů. Generalizování polygonů může vyústit v ostrůvky nedosažených prvků, které jsou přitom pokryty.
- **Detailed** – Detailní polygon modeluje oblast služeb více přesně a proto může vyústit v ostrůvky nedosažených oblastí. Očekávejte detailní polygony, jejichž generování ale trvá podstatně déle než u generalizovaných polygonů.
- **Trim** – Polygony obsahující hrany sítě na periferiích oblasti služeb mohou být upraveny tak, aby byly ve specifikované vzdálenosti od těchto vnějších hran sítě. Jako výchozí je tato hodnota nastavena na 100 metrů.

Pokud jsou vaše data z městské oblasti se sítí podobné mřížce, je rozdíl mezi generalizovanými a detailními polygony minimální. Ale pro silnice v hornatém terénu nebo na venkově mohou detailní polygony reprezentovat značně větší přesnost výsledků než generalizované polygony.

### Volba Multiple Facilities

Jsou zde tři možnosti pro generování polygonů pro vícečetná zařízení:

- **Overlapping** – Tato volba vytvoří individuální polygony pro každé zařízení. Polygony mohou překrývat jeden druhý.
- **Not overlapping** – Tato volba vytvoří individuální polygony, které jsou nejbližší pro každé zařízení. Polygony nepřekrývají jeden druhý.

- **Merge by break value** – Tato volba spojí polygony od více zařízení, které mají stejné hodnoty hranic.

### Overlap Type

Můžete si vybrat mezi vytvořením soustředné oblasti služeb jako je disk nebo kroužek:

- **Rings** – Kroužky neobsahují oblast menších hranic. Toto vytvoří polygony mezi zadanými hranicemi.
- **Disks** – Disky jsou polygony, které jdou od zařízení k hranici. Pokud vytvoříte 5-ti a 10-ti minutovou oblast služeb, tak polygon 10-ti minutové oblasti služeb bude obsahovat také oblast pod 5-ti minutovou oblastí služeb, tak jako oblast služeb do 5-ti minut bude obsahovat oblast do 10-ti minut.

### Exclude Sources

Tato volba k vyřazení zdroje třídy prvků z generování oblasti služeb je možná pro analýzu oblasti služeb na multimodálních sítích. Geometrie prvků ve vyřazených hranách síťových zdrojů je vynechána ze všech polygonů oblasti služeb.

Například při tvorbě oblasti služeb odjezdního času v multimodální síti můžete vybrat vyřazení železničních linií z generování polygonů, aby jste správně modelovali, kde mohou vozidla cestovat (protože automobil nemůže jet po kolejích). Když nejsou zdroje železnic zahrnuty, pak mohou nepoužité linie železnic zapříčinit nedosažené oblasti služeb.

Vynechání síťového zdroje z polygonů oblasti služeb nebrání v tom, aby byly i tyto zdroje použity. Vynechání zdrojů z polygonů oblasti služeb pouze ovlivní tvar polygonu oblasti služeb. Pokud chcete bránit použití daného síťového zdroje, tak musíte vytvořit vhodná omezení při definování vašeho síťového datasetu.

### Záložka Generate Lines

#### Generate Lines

Zaškrtačací pole **Generate Lines** vám umožní vytvořit linie oblasti služeb založené na prvcích, které spadají do zadané impedance. Toto pole je ve výchozím nastavení

nezaškrtnuté.

### Generate Measures

Zaškrtněte toto pole pro vytvoření měření pro linie oblasti služeb. To přidá lineárně referencovanou informaci do výstupu linií jako pomoc při využití linií oblasti služeb pro funkce, jako je dynamická segmentace událostí.

### Split Lines At Breaks

Zaškrtněte toto pole pro rozdělení linií, které se kříží s hranicemi, do dvou linií.

### Zahrnutí Network Source Fields

Přidá SourceID, SourceOID, FromPosition a ToPosition hodnoty vstupních prvků, které jsou použity hranami oblasti služeb. To umožní jednoduché spojení výsledků linií oblasti služeb s původním zdrojem dat.

### Volba Overlap

Můžete si vybrat, zda se linie mají či nemají překrývat. Pokud vyberete **Overlapping** a pokud mají dvě zařízení linie oblasti služeb shodné, tak jsou zde dva prvky, každý pro jedno zařízení linie oblasti služeb. Pokud si vyberete **Not Overlapping**, pak je tu pouze jedna linie oblasti služeb, která je asociována s nejbližším zařízením (s nejnižší impedancí).

### Záložka Accumulation

Na záložce **Accumulations** můžete vybrat cenové atributy ze síťového datasetu, aby byly akumulovány na objektu trasy. Tyto akumulací atributy jsou pouze informativní; řešitel používá pouze cenový atribut specifikovaný polem **Impedance** ve vrstvě analýzy.

Pro každý cenový atribut, který je akumulován, jsou k výstupním liniím přidána dvě pole FromCumul\_<sub>[Impedance]</sub>, a ToCumul\_<sub>[Impedance]</sub>.

## Záložka Network Locations

Parametry na záložce Network Locations jsou použity pro nalezení síťových umístění a nastavují hodnoty pro své vlastnosti. [9]

### 1.3.5 Nalezení oblasti služeb v ArcMap

Kroky:

1. Zapněte ArcMap kliknutím na **Start > All Programs > ArcGIS > Arc-Map 10.0.**.
2. Povolte extenzi Network Analyst.
3. Klikněte na tlačítko **Catalog window** na panelu nástrojů *Standard*. Otevře se dokovatelné okno *Catalog*.
4. Při použití okna *Catalog* přejděte na umístění síťového datasetu a přetáhněte ho do mapového okna nebo do obsahu. Pokud ještě neexistuje spojení se složkou, které obsahuje síťový dataset, tak můžete jeden vytvořit kliknutím na tlačítko **Connect To Folder** nebo zadejte cestu ke složce do textového pole **Location**. Otevře se dialogové okno *Adding Network Layer*.
5. Klikněte na **No**, abyste do mapy přidali pouze síťový dataset. Volitelně můžete kliknout na **Yes** pro přidání síťového datasetu a všech jeho zdrojových tříd prvků do mapy. Síťový dataset je do ArcMap přidán jako síťová vrstva.
6. Pokud se vám nezobrazuje panel nástrojů *Network Analyst*, klikněte **Customize > Toolbars > Network Analyst**. Do ArcMap se vám potom přidá panel nástrojů *Network Analyst*.
7. Pokud se vám nezobrazuje okno *Network Analyst*, klikněte na tlačítko **Show/Hide Network Analyst Window** na panelu nástrojů *Network Analyst*. Otevře se dokovatelné okno *Network Analyst*. Když jsou z panelu nástrojů vytvořeny vrstvy síťové analýzy, tak jsou automaticky asociovány s aktivním síťovým datasetem.



8. Ujistěte se, že je aktivní správný síťový dataset. Aktivní síťový dataset je specifikovaný v nabídkovém menu **Network Dataset** panelu nástrojů **Network Analyst**.
9. Na panelu nástrojů **Network Analyst** klikněte **Network Analyst > New Service Area**. Je vytvořena vrstva síťové analýzy a objeví se v obsahu a okně **Network Analyst**. Vrstva analýzy oblasti služeb je složena z následujících tříd síťové analýzy: Zařízení (Facilities), Polygony (Polygong), Linie (Lines), Bodové Bariéry (Point Barriers), Liniové Bariéry (Line Barriers) a Polygonové Bariéry (Polygon Barriers). Třídy jsou prázdné. Budete potřebovat vytvořit objekty síťové analýzy, aby měl řešitel dostatek informací pro vygenerování řešení.
10. Přidejte alespoň jedno zařízení do analýzy. Je tu několik možností, jak do vrstvy analýzy přidat objekty síťové analýzy. Nejčastějším způsobem je jejich vytvoření použitím **Create Network Locations Tool** nebo jejich nahráním z třídy prvků. Jsou zde dvě možnosti jak nahrát objekty síťové analýzy z třídy prvků: první používající funkci Load Location z ArcMap, druhá je za pomoci nástroje Add Locations tool.
11. Nastavte nebo změňte jakékoliv vlastnosti objektů síťové analýzy, které jste v posledním kroku přidali.
12. Pokud potřebujete upravit polohu zařízení, tak klikněte na panelu nástrojů **Network Analyst Select/Move Network Location Tool**.
13. Volitelně můžete přidat bodové, liniové nebo polygonové bariéry.
14. Otevřete dialogové okno **Layer Properties** pro vrstvu síťové analýzy.
15. Klikněte na tabulku **Analysis Settings**.
16. Nastavte vlastnosti pro vrstvu analýzy oblasti služeb.
17. Pokud chcete generovat oblasti služeb jako polygony, klikněte na záložku **Polygon Generation** a nastavte vlastnosti tak, aby se v analýze použily.

18. Pokud chcete generovat oblasti služeb jako linie, klikněte na záložku **Line Generation** a nastavte vlastnosti tak, aby se v analýze použily.
19. Klikněte **OK**.
20. Klikněte na tlačítko **Solve** na panelu nástrojů *Network Analyst*.

Pokud analýza proběhla úspěšně, jeden nebo více polygonů a (nebo) liniových objektů bylo vytvořeno v jejich odpovídajících třídách síťové analýzy a výstupní pole zařízení byla aktualizována pro zobrazení výsledků. [10]

### 1.3.6 Nalezení oblasti služeb použitím nástroje geoprocessing

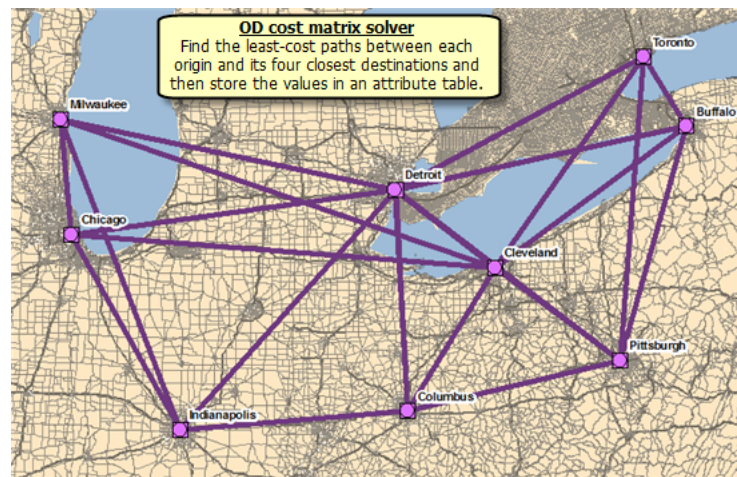
1. Zapněte ArcMap kliknutím **Start > All Programs > ArcGIS > ArcMap 10.0..**
2. V menu klikněte **Geoprocessing > Search For Tools**.
3. Ve vyhledávacím poli zadejte **Make Service Area Layer** a zmáčkněte **Enter**. Výsledky vyhledávání jsou vypsány v okně *Search*.
4. Klikněte na odkaz **Make Service Area Layer**, toto okno se následně otevře.
5. Specifikujte parametry v dialogovém okně.
6. Klikněte na **OK**. Je vytvořena vrstva analýzy oblasti služeb.
7. Použijte nástroj **Add Locations** pro vytvoření objektů v různých třídách analýzy, které používá jako vstup do řešitele.
8. Zadejte **Solve** do vyhledávacího pole a stiskněte **Enter**. Výsledky se zobrazí v okně *Search*.
9. Klikněte na odkaz **Solve**, toto okno se následně otevře.
10. Specifikujte parametry v dialogovém okně. Parametr **Input network analysis layer** se musí nastavit na vrstvu oblasti služeb, kterou jste vytvořili nástrojem **Make Service Area Layer**.

11. Klikněte **OK**. Analýza oblasti služeb je vyřešena, pokud nedošlo k žádným chybám. [11]

## 1.4 Analýza OD cenové matice

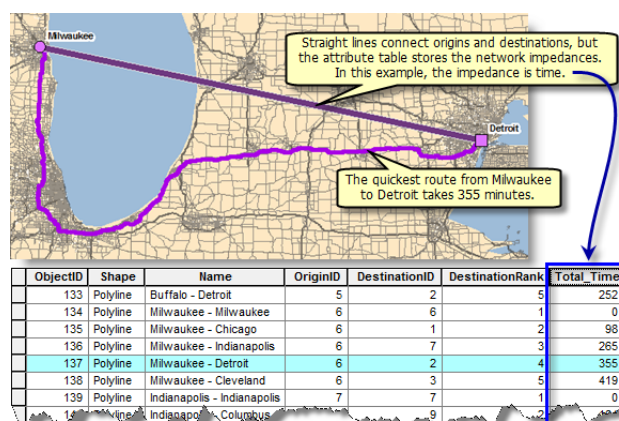
OD cenová matice nachází a měří nejlevnější cesty v celé síti z několika počátků do několika cílů. Když OD cenovou matici nastavujete, tak můžete specifikovat počet cílů, které se mají nalézt a maximální délku, která se má hledat.

Na obrázku níže našla OD cenová matice nejlevnější cesty z každého počátku do čtyř nejbližších cílů. Výstupní grafický tvar byl nastaven na přímé spojnice.



Obr. 1.34: Ukázka analýzy OD cenové matice [12]

I když řešitel OD cenové matice nemá za výsledek linie, které sledují síť, hodnota, která se uloží v atributu linií, reflektuje vzdálenost v síti, ne přímou spojnicí.



Obr. 1.35: Ukázka analýzy OD cenové matice [12]

Řešitelé nejbližšího zařízení a OD cenové matice provádí velmi podobnou analýzu, hlavní rozdíl je ve výpočetní rychlosti a ve výstupu. OD cenová matice generuje výsledky rychleji, ale nedokáže vrátit pravý tvar tras a jejich směry. OD cenová matice

je navržena pro rychlé řešení velkých  $M \times N$  problémů a z tohoto důvodu interně neobsahuje informace potřebné pro generování tvaru tras a jejich směrů. Alternativně řešitel nejbližšího zařízení vrací trasy a směry, ale analýzu provádí pomaleji než řešitel OD cenové matice. Pokud potřebujete směry a pravý tvar trasy, tak použijte řešitele nejbližšího zařízení; jinak použijte řešitele OD cenové matice pro zredukování výpočetního času.

Výsledky analýzy OD cenové matice se často stanou vstupem pro další prostorové analýzy, kde je síťová cena více odpovídající než cena přímé linie. Například předvídání pohybu lidí v určeném prostředí je lepší modelovat se síťovými náklady, poněvadž lidé mají tendenci cestovat po silnicích a cestách.

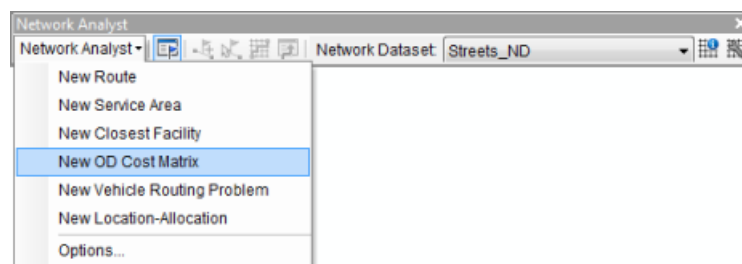
Tvorba OD cenové matice následuje stejný postup jako ostatní síťové analýzy. [12]

### 1.4.1 Vrstva analýzy OD cenové matice

Vrstva analýzy OD cenové matice ukládá všechny vstupy, parametry a výstupy analýzy OD cenové matice.

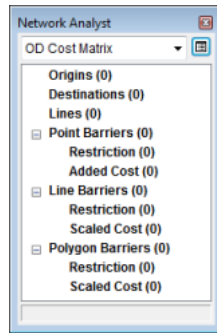
#### Tvorba vrstvy analýzy OD cenové matice

Můžete vytvořit vrstvu analýzy OD cenové matice z panelu nástrojů *Network Analyst* kliknutím na **Network Analyst > New OD Cost Matrix**.



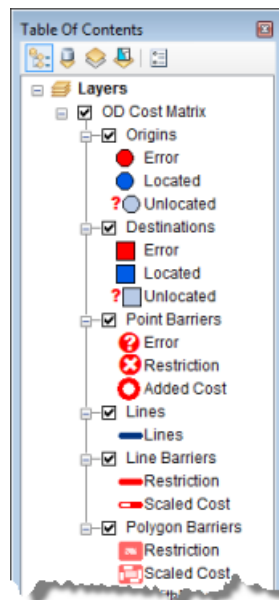
Obr. 1.36: Panel nástrojů Network Analyst pro analýzu OD cenové matice

Když vytvoříte vrstvu analýzy OD cenové matice, tak se zobrazí v okně *Network Analyst* spolu se svými šesti třídami síťové analýzy – Počátky (Origins), Cíle (Destinations), Linie (Lines), Bodové Bariéry (Point Barriers), Liniové Bariéry (Line Barriers) a Polygonové Bariéry (Polygon Barriers).



Obr. 1.37: Okno Network Analyst se svými třídami síťové analýzy OD cenové matice [12]

Analýza OD cenové matice se také zobrazí v obsahu jako kompozitní vrstva, která je pojmenovaná OD Cost Matrix nebo, pokud už vrstva s tímto jménem v mapovém dokumentu existuje, OD Cost Matrix 1 (následně OD Cost Matrix 2, atd.). Je zde šest vrstev prvků – Počátky (Origins), Cíle (Destinations), Linie (Lines), Bodové Bariéry (Point Barriers), Liniové Bariéry (Line Barriers) a Polygonové Bariéry (Polygon Barriers). Každá ze šesti vrstev prvků má výchozí symbologii, která může být měněna v dialogovém okně *Layer Properties*.



Obr. 1.38: Okno obsahu složené vrstvy analýzy OD cenové matice [12]

## 1.4.2 Třídy analýzy OD cenové matice

Vrstva analýzy OD cenové matice se skládá ze šesti tříd síťové analýzy. Přehled každé třídy a popis jejích vlastností je popsán níže.

### Třída počátků

Třída síťové analýzy ukládá síťová umístění, která fungují jako počáteční body při generování cest do daných cílů.

Když je analýza OD cenové matice vytvořena, je třída počátků prázdná. Třída je naplněna pouze, když jsou do ní přidána síťová umístění. Pro vyřešení analýzy je nutný minimálně jeden počátek a jeden cíl.

### Vlastnosti třídy počátků

Vstupní pole počátků:

- **ObjectID** – Systémem přiřazené ID.
- **Shape** – Pole geometrie označující geografickou polohu objektu síťové analýzy.
- **Name** – Jméno objektu síťové analýzy.
- **TargetDestinationCount** – Toto pole ukládá počet cílů, které musí být pro počátek nalezeny. Pokud je hodnota tohoto pole null, tak analýza použije počet cílů, které má nalézt ze záložky **Analysis Settings** v dialogovém okně *Layer Properties*.
- **Cutoff\_[Impedance]** (například Cutoff\_DriveTime, kde je čas jízdy impedancí) – Toto pole vám umožní limitovat jak daleko bude OD cenová matice hledat cíl. Jakýkoliv cíl za mezní hodnotou nebude brán v potaz. Pokud není Cutoff\_[Impedance] nastavena pro počátek, tak analýza použije výchozí mezní hodnotu nastavenou v záložce **Analysis Settings** v dialogovém okně *Layer Properties*. Pokud zde také není mezní hodnota nastavena, pak budou pro analýzu použity všechny cíle.

- Pole síťového umístění (**SourceID**, **SourceOID**, **PosAlong**, **SideOfEdge**)
  - Dohromady tato čtyři pole popisují bod v síti, kde je objekt umístěn.
- **CurbApproach** – Toto pole vám umožní specifikovat, na které straně vozidla chcete mít zařízení, když k němu přijedete nebo když od něj odjíždíte. Můžete použít **Right side of vehicle** (1) nebo **Left side of vehicle** (2) pro jakoukoliv analýzu, která požaduje po vozidlu, aby k zařízení přijelo pouze z jedné strany. Pokud je příjezd nebo odjezd k zařízení povolen z obou stran, tak použijte výchozí hodnotu **Either side of vehicle** (0). Pro analýzu OD cenové matice je hodnota funkce pro **No U-turn** (3) stejná jako pro obě strany vozidla.

#### Vstupní/výstupní pole počátků:

- **Status** – Toto pole je omezeno oborem hodnot, což je vypsáno níže (kódové hodnoty jsou zapsány v závorkách).
  - **OK** (0) – Umístění v síti je platné.
  - **Not Located** (1) – Umístění v síti nemůže být stanoveno.
  - **Network element not located** (2) – Síťový prvek, na němž má být síťové umístění, nemůže být nalezen. Toto se může objevit, když je vymazána hrana sítě a umístění v síti není přepočítáno.

Po vyřešení operace se může status změnit na některou z následujících hodnot:

- **OK** (0) – Umístění v síti bylo úspěšně vyhodnoceno.
- **Element not traversable** (3) – Síťový element, na kterém je síťové umístění, není průchozí. Toto se může objevit, pokud je síťový element zakázán atributem omezení.
- **Invalid field values** (4) – Pole hodnot síťového umístění spadají mimo označenou vrstvu nebo rozsah. Například může existovat záporné číslo, když jsou požadována čísla kladná.
- **Not reached** (5) – Síťové umístění nemůže být řešitelem dosaženo.



## Třída cílů

Třída síťové analýzy ukládá síťová umístění, která fungují jako koncové body v generování cest z daných počátků.

Když je vytvořena analýza OD cenové matice, je třída cílů prázdná. Třída je naplněna pouze, když jsou do ní přidána síťová umístění. Pro vyřešení analýzy je nutný minimálně jeden počátek a jeden cíl.

## Vlastnosti třídy cílů

### Vstupné pole cílů:

- **ObjectID** – Systémem přiřazené ID.
- **Shape** – Pole geometrie označující geografickou polohu objektu síťové analýzy.
- **Name** – Jméno objektu síťové analýzy.
- Pole síťového umístění (**SourceID**, **SourceOID**, **PosAlong**, **SideOfEdge**) – Dohromady tato čtyři pole popisují bod v síti, kde je objekt umístěn.
- **CurbApproach** – Toto pole vám umožní specifikovat, na které straně vozidla chcete mít zařízení, když k němu přijedete nebo když od něj odjíždíte. Můžete použít **Right side of vehicle** (1) nebo **Left side of vehicle** (2) pro jakoukoliv analýzu, která požaduje po vozidlu, aby k zařízení přijelo pouze z jedné strany. Pokud je příjezd nebo odjezd ze zařízení povolen z obou stran, tak použijte výchozí hodnotu **Either side of vehicle** (0). Pro analýzu OD cenové matice je hodnota funkce pro **No U-turn** (3) stejná jako pro obě strany vozidla.

### Vstupní/výstupní pole cílů:

- **Status** – Toto pole je omezeno oborem hodnot, což je vypsáno níže (kódové hodnoty jsou zapsány v závorkách).
  - **OK** (0) – Umístění v síti je platné.
  - **Not Located** (1) – Umístění v síti nemůže být stanoveno.

- **Network element not located** (2) – Síťový prvek, na němž má být síťové umístění, nemůže být nalezen. Toto se může objevit, když je vymazána hrana sítě a umístění v síti není přepočítáno.

Po vyřešení operace se může status změnit na některou z následujících hodnot:

- **OK** (0) – Umístění v síti bylo úspěšně vyhodnoceno.
- **Element not traversable** (3) – Síťový element, na kterém je síťové umístění, není průchozí. Toto se může objevit, pokud je síťový element zakázán atributem omezení.
- **Invalid field values** (4) – Pole hodnot síťového umístění spadají mimo označenou vrstvu nebo rozsah. Například může existovat záporné číslo, když jsou požadována čísla kladná.
- **Not reached** (5) – Síťové umístění nemůže být řešitelem dosaženo.

## Třída linií

Třída linií síťové analýzy ukládá informace o výsledných cestách vedoucích z počátků do cílů. Jako u jiných vrstev prvků je symbolologie dosažitelná a měnitelná z dialogového okna **Layer Properties**.

Třída linií je třídou pouze výstupní; třída je prázdná dokud není analýza kompletní. Poněvadž analýza OD cenové matice má tendenci mít za výsledek množství linií, nejsou liniové objekty v okně **Network Analyst** zobrazené; je zobrazen jen určitý počet linií. Všechny linie si můžete individuálně projít v atributové tabulce liniové třídy prvků.

Když si vyberete, aby se linie ve vrstvě analýzy OD cenové matice zobrazily, tak se zobrazí jako přímé linie. Linie jsou generalizované, ale jejich cenové atributy vždy odpovídají nejlevnější síťové cestě.

## Vlastnosti třídy linií

Výstupní pole linií:

- **ObjectID** – Systémem přiřazené ID.

- **Shape** – Pole geometrie označující geografickou polohu objektu síťové analýzy.
- **Name** – Jméno objektu síťové analýzy.
- **OriginID** – Unikátní ID linie asociované s počátkem.
- **DestinationID** – Unikátní ID linie asociované s cílem.
- **DestinationRank** – Pořadí cíle vzhledem ke všem cílům pro daný počátek. Cíl, který je nejbližší k počátku, má pořadí 1.
- **Total\_ [Impedance]** (například Total\_ Minutes, kde jsou minuty impedancí) – Kumulativní cena trasy mezi daným počátkem a cílem. Toto pole je generováno pro atribut impedance a jakýkoliv akumulací atribut.

### Třída bodových, liniových a polygonových bariér

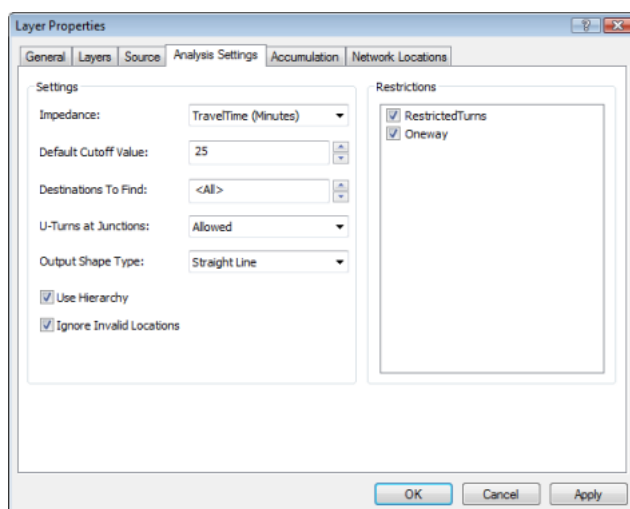
Bariéry slouží k dočasnému zákazu, přidání impedance a určení rozsahu impedance na částech sítě. Když je vytvořena nová vrstva síťové analýzy, jsou třídy bariéry prázdné. Třídy jsou naplněny pouze když přidáte objekty, přidávání bariér ale není nutné.

Bariéry jsou dostupné ve všech vrstvách síťové analýzy, proto jsou popsány v samostatném tématu (viz kapitola analýza trasy). [12]

### 1.4.3 Parametry analýzy OD cenové matice

Parametry analýzy jsou nastaveny v dialogovém okně *Layer Properties* vrstvy analýzy. Dialogové okno může být dosažitelné různými možnostmi.

## Záložka nastavení Analysis Settings



Obr. 1.39: Záložka nastavení analýzy Analysis Settings OD cenové matice [12]

Následující podsekcce popisují parametry, které můžete nastavit ve vrstvě analýzy. Můžete je nalézt na záložce **Analysis Settings** dialogového okna *Layer Properties*.

### Impedance

Jakýkoliv cenový atribut, který je při určování trasy minimalizován, může být zvolen jako impedance. Například zvolením atributu minut dostaneme nejrychlejší trasu k nalezení nejbližšího zařízení.

### Restrictions

Můžete vybrat, která omezení budou respektována při řešení analýzy. Omezení jako je jednosměrnost, může být použito pro vozidla, která musí tato pravidla dodržovat (jako jsou nepohotovostní vozidla). Pokud váš síťový dataset obsahuje dodatečné atributy omezení, jako je výškový nebo váhový limit, tak je můžete použít.

Atributy omezení mohou být také použity ve spojení s dynamickými atributy. Například může být zakázána hrana, pokud je výška vozidla větší než výška tunelu.

### Default cutoff value

Při hledání nejbližšího zařízení může ArcGIS Network Analyst použít výchozí mezní

hodnotu pro impedanci. Jakékoliv zařízení za mezní hodnotou nebude nalezeno.

### **Destination to find**

Můžete vybrat, aby se cenová matice vygenerovala z každého počátku do všech cílů. Alternativně můžete limitovat počet cílů, které se mají pro jednotlivý cíl nalézt.

### **U-turns at Junctions**

ArcGIS Network Analyst může otočky povolit kdekoliv, nikde, pouze na koncích nebo pouze na křižovatkách a ve slepých uličkách. Povolení otoček znamená, že se vozidlo může otočit a jet zpět po stejné ulici.

### **Output shape type**

Výsledné linie OD cenové matice mohou být reprezentovány obojím -- přímými liniemi nebo žádnou geometrií. V obou případech je trasa vždy spočtena po síti a vrací stejnou celkovou cenu v atributové tabulce tak, jak by to měla analýza trasy provést.

- **Straight Line** – Přímé linie spojují počátky a cíle.
- **None** – Liniové objekty nemající geometrii. Toto je užitečné, když máte velký počet počátků a cílů a zajímáte se pouze o tabulku OD cenové matice (a ne o výstupní liniové tvary).

### **Use Hierarchy**

Pokud má síťový dataset atribut hierarchie, tak můžete hierarchii v průběhu analýzy použít. Použití hierarchie vyústí v preferování hran vyššího pořadí k hranám nižšího pořadí. Řešení s hierarchií jsou rychlejší a mohou být použita pro simulaci řídičských preferencí při cestování na dálnicích místo na místních silnicích i pokud to znamená delší trasu. Nepoužití hierarchie ale dává přesnou trasu pro síťový dataset.

### **Ignore Invalid Locations**

Tato vlastnost vám umožní ignorovat neplatná síťová umístění a řešit vrstvu analýzy pouze z platného umístění v síti. Pokud není tato možnost zaškrtnuta a vy máte

neumístěná síťová umístění, tak může řešení selhat. V obou případech jsou neplatná umístění v analýze ignorována.

### Záložka *Accumulation*

V akumulční tabulce můžete vybrat cenové atributy ze síťového datasetu, aby byly akumulovány na objektu trasy. Tyto akumulční atributy jsou pouze informativní; řešitel používá pouze cenový atribut specifikovaný impedancí ve vrstvě analýzy.

Pro každý cenový atribut, který je akumulován, je k trase přidáno pole `Total_[Impedance]`, které je výstupem řešitele.

### Záložka *Network Locations*

Parametry na záložce *Network Locations* jsou použity pro nalezení síťových umístění a nastavují hodnoty pro své vlastnosti. [12]

## 1.4.4 Tvorba OD cenové matice v ArcMap

Kroky:

1. Zapněte ArcMap kliknutím na **Start > All Programs > ArcGIS > ArcMap 10.0.**
2. Povolte extenzi *Network Analyst*.
3. Klikněte na tlačítko **Catalog window** na panelu nástrojů *Standard*. Otevře se dokovatelné okno *Catalog*.
4. Při použití okna *Catalog* přejděte na umístění síťového datasetu a přetáhněte ho do mapového okna nebo do obsahu. Pokud ještě neexistuje spojení se složkou, které obsahuje síťový dataset, tak můžete jeden vytvořit kliknutím na tlačítko **Connect To Folder** nebo zadejte cestu ke složce do textového pole **Location**. Otevře se dialogové okno *Adding Network Layer*.
5. Klikněte na **No**, abyste do mapy přidali pouze síťový dataset. Volitelně můžete kliknout na **Yes** pro přidání síťového datasetu a všech jeho zdrojových tříd prvků do mapy. Síťový dataset je do ArcMap přidán jako síťová vrstva.

6. Pokud se vám nezobrazuje panel nástrojů *Network Analyst*, klikněte **Customize > Toolbars > Network Analyst**. Do ArcMap se vám potom přidá panel nástrojů *Network Analyst*.
7. Pokud se vám nezobrazuje okno *Network Analyst*, klikněte na tlačítko **Show/Hide Network Analyst Window** na panelu nástrojů *Network Analyst*. Otevře se dokovatelné okno *Network Analyst*. Když jsou z panelu nástrojů vytvořeny vrstvy síťové analýzy, tak jsou automaticky asociovány s aktivním síťovým datasetem.
8. Ujistěte se, že je aktivní správný síťový dataset. Aktivní síťový dataset je specifikovaný v nabídkovém menu **Network Dataset** panelu nástrojů *Network Analyst*.
9. Na panelu nástrojů *Network Analyst* klikněte **Network Analyst > New OD Cost Matrix**. Je vytvořena vrstva síťové analýzy a objeví se v obsahu a okně *Network Analyst*. Vrstva analýzy OD cenové matice je složena z následujících tříd síťové analýzy: Počátky (Origins), Cíle (Destinations), Linie (Lines), Bodové Bariéry (Point Barriers), Liniové Bariéry (Line Barriers) a Polygonové Bariéry (Polygon Barriers). Třídy jsou prázdné. Budete potřebovat vytvořit objekty síťové analýzy, aby měl řešitel dostatek informací pro vygenerování řešení.
10. Přidejte alespoň jedno zařízení a jednu událost do analýzy. Je tu několik možností, jak do vrstvy analýzy přidat objekty síťové analýzy. Nejčastějším způsobem je jejich vytvoření použitím **Create Network Locations Tool** nebo jejich nahráním z třídy prvků. Jsou zde dvě možnosti jak nahrát objekty síťové analýzy z třídy prvků: první používající funkci Load Location z ArcMap, druhá je za pomoci nástroje Add Locations tool.
11. Nastavte nebo změňte jakékoliv vlastnosti objektů síťové analýzy, které jste v posledním kroku přidali.
12. Pokud potřebujete upravit polohu zařízení nebo události, tak klikněte na panelu nástrojů *Network Analyst* **Select/Move Network Location Tool**.

13. Volitelně můžete přidat bodové, liniové nebo polygonové bariéry.
14. Otevřete dialogové okno *Layer Properties* pro vrstvu síťové analýzy.
15. Klikněte na tabulku **Analysis Settings**.
16. Nastavte vlastnosti pro vrstvu analýzy OD cenové matice.
17. Klikněte **OK**.
18. Klikněte na tlačítko **Solve** na panelu nástrojů *Network Analyst*.

Pokud je analýza úspěšně vyřešena, tak je vytvořena jedna nebo více liniových objektů ve třídě linií.[13]

#### 1.4.5 Tvorba OD cenové matice použitím nástroje geoprocessing

1. Zapněte ArcMap kliknutím **Start > All Programs > ArcGIS > ArcMap 10.0.**
2. V menu klikněte **Geoprocessing > Search For Tools**.
3. Ve vyhledávacím poli zadejte **Make OD Cost Matrix Layer** a zmáčkněte **Enter**. Výsledky vyhledávání jsou vypsány v okně *Search*.
4. Klikněte na odkaz **Make OD Cost-Matrix Layer**, toto okno se následně otevře.
5. Specifikujte parametry v dialogovém okně.
6. Klikněte na **OK**. Je vytvořena vrstva analýzy OD cenové matice.
7. Použijte nástroj **Add Locations** pro vytvoření objektů v různých třídách analýzy, které používá jako vstup do řešitele.
8. Zadejte **Solve** do vyhledávacího pole a stiskněte **Enter**. Výsledky se zobrazí v okně *Search*.

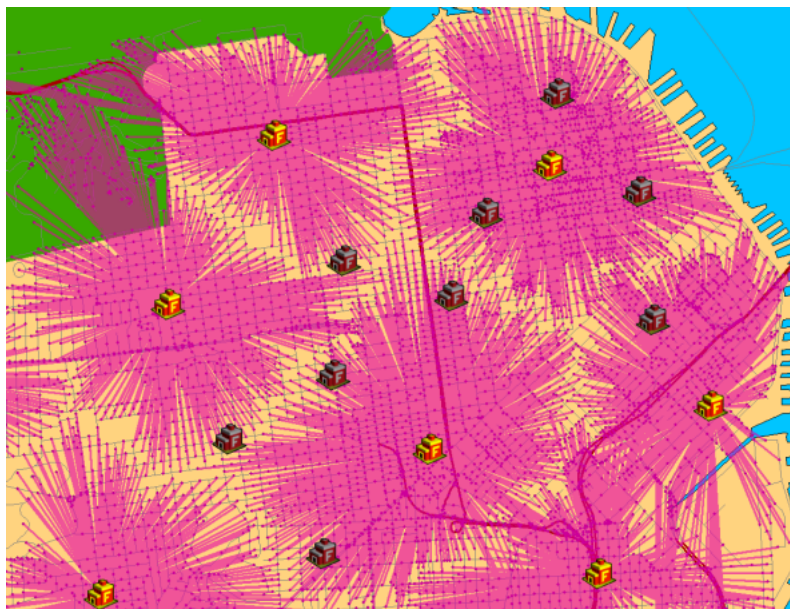


9. Klikněte na odkaz **Solve**, toto okno se následně otevře.
10. Specifikujte parametry v dialogovém okně. Parametr **Input network analysis layer** se musí nastavit na vrstvu OD cenové matice, kterou jste vytvořili nástrojem Make OD Cost Matrix Layer.
11. Klikněte **OK**. Analýza OD cenové matice je vyřešena, pokud nedošlo k žádným chybám. [14]

## 1.5 Analýza lokace-alokace

### 1.5.1 Co je lokace-alokace?

Lokace je často shledávána jako nejdůležitější faktor vedoucí k úspěšným organizacím v soukromém nebo ve veřejném sektoru. Organizace v soukromém sektoru mohou profitovat z dobré polohy, ať už se jedná o malý obchod s kávou s lokální klientelou nebo mezinárodní síť továren s distribučními centry a světovými řetězci nebo maloobchodními prodejny. Lokace může pomoci udržet fixní a režijní náklady nízkou a dostatečně přístupné. Zařízení veřejného sektoru jako jsou školy, nemocnice, knihovny, hasičské stanice a místa první pomoci mohou provádět servis vysoké kvality pro komunitu za nízkou cenu v případě, že je vybráno dobré umístění.



Obr. 1.40: Ukázka analýzy lokace-alokace [15]

Vzhledem k zařízení, která poskytují zboží, služby a souboru poptávkových bodů, které je spotřebovávají, je cílem analýzy lokace-alokace umístit zařízení takovým způsobem, který zásobuje body poptávky co nejefektivněji. Jak napovídá název, analýza lokace-alokace je dvojitý systém, který simultánně vyhledá zařízení a alokuje k nim body poptávky.

Zpočátku se může zdát, že všechny analýzy lokace-alokace řeší ten stejný problém, ale nejlepší umístění není stejné pro všechny typy zařízení. Například nejlepší umístění pro místo první pomoci je rozdílné od nejlepšího umístění pro výrobní závod.

Další dva příklady demonstrují, jak se cíle problémů lokace-alokace mohou lišit v závislosti na typu umísťovaného zařízení.

### **Příklad 1: Umístění místa první pomoci**

Když někdo zavolá záchranou službu, tak věříme, že pomoc dorazí téměř okamžitě, čas odezvy záchranářů ale značně závisí na vzdálenosti mezi místem první pomoci a pacientem. Typicky je cíl pro určení nejlepšího místa pro centrum první pomoci takový, že záchraná služba bude moci dosáhnout pacienty v určitém časovém rámci. Specifická otázka může být: Kde by měla být umístěna tři místa první pomoci tak, že bude co největší počet pacientů dosažen během čtyř minut?

### **Příklad 2: Umístění výrobního závodu**

Mnoho maloobchodních prodejen obdrží zboží z výrobních závodů. Ať produkuje výrobní závod automobily, spotřebiče nebo balené potraviny, může strávit velké procento peněz na dopravu. Analýza lokace-alokace může odpovědět na následující otázku: Kde by měl být výrobní závod umístěn, aby byla minimalizována celková transportní cena?

### **Typy problémů lokace-alokace**

Vrstva ArcGIS Network Analyst nabízí šest různých problémů k zodpovězení specifických druhů otázek, zahrnující otázky již zmíněné v předchozích příkladech. Typy problémů jsou následující:

- minimalizování impedance
- maximalizování pokrytí
- minimalizování zařízení
- maximalizování návštěvnosti
- maximalizování podílu na trhu
- cílový podíl na trhu

Detaily a příklady individuálních problémů jsou popsány v sekci vlastností.

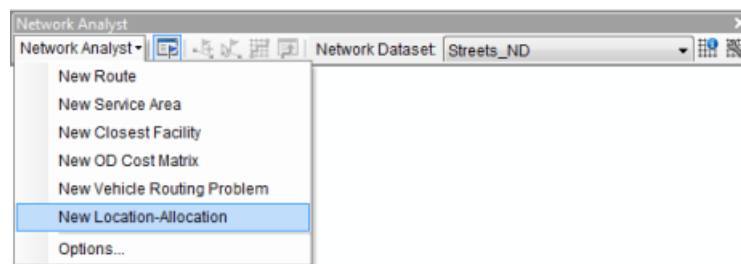
Pracovní postup pro vytvoření analýzy lokace-alokace je podobný s tvorbou jiných analýz v ArcGIS Network Analyst. [15]

### 1.5.2 Vrstva analýzy lokace-alokace

Vrstva analýzy lokace-alokace ukládá vstupy, parametry a výstupy pro daný problém lokace-alokace.

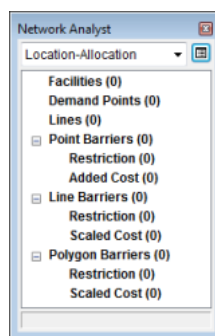
#### Vytvoření vrstvy analýzy lokace-alokace

Kliknutím na panel nástrojů **Network Analyst** můžete vytvořit vrstvu analýzy nejbližšího zařízení kliknutím na **Network Analyst > New Location-Allocation**.



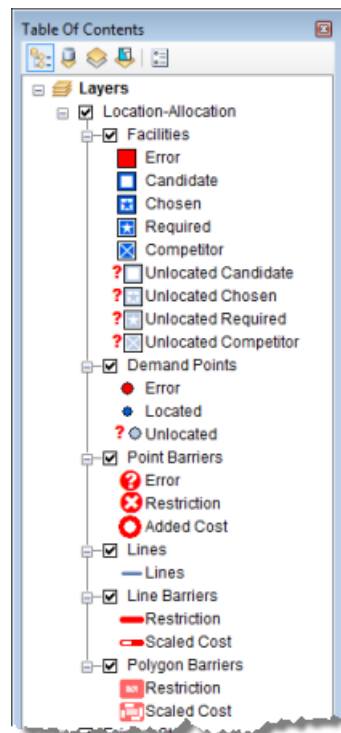
Obr. 1.41: Panel nástrojů Network Analyst analýzy lokace-alokace [15]

Když vytvoříte novou vrstvu analýzy lokace-alokace, tak se vrstva zobrazí v okně **Network Analyst** společně se svými šesti třídami – Zařízení (Facilities), Body Poptávky (Demand Points), Linie (Lines), Bodové bariéry (Point Barriers), Liniové bariéry (Line Barriers) a Polygonové bariéry (Polygon Barriers).



Obr. 1.42: Okno Network Analyst se svými třídami síťové analýzy lokace-alokace[15]

Vrstva analýzy lokace-alokace se také zobrazí v okně obsahu jako složená vrstva z šesti odpovídajících vrstev prvků: Zařízení (Facilities), Body Poptávky (Demand Points), Linie (Lines), Bodové bariéry (Point Barriers), Liniové bariéry (Line Barriers) a Polygonové bariéry (Polygon Barriers). Každá z šesti vrstev prvků má standardní symbologii, která může být měněna v dialogovém okně **Layer Properties**. [15]



Obr. 1.43: Okno obsahu složené vrstvy analýzy lokace-alokace [15]

### 1.5.3 Třídy analýzy lokace-alokace

Vrstva analýzy lokace-alokace je tvořena šesti třídami síťové analýzy, což jsou vrstvy prvků uložené ve vrstvě analýzy. Třídy obsahují objekty síťové analýzy použité při tvoření analýzy lokace-alokace.

Třídy síťové analýzy mají atributy, které specifikují vstupy a výstupy pro daný problém lokace-alokace. Atributy mohou být zkoumány a editovány přes atributovou tabulku třídy síťové analýzy, kde jsou všechny objekty a jejich atributy vypsány, nebo v okně **Properties**, kde jsou v jeden okamžik zobrazeny atributy pro pouze jeden objekt.

V rámci třídy síťové analýzy zde může být kombinace vstupních polí, výstupních polí, vstupních/výstupních polí. Vy zadáte data do vstupních polí, ta jsou potom použita řešitelem analýzy lokace-alokace k vytvoření problému. Naopak výstupní pole ukládají výsledky z procesu řešení a dávají vám informaci o řešení. Nakonec pole vstupní/výstupní jsou kombinací dvojího: můžete nastavit hodnoty pro tato pole před řešením a nechat řešiteli přiřadit výstupní hodnoty.

### **Třída zařízení**

Zařízení v analýze lokace-alokace je bodovým prvkem, který reprezentuje kandidátní nebo vyžadované místo, ale v některých případech může reprezentovat konkurenční zařízení. Řešitel lokace-alokace vybírá nejlepší kandidátní zařízení k přiřazení pop-távky co nejefektivnější cestou vzhledem k typu problému a kritériím, které specifikujete.

Kandidátní zařízení by mělo být umístěním, které je vhodné pro událost nebo stavbu, kterou umísťujete. Například pokud umísťujete distribuční centrum, budete nejprve potřebovat najít parcelu, která je na prodej v rámci vašeho rozpočtu, je správně členěna a dostatečně velká, aby mohla obsahovat distribuční centrum, které plánujete postavit. Můžete si také vybrat, že zahrnete parcelu, která už je zastavěná a jejíž budovy jsou dostatečně velké pro umístění distribučního centra. Není zde limit pro počet faktorů, které můžete zvažovat v určování vhodnosti vašeho zařízení. Vybrání správných faktorů a nalezení míst, která splňují tyto faktory, je součástí vhodné analýzy, může to být provedeno před nastavením problému lokace-alokace. Vhodnost analýzy může být základní nebo propracovaná, jak ji chcete. Když je hledání dobrého kandidátního zařízení zanedbáno, tak může řešitel lokace-alokace vybrat zařízení, které nemusí být rentabilní. Když se vrátíme k příkladu distribučních center, tak pokud jsou kandidátní zařízení rozptýlená náhodně ve studované oblasti bez vhodné analýzy, může řešitel lokace-alokace vybrat kandidátní zařízení na nevhodném umístění, jako je například rezidenční sousedství. Důležité je, že poskytnete řešiteli lokace-alokace kandidátní zařízení, která by měla splňovat vaše podmínky a řešitel lokace-alokace vybere z přehledu kandidátních zařízení to zařízení nebo soubor zařízení, které minimalizují cenu a maximalizují poptávku alokace

při respektování omezení specifického typu problému lokace-alokace.

Dalším typem zařízení je vyžadované zařízení, které musí být zahrnuto v řešení. Když se město rozroste do bodu, že nová sousedství nejsou vhodně chráněna hasiči, může být cílem umístit novou hasičskou stanici bez zavření již existujících stanic. Potenciální místa pro nové hasičské stanice mohou být kandidátní zařízení a současné hasičské stanice by byly vyžadovanými zařízeními.

Konkurenční zařízení jsou specifická pro problémy typu maximalizování podílu na trhu a cílový podíl na trhu a typicky reprezentují zařízení konkurenčního obchodu, které cílí na stejnou klientelu.

Každé zařízení může mít váhu, která reprezentuje důležitost a atraktivitu. Hodnota váhy zařízení různá od jedné může být použita pouze s problémem maximalizování podílu na trhu a problémem cílového podílu trhu, je ignorován jinými typy problémů. Například může být určeno, že obchodní dům s podlažím s výprodeji, které je dvakrát větší než typické podlaží s výprodeji, bude dvakrát atraktivnější pro zákazníky. Větší obchod bude mít váhu 2.0 a normálně velký obchod bude mít váhu 1.0. Určení faktorů, které ovlivňují váhu zařízení a jejich vyčíslení, vyžaduje pečlivou úvahu.

## Vlastnosti třídy zařízení

### Vstupní parametry zařízení:

- **ObjectID** – Systémem přiřazené ID.
- **Shape** – Pole geometrie označující geografickou polohu objektu síťové analýzy.
- **Name** – Jméno objektu síťové analýzy.
- **FacilityType** – Toto pole specifikuje, zda je zařízení kandidátní, vyžadované, konkurenční nebo vybrané. Je omezeno oborem hodnot, které jsou odkázány číselnou hodnotou v závorkách v následujícím seznamu:
  - **Candidate** (0) – Kandidátní zařízení je takové zařízení, které může být součástí řešení.
  - **Required** (1) – Vyžadované zařízení je takové zařízení, které musí být součástí řešení.

- **Competitor** (2) – Konkurenční zařízení je specifické zařízení pro problém maximalizování podílu na trhu a problém cílového podílu na trhu. Je to zařízení, které reprezentuje vaše rivaly a z problému odebere poptávku.
- **Chosen** (3) – Jakmile řešitel lokace-alokace určí, že kandidátní zařízení je součástí řešení, tak řešitel změní hodnotu FacilityType z Candidate na Chosen. Pokud je typ FacilityType nastaven na Chosen ještě před vyřešením, je při řešení zařízení bráno jako kandidátní.
- **Weight** – Relativní váha zařízení, která je použita k hodnocení atraktivity, žádostivosti nebo tendence jednoho zařízení v posouzení s druhým. Například, hodnota 2.0. může získat preference zákazníka, který upřednostňuje poměr 2 ku 1, nakupovat v jednom zařízení více než v druhém. Ukázky faktorů, které potenciálně ovlivňují váhu zařízení zahrnují rozlohu, sousedství a stáří budovy. Hodnoty váhy jiné než jedna jsou zadávány pouze při problému maximalizování podílu na trhu a problému cílového podílu trhu.
- Pole síťového umístění (**SourceID**, **SourceOID**, **PosAlong**, **SideOfEdge**)
  - Dohromady tato čtyři pole popisují bod v síti, kde je objekt umístěn.
- **CurbApproach** – Toto pole vám umožní specifikovat, na které straně vozidla chcete mít zařízení, když k němu přijedete nebo když od něj odjíždíte. Protože se nejkratší cesta mezi dvěma body může změnit se směrem trasy, která je povolena při příjezdu do destinace, je tato vlastnost použita při generování impedancí mezi body poptávky a zařízeními. Pole je omezeno oborem hodnot a je jako výchozí nastaveno na **Either side of vehicle** (0) indikující, že zařízení může být navštíveno z obou stran vozidla. Další možností je **Right side of vehicle** (1) nebo **Left side of vehicle** (2), když vozidlo může přijet nebo odjet ze zařízení ve specifickém směru. Poslední možností je **No U-Turns** (3), pro analýzu lokace-alokace funguje stejně jako **Either side of vehicle**.



### Výstupní/výstupní parametry zařízení:

- **Status** – Jako vstupní pole indikuje informaci o zařízení. Toto pole je omezeno oborem hodnot, což je vypsáno níže (kódové hodnoty jsou zapsány v závorkách).
  - **OK** (0) – Umístění v síti je platné.
  - **Not located** (1) – Umístění v síti nemůže být stanoveno.
  - **Network element not located** (2) – Síťový prvek, na němž má být síťové umístění, nemůže být nalezen. Toto se může objevit, když je vymazána hrana sítě a umístění v síti není přepočítáno.

Po vyřešení operace se může status změnit na některou z následujících hodnot:

- **OK** (0) – Umístění v síti bylo úspěšně vyhodnoceno.
- **Element not traversable** (3) – Síťový element, na kterém je síťové umístění, není průchozí. Toto se může objevit, pokud je síťový element zakázán atributem omezení.
- **Invalid field values** (4) – Pole hodnot síťového umístění spadájí mimo označenou vrstvu nebo rozsah. Například může existovat záporné číslo, když jsou požadována čísla kladná.
- **Not reached** (5) – Síťové umístění nemůže být řešitelem dosaženo.

### Výstupní parametry zařízení:

- **DemandCount** – Pole obsahuje počet bodů poptávky zařízení. Nenulová hodnota znamená, že zařízení bylo vybráno jako součást řešení.
- **DemandWeight** – Pole obsahuje součet efektivní váhy ze všech bodů poptávky, které byly alokovány pro zařízení. Hodnota je součtem všech hodnot váhy z bodů poptávky, které byly pro zařízení alokovány. V případě problémů maximální návštěvnosti a problému podílu na trhu, je hodnota rozděleným součtem pole hodnot váhy, jelikož tyto typy problémů umožňují poptávce se rozkládat se vzdáleností nebo být rozdělena do více zařízení.

- **Total\_ [Impedance]** (například Total\_Miles, kde jsou míle impedancí) – Pole obsahuje součet síťové ceny mezi zařízeními a každým z bodů poptávky, které byly pro zařízení alokovány. Impedanční část jména je vyměněna se síťovým atributem jméno, například Total\_Metres, kde Metres je název pro síťový atribut.
- **TotalWeighted\_ [Impedance]** (například TotalWeighted\_Miles, kde jsou míle impedancí) – Toto pole ukládá kumulativní váženou cenu pro zařízení. Vážená cena pro bod poptávky je svou vahou vynásobena nejlevnější trasou mezi zařízením a bodem poptávky. Vážená cena pro zařízení je sumou všech vážených cen bodů poptávky, které jsou pro zařízení alokovány. Například pokud je bod poptávky s vahou 2 alokován k zařízení 10 mil daleko, pak je hodnota pole TotalWeight\_Miles rovna 20 ( $2 \times 10$ ). Pokud je další bod poptávky s vahou 3 alokován k tomu stejnému zařízení a je pět mil daleko, hodnota pole TotalWeighted\_Miles stoupne na 35 ( $3 \times 5 + 20$ ).

### Třída bodů poptávky

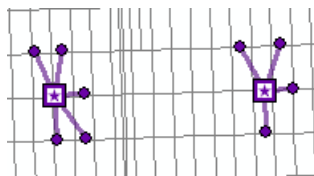
Tato třída prvků ukládá body poptávky, které jsou součástí dané vrstvy analýzy lokace-alokace. Bod poptávky je typicky umístění, které reprezentuje osoby, nebo věci vyžadující zboží a služby, které vaše zařízení poskytuje. Bod poptávky může být těžiště PSČ kódu váženého počtem osob s bydlištěm v jeho okruhu nebo očekávanou spotřebou generovanou těmito osobami. Bod poptávky může také reprezentovat firemní zákazníky. Pokud zásobujete zákazníky s velkým obratem inventáře, mohou být potom bráni jako váženější než ti s nižším obratem inventáře.

Body poptávky mohou přehlížet mezní vzdálenost pro typ problému lokace-alokace. Toto je užitečné, pokud některé body poptávky mají různé požadavky nebo chování. Například, pokud rozmisťujete ambulance tak může být akceptovatelné všechny dosáhnout do čtyř minut, kromě oblastí s větší hustotou starších lidí, jako jsou domovy důchodců, což vyžaduje rychlejší čas odezvy dvou minut.

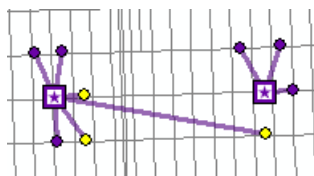
## Vlastnosti třídy bodů poptávky

### Vstupní parametry bodů poptávky:

- **ObjectID** – Systémem přiřazené ID.
- **Shape** – Pole geometrie označující geografickou polohu objektu síťové analýzy.
- **Name** – Jméno objektu síťové analýzy.
- **GroupName** – Jméno skupiny bodů poptávky, které jsou součástí. Toto pole je ignorováno pro problémy typu cílový podíl na trhu a problém maximalizování podílu na trhu. Pokud body poptávky sdílí skupinové jméno, pak řešitel přiřadí všechny členy skupiny ke stejnému zařízení.



Obr. 1.44: Minimalizování vzdálenosti bez seskupených bodů poptávky [15]



Obr. 1.45: Minimalizování vzdálenosti se seskupenými body poptávky; v tomto případě mají žluté body poptávky stejnou hodnotu pole GroupName, takže jsou přiřazeny ke stejnému zařízení [15]

- **Weight** – Relativní váha bodu poptávky. Hodnota 2.0. znamená, že bod poptávky je dvakrát tak důležitý než ten s vahou 1.0.
- **ImpedanceTransformation** – Jakákoliv hodnota přiřazená k bodu poptávky nezbývá na hodnotu transformace impedance vrstvy síťové analýzy.
- **ImpedanceParameter** – Jakákoliv hodnota přiřazená k bodu poptávky nezbývá na hodnotu parametru impedance vrstvy síťové analýzy.

- **Cutoff\_[Impedance]** (například Cutoff\_Miles, kde míle jsou impedancí) – Jakákoliv hodnota přiřazená k bodu poptávky nedbá na hodnotu Cutoff\_[Impedance] síťové analýzy vrstvy.
- Pole síťového umístění (**SourceID**, **SourceOID**, **PosAlong**, **SideOfEdge**) – Dohromady tato čtyři pole popisují bod v síti, kde je objekt umístěn.
- **CurbApproach** – Toto pole vám umožní specifikovat, na které straně vozidla chcete mít zařízení, když k němu přijedete nebo když od něj odjízďte. Protože se nejkratší cesta mezi dvěma body může změnit se směrem trasy, která je povolena při příjezdu do destinace, je tato vlastnost použita při generování impedancí mezi poptávkovými body a zařízeními. Pole je omezeno oborem hodnot a je ve výchozím stavu nastaveno na **Either side of vehicle** (0) indikující, že zařízení může být navštíveno z obou stran vozidla. Další možností je **Right side of vehicle** (1) nebo **Left side of vehicle** (2), když vozidlo může přijet nebo odjet ze zařízení ve specifickém směru. Poslední možností je **No U-Turns** (3), pro analýzu lokace-alokace funguje stejně jako **Either side of vehicle**.

#### Výstupní/výstupní parametry bodů poptávky:

- **Status** – Jako vstupní pole indikuje informaci o bodu poptávky. Toto pole je omezeno oborem hodnot, což je vypsáno níže (kódové hodnoty jsou zapsány v závorkách).
  - **OK** (0) – Umístění v síti je platné.
  - **Not located** (1) – Umístění v síti nemůže být stanoveno.
  - **Network element not located** (2) – Síťový prvek, na němž má být síťové umístění, nemůže být nalezen. Toto se může objevit, když je vymazána hrana sítě a umístění v síti není přepočítáno.

Po vyřešení operace se může status změnit na některou z následujících hodnot:

- **OK** (0) – Umístění v síti bylo úspěšně vyhodnoceno.

- **Element not traversable** (3) – Síťový element, na kterém je síťové umístění, není průchozí. Toto se může objevit, pokud je síťový element zakázán atributem omezení.
- **Invalid field values** (4) – Pole hodnot síťového umístění spadají mimo označenou vrstvu nebo rozsah. Například může existovat záporné číslo, když jsou požadována čísla kladná.
- **Not reached** (5) – Síťové umístění nemůže být řešitelem dosaženo.

#### Výstupní pole bodů poptávky:

- **FacilityID** – ObjectID zařízení, ke kterému byl bod poptávky přiřazen. Pokud je hodnota null, nebyl bod poptávky přiřazen k zařízení, nebo byl přiřazen k více než jednomu zařízení. Druhé zmíněné je možné pouze u problému typu podílu na trhu.
- **AllocatedWeight** – Toto je množství poptávky přiřazené k vybranému a vyžadovanému zařízení. Hodnota vylučuje poptávku přiřazenou k ukončeným zařízením. Hodnota může mít tři interpretace:
  - Hodnota null indikuje, že bod poptávky nebyl přiřazen k žádnému zařízení. Toto se může stát například, pokud bod poptávky je mimo všechny impedanční omezení nebo je bod poptávky na zakázaném prvku sítě.
  - Nulová hodnota indikuje, že bod poptávky je pouze přiřazen ke konkurenčnímu zařízení.
  - Pozitivní nenulová hodnota indikuje, kolik poptávky je přiřazeno k vámi vybranému a vyžadovanému zařízení.

#### **Třída linie**

Třída linií je pouze výstupní třídou síťové analýzy a proto obsahuje prvky, které jsou řešitelem generovány během řešení operace. Obsahuje liniové prvky, které spojují body poptávky a zařízení, ke kterým jsou přiřazeny. Pokud je bod poptávky přiřazen k více než jednomu zařízení, tak má linii pro každé zařízení, ke kterému

je přiřazen. Pokud je bod poptávky nepřijížený k žádnému zařízení, nebude mít žádnou korespondující linii. Výstupní tvar může být typu Straight Line nebo None, v obou případech liniový prvek vždy reprezentuje nejkratší síťovou cestu mezi zařízením a bodem poptávky, síťovou cenu tedy reflektují cenově spřízněné atributy, nepřímé liniové vzdálenosti. Důvod, že aktuální tvar síťové cesty není výstupem je, že je výjimečně potřebován v analýze lokace-alokace a že generování tvaru sítě po cestách by vyžadovalo podstatný vzestup v čase řešení a potenciálně by to vyčerpalo vaše systémové zdroje, speciálně pro velké problémy.

### Vlastnosti třídy linie

#### Výstupní parametry linií:

- **ObjectID** – Systémem přiřazené ID.
- **Shape** – Pole geometrie označující geografickou polohu objektu síťové analýzy. Pole **Output Shape Type** vrstvy analýzy je nastaven na **None**, není vrácen žádný tvar. Nastavením pole **Output Shape Type** na **Straight Line** vrátí přímou linii, která spojuje každý pár bodu poptávky/zařízení.
- **Name** – Jméno linie. Jména jsou formátována tak, že jméno zařízení a jméno bodu poptávky jsou vypsány v pořadí, ve kterém byly navštíveny. Když pole **Travel From** vrstvy síťové analýzy je nastaveno na **Facility to Demand**, je formát jména [jméno zařízení] – [jméno bodu poptávky]; to je [jméno bodu poptávky] – [jméno zařízení], když je pole nastaveno na **Demand to Facility**.
- **FacilityID** – Unikátní ID zařízení, se kterým je linie asociována. Linie je vždy asociována s jedním zařízením nebo jedním bodem poptávky.
- **DemandID** – Unikátní ID bodu poptávky, se kterým je linie asociována. Linie je vždy asociována s jedním zařízením nebo jedním bodem poptávky.
- **Weight** – Váha asociovaná z připojeného bodu poptávky (DemandID) k připojenému zařízení (FacilityID).

- **TotalWeighted\_[Impedance]** (například TotalWeighted\_Miles, kde jsou míle impedancí) – Vážená cena cestování mezi zařízením a bodem poptávky. Toto je hodnota pole Total\_[Impedance] vynásobená váhou bodu poptávky, který byl přiřazen k zařízení. Všechny akumulací atributy, stejně jako aktivní cenové atributy, budou mít doprovázející atribut Total\_[Impedance]. Jelikož linie mají buď přímou nebo nulovou geometrii, impedance vždy sděluje cenu sítě, ne přímé liniové vzdálenosti.
- **Total\_[Impedance]** (například Total\_Miles, kde jsou míle impedancí) – Síťová cena cestování mezi zařízením a bodem poptávky. Všechny akumulací atributy, stejně jako aktivní cenové atributy, budou mít doprovázející atribut Total\_[Impedance]. Jelikož linie mají buď přímou nebo nulovou geometrii, impedance vždy sděluje cenu sítě, ne přímé liniové vzdálenosti.

### **Třída bodových, liniových a polygonových bariér**

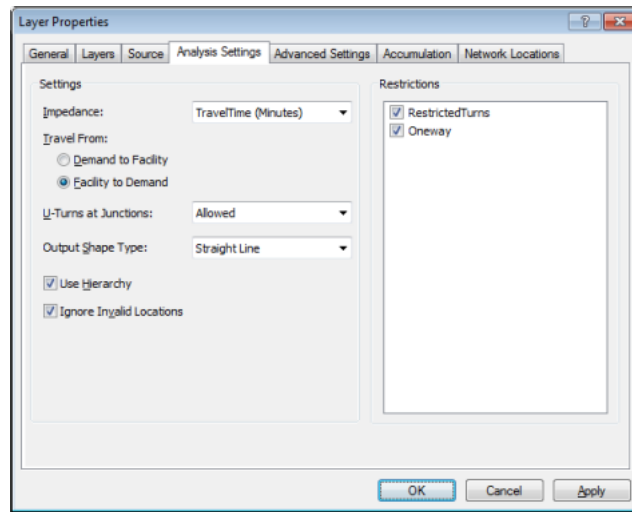
Bariéry slouží k dočasnému zákazu, přidání impedance a určení rozsahu impedance na částech sítě. Když je vytvořena nová vrstva síťové analýzy, jsou třídy bariéry prázdné. Třídy jsou naplněny pouze když přidáte objekty, přidávání bariér ale není nutné.

Bariéry jsou dostupné ve všech vrstvách síťové analýzy, proto jsou popsány v samostatném tématu (viz kapitola analýza trasy). [15]

#### **1.5.4 Parametry analýzy lokace-alokace**

Parametry analýzy jsou nastaveny v dialogovém okně **Layer Properties** pro vrstvu analýzy. Dialogové okno může být dosažitelné různými možnostmi.

## Záložka nastavení Analysis Settings



Obr. 1.46: Záložka nastavení analýzy lokace-alokace [15]

### Impedance

Toto pole specifikuje síťový cenový atribut použitý k definování ceny průchodu po elementech sítě.

### Travel From

Když ArcGIS Network Analyst vyřeší problém lokace-alokace, tak může vypočítat cenu sítě z bodů poptávky k zařízením nebo ze zařízení k bodům poptávky. Omezení, jako je jednosměrnost a impedance, jako je cestovní čas, mohou být založeny na směru cesty, což může ovlivnit cestovní čas. Například zařízení může být 15 minut jízdy z bodu poptávky k zařízení, ale jenom 10 minut při cestování opačným směrem. Pole **Travel From** může ovlivnit, které zařízení je přiřazené ke kterému bodu poptávky.

Hasičské stanice často používají nastavení **Facility to Demand**, neboť jsou dotčeni časem, který jim zabere cesta z hasičské stanice k místu pohotovosti. Maloobchod je více dotčen časem, který zabere zákazníkům k dosažení obchodu, proto často používají možnost **Demand to Facility**.

### U-turns at Junctions

ArcGIS Network Analyst může otočky povolit kdekoliv, nikde, pouze na koncích



nebo pouze na křižovatkách a slepých uličkách. Povolení otoček znamená, že se vozidlo může otočit a jet zpět po stejné ulici.

### Output Shape Type

Výsledky analýzy mohou být reprezentovány bez linií (None) nebo přímými liniemi:

- **None** – Linie reprezentující přiřazení poptávky k zařízením nejsou vráceny nebo zobrazeny na mapě. Toto je užitečné, pokud máte velký počet bodů poptávky nebo zařízení a jste interesováni pouze v tabulkovém výstupu.
- **Straight Line** – Linie, které spojují poptávku a zařízení a jsou vráceny a zobrazeny v mapě.

V obou případech, ceny impedančně svázané v řešení jsou stejné a založené na nejkratší síťové cestě (není použita přímá liniová vzdálenost).

### Use Hierarchy

Pokud má síťový dataset atribut hierarchie, tak můžete hierarchii v průběhu analýzy použít. Použití hierarchie vyústí v preferování hran vyššího pořadí k hranám nižšího pořadí. Řešení s hierarchií jsou rychlejší a mohou být použita pro simulaci řídičských preferencí při cestování na dálnicích místo na místních silnicích i pokud to znamená delší trasu. Nepoužití hierarchie ale dává přesnou trasu pro síťový dataset.

### Ignore Invalid Locations

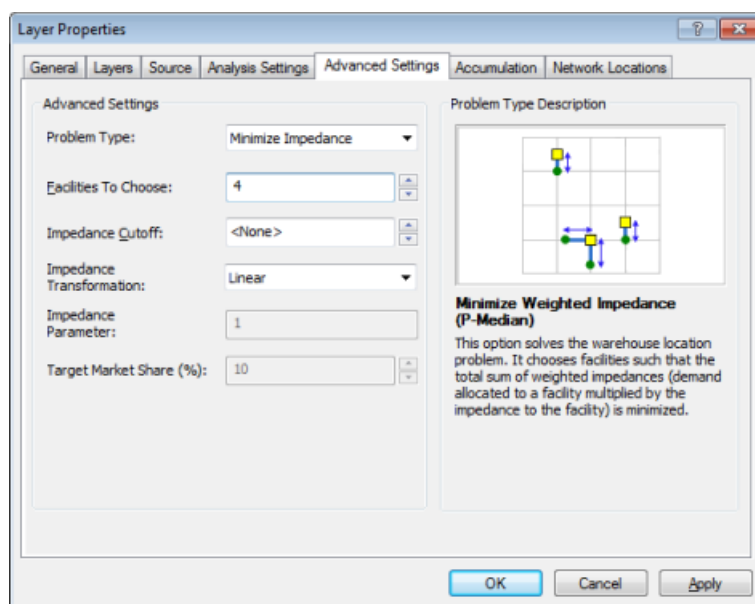
Tato vlastnost vám umožní ignorovat neplatná síťová umístění a řešit vrstvu analýzy pouze z platného umístění v síti. Pokud není tato možnost zaškrtnuta a vy máte neumístěná síťová umístění, tak může řešení selhat. V obou případech jsou neplatná umístění v analýze ignorována.

### Restrictions

Můžete si vybrat, které atributy omezení by měly být respektovány během řešení analýzy. Omezení, jako je jednosměrnost, mohou být použita při hledání řešení

pro vozidla, která musí dodržovat jednosměrnost (například nepohotovostní vozidla). Pokud váš síťový dataset obsahuje dodatečné atributy omezení, jako je váhový limit nebo výškový limit, tak mohou být také použity. Atributy omezení mohou být také použity ve spojení s dynamickými atributy. Například, hrana může být zakázána, pokud vozidlo je vyšší než výška tunelu.

### Záložka Advanced Settings



Obr. 1.47: Záložka pokročilého nastavení analýzy lokace-alokace [15]

Záložka **Advanced Settings** dialogového okna **Layer Properties** je ta, kde vyberete typ problému a nastavíte jeho vlastnosti. Typ problému, který vyberete, závisí na druhu zařízení, které přiřazujete, protože různé druhy zařízení mají rozdílné priority a omezení. Například hasičská stanice může mít pověření, že lokalizuje zařízení takovým způsobem, že může každého v komunitě dosáhnout během čtyř minut. Restaurace může zkoušet maximalizovat klientelu lokalizováním takovým způsobem, že shání co nejvíce lidí možných v desetiminutové příjezdové době a navíc co nejvíce lidí, co jsou co nejbližší k restauraci. Oba příklady mohou být řešeny analýzou lokace-alokace, ale vyžadují rozdílné typy problémů. (Problém minimalizování zařízení nejlépe bude sedět cílům hasičské stanice, ale problém maximální návštěvnosti bude dobře pracovat pro restauraci).

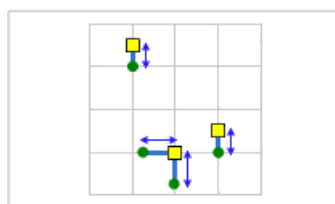
Nastavení, která provedete na záložce **Advanced Settings** mění omezení a ovlivňuje priority řešení, když přiřazuje zařízení.

### Problem Type

Pole **Problem Type** vám umožní vybrat typ problému lokace-alokace. Typy problémů jsou vypsány a popsány níže.

Typy problémů lokace-alokace:

- **Minimalizování impedance (Minimize Impedance) (P-median)** – Zařízení jsou alokována tak, že suma všech vážených cen mezi body poptávky a řešenými zařízeními je minimalizovaná. Šipky na obrázku níže zdůrazňují fakt, že alokace je založena na vzdálenosti mezi všemi body poptávky.

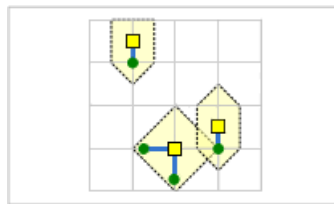


Obr. 1.48: Minimalizování impedance vybere taková zařízení, že suma vážených impedancí (body poptávky alokované k zařízením vynásobené impedancí zařízení) je minimalizována [15]

Tento typ problému je tradičně použit k lokalizování skladů, protože to může redukovat celkovou transportní cenu doručování zboží do outletových obchodů. Jelikož minimalizování impedance redukuje celkovou vzdálenost, kterou veřejnost potřebuje k dosažení daného zařízení, problém minimalizované impedance bez mezní impedance je obvykle považován jako více spravedlivý, než problémy jiného typu pro lokalizování některých veřejných zařízení, jako jsou knihovny, regionální letiště, muzea, oddělení kanceláře pro motorová vozidla a zdravotní kliniky. Následující seznam popisuje jak se problém minimalizování impedance vyrovnává s poptávkou:

- Pokud je zadáno impedanční omezení, jakákoliv poptávka mimo všechny zařízení v impedančním omezení není alokována.

- Bod poptávky v oblasti impedančního omezení jednoho zařízení má všechny své váhy poptávky alokované k zařízení.
- Bod poptávky v oblasti impedančního omezení dvou a více zařízení má všechny své váhy poptávky alokované pouze k nejbližšímu zařízení.
- **Maximalizování pokrytí (Maximize Coverage)** – Zařízení jsou lokalizována tak, že tolik bodů poptávky, kolik je možné, jsou alokovány do řešení zařízení, kromě impedančních omezení.

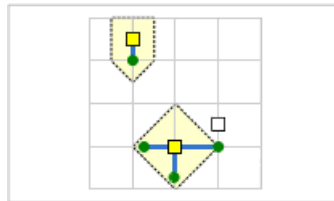


Obr. 1.49: Maximalizování pokrytí vybírá zařízení tak, že tolik bodů poptávky, kolik je možné, je pokryto impedančním omezením zařízení. Na tomto obrázku byl řešitel směřován k vybrání třech zařízení [15]

Maximalizování pokrytí je frekventovaně používáno pro lokalizování hasičských stanic, policejních stanic, míst první pomoci, protože pohotovostní služby často vyžadují přijet ke všem bodům poptávky během specifikovaného času odezvy. Pro všechny organizace je důležité a pro pohotovostní služby kritické, mít přesná data, aby analýza vyústila ve správný model reálného světa. Firma na rozvoz pizzy, na rozdíl od konzumování pizzy v pizzeriích, se snaží lokalizovat obchody, kde mohou pokrýt nejvíce lidí v rámci daného odjezdního času. Lidé, kteří si objednají pizzu jako dovážku, se typicky nezajímají o to, jak je pizzerie daleko, nejvíce je zajímá, zda pizza dorazí v daném dojezdním čase. Proto by firma na rozvoz pizzy odečetla čas přípravy pizzy z jejich reklamního dodávkového času a řešila problém maximalizování pokrytí pro vybraná kandidátního zařízení, která by pojala nejvíce potenciálních zákazníků v oblasti pokrytí. (Potenciální zákazníci, kteří jedí přímo v pizzeriích jsou více ovlivněni vzdáleností, jelikož potřebují cestovat do restaurace, tudíž problémy typu maximalizování návštěvnosti nebo podíl na trhu budou lépe pasovat na restaurace, kde se jídlo přímo konzumuje.)

Následující seznam popisuje jak se problém maximalizace pokrytí vyrovnává s poptávkou:

- Jakýkoliv bod poptávky mimo všechny impedanční omezení zařízení není alokován.
  - Bod poptávky uvnitř impedančního omezení jednoho zařízení má všechny své váhy poptávky alokovány k zařízení.
  - Bod poptávky uvnitř impedančního omezení dvou a více zařízení má všechny své váhy poptávky alokovány pouze k nejbližšímu zařízení.
- **Minimalizování zařízení (Minimize Facilities)** – Zařízení jsou lokalizována tak, že tolik bodů poptávky, kolik je možno, je alokováno k řešení zařízení, kromě impedančního omezení. Navíc je počet zařízení vyžadovaných k pokrytí bodů poptávky minimalizován.



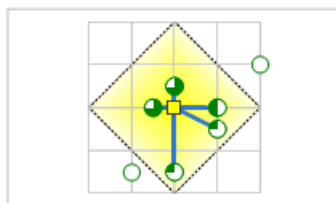
Obr. 1.50: Minimalizování zařízení vybírá zařízení taková, že jakékoliv body poptávky možné, jsou v rámci impedančního omezení zařízení. Navíc počet zařízení vyžadovaných k pokrytí všech bodů poptávky je minimalizován. Na tomto obrázku řešitel byl schopen pokrýt všechny body poptávky pouze dvěma zařízeními [15]

Minimalizování zařízení je stejné jako maximalizování pokrytí, ale s výjimkou počtu zařízení k lokalizování, což v tomto případě je určeno řešitelem. Když cena budování zařízení není limitním faktorem, stejné druhy organizací, které používají maximalizování pokrytí (pohotovostní odezva například) používá minimalizování zařízení tak, že všechny možné body poptávky budou pokryty. Minimalizování zařízení je také použito pro vybrání školních autobusových zastávek, když studenti vyžadují jít pěšky určitou vzdálenost před tím, než je umístěna další školní autobusová zastávka, která je blíže bydlišti

studenta.

Následující seznam popisuje jak se problém maximalizování zařízení vyrovnává s poptávkou.

- Jakýkoliv bod poptávky mimo všechny impedanční omezení zařízení není alokován.
  - Bod poptávky uvnitř impedančního omezení jednoho zařízení má všechny váhy poptávky alokovány k zařízení.
  - Bod poptávky uvnitř impedančního omezení dvou a více zařízení má všechny váhy poptávky alokovány pouze k nejbližšímu zařízení.
- **Maximalizování návštěvnosti (Maximize Attendance)** – Zařízení jsou vybrána tak, že tolik váhy poptávky, kolik je možné, je alokováno k zařízení při přiřazování, váha poptávky klesne z důvodu vzdálenosti mezi zařízením a bodem poptávky.



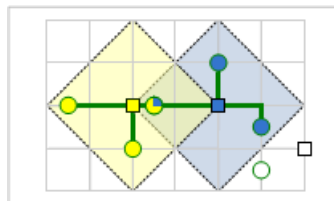
Obr. 1.51: Maximalizování návštěvnosti vybírá zařízení taková, že tolik váhy poptávky, kolik je možné, je alokováno k zařízení při přiřazování, váha poptávky poklesne se vzdáleností. Body poptávky reprezentované koláčovými grafy na tomto obrázku nám ukazují, kolik z jejich celkové poptávky je zachyceno zařízením [15]

Speciální obchody, které mají malou nebo žádnou konkurenci zásadně benefitují z problému tohoto typu, ale může to být také užitečné pro generování maloobchodníků a restaurací, kteří nemají údaje o konkurenci, které jsou potřebné k provedení problému typu podíl na trhu. Některé firmy mohou benefitovat z tohoto typu problému zahrnující obchod s kávou, fitness centra, stomatologické a lékařské ordinace, bowlingové kluby a obchody s elektronikou. Autobusové zastávky veřejné dopravy jsou často vybrány s pomocí problému ma-

ximalizování návštěvnosti. Maximalizování návštěvnosti předpokládá, že čím dále lidé musejí cestovat k dosažení zařízení, tím menší pravděpodobnost, že ji použijí. Toto je reflektováno v tom, jak množství poptávky alokované k zařízení klesá se vzdáleností. Vy specifikujete úpadek vzdálenosti s impedanční transformací.

Následující seznam popisuje, jak se problém maximalizování návštěvnosti vyrovná s poptávkou:

- Poptávka mimo impedanční omezení všech zařízení není přiřazena k žádnému zařízení.
  - Když je bod poptávky uvnitř impedančního omezení jednoho zařízení, jeho váha poptávky je částečně alokována v závislosti na omezení a impedanční transformaci. Body poptávky na obrázku výše mají koláčové grafy pro reprezentování poměru jejich totální váhy poptávky, která byla zachycena vybraným zařízením.
  - Váha bodu poptávky je pokryta více než jedním zařízením impedančního omezení, je alokována pouze k nejbližšímu zařízení.
- **Maximalizování podílu na trhu (Maximize Market Share)** – Specifický počet zařízení je vybrán tak, že alokovaná poptávka je maximalizována v přítomnosti konkurentů. Cílem je získat tolik celkového podílu na trhu, co je možné s daným počtem zařízení, které specifikujete. Celkový podíl na trhu je sumou všech vah poptávky pro platné body poptávky.



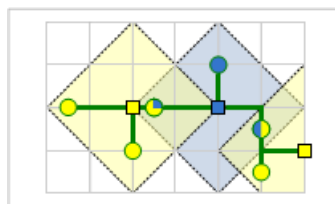
Obr. 1.52: Maximalizování podílu na trhu vybírá zařízení taková, že největší množství alokované poptávky je získáno v přítomnosti konkurence. Vy specifikujete počet zařízení, která chcete vybrat [15]

Typ problému podílu na trhu vyžaduje nejvíce dat, protože, společně se znalostí vlastní váhy zařízení, také potřebujete znát váhy konkurenčních zařízení. Stejně typy zařízení, která používají typ problému maximalizování návštěvnosti, také používají typ problému podíl na trhu tak, že mají rozsáhlé informace, které zahrnují data konkurentů. Velké diskontní prodejny typicky maximalizují podíl na trhu pro lokalizování konečné sady nových obchodů. Typ problému podíl na trhu používá Huff model, který je také znám jako model gravitace nebo prostorové interakce. Následující seznam popisuje, jak se problém maximalizování podílu na trhu vyrovná s poptávkou:

- Poptávka mimo impedanční omezení všech zařízení není alokována k žádnému zařízení.
- Bod poptávky uvnitř impedančního omezení jednoho zařízení má všechny váhy poptávky alokované k onomu zařízení.
- Bod poptávky uvnitř impedančního omezení dvou a více zařízení má všechny váhy poptávky alokované k zařízení, které je pokrývá; navíc, váha je rozdělena mezi alokovaná zařízení proporcionalně ke vzdálenosti mezi zařízením a bodem poptávky. Je dána rovná váha zařízení, to znamená, že je více váhy poptávky přiřazeno k blízkému zařízení než dalekému zařízení. Toto chování je demonstrováno v maximalizování podílu na trhu (viz. předchozí obrázek). Předpokládejme tři zařízení (čtverce) mající ekvivalentní váhy a poznamenejme, že jeden z šesti bodů poptávky (kruhů) je v rámci impedančního omezení dvou ukončených zařízení a má svou poptávku rozdělenou mezi zařízení. (Množství žlutých nebo modrých tvarů v bodě poptávky koreluje s procentem váhy poptávky získané zařízením stejné barvy). Bod poptávky blízko centra obrázku je zahrnut obojím, žlutým zařízením nalevo a modrým zařízením v centru. Jelikož je bod poptávky blíž ke žlutému zařízení, víc poptávky je alokováno k tomuto zařízení. Bod poptávky dole napravo nemá žádnou poptávku alokovanou. Nejbližší zařízení k bodu poptávky nebylo nalezeno tak, aby bylo součástí řešení, protože pole **Facilities To Choose** bylo nastaveno na jedna.



- Celkový podíl na trhu, který může být použit k výpočtu získaného podílu na trhu, je sumou váhy všech bodů poptávky lokalizovaných na síti, neumístěné body poptávky nepřispívají k celkovému podílu na trhu a měly by být přemístěny na síti, pokud mají být započítány.
- **Cílový podíl na trhu (Target Market Share)** – Cílový podíl na trhu vybírá minimální počet zařízení potřebných k získání specifického procenta celkového podílu na trhu v přítomnosti konkurence. Celkový podíl na trhu je sumou všech vah poptávky pro platné body poptávky. Vy nastavíte procenta podílu na trhu, která chcete dosáhnout a necháte řešitele vybrat nejmenší počet zařízení potřebných pro splnění této hranice.



Obr. 1.53: Cílový podíl na trhu pracuje za přítomnosti konkurence a snaží se vybrat nejmenší počet zařízení potřebných k získání podílu na trhu, který specifikujete [15]

Velké diskontní prodejny typicky používají celkový podíl na trhu, když chtějí vědět, kolik expanze by mělo být vyžadováno k získání určité úrovně podílu na trhu nebo chtějí vidět, která strategie by byla potřeba pouze pro udržení jejich současného podílu na trhu (po představení nového konkurenčního zařízení). Výsledky často reprezentují, které obchody vytvořit, pokud nebude uvažován rozpočet. V jiných případech, kde záleží na rozpočtu, se obchody vrátí k problému maximalizování podílu na trhu a jednoduše chtějí získat tolik podílu na trhu, kolik je možno s limitovaným počtem zařízení.

Následující seznam popisuje jak se problém cílového podílu na trhu vyrovná s poptávkou:

- Celkový podíl na trhu, který je použit ve výpočtu získaného podílu na trhu, je sumou váhy všech bodů poptávky umístěných na síti; neumístěné body

poptávky nepřispívají k celkovému podílu na trhu a měly by být na síti přemístěny, když byste s nimi chtěli počítat.

- Poptávka mimo impedanční omezení všech zařízení není alokována k žádnému zařízení.
- Bod poptávky uvnitř impedančního omezení jednoho zařízení má všechny váhy poptávky alokované k onomu zařízení.
- Bod poptávky uvnitř impedančního omezení dvou a více zařízení mají všechny váhy poptávky alokované k zařízení, které je pokrývá; navíc, váha je rozdělena mezi alokovaná zařízení proporcionálně ke vzdálenosti mezi zařízeními a bodem poptávky. Je dána rovná váha zařízení, to znamená, že je více váhy poptávky přiřazeno k blízkému zařízení, než dalekému zařízení. Toto chování je demonstrováno v cílovém podílu na trhu (viz. předešlý obrázek). Předpokládejme tři zařízení (čtverce), které mají ekvivalentní váhy a poznamenejme, že jeden z šesti bodů poptávky (kruhů) je v rámci impedančního omezení dvou ukončených zařízení a má svou poptávku rozdělenou mezi zařízení. (Množství žlutých nebo modrých tvarů v bodě poptávky koreluje s procentem váhy poptávky získané zařízením stejné barvy). Bod poptávky blízko centra obrázku je zahrnut obojím, žlutým zařízením nalevo a modrým zařízením v centru. Jelikož je bod poptávky blíž ke žlutému zařízení, je více poptávky alokováno k tomuto zařízení. Další bod poptávky má svou váhu rovnoměrně rozdělenou mezi modrým a žlutým zařízením napravo, protože je ekvidistantní k obou zařízením.

### Facilities To Choose

Vyberte vlastnost **Facilities To Choose** ke specifikování počtu zařízení, která má řešitel lokalizovat.

Zařízení s hodnotou **Required** v poli **FacilityType** jsou vždy součástí řešení, když je zde více zařízení k nalezení než vyžadovaných zařízení; jakákoliv nadbytečná zařízení k vybrání jsou vybrána z kandidátních zařízení.

Jakákoliv zařízení, která mají hodnotu **Chosen** v poli **FacilityType** před řešením problému, jsou chráněna jako kandidátní zařízení v čase řešení.

Pole **Facilities To Choose** je neaktivní pro problém typu minimalizování zařízení, jelikož řešitel určuje minimální počet zařízení k maximálnímu pokrytí.

Pole **Facilities To Choose** je neaktivní pro problém typu cílový podíl na trhu, protože řešitel vyhledává minimální počet zařízení vyžadovaná k získání specifikovaného podílu na trhu.

### **Impedance Cutoff**

Omezení impedance specifikuje maximální impedanci, ve které je bod poptávky alokován k zařízení. Maximální impedance je měřena nejlevnější cestou po síti. Pokud je bod poptávky mimo omezení, je ponechán nepřirazený. Toto pole může být použito k modelování maximální vzdálenosti, kterou jsou lidé ochotni cestovat k návštěvě vašeho obchodu nebo maximálního času, který je povolen pro hasičská zařízení k dostižení kohokoliv v komunitě.

Body poptávky mají pole `Cutoff_[Impedance]`, které když nastavíte, přehlídí pole **Impedance Cutoff** analýzy vrstvy. Můžete zjistit, že lidé ve venkovních oblastech jsou ochotni cestovat až 10 mil k dosažení zařízení, naopak lidé z města jsou ochotni cestovat do dvou mil daleko. Můžete modelovat toto chování nastavením pole impedančního omezení vrstvy analýzy na 10 a nastavením hodnoty `Cutoff_Miles` bodu poptávky v městských oblastech na 2.

### **Impedance Transformation**

Toto pole nastavuje rovnice pro transformování ceny sítě mezi zařízeními a bodem poptávky. Toto pole, spárované s **Impedance Parameter** specifikuje, jak vážně je síťová impedance mezi zařízeními a body poptávky ovlivněna řešitelovou volbou zařízení.

Použití transformace může vyrovnat celkové vzdálenosti, které body poptávky musí procestovat k dostižení jejich nejbližšího zařízení. Knihovny a polikliniky se týkají vlastního kapitálu služeb, takže často lokalizují zařízení použitím problému typu minimalizování impedance se silnou impedanční transformací a impedančním parametrem 2.0. Touto cestou nebude menšina vzdálených pacientů zatížena poměrně nadměrnou cestovní vzdáleností.

Některé obchody shromažďují data, kde jejich zákazníci bydlí, když data posbírají, tak se ukáže, že efekt vzdálenosti ovlivňuje chování zákazníků. Jedna výhoda dat je, že obchody mohou potvrdit a kalibrovat impedanční transformaci, což může vést k lepšímu výběru místa v budoucnosti.

Přesněji vhodnost impedanční transformace a parametrů k popisu vašich priorit a (nebo) modelování chování vašich bodů poptávky vyžaduje opatrnou studii, zahrnující průzkum témat jako je Huffův model a rozklad vzdálenosti. Prvním krokem je ale porozumění, jak jsou ceny transformovány. V následujícím seznamu možností transformací  $d$  znamená bod poptávky,  $f$  zařízení. Takže  $impedance_{df}$  je transformovaná síťová impedance mezi zařízením a bodem poptávky. Lambda ( $\lambda$ ) udává impedanční parametr.

Typy impedančních transformací:

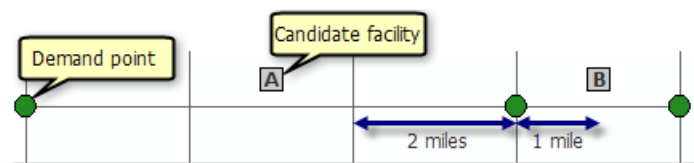
- **Lineární (Linear)** –  $cost_{df} = \lambda \cdot impedance_{df}$

Když nastavíte pole transformace impedance na lineární, pak je impedanční parametr vždy interně nastaven na 1, jelikož změna hodnot parametru a lineární transformace neovlivňuje výsledky řešitele .

- **Mocinná (Power)** –  $cost_{df} = impedance_{df}^\lambda$
- **Exponenciální (Exponential)** –  $cost_{df} = e^{\lambda \cdot impedance_{df}}$

Exponenciální transformace jsou často používány ve spojení s impedančními omezeními.

Následující přehled obrázků a tabulek používá minimalizování impedance pro demonstrování potenciálních efektů použití rozdílných impedančních transformací a parametrů.



Obr. 1.54: Nastavení ukázkového problému při použití dvou-mílových hran s body poptávky na koncích a kandidátními zařízeními na středech hran. [15]

Lineární transformace vždy používá parametr hodnoty jedné, takže je cena nezměněná a zařízení B minimalizuje danou cenu.

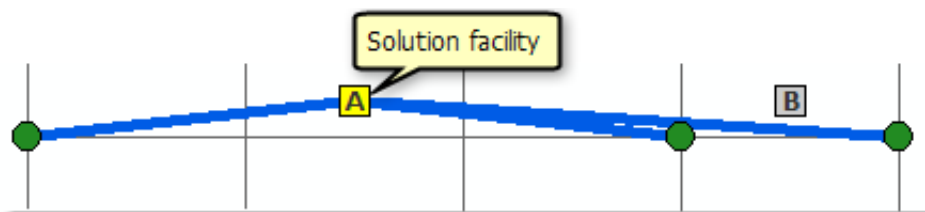
Zařízení	Celková cena (lineární)	Vybrané zařízení
A	$3+3+5=11$	
B	$7+1+1=9$	Je vybráno zařízení B.



Obr. 1.55: Zařízení B má nižší celkovou transformovanou cenu oproti zařízení A, když je použita lineární transformace. [15]

Mocninná transformace s parametrem dvou umocňuje dostatečně delší vzdálenost tak, že zařízení A místo toho minimalizuje cenu.

Zařízení	Celková cena (Sil. transf., $\lambda = 2$ )	Vybrané zařízení
A	$3^2 + 3^2 + 5^2 = 43$	Je vybráno zařízení A.
B	$7^2 + 1^1 + 1^1 = 51$	



Obr. 1.56: Zařízení A má nižší celkovou cenu transformace než zařízení B, když je použita kvadratická mocninná transformace. [15]

Exponenciální transformace s impedančním parametrem 0.02 bude upřednostňovat okolí bodů poptávky, takže zařízení B je v tomto případě řešením. (Obrázek je vynechán, jelikož by vypadal stejně, jako obrázek lineární transformace.)

Zařízení	Celková cena (Exp. transf., $\lambda = 0.02$ )	Vybrané zařízení
A	$e^{0.02 \cdot 3} + e^{0.02 \cdot 3} + e^{0.02 \cdot 5} = 3.23$	
B	$e^{0.02 \cdot 7} + e^{0.02 \cdot 1} + e^{0.02 \cdot 1} = 3.19$	Je vybráno zařízení B.

### Impedance Paramater

Toto pole vám umožní nastavit parametr lambda pro jeho použití s polem **Impedance Transformation**. Když je pole **Impedance Transformation** ale nastaveno na **Linear**, hodnota impedančního parametru je ignorována a místo toho je použita hodnota jedné. Pro více informací se koukněte na pole impedanční transformace (výše).

Body poptávky mají pole ImpedanceParameter, který pokud nastavíte, přepisuje pole **Impedance Parametr** analýzy vrstvy. Můžete určit, že impedanční parametr by měl být rozdílný pro městské a venkovské rezidenty. Toto můžete modelovat nastavením impedanční transformace pro analýzu vrstvy, která se shoduje s venkovskými rezidenty a nastavení impedance transformace pro body poptávky v městských oblastech, které se shodují s těmi městskými.

### Target Market Share

Toto pole specifikuje problém typu cílový podíl na trhu. Je to procento celkové váhy poptávky, kterou chcete v řešení získat. Řešitel si vybere minimální počet zařízení vyžadovaných k získání cílového podílu na trhu specifikovaného touto hodnotou.

### Záložka Accumulation

V záložce Accumulation můžete vybrat cenové atributy ze síťového datasetu, které mají být akumulovány v objektech trasy. Tyto akumulární atributy jsou čistě pro referenci; řešitel pouze použije cenové atributy specifikované v parametru **Impedance** vrstvy analýzy pro spočtení trasy.

Pro každý cenový atribut, který je akumulován, je pole Total\_[Impedance] přidáno k trase, která je výstupem řešitele.

## Záložka Network Locations

Parametry záložky síťových umístění (Network Locations) jsou použity pro nalezení síťových umístění a nastavují hodnoty pro jejich vlastnosti. [15]

### 1.5.5 Řešení a interpretování výsledků analýzy lokace-alokace

Po vytvoření vrstvy analýzy lokace-alokace, naplnění vyžadovaných objektů síťové analýzy a nastavení vhodných parametrů analýzy, může být určeno řešení pro problém lokace-alokace kliknutím na tlačítko **Solve** na panelu nástrojů Network Analyst. Po vyřešení, pokud je pole **Output Shape Type** nastaveno na **Straight Lines**, řešitel lokace-alokace vykresluje linie mezi vyřešenými zařízeními a jejich alokovanými body poptávky a nastavuje pole FacilityType kandidátního zařízení na Chosen, pokud je součástí řešení.

Okno **Network Analyst** také aktualizuje jméno třídy linií pro zobrazení počtu liniových objektů, které obsahuje.

Během operace řešení, řešitel lokace-alokace vytvoří interně řízenou OD cenovou matici mezi zařízeními a bodem poptávky použitím aktivního atributu síťové ceny jako impedance. Řešitel odkazuje na OD cenovou matici, když analyzuje potenciální řešení problému.

Problém lokace-alokace je jedním z problémů kombinační optimalizace, což znamená, že počet potenciálních řešení může rychle vzrůstat:

Kandidátní zařízení	Zařízení k nalezení)	Počet potenciálních řešení
10	5	252
30	15	155177520
50	25	126410606437752
100	50	1.009e29
500	250	1.167e149

Po úspěšném nalezení zařízení a alokování bodů poptávky, řešitel lokace-alokace vydává výsledky ve vhodných výstupních polích objektů síťové analýzy.

## Interpretování výsledků analýzy lokace-alokace

Po úspěšném vyřešení problému lokace-alokace můžete prozkoumat výsledky ve vlastnostech zařízení, bodech poptávky a liniích. Také můžete udělat výběr analýzy třídy k lepšímu porozumění výsledků. Následující seznam ukazuje několik častých post-analytických výběrů:

- Pro vybrání všech bodů poptávky alokovaných k určitému řešenému zařízení pro jakýkoliv typ problému kromě problému podílu na trhu, vyberte body poptávky s FacilityID stejným s ID zařízení, o které se zajímáte.
- Pro vybrání všech bodů poptávky alokovaných k určitému řešenému zařízení pro problém podíl na trhu, spojte atributovou tabulku s tabulkou Demand Points použitím ObjectID z Demand Points a DemandID z Lines. Dále vyberte hodnotu FacilityID, které chcete zkoumat z pole LALines.FacilityID. [15]

### 1.5.6 Řešení problému lokace-alokace v ArcMap

Kroky:

1. Zapněte ArcMap kliknutím na **Start > All Programs > ArcGIS > ArcMap 10**.
2. Povolte extenzi Network Analyst.
3. Klikněte na tlačítko **Catalog window** na panelu nástrojů *Standard*. Otevře se dokovatelné okno *Catalog*.
4. Při použití okna *Catalog* přejděte na umístění síťového datasetu a přetáhněte ho do mapového okna nebo do obsahu. Pokud ještě neexistuje spojení se složkou, které obsahuje síťový dataset, tak můžete jeden vytvořit kliknutím na tlačítko **Connect To Folder** nebo zadejte cestu ke složce do textového pole **Location**. Otevře se dialogové okno *Adding Network Layer*.
5. Klikněte na **No**, abyste do mapy přidali pouze síťový dataset. Volitelně můžete kliknout na **Yes** pro přidání síťového datasetu a všech jeho zdrojových tříd prvků do mapy. Síťový dataset je do ArcMap přidán jako síťová vrstva.



6. Pokud se vám nezobrazuje panel nástrojů *Network Analyst*, klikněte **Customize > Toolbars > Network Analyst**. Do ArcMap se vám potom přidá panel nástrojů *Network Analyst*.
7. Pokud se vám nezobrazuje okno *Network Analyst*, klikněte na tlačítko **Show/Hide Network Analyst Window** na panelu nástrojů *Network Analyst*. Otevře se dokovatelné okno *Network Analyst*. Když jsou z panelu nástrojů vytvořeny vrstvy síťové analýzy, tak jsou automaticky asociovány s aktivním síťovým datasetem.
8. Ujistěte se, že je aktivní správný síťový dataset. Aktivní síťový dataset je specifikovaný v nabídkovém menu **Network Dataset** panelu nástrojů *Network Analyst*.
9. Na panelu nástrojů *Network Analyst* klikněte **Network Analyst > New Location-Allocation**. Je vytvořena vrstva síťové analýzy a objeví se v obsahu a okně *Network Analyst*. Vrstva analýzy lokace-alokace je složena z následujících tříd síťové analýzy: Zařízení (Facilities), Body Poptávky (Demand Points), Linie (Lines), Bodové bariéry (Point Barriers), Liniové bariéry (Line Barriers) a Polygonové bariéry (Polygon Barriers). Třídy jsou prázdné. Budete potřebovat vytvořit objekty síťové analýzy, aby měl řešitel dostatek informací pro vygenerování řešení.
10. Přidejte alespoň jedno zařízení a jeden bod poptávky do analýzy. Je tu několik možností, jak do vrstvy analýzy přidat objekty síťové analýzy. Nejčastějším způsobem je jejich vytvoření použitím **Create Network Locations Tool** nebo jejich nahráním z třídy prvků. Jsou zde dvě možnosti jak nahrát objekty síťové analýzy z třídy prvků: první používající funkci Load Location z ArcMap, druhá je za pomoci nástroje Add Locations tool.
11. Nastavte nebo změňte jakékoliv vlastnosti objektů síťové analýzy, které jste v posledním kroku přidali.
12. Pokud potřebujete upravit polohu zařízení nebo události, tak klikněte na panelu nástrojů *Network Analyst* **Select/Move Network Location Tool**.

13. Volitelně můžete přidat bodové, liniové nebo polygonové bariéry.
14. Otevřete dialogové okno *Layer Properties* pro vrstvu síťové analýzy.
15. Klikněte na tabulku **Analysis Settings**.
16. Nastavte vlastnosti pro vrstvu analýzy lokace-alokace.
17. Klikněte na záložku **Advanced Settings**. Zde vyberete typ problému lokace-alokace.
18. Udělejte jakékoliv změny v pokročilém nastavení, které chcete použít.
19. Klikněte **OK**.
20. Klikněte na tlačítko **Solve** na panelu nástrojů *Network Analyst*.

Pokud je analýza úspěšně vyřešena, tak je vytvořena jedna nebo více liniových objektů ve třídě Linií (Lines) a výstupní vlastnosti objektů síťové analýzy jsou aktualizovány pro zobrazení výsledků. [16]

### 1.5.7 Řešení problému lokace-alokace použitím nástroje geoprocessing

1. Zapněte ArcMap kliknutím **Start > All Programs > ArcGIS > ArcMap 10**.
2. V menu klikněte **Geoprocessing > Search For Tools**.
3. Ve vyhledávacím poli zadejte **Make Location-Allocation Layer** a zmáčkněte **Enter**. Výsledky vyhledávání jsou vypsány v okně *Search*.
4. Klikněte na odkaz **Make Location-Allocation Layer**, toto okno se následně otevře.
5. Specifikujte parametry v dialogovém okně.
6. Klikněte na **OK**. Je vytvořena vrstva analýzy lokace-alokace.

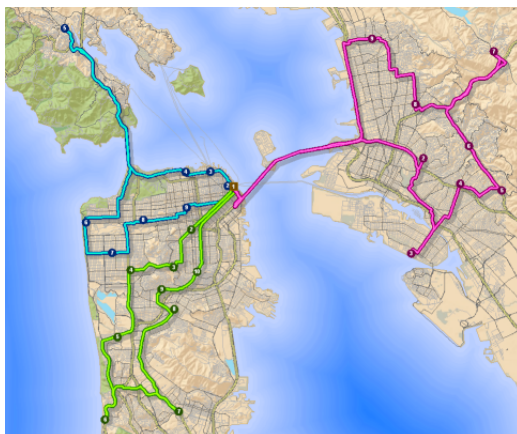
7. Použijte nástroj Add Locations pro vytvoření objektů v různých třídách analýzy, které používá jako vstup do řešitele.
8. Zadejte **Solve** do vyhledávacího pole a stiskněte Enter. Výsledky se zobrazí v okně *Search*.
9. Klikněte na odkaz **Solve**, toto okno se následně otevře.
10. Specifikujte parametry v dialogovém okně. Parametr **Input network analysis layer** se musí nastavit na vrstvu lokace-alokace, kterou jste vytvořili nástrojem Make Location-Allocation Layer.
11. Klikněte **OK**. Analýza lokace-alokace je vyřešena, pokud nedošlo k žádným chybám.

Vrstva Analýzy lokace-alokace je vyřešena, je dáno, že nedošlo k žádným chybám.

[17]

## 1.6 Analýza rozvozního problému

Mnoho organizačních firem pracuje s flotilou vozidel. Například velká nábytkářská firma může používat několik nákladních vozů pro dovoz nábytku do domu. Specializovaná firma může směřovat vozidla ze zařízení, aby vyzvedla použitý tuk z restaurací. Ministerstvo zdravotnictví může naplánovat denní inspekce každého ze svých inspektorů.



Obr. 1.57: Ukázka analýzy rozvozního problému [18]

Problém, který je častý z příkladů uvedených výše je směřování vozidel. Každá organizace potřebuje určit jaké objednávky (domy, restaurace nebo místa inspekcí) by měly být na trase navštíveny (nákladní vůz nebo inspektor) a v jakém pořadí by měly být objednávky vyřízeny. Primární cíl je obsloužit objednávky a minimalizovat celkovou operační cenu pro flotilu vozidel. Tudiž, když řešitel trasy Network Analyst nalezne nejlepší trasu pro jedno vozidlo (které navštíví více zastávek), řešitel rozvozního problému nalezne nejlepší trasu pro flotilu vozidel, která obsluhuje mnoho objednávek. Navíc může řešitel rozvozního problému vyřešit více specifických problémů, protože je k dispozici mnoho možností, jako je spojování kapacity vozidla s velikostí objednávky, udávání přestávek řidičům a párování objednávek tak, aby byly služby obslouženy během stejné trasy.

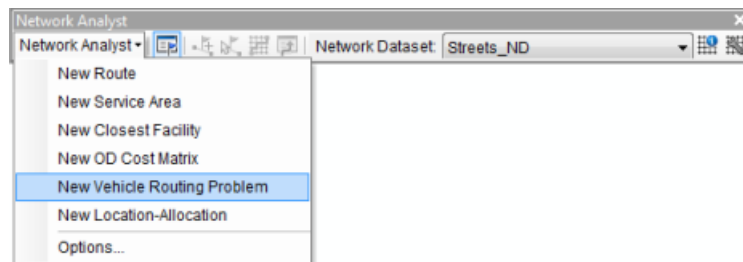
Řešení analýzy rozvozního problému následuje stejný postup jako ostatní síťové analýzy. [18]

### 1.6.1 Vrstva analýzy rozvozního problému

Vrstva analýzy rozvozního problému ukládá všechny vstupy, parametry a výsledky analýzy rozvozního problému.

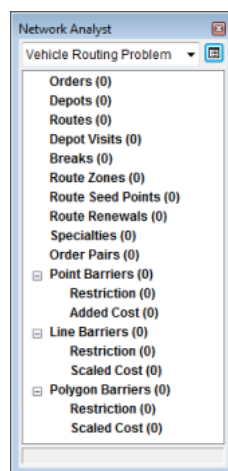
#### Vytvoření vrstvy analýzy rozvozního problému

Můžete vytvořit vrstvu rozvozního problému z panelu nástrojů *Network Analyst* kliknutím na **Network Analyst > New Vehicle Routing Problem**.



Obr. 1.58: Panel nástrojů Network Analyst pro analýzu rozvozního problému [18]

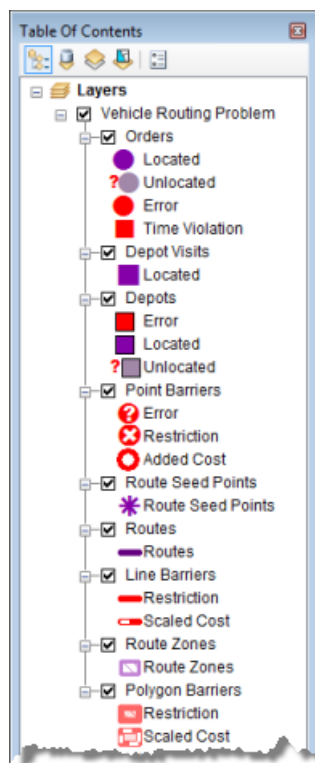
Když vytvoříte novou vrstvu analýzy rozvozního problému, tak se vrstva zobrazí v okně *Network Analyst* společně se svými třinácti třídami – Objednávky (Orders), Sklady (Depots), Trasy (Routes), Návštěvy Skladu (Depot Visits), Přestávky (Breaks), Zóny Trasy (Route Zones), Jádra Bodů Trasy (Route Seed Points), Obnovy Trasy (Route Renewals), Speciality (Specialties), Objednávkové Páry (Order Pairs), Bodové bariéry (Point Barriers), Liniové bariéry (Line Barriers) a Polygonové bariéry (Polygon Barriers).



Obr. 1.59: Okno Network Analyst se svými třinácti třídami síťové analýzy pro analýzu rozvozního problému [18]

Vrstva analýzy rozvozního problému se také zobrazí v okně obsahu jako složená vrstva, která je pojmenována Vehicle Routing Problem nebo pokud už v mapovém dokumentu existuje Vehicle Routing Problem se stejným názvem, tak se vrstvy čís-lují (Vehicle Routing Problem 1, Vehicle Routing Problem 2 atd.). Vrstev analýzy je devět – Objednávky (Orders), Sklady (Depots), Trasy (Routes), Návštěvy Skladu (Depot Visits), Zóny Trasy (Route Zones), Jádra Bodů Trasy (Route Seed Points), Bodové bariéry (Point Barriers), Liniové bariéry (Line Barriers) a Polygonové ba-riéry (Polygon Barriers). Každá z devíti vrstev prvků má standardní symbologii, která může být měněna v dialogovém okně Layer Properties.

Ačkoliv jsou přestávky, speciality a obnovy trasy tabulkami, tak se nezobrazí v ob-sahu. [18]



Obr. 1.60: Okno obsahu složené vrstvy analýzy rozvozního problému [18]

## 1.6.2 Třídy analýzy rozvozního problému

Vrstva analýzy rozvozního problému se skládá ze třinácti tříd síťové analýzy, které jsou buď vrstvy prvků nebo tabulky uložené v rámci vrstvy analýzy. Obsahují po-

užité objekty síťové analýzy nutné k řešení rozvozního problému.

Přehled každé třídy a její popis následuje v podrobnějších kapitolách.

### Vrstva prvků objednávek

Tato vrstva prvků ukládá objednávky, které jsou součástí dané vrstvy analýzy rozvozního problému. Objednávka může být dodávkou k zákazníkovi (například dodávka nábytku), vyzvednutí u zákazníka (například vyzvednutí použitého tuku v restauraci) nebo jiné druhy práce (například inspekční návštěvy).

Pokud objednávky obsahují předměty k vyzvednutí nebo doručení, mohou mít předměty jednu nebo mnoho kapacit, které mohou být založeny na nějaké formě měření nebo kombinace měření, které chcete, jako je váha, objem nebo počet jednotek. Některé objednávky jako inspekční návštěvy ale nemusí obsahovat žádné dodávky nebo vyzvednutí předmětů.

Objednávka může mít servisní čas, což je čas potřebný ke kompletaci práce na objednávce. Například kamión může vyžadovat dvacet minut pro vyložení nábytku a přenesení nábytku do domu. Servisní čas může být stejný pro všechny objednávky, nebo může být naopak pro každou objednávku unikátní.

Objednávka může mít jedno nebo dvě časová okna, která indikují, kdy vozidlo smí provést objednávku. Například kamión s potravinami má povolení přijet k restauraci pouze mezi osmou a desátou hodinou dopoledne nebo mezi druhou a čtvrtou hodinou odpoledne, jelikož by dodávka v jinou dobu narušila chod restaurace.

S objednávkou také mohou být spojeny speciality. To znamená, že objednávka může vyžadovat technika s určitým vybavením (například elektrikáře) nebo vozidlo s určitými možnostmi (například výtah). Pouze trasa se stejnou specialitou bude k objednávce přiřazena.

### Vlastnosti třídy objednávek

Vstupní parametry objednávek:

- **ObjectID** – Systémem přiřazené ID.
- **Shape** – Pole geometrie označující geografickou polohu objektu síťové analýzy.

- **Name** – Jméno objektu síťové analýzy. Jméno musí být unikátní.  
Toto pole figuruje jako primární klíč a je použito jako cizí klíč, který odkazuje na objednávky v tabulce OrderPairs. Jména objednávek jsou citlivá na velikost písmen a nemohou být prázdná, i když je objednávka vyloučena z řešení.
- **Description** – Popisná informace o objednávce. Toto pole může obsahovat jakoukoliv textovou informaci o objednávce a nemá žádné omezení pro jedinečnost. Můžete uložit klientovo číslo ID v poli Name a klientovo jméno nebo adresu v poli Description.
- **ServiceTime** – Tato vlastnost popisuje kolik času bude stráveno v síťovém umístění, když bude po trase navštíveno. To znamená, že pole ukládá hodnotu impedance pro síťové umístění. Pokud je hodnota nula nebo null, pak síťové umístění nevyžaduje žádný servisní čas.  
Jednotky pro toto pole jsou specifikovány polem Time Field Units vrstvy analýzy.
- **TimeWindowStart1** – Počáteční čas prvního časového okna pro síťové umístění. Pole může obsahovat hodnotu null, což indikuje žádný počáteční čas.
- **TimeWindowEnd1** – Konečný čas prvního časového okna pro síťové umístění. Pole může obsahovat hodnotu null, což indikuje žádný koncový čas.
- **TimeWindowStart2** – Počáteční čas druhého časového okna pro síťové umístění. Pole může obsahovat hodnotu null, což indikuje, že zde není žádné druhé časové okno. Pokud má první časové okno hodnotu null, což je specifikováno v polích TimeWindowStart1 a TimeWindowEnd1, pak druhé časové okno také musí mít hodnotu null. Pokud nemá ani jedno časové okno hodnotu null, pak druhé časové okno musí následovat po prvním a nesmí ho překrývat.
- **TimeWindowEnd2** – Koncový čas druhého časového okna pro síťové umístění. Pole může obsahovat hodnotu null. Pokud pole TimeWindowStart2 a TimeWindowEnd2 mají obě hodnotu null, pak žádné druhé časové okno není. Pokud pole TimeWindowStart2 nemá hodnotu null a pole TimeWindowEnd2



má hodnotu null, tak druhé časové okno existuje, ale má pouze počáteční čas, ale ne čas konečný. Toto je platné.

- **MaxViolationTime1** – Časové okno je narušeno, když čas příjezdu spadá mimo časové okno. Toto pole specifikuje maximální přípustný čas narušení pro první časové okno objednávky. Pole může obsahovat nulovou hodnotu, ale nemůže obsahovat záporné hodnoty. Nulová hodnota indikuje, že narušení časového okna v prvním časovém okně objednávky je neakceptovatelné, tedy první časové okno je pevné. Na druhou stranu hodnota null indikuje, že v poli narušení času není žádný limit. Nenulová hodnota specifikuje maximální zpoždění, například, že objednávku je možné na trase obsloužit až do třiceti minut přes konec prvního časového okna.

Jednotky pro toto pole jsou specifikovány polem Time Field Units vrstvy analýzy.

Narušení časového okna může být řešitelem sledováno a váženo. Díky tomu můžete vést řešitele rozvozního problému, aby si vybral jeden ze tří přístupů:

- Minimalizovat celkový čas narušení, bez ohledu na zvýšení ceny trasy.
- Nalézt řešení, které se snaží vyvážit čas narušení a cenu trasy.
- Ignorovat celkový čas narušení, místo toho minimalizovat cenu trasy.

Přiřazením úrovně důležitosti v nastavení Time Window Violation vrstvy analýzy v základu vybíráte jednu ze tří zmíněných možností. V každém případě řešitel vrátí chybu, když je MaxViolationTime1 překonáný.

- **MaxViolationTime2** – Maximální přípustný čas narušení pro druhé časové okno objednávky. Toto pole je analogické k poli MaxViolationTime1.
- **DeliveryQuantities** – Množství (například váha, objem, kvantita), které je v objednávce doručené. Pokud objednávka požaduje 2000 liber zboží, pak parametr **CapacityCount** v dialogovém okně *Layer Properties* vrstvy analýzy by měl být nastaven na 1 a pole **DeliveryQuantities** by mělo být nastaveno na 2000.

Pokud je zde více kapacit, což je specifikováno vlastností **Capacity Count**

ve vrstvě analýzy, pak musí být hodnoty v poli `DeliveryQuantities` odděleny mezerníkem. Například pokud známe obojí, váhu i objem, tak **Capacity Count** ve vrstvě analýzy nastavíme na 2. Pokud objednávka vyžaduje 2000 liber zboží, což je 100 stop čtverečných, tak bude v poli `DeliveryQuantities` zapsáno `2000 100`.

Prázdné pole nebo hodnota null je ekvivalentem nuly. Pokud pole obsahuje nevyhovující hodnotu v relaci k udání kapacity, tak jsou zbývající hodnoty brány za nulové. Toto pole nemůže obsahovat záporné hodnoty.

- **PickupQuantities** – Množství (například objem, váha, kvantita), které je v objednávce vyzvednuto. Veličiny nesmí být záporné. Pole je analogické k poli `DeliveryQuantities` field. V případě výměnné návštěvy může mít objednávka obojí (`DeliveryQuantities` i `PickupQuantities`).
- **Revenue** – Generovaný příjem, pokud je v řešení zahrnuta objednávka. Pole může obsahovat hodnotu null, což znamená nulový příjem. Pole ale nesmí mít zápornou hodnotu.
- **SpecialityNames** – String oddělený mezerníkem obsahující jména specialit požadovaných objednávkou. Hodnota null indikuje, že objednávka nevyžaduje speciality.  
Toto pole je cizím klíčem pro pole `Name` v tabulce specialit. Objekty specialit musí existovat předtím, než se objeví v rozbalovacím menu `SpecialityNames`. Například společnost starající se o veřejnou zeleň může potřebovat obsloužit objednávku určitým pesticidem, který vyžaduje licenci aplikace. Společnost může vytvořit objekt `Speciality`, který se bude jmenovat `License` a nastaví vlastnosti na **License**.
- **AssignmentRule** – Toto pole specifikuje pravidlo pro přiřazování objednávek k trasám. To je omezeno doménou hodnot, které jsou vypsány níže (jejich kódové hodnoty jsou v závorkách).

- **Exclude** (0) – Objedávka má být vyloučena z následného řešení operace.

- **Preserve route and relative sequence (1)** – Řešitel musí vždy přiřadit objednávku k zadané trase a na zadanou relativní sekvenci během řešení operace. Pokud toto přiřazovací pravidlo nemůže být dodrženo, potom to vyústí v narušení objednávky.
- **Preserve route (2)** – Řešitel musí vždy přiřadit objednávku k zadané trase během řešení operace. Platná sekvence musí být také nastavena, i když sekvence může nebo nemusí být zachovaná. Pokud nemůže být objednávka přiřazena ke specifikované trase, potom to vyústí v narušení objednávky.
- **Override (3)** – Řešitel se snaží zachovat trasu a sekvenci přiřazenou objednavce během řešení operace. Ale nová trasa a (nebo) sekvence objednávky může být přiřazena, pokud to pomůže minimalizovat celkovou hodnotu objektivní funkce. Toto je výchozí hodnota.

Toto pole nesmí obsahovat hodnotu null.

- Pole síťového umístění (**SourceID**, **SourceOID**, **PosAlong**, **SideOfEdge**)
  - Dohromady tato čtyři pole popisují bod v síti, kde je objekt umístěn.
- **CurbApproach** – Tato vlastnost specifikuje, v jakém směru vozidlo může přijet nebo odjet ze síťového umístění. Jsou zde čtyři možnosti (kódové hodnoty jsou v závorkách):
  - **Either side of vehicle (0)** – Vozidlo může přijet nebo odjet ze síťového umístění v obou směrech. Otočky jsou povoleny. Tuto možnost byste měli zvolit v případě, že vaše vozidlo může provést otočky na zastávce, nebo pokud se může otočit ve vjezdu nebo na parkovacím místě.
  - **Right side of vehicle (1)** – Když vozidlo přijíždí nebo odjíždí ze síťového umístění, tak musí být obrubník na pravé straně vozidla. Otočka je zakázána.
  - **Left side of vehicle (2)** – Když vozidlo přijíždí nebo odjíždí ze síťového umístění, tak musí být obrubník na levé straně vozidla. Otočka je zakázána.

- **No U-turn** (3) – Když vozidlo přijíždí do síťového umístění, tak může být obrubník na obou stranách vozidla, ale vozidlo musí odjet bez otáčení.

Časové okno se uvádí, když vozidlo může obsloužit objednávku; neuvádí se, když musí být splněn servisní čas. Pro spočtení servisního času a odjezdu před tím, než se okno uzavře, odečtete od sebe pole `ServiceTime` a `TimeWindowEnd1`.

Časová pole mohou obsahovat pouze hodnoty času, nebo hodnotu datumu a času. Pokud pole času jako je `TimeWindowStart1` má pouze hodnotu času (například 8:00 AM), pak je datum předpokládáno za datum specifikované v poli `Default Date` ve vrstvě analýzy. Použití hodnot data a času (například 7/11/2010 8:00 AM) vám umožní nastavit časová okna, která jsou rozprostřena v několika dnech.

Pokud používáte dopravní data, tak pole `time-of-day` pro síťové umístění vždy odpovídá stejné časové zóně jako hrana, na které je síťové umístění umístěno.

#### Vstupní/výstupní pole objednávek:

- **RouteName** – Jméno trasy, ke které je objednávka přiřazena. Jako vstupní pole je toto pole používáno k zadání objednávky ke specifické trase. Pole může obsahovat hodnotu `null`, která indikuje, že objednávka není přiřazena k žádné trase a řešitel určuje nejlepší možné přiřazení trasy k objednávce. Pokud je pole nastaveno na `null`, pak pole `Sequence` musí být také nastaveno na `null`. Pole `RouteName` je cizím klíčem k poli `Name` ve třídě `Tras`. Objekty trasy musí existovat předtím, než se zobrazí v rozbalovacím menu `RouteName`. Po vyřešení operace, pokud je objednávka vytrasovaná, obsahuje pole `RouteName` jméno trasy, ke které je objednávka přiřazena.
- **Sequence** – Toto pole indikuje sekvenci objednávky na přiřazené trase. Jako vstupní pole je toto pole použito ke specifikování relativní sekvence pro objednávku na trase. Toto pole může obsahovat hodnotu `null` specifikující, že objednávka může být umístěna kdekoliv po trase. Hodnota `null` se může objevit pouze dohromady s hodnotou `null` v poli `RouteName`. Vstupní sekvence hodnot je kladná a unikátní pro každou trasu (sdílené skrz obnovené návštěvy, objednávky a zastávky ve skladu), ale nemusí začínat od 1,

nebo být souvislá.

Po vyřešení operace pole Sequence obsahuje sekvenční hodnoty objednávky na přiřazené trase. Výstupní sekvenční hodnoty trasy jsou sdíleny skrz návštěvy, objednávky a zastávky ve skladu; začíná od 1 (v počátečním skladu) a jsou souvislé. Takže nejmenší možná výstupní sekvenční hodnota pro trasovanou objednávku je 2, jelikož trasa vždy začíná ve skladu.

- **Status** – Toto pole je omezeno oborem hodnot, což je vypsáno níže (kódové hodnoty jsou zapsány v závorkách).
  - **OK** (0) – Umístění v síti je platné.
  - **Not Located** (1) – Umístění v síti nemůže být stanoveno.
  - **Network element not located** (2) – Síťový prvek, na němž má být síťové umístění, nemůže být nalezen. Toto se může objevit, když je vymazána hrana sítě a umístění v síti není přepočítáno.

Po vyřešení operace se může status změnit na některou z následujících hodnot:

- **OK** (0) – Umístění v síti bylo úspěšně vyhodnoceno.
- **Element not traversable** (3) – Síťový element, na kterém je síťové umístění, není průchozí. Toto se může objevit, pokud je síťový element zakázán atributem omezení.
- **Invalid field values** (4) – Pole hodnot síťového umístění spadají mimo označenou vrstvu nebo rozsah. Například může existovat záporné číslo, když jsou požadována čísla kladná.
- **Not reached** (5) – Síťové umístění nemůže být řešitelem dosaženo.

Pokud jsou použita časová okna a trasa přijde brzy nebo pozdě, tak se pole změní na **Time Window violation** (6).

Pokud má objednávka v poli AssignmentRule hodnotu Exclude, pak jsou vstupní hodnoty pro Status, RouteName a Sequence nezměněné během řešení operace.

### Výstupní pole objednávek:

- **ViolatedConstraints** – Toto pole obsahuje přehled o porušených omezeních a je stanoveno po vyřešení operace. Kombinace jednoho nebo více omezení, které jsou zmíněné níže, mohou být přiřazeny k tomuto poli, pokud bude nějaké omezení porušeno.

Kódové hodnoty jsou zobrazeny v závorkách. Mějte na paměti, že kódové hodnoty jsou součástí geometrické sekvence, která se navyšuje zdvojením poslední hodnoty. To umožňuje, aby se objevily různé kombinace porušení. Například kombinace překročené kapacity (2) a Hard Route Zone (128) je zapsáno jako 130 (2+128).

- **MaxOrderCount exceeded** (1) – Objednávka nemůže být přiřazena k trase, dokud bude přiřazování překračovat hodnotu pole trasy MaxOrderCount. Pokud je maximální hodnota překročena, pak je řešení stejně vygenerováno, ale zanechá některé objednávky neobsloužené. V tomto případě řešitel rozvozního problému započítá nejvyšší číslo objednávek možné i přes daná omezení.
- **Capacity exceeded** (2) – Objednávka nemůže být přiřazena, jelikož přiřazení objednávky by překročilo hodnotu pole trasy Capacities.
- **MaxTotalTime exceeded** (4) – Objednávka nemůže být přiřazena, jelikož přiřazení objednávky by překročilo hodnotu pole trasy MaxTotalTime.
- **MaxTotalTravelTime exceeded** (8) – Objednávka nemůže být přiřazena, jelikož přiřazení objednávky by překročilo hodnotu pole trasy MaxTotalTravelTime.
- **MaxTotalDistance exceeded** (16) – Objednávka nemůže být přiřazena, jelikož přiřazení objednávky by překročilo hodnotu pole trasy MaxTotalDistance.
- **Hard time Windows** (32) – Objednávka má pevné časové okno a nemůže být přiřazena k trase aniž by se setkala s porušením časového okna.

- (Pevné časové okno je specifikované přiřazením hodnoty 0 k poli MaxViolationTime1 nebo MaxViolationTime2).
- **Unmatched speciality** (64) – Speciality požadované objednávkou nejsou nalezeny na cílové trase.
  - **Hard route zone** (128) – Objednávka nespadá do zóny pevné trasy. Pokud mají všechny trasy zónu pevné trasy a objednávka spadá mimo zónu, tak se objednávka zobrazí s tímto porušeným omezením.
  - **Order pair MaxTransitTime exceeded** (256) – Objednávka patří do páru objednávek a přiřazení objednávky by překročilo maximální transitní čas specifikovaný hodnotou v poli páru objednávky MaxTransitTime.
  - **Order pair violation** (512) – Objednávka patří do páru objednávek a nemůže být přiřazena k trase, protože další objednávka má nějaká porušení. Například předpokládejme objednávky O1 a O2, které jsou spárované a O1 je umístěna na síťovém prvku s negativní impedancí, ale nejsou zde žádná porušení omezení s objednávkou O2. Řešitel vrátí Unreachable pro objednávku O1 a Order pair Violation pro objednávku O2, jelikož obě objednávky nemohou být k trase přiřazeny.
  - **Unreachable** (1024) – Objednávka je umístěna na síťovém prvku, který nemůže být dosažen jakoukoliv trasou. Toto je často způsobeno objednávkou umístěnou na nesouvislé části sítě.
  - **Cannot insert required break** (2048) – Přestávka pro trasu má v poli Sequence hodnotu null za účasti zadaných objednávek a přestávka nemůže být umístěna nikde jinde bez způsobení dalších porušení.
  - **Cannot insert required renewal** (4096) – Trasa překročí svoji kapacitu a potřebuje nalézt trasu obnovy. Ale asociovaná trasa obnovy má v poli Sequence hodnotu null za účasti zadaných objednávek a nemůže být vložena nikde tak, aby způsobila další porušení.
  - **MaxTravelTimeBetweenBreaks exceeded** (8192) – Řešitel nebyl schopen vložit přestávku během stanoveného času v poli MaxTravelTimeBe-

tweenBreaks. Toto je často způsobeno přiřazením sekvence k zastávce tak, že nemůže být dosažena během maximálního transitního času.

- **Break MaxCumulWorkTime exceeded** (16384) – Řešitel nebyl schopen vložit přestávku během stanoveného času v poli MaxCumulWorkTime. Toto je často způsobeno přiřazením sekvence k zastávce tak, že nemůže být dosažena během maximálního pracovního času.

Hodnota ViolatedConstraints netrasované objednávky může, ale nemusí popisovat všechny porušení. Pokud je porušení tak velké, aby okamžitě vyloučilo objednávku z dalších úvah, tak to řešitel udělá, což zabrání dalším porušením před jejich objevením. Pokud je objeveno porušení, které automaticky nezastaví řešení operace, pak je porušení zaznamenáno v poli ViolatedConstraints a řešitel dále pokračuje a bere objednávku v úvahu. Jakákoliv další porušení, jako je toto jsou přidána do pole ViolationConstraints dokud (a) řešitel nenarazí na porušení, které zastaví operaci řešení pro danou objednávku nebo (b) řešitel nalezne řešení problému.

- **FromPrevTravelTime** – Cestovní čas z předešlé návštěvy na trase k objednávce. Jednotka pro toto pole je specifikovaná vlastností Time Field Units vrstvou analýzy.
- **FromPrevDistance** – Cestovní vzdálenost z předešlé návštěvy na trase k objednávce. Jednotka pro toto pole je specifikovaná vlastností Distance Field Units vrstvou analýzy. Toto pole má hodnotu null, pokud vlastnost Distance Attribute není nastavena v parametrech analýzy.
- **CumulTravelTime** – Kumulativní cestovní čas do času příjezdu k objednávce. Jednotka pro toto pole je specifikovaná vlastností Time Field Units vrstvy analýzy.
- **CumulDistance** – Kumulativní cestovní vzdálenost do času příjezdu k objednávce. Jednotka pro toto pole je specifikovaná vlastností Distance Field Units vrstvy analýzy. Toto pole má hodnotu null, pokud vlastnost Distance Attribute není nastaven v parametrech analýzy.



- **CumulTime** – Kumulativní čas trvání trasy včetně objednávky. Kumulativní čas obsahuje cestovní, servisní čas a čas čekání na objednávce. Jednotka pro toto pole je specifikovaná vlastností Time Field Units vrstvy analýzy.
- **ArriveCurbApproach** – Toto pole vám umožní specifikovat, na které straně vozidla chcete mít zařízení, když k němu přijedete. Pokud je hodnota nastavena na Right side of vehicle, pak je ArriveCurbApproach po vyřešení Right side of vehicle. Ale, když je hodnota CurbApproach nastavena na Either side of vehicle nebo No U-turn, pak ArriveCurbApproach může být z pravé nebo levé strany závisející na tom, co bude nejvhodnější pro nejkratší trasu.
- **DepartCurbApproach** – Toto pole vám umožní specifikovat, na které straně vozidla chcete mít zařízení, když od něho odjíždíte. Pokud je hodnota nastavena na Right side of vehicle, pak je DepartCurbApproach po vyřešení je Right side of vehicle. Ale, když je hodnota CurbApproach nastavena na Either side of vehicle nebo No U-turn, pak DepartCurbApproach může být z pravé nebo levé strany závisející na tom, co bude nejvhodnější pro nejkratší trasu.
- **ArriveTime** – Hodnota datumu a času indikující čas příjezdu k objednávce. Trasa může dorazit k objednávce před začátkem časového okna objednávky, což způsobí čas čekání na objednávce. Pro objednávku s mírnými časovými okny může trasa dorazit k objednávce po ukončení časového okna, což způsobí čas porušení.  
Při použití dopravních dat, která pokrývají více časových zón, je časová zóna pro hodnotu time-of-day vzata ze síťového prvku, na kterém je objednávka umístěna.
- **DepartTime** – Hodnota data a času indikující čas odjezdu z objednávky. Odjezd u objednávky je uskutečněn až po kompletaci služby.  
Při použití dopravních dat, která pokrývají více časových zón, je časová zóna pro hodnotu time-of-day vzata ze síťového prvku, na kterém je objednávka umístěna.

- **WaitTime** – Čas čekání nebo mezipřistání na objednávce. Například získáte čekací čas, když dorazíte na místo objednávky dřív a musíte počkat, až se otevře časové okno objednávky.
- **ViolationTime** – Množství času, který uběhl mezi koncem časového okna objednávky a příjezdem vozidla po trase. Jednotka pro toto pole je specifikovaná vlastností Time Field Units vrstvou analýzy.
- **CumulWaitTime** – Kumulativní čas čekání od začátku trasy až po objednávku. Jednotka pro toto pole je specifikovaná vlastností Time Field Units vrstvy analýzy.
- **CumulViolationTime** – Kumulativní čas porušení od začátku trasy až po objednávku. Jednotka pro toto pole je specifikovaná vlastností Time Field Units vrstvy analýzy.

### Třída skladů

Tato třída síťové analýzy ukládá sklady, které jsou součástí dané vrstvy analýzy rozvozního problému. Sklad je umístění, ze kterého vozidlo na začátku vyjíždí do pracovního dne a kam se na konci pracovního dne vrací. Sklady jsou umístění, kde jsou vozidla naložena (pro dodávky) nebo vyložena (pro vyzvednutí). V některých případech může sklad vystupovat jako obnovené umístění, čímž se vozidlo může vyložit, nebo znovu naložit a pokračovat v doručování a vyzvedávání. Sklad má otevírací a zavírací hodiny, což je specifikováno pevným časovým oknem. Vozidla nemohou do skladu přijet mimo toto časové okno.

### Vlastnosti třídy skladu

#### Vstupní parametry skladů:

- **ObjectID** – Systémem přiřazené ID.
- **Shape** – Pole geometrie označující geografickou polohu objektu síťové analýzy.
- **Name** – Jméno objektu síťové analýzy. Toto pole figuruje jako primární klíč a je použito jako cizí klíč ve vrstvě tras, tabulce obnov skladů a ve vrstvě

návštěv skladů, kde odkazuje na sklady. Jména skladů jsou citlivá na velikost písmen a nemohou být prázdná a musí být unikátní.

- **Description** – Popisná informace o objednávce. Toto pole může obsahovat jakoukoliv textovou informaci o objednávce a nemá žádné omezení pro jedinečnost. Pravděpodobně budete chtít zaznamenat, ve kterém regionu se sklad nachází, nebo telefonní číslo skladu nebo jeho adresu; tuto informaci můžete zaznamenat v tomto poli raději než v poli Name.
- **TimeWindowStart1** – Počáteční čas prvního časového okna pro síťové umístění. Pole může obsahovat hodnotu null, což indikuje žádný počáteční čas.
- **TimeWindowEnd1** – Konečný čas prvního časového okna pro síťové umístění. Pole může obsahovat hodnotu null, což indikuje žádný koncový čas.
- **TimeWindowStart2** – Počáteční čas druhého časového okna pro síťové umístění. Pole může obsahovat hodnotu null, což indikuje, že zde není žádné druhé časové okno. Pokud má první časové okno hodnotu null, což je specifikováno v polích TimeWindowStart1 a TimeWindowEnd1, pak druhé časové okno také musí mít hodnotu null. Pokud nemá ani jedno časové okno hodnotu null, pak druhé časové okno musí následovat po prvním a nesmí ho překrývat.
- **TimeWindowEnd2** – Koncový čas druhého časového okna pro síťové umístění. Pole může obsahovat hodnotu null. Pokud pole TimeWindowStart2 a TimeWindowEnd2 mají obě hodnotu null, pak žádné druhé časové okno není. Pokud pole TimeWindowStart2 nemá hodnotu null a pole TimeWindowEnd2 má hodnotu null, tak druhé časové okno existuje, ale má pouze počáteční čas, ale ne čas konečný. Toto je platné.
- Pole síťového umístění (**SourceID**, **SourceOID**, **PosAlong**, **SideOfEdge**) – Dohromady tato čtyři pole popisují bod v síti, kde je objekt umístěn.
- **CurbApproach** – Tato vlastnost specifikuje, v jakém směru vozidlo může přijet nebo odjet ze skladu. Pole je užitečné pro vozidla, která potřebují dojet

a odjet ze skladu ze specifického směru, nebo aby se vyhly U-turns. Jsou zde čtyři možnosti:

- Either side of vehicle (0) – Vozidlo může přijet nebo odjet ze síťového umístění v obou směrech. Otočky jsou povoleny. Tuto možnost byste měli zvolit v případě, že vaše vozidlo může provést otočku na zastávce, nebo pokud může otočit ve vjezdu nebo na parkovacím místě.
- Right side of vehicle (1) – Když vozidlo dorazí nebo odjede ze síťového umístění, musí být obrubník umístěn na pravé straně vozidla. Otočka je zakázána.
- Left side of vehicle (2) – Když vozidlo dorazí nebo odjede ze síťového umístění, musí být obrubník umístěn na levé straně vozidla. Otočka je zakázána.
- No U-turn (3) – Tato možnost není u skladů povolena. Je vráceno chybové hlášení během procesu řešení, pokud nejsou použity žádné No U-turns. Otočce se můžete vyhnout výběrem pravé nebo levé strany vozidla.

Časová pole mohou obsahovat pouze hodnoty času, nebo hodnotu datumu a času. Pokud pole času jako je TimeWindowStart1 má pouze hodnotu času (například 8:00 AM), pak je datum předpokládáno za datum specifikované v poli Default Date v analýze vrstvy. Použití hodnot data a času (například 7/11/2010 8:00 AM) vám umožní nastavit časová okna, která jsou rozprostřena v několika dnech. Pokud používáte dopravní data, tak pole time-of-day pro síťové umístění vždy odpovídá stejné časové zóně jako hrana, na které je síťové umístění umístěno.

#### Vstupní/výstupní pole skladů:

- **Status** – Toto pole je omezeno oborem hodnot, což je vypsáno níže (kódové hodnoty jsou zapsány v závorkách).
  - **OK** (0) – Umístění v síti je platné.
  - **Not Located** (1) – Umístění v síti nemůže být stanoveno.

- **Network element not located** (2) – Síťový prvek, na němž má být síťové umístění, nemůže být nalezen. Toto se může objevit, když je vymazána hrana sítě a umístění v síti není přepočítáno.

Po vyřešení operace se může status změnit na některou z následujících hodnot:

- **OK** (0) – Umístění v síti bylo úspěšně vyhodnoceno.
- **Element not traversable** (3) – Síťový element, na kterém je síťové umístění, není průchozí. Toto se může objevit, pokud je síťový element zakázán atributem omezení.
- **Invalid field values** (4) – Pole hodnot síťového umístění spadají mimo označenou vrstvu nebo rozsah. Například může existovat záporné číslo, když jsou požadována čísla kladná.
- **Not reached** (5) – Síťové umístění nemůže být řešitelem dosaženo.

Pokud jsou použita časová okna a trasa přijde brzy nebo pozdě, tak se pole změní na **Time Window violation** (6).

### Třída tras

Tato třída síťové analýzy ukládá trasy, které jsou součástí vrstvy analýzy rozvozního problému. Trasa specifikuje vozidlo, charakteristiku řidiče a reprezentuje trasu mezi skladem a objednávkou. V ArcGIS Network Analyst jsou pojmy vozidlo, trasa a řidič synonymem a pojem trasa se používá k pokrytí všech zmíněných pojmů.

Řešitel rozvozního problému není designovaný tak, aby vzal v úvahu stejné vozidlo, které je použito během pracovních směn v jediném řešení trasy nebo na změnu řidiče během pracovního dne.

Trasa může trvat nějaký čas během nakládání nebo vykládání na začátku nebo ve skladu. Množství času, které je strávené ve skladu je fixní pro trasu a je specifikované jako počáteční nebo koncový servisní čas ve skladu.

Trasa může započít ve fixním čase, nebo může mít flexibilní počátek trasy, to znamená, že může mít rozmezí dřívější-pozdější počáteční čas. Rozmezí počátečního

času a časové okno počátečního skladu, jsou brány do výpočtu při určování aktuálního počátečního času trasy.

Operační cena pro individuální trasu může být vytvořena z trasy založené na ceně, trasy založené na délce a (nebo) na fixních cenách, které jsou nezávislé na množství odpracované doby a ujeté vzdálenosti. Například zde může být fixní cena asociovaná s používáním vozidla, pokud jsou najata dodatečná vozidla pro zvládnutí hodně přeplněných dní. Podobně řidič může být placen za počet odpracovaných hodin, zahrnující nebo vylučující přesčas a obědové přestávky. Takovéto ceny mohou být použity pro specifikování ceny založené na čase. Cena paliva může být použita pro specifikování ceny vzdálenosti.

Vozidlo operující na dané trase může mít také kapacitu, která limituje množství, které je schopné pojmout.

Mohou zde být překážky v řídicově pracovním dni, jako je například celková ujetá vzdálenost nebo počet hodin, po které může řidič pracovat nebo řízení dle státních regulací nebo na základě skupinové pracovní smlouvy.

Trasa může obsahovat pracovní přestávky. Řidič může, ale nemusí být placen za tyto přestávky.

Vozidlo může mít určité schopnosti, například výtah nebo speciální ochranu, nebo technici mohou mít různá vybavení. Objednávky s těmito definovanými specialitami musí být přiřazeny ke vhodným trasám.

Trasa může být asociována se zónou, pokud je trasa zakázána pro práci v předem daném geografickém regionu.

Trasy jsou liniové prvky. Mohou být importovány z existujících tras, které jsou součástí jiných vrstev analýzy rozvozního problému, z jiných liniových prvků nebo z tabulek. Mohou být také vytvořeny příkazem Add Item.

### Vlastnosti třídy trasy

Vstupní parametry tras:

- **ObjectID** – Systémem přiřazené ID.
- **Shape** – Pole geometrie označující geografickou polohu objektu síťové analýzy.

- **Name** – Jméno objektu síťové analýzy. Toto pole figuruje jako primární klíč a je použito jako cizí klíč ve vrstvě objednávek, tabulce přestávek a ve vrstvě časových zón, vrstvě jader bodů trasy, tabulce obnov trasy a tabulce návštěv skladů. Jména tras jsou citlivá na velikost písmen a nemohou být prázdná, ani když trasa není součástí operace řešení. Jméno musí být unikátní.
- **Description** – Popisná informace o objektu síťové analýzy. Toto pole může obsahovat jakoukoliv textovou informaci o objednavce a nemá žádná omezení pro jedinečnost.
- **StartDepotName** – Jméno počátečního skladu na trase. Toto pole je cizím klíčem k poli Name ve třídě skladů. Objekty skladů musí existovat dříve, než se objeví v rozbalovacím menu StartDepotName. Pokud je StartDepotName hodnota null, tak trasa začne z první přiřazené objednávky. Vynechání počátečního umístění je pro váš problém neznámé nebo irelevantní. Ale pokud je hodnota StartDepotName null, tak hodnota EndDepotName nemůže být null. Pokud trasa vykonává rozvážky a hodnota StartDepotName je null, tak je předpokládáno, že je vozidlo naložené ve virtuálním skladu před tím, než trasa započne. Pro trasu, která nemá žádné obnovené návštěvy, jsou objednávky k doručení (ty s nenulovou hodnotou DeliveryQuantities ve třídě objednávky) naloženy v počátečním skladu, nebo virtuálním skladu.
- **EndDepotName** – Jméno koncového skladu na trase. Toto pole je cizím klíčem k poli Name ve třídě skladů. Objekty skladů musí existovat dříve, než se objeví v rozbalovacím menu EndDepotName. Pokud je EndDepotName hodnota null, tak trasa začne z první přiřazené objednávky. Vynechání počátečního umístění je pro váš problém neznámé nebo irelevantní. Ale pokud je hodnota EndDepotName null, hodnota StartDepotName je také null. Pokud trasa vykonává rozvážky a hodnota EndDepotName je null, tak je předpokládáno, že je vozidlo naložené ve virtuálním skladu před tím, než trasa započne. Pro trasu, která nemá žádné obnovené návštěvy, jsou objednávky k doručení (ty s nenulovou hodnotou PickupQuantities ve třídě objednávky) naloženy v počátečním skladu, nebo virtuálním skladu.

- **StartDepotServiceTime** – Servisní čas na počátečním skladu. Toto může být použito pro modelování času stráveného pro naložení vozidla. Toto pole může obsahovat hodnotu null; hodnota null indikuje nulový servisní čas. Jednotka pro toto pole je specifikovaná vlastností Time Field Units vrstvy analýzy. Servisní čas na počátečních a konečných skladech je fixní hodnota (což je dáno poli StartDepotServiceTime a EndDepotServiceTime) a nezapočítává se do aktuálního nákladu trasy. Například čas potřebný k naložení vozidla na počátečním skladu může záviset na velikosti objednávek. Jako takový může servisní čas ve skladu dávat hodnoty korespondující s plně naloženým nebo průměrně naloženým vozidlem, nebo můžete udělat svůj vlastní odhad.
- **EndDepotServiceTime** – Servisní čas na konečném skladu. Toto může být použito pro modelování času stráveného pro vyložení vozidla. Toto pole může obsahovat hodnotu null; hodnota null indikuje nulový servisní čas. Jednotka pro toto pole je specifikovaná vlastností Time Field Units vrstvy analýzy. Servisní čas na počátečních a konečných skladech je fixní hodnota (což je dáno poli StartDepotServiceTime a EndDepotServiceTime) a nezapočítává se do aktuálního nákladu trasy. Například čas potřebný k naložení vozidla na počátečním skladu může záviset na velikosti objednávek. Jako takový servisní čas ve skladu může dávat hodnoty korespondující s plně naloženým nebo průměrně naloženým vozidlem, nebo můžete udělat svůj vlastní odhad.
- **EarliestStartTime** – Nejdřívejší možný počáteční čas pro trasu. Je použit řešitelem ve spojení s časovým oknem počátečního skladu pro určení možného počátečního času trasy. Toto pole nesmí obsahovat hodnotu null a má výchozí hodnotu času 8:00 AM; výchozí hodnota je interpretována jako 8:00 AM u data daného polem Default Date vrstvy analýzy.  
Při použití síťových datasetů s dopravními daty napříč více časovými zónami, je časová zóna pro EarliestStartTime stejná jako časová zóna hrany nebo průsečíku, na kterém je soustředěn počáteční sklad.
- **LatestStartTime** – Nejpozdější možný počáteční čas pro trasu. Toto pole nesmí obsahovat hodnotu null a má výchozí hodnotu času 10:00 AM; výchozí



hodnota je interpretována jako 10:00 AM u data daného polem Default Date vrstvy analýzy. Při použití síťových datasetů s dopravními daty napříč více časovými zónami, je časová zóna pro EarliestStartTime stejná jako časová zóna hrany nebo průsečíku, na kterém je soustředěn počáteční sklad.

- **ArriveDepartDelay** – Pole ukládá množství cestovního času potřebného pro akceleraci vozidla na normální cestovní rychlost, deceleraci při zastavení a pro rozjetí se a pohybu po síti (například na a z parkoviště). Zahrnutím pole ArriveDepartDelay je řešitel rozvozního problému odrazen od posílání mnoha tras do služeb fyzicky shodných objednávek.

Cena tohoto pole vznikne mezi návštěvou neshodné objednávky, skladu a obnovy trasy. Například když trasa začíná ze skladu a navštíví první objednávku, tak je celkové příjezd-odjezd zpoždění přidáno k cestovnímu času. Stejně je pravdou při cestování z první na druhou objednávku. Pokud jsou druhá a třetí objednávka shodné, tak ArriveDepartDelay není přidáno mezi ně, dokud se vozidlo nemusí pohybovat. Pokud trasa cestuje z obnovené trasy, pak je ArriveDepartDelay přidán opět k cestovnímu času. Ačkoliv potřebuje vozidlo zpomalit a zastavit na přestávku a potom akcelarovat, řešitel rozvozního problému nemůže přidat hodnotu ArriveDepartDelay pro přestávky. To znamená, že pokud trasa opustí objednávku, zastaví na přestávce a potom pokračuje na další objednávku, tak je příjezd-odjezd zpoždění přidáno pouze jednou, ne dvakrát.

Řekněme, že je zde pět shodných objednávek ve vícepodlažní budově a jsou obslouženy třemi různými trasami. To znamená, že zde vzniknou tři příjezd-odjezd zpoždění; což znamená, že tři řidiči budou muset najít parkovací místo a vstoupit do stejné budovy. Ale, pokud bude moct být objednávka obsloužena pouze během jedné trasy, tak bude muset hledat parkovací místo pouze jeden řidič a do budovy také vstoupí pouze jeden řidič -- vznikne tedy pouze jedno příjezd-odjezd zpoždění. Jelikož se řešitel rozvozního problému snaží minimalizovat cenu, bude se snažit limitovat příjezd-odjezd zpoždění a proto vybere možnost s jednou trasou. (Poznamenejme, že vícečetné trasy mohou být vyžadovány v případě dalších omezení jako jsou speciality, časová okna nebo

kapacita).

Jednotka pro toto pole je specifikována polem Time Field properties vrstvy analýzy.

- **Capacities** – Maximální množství (například objem, váha, kvantita), které může být vezeno vozidlem. Pokud může vozidlo vést maximálně 40000 liber, pak je pole **Capacity Count** v dialogovém okně *Layer Properties* vrstvy analýzy nastaveno na 1 a pole **Capacities** je nastaveno na 40000. Podobně pokud vozidlo může uvést pouze 1000 stop čtverečných, tak je pole Capacity Count nastaveno na 1 a pole Capacities na 1000.

Řešitel rozvozního problému používá pouze jednoduchý test Boolean pro zjištění, zda není kapacita překročena. Pokud je kapacita trasy větší nebo stejná než je celková obslužitelná kvantita, pak řešitel rozvozního problému předpokládá, že se náklad do vozidla vejde. To může být špatně, jelikož to závisí na aktuálním tvaru nákladu a vozidla. Například řešitel rozvozního problému vám umožní vézt 1000 krychlových stop velkou kouli ve vozidle s objemem 1000 krychlových stop, který je 8 stop široký. V realitě má ale koule 12.6 stop v průměru, takže se do vozidla nevejde.

Pokud je zde nastaveno více kapacit specifikovaných parametrem Capacity Count vrstvy analýzy, pak jsou hodnoty pole Capacity odděleny mezerníkem. Například pokud jsou obojí — maximální váha a objem u vozidla použity, pak Capacity Count v dialogovém okně vlastností vrstvy analýzy by měl být nastaven na 2, pokud vozidlo může vést váhu 40000 liber a objem 2000 krychlových stop, pole Capacities je nastaveno na 40000 2000.

Prázdný string nebo hodnota null je ekvivalentní všem hodnotám rovným nule. Pole Capacity nesmí být záporné. Pokud má pole **Capacities** nedostatečný počet hodnot v relaci k počtu kapacit, tak jsou zbývající hodnoty brány jako nulové.

- **FixedCost** – Fixní peněžní cena, která vznikne pouze pokud je trasa použita v řešení (což znamená, že má přiřazené objednávky). Toto pole může obsahovat hodnotu null; hodnota null indikuje nulovou fixní cenu. Tato cena je součástí

celkové operační ceny trasy.

- **CostPerUnitTime** – Peněžní cena vzniklá pro každou jednotku času práce pro celkovou dobu trvání trasy, zahrnující cestovní časy stejně jako servisní časy a čekací časy na objednávkách, ve skladech a na přestávkách. Toto pole nesmí obsahovat hodnotu null a má výchozí hodnotu 1.0. Jednotka času pro toto pole je specifikována polem **Time Field Units** vrstvy analýzy.
- **CostPerUnitDistance** – Peněžní cena vzniklá pro každou jednotku procestované vzdálenosti pro délku trasy (celková cestovní vzdálenost). Toto pole může obsahovat hodnotu null; hodnota null indikuje nulovou cenu. Jednotka vzdálenosti pro toto pole je specifikována polem **Distance Field Units** vrstvy analýzy. Řešitel vrátí hodnotu chyby, pokud je tomuto poli dána hodnota a pole **Distance Attribute** není specifikováno pro analýzu vrstvy.
- **OvertimeStartTime** – Trvání regulárního pracovního času předtím, než začne celkový výpočet. Pole může obsahovat hodnotu null; hodnota null indikuje, že přesčas neplatí. Jednotka času pro toto pole je specifikována polem **Time Field Units** vrstvy analýzy.  
Například pokud je řidič placen za přesčasy, když celkové trvání trasy překročí osm hodin, tak je **OvertimeStartTime** specifikován jako 8, pokud je pole **Time Field Units** analýzy vrstvy nastaveno na **Hours**.
- **CostPerUnitOvertime** – Peněžní cena vzniklá pro každou jednotku přesčasu. Toto pole může obsahovat hodnotu null; hodnota null indikuje, že **CostPerUnitOvertime** je stejný jako hodnota **CostPerUnitTime**.
- **MaxOrderCount** – Maximální možný počet objednávek na trase. Toto pole nesmí obsahovat hodnotu null a má výchozí hodnotu 30.
- **MaxTotalTime** – Maximální možné trvání časy. Trvání trasy zahrnuje cestovní čas stejně jako servisní a čekací čas na objednávkách, ve skladech a na přestávkách. Toto pole může obsahovat hodnotu null; hodnota null indikuje, že na trase nejsou žádná omezení. Jednotka pro toto pole je specifikována polem **Time Field Units** vrstvy analýzy.

- **MaxTotalTravelTime** – Maximální možný cestovní čas pro trasu. Cestovní čas zahrnuje pouze čas strávený jízdou po síti a nezahrnuje servisní nebo čekací čas. Jednotka pro toto pole je specifikována polem **Time Field Units** vrstvy analýzy. Toto pole může obsahovat hodnotu null; hodnota null indikuje, že zde nejsou žádná omezení v maximálním možném cestovním čase. Hodnota tohoto pole nemůže být větší, než je velikost pole **MaxTotalTime**.
- **MaxTotalDistance** – Maximální možná cestovní vzdálenost pro trasu. Jednotka pro cestovní vzdálenost je specifikována polem **Distance Field Units** analýzy vrstvy. Pole může obsahovat hodnotu null, hodnota null indikuje, že zde nejsou žádná omezení v maximální možné cestovní vzdálenosti. Řešitel vrátí chybu, pokud má toto pole hodnotu a pole **Distance Attribute** není pro vrstvu analýzy specifikováno.
- **SpecialityNames** – String oddělený mezerníkem obsahující jména specialit podporovaných trasou. Hodnota null indikuje, že trasa nepodporuje speciality. Toto pole je cizím klíčem pro pole **Name** v tabulce specialit. Objekty specialit musí existovat předtím, než se objeví v rozbalovacím menu **SpecialityNames**.
- **AssignmentRule** – Toto pole specifikuje, zda trasa může nebo nemůže být použita pro řešení problému. Toto pole je omezeno doménou hodnot, jež jsou následující:
  - **Include** – Trasa je zahrnuta v operaci řešení. Toto je výchozí hodnota.
  - **Exclude** – Trasa je vyloučena z následného řešení operace.

#### Výstupní pole tras:

- **Shape** – Liniový tvar trasy. Pokud je **Output Shape Type** vrstvy analýzy nastaven na **None**, pak není vrácen žádný tvar. Nastavení pole **Output Shape Type** na **Straight Line** vrátí přímou liniovou trasu, která spojuje jednotlivé páry po sobě jdoucích návštěv. **True Shape with measures** a **True Shape** obojí vrací linie, které prochází odpovídajícími trasami v síti, rozdíl je v tom, že **True Shape with measures** vrátí linii, která je už lineárně referencovaná časem.

- **ViolatedConstraints** – Toto pole obsahuje přehled o porušených omezeních a je stanoveno po vyřešení operace. Kombinace jednoho nebo více omezení, které jsou zmíněné níže, mohou být přiřazeny k tomuto poli, pokud bude nějaké omezení porušeno.

Kódové hodnoty jsou zobrazeny v závorkách. Mějte na paměti, že kódové hodnoty jsou součástí geometrické sekvence, která se navyšuje zdvojením poslední hodnoty. To umožňuje, aby se objevily různé kombinace porušení. Například kombinace překročené kapacity (2) a Hard Route Zone (128) je zapsáno jako 130 (2+128).

- **MaxOrderCount exceeded** (1) – Objednávka nemůže být přiřazena k trase, dokud bude přiřazování překračovat hodnotu pole trasy MaxOrderCount. Pokud je maximální hodnota překročena, pak je řešení stejně vygenerováno, ale zanechá některé objednávky neobsloužené. V tomto případě řešitel rozvozního problému započítá nejvyšší číslo objednávek možné i přes daná omezení.
- **Capacity exceeded** (2) – Objednávka nemůže být přiřazena, jelikož přiřazení objednávky by překročilo hodnotu pole trasy Capacities.
- **MaxTotalTime exceeded** (4) – Objednávka nemůže být přiřazena, jelikož přiřazení objednávky by překročilo hodnotu pole trasy MaxTotalTime.
- **MaxTotalTravelTime exceeded** (8) – Objednávka nemůže být přiřazena, jelikož přiřazení objednávky by překročilo hodnotu pole trasy MaxTotalTravelTime.
- **MaxTotalDistance exceeded** (16) – Objednávka nemůže být přiřazena, jelikož přiřazení objednávky by překročilo hodnotu pole trasy MaxTotalDistance.
- **Hard time Windows** (32) – Objednávka má pevné časové okno a nemůže být přiřazena k trase, aniž by se setkala s porušením časového okna. (Pevné časové okno je specifikované přiřazením hodnoty 0 k poli MaxViolationTime1 nebo MaxViolationTime2).

- **Unmatched speciality** (64) – Speciality požadované objednávkou nejsou nalezeny na cílové trase.
- **Hard route zone** (128) – Objednávka nespadá do zóny pevné trasy. Pokud mají všechny trasy zónu pevné trasy a objednávka spadá mimo zónu, tak se objednávka zobrazí s tímto porušeným omezením.
- **Order pair MaxTransitTime exceeded** (256) – Objednávka patří do páru objednávek a přiřazení objednávky by překročilo maximální transitní čas specifikovaný hodnotou v poli páru objednávky MaxTransitTime.
- **Order pair violation** (512) – Objednávka patří do páru objednávek a nemůže být přiřazena k trase, protože další objednávka má nějaká porušení. Například předpokládejme objednávky O1 a O2, které jsou spárované a O1 je umístěna na síťovém prvku s negativní impedancí, ale nejsou zde žádná porušení omezení s objednávkou O2. Řešitel vrátí Unreachable pro objednávku O1 a Order pair Violation pro objednávku O2, jelikož obě objednávky nemohou být k trase přiřazeny.
- **Unreachable** (1024) – Objednávka je umístěna na síťovém prvku, který nemůže být dosažen jakoukoliv trasou. Toto je často způsobeno objednávkou umístěnou na nesouvislé části sítě.
- **Cannot insert required break** (2048) – Přestávka pro trasu má v poli Sequence hodnotu null za účasti zadaných objednávek a přestávka nemůže být umístěna nikde jinde bez způsobení dalších porušení.
- **Cannot insert required renewal** (4096) – Trasa překročí svoji kapacitu a potřebuje nalézt trasu obnovy. Ale asociovaná trasa obnovy má v poli Sequence hodnotu null za účasti zadaných objednávek a nemůže být vložena nikde tak, aby způsobila další porušení.
- **MaxTravelTimeBetweenBreaks exceeded** (8192) – Řešitel nebyl schopen vložit přestávku během stanoveného času v poli MaxTravelTimeBetweenBreaks. Toto je často způsobeno přiřazením sekvence k zastávce tak, že nemůže být dosažena během maximálního transitního času.

- **Break MaxCumulWorkTime exceeded** (16384) – Řešitel nebyl schopen vložit přestávku během stanoveného času v poli MaxCumulWorkTime. Toto je často způsobeno přiřazením sekvence k zastávce tak, že nemůže být dosažena během maximálního pracovního času.
- **OrderCount** – Počet objednávek přiřazených trase.
- **TotalCost** – Celková operační cena trasy, která je sumou následujících hodnot:
  - FixedCost
  - RegularTimeCost
  - OvertimeCost
  - DistanceCost
- **RegularTimeCost** – Cena obvyklého pracovního času kromě jakýchkoliv neplacených přestávek.
- **OvertimeCost** – Cena přesčasové práce kromě jakýchkoliv neplacených přestávek.
- **DistanceCost** – Komponenta ceny vzdálenosti získané vynásobením hodnot polí TotalDistance a CostPerUnitDistance. Hodnota tohoto pole je null, pokud pole **Distance Attribute** není specifikováno pro analýzu vrstvy.
- **TotalTime** – Celkové trvání trasy. Toto zahrnuje cestovní čas stejně jako servisní a čekací čas na objednávkách, ve skladech a na přestávkách. Hodnota TotalTime je sumou následujících hodnot polí:
  - StartDepotServiceTime
  - EndDepotServiceTime
  - TotalOrderServiceTime
  - TotalBreakServiceTime
  - TotalRenewalServiceTime
  - TotalWaitTime

– TotalTravelTime

Jednotka tohoto pole je specifikována polem Time Field Units ve vrstvě analýzy.

- **TotalOrderServiceTime** – Celkový servisní čas strávený na všech objednávkách trasy. Jednotka tohoto pole je specifikována polem Time Field Units ve vrstvě analýzy.
- **TotalBreakServiceTime** – Celkový servisní čas strávený na všech přestávkách trasy. Jednotka tohoto pole je specifikována polem Time Field Units ve vrstvě analýzy.
- **TotalTravelTime** – Celkový cestovní čas trasy. Jednotka tohoto pole je specifikována polem Time Field Units ve vrstvě analýzy.
- **TotalDistance** – Celková cestovní vzdálenost trasy. Jednotka tohoto pole je specifikována polem Distance Field Units ve vrstvě analýzy. Pole má hodnotu null pokud DistanceAttribute není specifikován v parametrech analýzy.
- **StartTime** – Počáteční čas trasy. Trasa může začít před začátkem časového okna skladu, v tomto případě je tu čekací čas na počátečním skladu. Při použití dopravních dat, které pokrývají několik časových zón, je brána časová zóna pro tento den ze síťového elementu, na kterém je umístěn počáteční sklad.
- **EndTime** – Koncový čas trasy. Trasa skončí po kompletaci servisu na koncovém skladu. Při použití dopravních dat, které pokrývají několik časových zón, je brána časová zóna pro tento den ze síťového elementu, na kterém je umístěn počáteční sklad.
- **TotalWaitTime** – Celkový čekací čas na všech objednávkách, ve skladech a na přestávkách trasy. Jednotka tohoto pole je specifikována polem Time Field Units ve vrstvě analýzy.
- **TotalViolationTime** – Celkový čas porušení na všech objednávkách, ve skladech a na přestávkách trasy. Jednotka tohoto pole je specifikována polem Time Field Units ve vrstvě analýzy.



- **RenewalCount** – Pro trasu s obnovou je toto pole stejné s počtem návštěv ve skladech pro obnovu.
- **TotalRenewalServiceTime** – Pro trasu s obnovou, celkový servisní čas strávený na obnově návštěv trasy. Jednotka tohoto pole je specifikována polem Time Field Units ve vrstvě analýzy.

### Vrstva prvků návštěv skladů

Když trasa započne, obnoví se (naloží se nebo se vyloží), skončí ve skladu, tak je vytvořena návštěva skladu. Objekty návštěv skladu poskytují informaci týkající se otázky, proč trasa navštívila sklad a co se tam stalo. Kvantita zboží naložená nebo vyložená z vozidla ve skladu je zaznamenána ve vlastnostech návštěv skladu. Další informace, které jsou užitečné v interpretování řešení analýzy rozvozního problému, jsou zde také zahrnuty.

Toto je pouze výstupní třída síťové analýzy. Prvky návštěv skladů jsou vytvořeny striktně během řešení operace, proto je analýza třídy vždy prázdná před procesem řešení.

### Vlastnosti návštěv skladů

Výstupní parametry návštěv skladů:

- **ObjectID** – Systémem přiřazené ID.
- **Shape** – Pole geometrie označující geografickou polohu objektu síťové analýzy.
- **DepotName** – Jméno navštíveného skladu. Toto pole je cizím klíčem pole Name ve třídě skladů síťové analýzy. Pokud trasa používá virtuální sklady, což znamená, že trasa začíná a končí na objednávce místo skladu, je DepotName hodnoty null.
- **RouteName** – Jméno trasy obsahující návštěvu. Toto pole je cizím klíčem k poli Name ve vrstvě prvků tras.

- **Sequence** – Toto pole indikuje sekvenci návštěv skladů na přiřazené trase. Výstupní sekvenční hodnoty trasy jsou sdíleny skrz návštěvy skladů, objednávky a přestávky; začínají od 1 (v počátečním skladu) a jsou souvislé.
- **VisitType** – Důvod, proč byl tento sklad navštíven. Pole je omezeno doménou hodnot.
  - Start depot
  - End depot
  - Renewal depot
- **ServiceTime** – Servisní čas (jako je naložení a vyložení) ve skladu. Jednotka tohoto pole je specifikována polem Time Field Units ve vrstvě analýzy.
- **FromPrevTravelTime** – Cestovní čas z předchozí návštěvy na trase do skladu. Jednotka tohoto pole je specifikována polem Time Field Units ve vrstvě analýzy.
- **FromPrevDistance** – Cestovní vzdálenost z předchozí návštěvy na trase do skladu. Jednotka tohoto pole je specifikována polem Distance Field Units ve vrstvě analýzy. Pole má hodnotu null pokud Distance Attribute není specifikován v parametrech analýzy.
- **CumulTravelTime** – Kumulativní cestovní čas trasy do příjezdu do tohoto skladu. Jednotka tohoto pole je specifikována polem Time Field Units ve vrstvě analýzy.
- **CumulDistance** – Kumulativní cestovní vzdálenost trasy do příjezdu do tohoto skladu. Jednotka tohoto pole je specifikována polem Distance Field Units ve vrstvě analýzy. Pole má hodnotu null pokud Distance Attribute není specifikován v parametrech analýzy.
- **CumulTime** – Kumulativní trvání trasy do a zahrnující sklad. Celkové trvání zahrnuje cestovní čas stejně jako servisní čas a čekací čas na objednávkách, ve skladech a na přestávkách. Jednotka tohoto pole je specifikována polem Time Field Units ve vrstvě analýzy.

- **ArriveTime** – Čas příjezdu do skladu. Trasa může dorazit do skladu před začátkem časového okna skladu, v tomto případě zde vzniká čekací čas. Při použití dopravních dat, které pokrývají několik časových zón, je brána časová zóna pro tento den ze síťového elementu, na kterém je umístěn počáteční sklad.
- **DepartTime** – Čas odjezdu ze skladu. Při použití dopravních dat, které pokrývají několik časových zón, je brána časová zóna pro tento den ze síťového elementu, na kterém je umístěn počáteční sklad.
- **WaitTime** – Čas čekání ve skladu. Jednotka tohoto pole je specifikována polem Time Field Units ve vrstvě analýzy.
- **CumulWaitTime** – Kumulativní čas čekání od začátku trasy do a zahrnující sklad. Jednotka tohoto pole je specifikována polem Time Field Units ve vrstvě analýzy.
- **CumulViolationTime** – Celkový čas porušení od začátku trasy do a zahrnující sklad. Jednotka tohoto pole je specifikována polem Time Field Units ve vrstvě analýzy.
- **TotalLoadedQuantities** – Množství (například objem, váha, kvantita), které je naloženo ve skladu. Pokud je zde více kapacit, což je specifikováno v poli **Capacity Count** analýzy vrstvy, pak jsou odděleny mezerníkem. Například v případě doručení, hodnota TotalLoadedQuantities indikuje aktuální kvantitu zboží doručené vozidlem před návratem do skladu. Hodnota je menší nebo stejná s hodnotou pole Capacities pro danou trasu, indikující že trasa provádí jeden náklad k doručení.
- **TotalUnloadedQuantities** – Množství (například objem, váha, kvantita), které je vyloženo ve skladu. Pokud je zde více kapacit, což je specifikováno v poli **Capacity Count** analýzy vrstvy, pak jsou odděleny mezerníkem. Například v případě doručení, hodnota TotalUnloadedQuantities indikuje aktuální kvantitu zboží vyzvednuté vozidlem a dovezené do skladu. Hodnota je menší nebo stejná s hodnotou pole Capacities pro danou trasu, indikující, že trasa provádí jeden náklad k vyzvednutí.

## Třída přestávek

Toto je neprostorová třída síťové analýzy, která ukládá zbylé periody nebo přestávky pro trasy v analýze rozvozního problému. Přestávka je asociována s přesně jednou trasou a může být vzata po kompletaci objednávky, během trasy k objednávce nebo přednostně obsluhovat objednávku. Má počáteční čas a trvání, za které může, ale nemusí být řidič placen. Máte tři možnosti pro zřízení, když přestávka započne, můžete zadat časové okno, maximální cestovní čas nebo maximální pracovní čas.

- **Time-window break** – Pro nastavení časového okna přestávky zadáte dvě time-of-day hodnoty pro limitování časového rozpětí, ve kterém by měla přestávka začít. Pole **TimeWindowStart** a **TimeWindowEnd** drží tyto hraniční hodnoty. Trvání, nebo servisní čas přestávky je nezávislý na časovém okně a proto může přesáhnout za konec časového okna. Například pokud je časové okno pro hodinu dlouhou přestávku nastaveno na 10:00 a.m. – 10:15 a.m., může přestávka začít po 10:00 a.m., ale před 10:15 a.m. Pokud začne v 10:10 a.m., tak přestávka skončí v 11:10 a.m.
- **Maximum-travel-time break** – Tímto druhem přestávky můžete specifikovat, jak dlouho může člověk řídit, než si bude muset dát přestávku. (Berte na vědomí, že je limitovaný pouze cestovní čas, ne ostatní časy jako čekací nebo servisní). Pokud zadáte do prvního pole přestávky **MaxTravelTimeBetweenBreaks** například 4 hodiny, tak řidič obdrží přestávku před tím, než nakumulovaný cestovní čas z počátku trasy překročí čtyři hodiny. Pro jakékoliv další přestávky bude cestovní čas akumulován od předchozí přestávky. Takže pokud máte druhou přestávku s hodnotou **MaxTravelTimeBetweenBreaks** nastaven na dvě hodiny, bude druhá přestávka brána před uplynutím dvou hodin cestovního času akumulovaného od předchozí přestávky, ne z počátečního skladu. Maximální cestovní čas pro přestávku trasy nelimituje pouze množství akumulovaného cestovního času z předchozí přestávky nebo počátku trasy, ale také limituje cestovní čas z finální přestávky do skladu. Toto je pravda, i když je zde pouze jedna přestávka. Řešitel rozvozního problému je designovaný tímto způsobem, aby tak předcházel tomu, že by se na trase vybraly

přestávky a pak bylo nutné cestovat v překročeném čase vkuse bez přestávky. V posledním příkladě bylo pole **MaxTravelTimeBetweenBreaks** nastaveno na dvě hodiny. Pokud je toto finální přestávka trasy, musí být trasa schopna dosáhnout a skončit ve skladu během dnou hodin cestovního času z finální přestávky, jinak vrátí řešitel chybu.

- **Maximum-work-time break** – Tato přestávka specifikuje, jak dlouho může člověk pracovat než je nutná přestávka. Na rozdíl od maximum-travel-time přestávky, která může akumulovat cestovní čas od konce poslední přestávky, maximum-work-time přestávka akumuluje vždy pracovní čas z počátku trasy, zahrnuje jakýkoliv servisní čas na počátečním skladu. Tyto přestávky limitují pracovní čas, který zahrnuje cestovní čas a všechny servisní časy, ale vylučují čekací čas.)

Vrstva analýzy rozvozního problému může být vyřešena pouze v případě, že jsou přestávky stejného typu, což znamená, že proces řešení selže, pokud zde bude nějaká kombinace přestávek typu časových oken, maximálního cestovního času a maximálního pracovního času.

Na jediné trase můžete specifikovat až pět přestávek. Například, v případě, že budeme používat přestávky typu maximálního cestovního času pro analýzu. Můžete k jedné trase přiřadit dvě přestávky, tak že po dvou hodinách akumulovaného cestovního času si řidič 15 minut odpočine a po dvou dalších hodinách cesty bude muset řidič zastavit na hodinovou obědovou přestávku. Můžete mít další trasy s čímkoliv od žádné do pěti přestávek k nim přiřazeným.

Přestávky mají pole **Precedence**, které jim přiřazuje pořadí. Tímto způsobem, když chcete, aby se 15-ti minutová přestávka objevila před hodinovou pauzou, nastavíte v poli Precedence hodnotu 1 pro přestávku 15 minut a 2 pro hodinovou přestávku. Pole Precedence je požadováno pro všechny přestávky, i když přestávky typu maximum-work-time a časových oken mají dědičně chronologický charakter.

Pokud trasa dospěje do finální destinace před přestávkou typu maximální cestovní/pracovní čas, bude zbývající přestávka ignorována. Pokud jakákoliv přestávka typu časového okna zůstane na konci trasy, bude trasa čekat, dokud nebudou pro-

vedeny všechny přestávky před dokončením spíše než dříve.

## Vlastnosti přestávek

Vstupní parametry přestávek:

- **ObjectID** – Systémem přiřazené ID.
- **TimeWindowStart** – Počáteční čas časového okna přestávky. Pokud má toto pole hodnotu null a TimeWindowEnd má platnou hodnotu time-of-day, je zastávce umožněno začít kdykoliv před hodnotou TimeWindowEnd. Pokud má toto pole hodnotu, pak MaxTravelTimeBetweenBreaks a MaxCumulWorkTime musí mít hodnotu null; navíc všechny další přestávky v analýze vrstvy musí mít hodnoty null pro pole MaxTravelTimeBetweenBreaks a MaxCumulWorkTime. Pokud má trasa několik zastávek s překrývajícími se časovými okny, pak se zobrazí chyba při řešení.

Pole časového okna přestávky může obsahovat hodnoty time-only nebo data a časové hodnoty. Když má časové pole, jako je TimeWindowStart, pouze time-only hodnotu (například 12:00 PM), pak je datum bráno za datum specifikované polem **Default Date** v analýze vrstvy. Použití datumových a časových hodnot (například 7/11/2010 12:00 p.m.) vám umožní specifikovat časová okna, která jsou přes dva a více dní. Toto je velmi výhodné, když je přestávka někdy kolem půlnoci.

Když používáte síťové datasety s dopravními daty napříč více časovými pásmy, pak časová zóna pro TimeWindowStart a TimeWindowEnd je brána za stejnou, jako je časová zóna hrany nebo průsečíku, na kterém je umístěn počáteční sklad.

- **TimeWindowEnd** – Konečný čas časového okna přestávky. Pokud má toto pole hodnotu null a pole TimeWindowStart má hodnotu time-of-day, je přestávce umožněno začít kdykoliv po hodnotě TimeWindowStart. Pokud má toto pole hodnotu, MaxTravelTimeBetweenBreaks a MaxCumulWorkTime musí být hodnoty null, navíc všechny ostatní přestávky v analýze vrstvy musí mít

hodnoty null pro pole `MaxTravelTimeBetweenBreaks` a `MaxCumulWorkTime`. Více informací pro pole `TimeWindowStart` koukněte výše.

- **MaxTravelTimeBetweenBeaks** – Maximální množství cestovního času, který může být akumulován před tím, než je vzata přestávka. Cestovní čas akumulovaný buď od konce poslední přestávky nebo pokud ještě žádná přestávka nebyla od počátku trasy. Pokud je toto finální přestávka trasy, `MaxTravelTimeBetweenBreaks` také indikuje maximální cestovní čas, který může být akumulovaný od finální přestávky ke konečnému skladu. Toto pole je designováno pro limitování toho, jak dlouho může člověk řídit, než je potřebná přestávka. Například pokud pole **Time Field Units** vrstvy analýzy je nastaveno na minuty a `MaxTravelTimeBetweenBreaks` má hodnotu 120, tak řidič dostane přestávku po dvou hodinách řízení. Pro přiřazení druhé přestávky po dalších dvou hodinách jízdy, bude vlastnost druhé přestávky v poli `MaxTravelTimeBetweenBreaks` 120. Pokud má toto pole hodnotu, `TimeWindowStart`, `TimeWindowEnd`, `MaxViolationTime` musí mít hodnotu null, aby analýza proběhla úspěšně. Jednotka tohoto pole je specifikována polem `Time Field Units` ve vrstvě analýzy.
- **MaxCumulWorkTime** – Maximální množství pracovního času, které může být akumulováno před tím, než je vzata přestávka. Pracovní čas se vždy kumuluje od začátku trasy. Pracovní čas je sumou cestovního času a servisního času na objednávkách, ve skladech a na přestávkách, nezahrnuje ale čekací čas, což je čas řidičem strávený čekáním na objednávce nebo ve skladu na začátku časového okna. Tato vlastnost je designovaná pro limitování toho, jak dlouho může člověk pracovat, dokud je přestávka potřeba. Například pokud je pole `Time Field Units` vrstvy analýzy nastaveno na minuty, pole `MaxCumulWorkTime` má hodnotu 120 a `ServiceTime` má hodnotu 15, pak řidič dostane přestávku 15 minut po dvou hodinách práce. Pokračujme se zmíněným příkladem. Předpokládejme, že je nutná druhá přestávka po dalších třech hodinách práce. Pro specifikování takovéto přestávky byste měli zadat 315 (5 hodin a 15 minut) jako druhou přestávku v hodnotě

`MaxCumulWorkTime`. Toto číslo zahrnuje `MaxCumulWorkTime` a `ServiceTime` hodnoty předcházející přestávky, spolu se třemi dalšími hodinami práce před garantováním druhé přestávky. Abychom se vyhnuli braní maximálních časových přestávek předčasně, tak si zapamatujme, že akumulují pracovní čas od počátku trasy a že pracovní čas zahrnuje servisní čas na dříve navštívených skladech, objednávkách a přestávkách.

Pokud má toto pole hodnotu, `TimeWindowStart`, `TimeWindowEnd`, `MaxViolationTime` a `MaxTravelTimeBetweenbreaks` musí být hodnoty null pro úspěšné vyřešení analýzy.

Jednotka tohoto pole je specifikována polem `Time Field Units` ve vrstvě analýzy.

- **RouteName** – Jméno trasy, které se přestávka týká. Ačkoliv je přestávka přiřazena k přesně jedné trase, mnoho zastávek může být přiřazeno ke stejné trase. Toto pole je cizím klíčem k poli `Name` ve třídě tras a nesmí mít hodnotu null. Objekty trasy musí existovat před tím, než se objeví v rozbalovacím menu `RouteName`. Precedence hodnoty přednosti sekvence zastávek dané trasy. Přestávky s hodnotou přednosti 1 se objeví před těmi s hodnotou 2 atd.

Všechny přestávky musí mít hodnotu přednosti, bez ohledu na to, zda jsou přestávkami typu časové okno, maximální cestovní čas nebo maximální pracovní čas.

- **ServiceTime** – Trvání přestávky. Pole může obsahovat hodnotu null, hodnota null indikuje žádný servisní čas. Jednotka tohoto pole je specifikována polem `Time Field Units` ve vrstvě analýzy.
- **MaxViolationTime** – Toto pole specifikuje maximální možný čas porušení pro časové okno přestávky. Časové okno je shledáno porušeným, když je čas příjezdu mimo časový rámec. Nulová hodnota indikuje, že časové okno nemůže být narušeno; to znamená, že se jedná o pevné časové okno. Nenulová hodnota specifikuje maximální možné množství zpoždění, například, že přestávka může začít do třiceti minut po časovém okně, ale zpoždění je penalizováno v poli `Time Window Violations` vrstvy analýzy.



Toto pole může mít hodnotu null, hodnota null s poli `TimeWindowStart` a `TimeWindowEnd` indikuje, že zde nejsou žádné limity na možný čas porušení. Pokud pole `MaxTravelTimeBetweenBreaks` nebo `MaxCumulWorkTime` mají hodnotu, pak pole `MaxViolationTime` musí být hodnoty null. Jednotka tohoto pole je specifikována polem `Time Field Units` ve vrstvě analýzy.

- **IsPaid** – Hodnota boolean indikující, zda je přestávka placená, či ne. Hodnota `True` indikuje, že čas strávený na přestávce je zahrnut ve výpočetní ceně trasy a přesčasových určení. Hodnota `False` indikuje opak. Výchozí hodnota je `True`.

#### Vstupní/výstupní pole přestávek:

- **Sequence** – Jako vstupní pole indikuje sekvence přestávek na své trase. Toto pole může obsahovat hodnotu null. Vstupní hodnoty sekvence jsou kladné a unikátní pro každou trasu (jsou sdíleny skrz obnovené návštěvy skladů, objednávky nebo přestávky), ale nepotřebují začínat od 1 nebo být souvislé. Řešitel modifikuje pole sekvencí. Po vyřešení toto pole obsahuje sekvenci hodnot přestávek na své trase. Výstupní sekvence hodnot pro trasu jsou sdíleny skrz návštěvy skladů a přestávky; začíná od 1 (v počátečním skladu) a jsou následné.

#### Výstupní pole přestávek:

- **RelativePosition** – Relativní umístění přestávky. Přestávky jsou brány někde mezi dvěma síťovými umístěními (objednávkami nebo sklady). Hodnota 0.0 indikuje, že přestávka je brána přímo po ukončení servisu na předcházejícím síťovém umístění, hodnota 1.0 indikuje, že přestávka je brána před počátečním servisem na následujícím síťovém umístění a hodnota mezi tím indikuje, že někde v průběhu trasy z prvního do druhého síťového umístění byla brána přestávka. Například hodnota 0.25 indikuje, že byla přestávka brána ve čtvrtině trasy z předchozího síťového umístění ve směru na další síťové umístění. Nezáleží na tom, kolik se objeví přestávek mezi síťovými umístěními, relativní pozice je vždy hlášena relativně k síťovým umístěním, ne k dalším přestávkám.

- **FromPrevTravelTime** – Cestovní čas z předchozí objednávky, skladu nebo přestávky do této přestávky. Jednotka tohoto pole je specifikována polem Time Field Units ve vrstvě analýzy.
- **FromPrevDistance** – Cestovní vzdálenost z předchozí objednávky, skladu nebo přestávky do této přestávky. Jednotka tohoto pole je specifikována polem Distance Field Units ve vrstvě analýzy. Pole má hodnotu null pokud Distance Attribute není specifikován v parametrech analýzy.
- **CumulTravelTime** – Kumulativní cestovní čas trasy do příjezdu do přestávky. Jednotka tohoto pole je specifikována polem Time Field Units ve vrstvě analýzy.
- **CumulDistance** – Kumulativní cestovní vzdálenost trasy do příjezdu do přestávky. Jednotka tohoto pole je specifikována polem Distance Field Units ve vrstvě analýzy. Pole má hodnotu null pokud Distance Attribute není specifikován v parametrech analýzy.
- **CumulTime** – Kumulativní trvání trasy do a zahrnující přestávku. Celkové trvání zahrnuje cestovní čas stejně jako servisní čas a čekací čas na objednávkách, ve skladech a na přestávkách. Jednotka tohoto pole je specifikována polem Time Field Units ve vrstvě analýzy.
- **ArriveTime** – Aktuální čas příjezdu na přestávku. Trasa může dorazit na přestávku před začátkem časového okna přestávky, v tomto případě zde vzniká čekací čas. Pro přestávku s měkkými časovými okny může trasa také dorazit do přestávky po konci časového okna, v tomto případě zde vzniká čas porušení přestávky. Při použití dopravních dat, které pokrývají několik časových zón, je brána časová zóna pro tento den ze síťového elementu, na kterém je umístěn počáteční sklad.
- **DepartTime** – Čas, kdy je přestávka ukončena. Při použití dopravních dat, které pokrývají několik časových zón, je brána časová zóna pro tento den ze síťového elementu, na kterém je umístěn počáteční sklad.

- **WaitTime** – Čas čekání na přestávce. Jednotka tohoto pole je specifikována polem Time Field Units ve vrstvě analýzy.
- **ViolationTime** – Čas porušení na přestávce. Jednotka tohoto pole je specifikována polem Time Field Units ve vrstvě analýzy.
- **CumulWaitTime** – Celkový čas čekání od začátku trasy do a zahrnující přestávku. Jednotka tohoto pole je specifikována polem Time Field Units ve vrstvě analýzy.
- **CumulViolationTime** – Celkový čas porušení od začátku trasy do a zahrnující přestávku. Jednotka tohoto pole je specifikována polem Time Field Units ve vrstvě analýzy.

### Třída zón trasy

Zóny trasy specifikují pracovní oblast pro danou trasu. Zóna trasy je polygonální prvek a je použita k přinucení trasy pro obsluhu pouze těch objednávek, které spadají do, nebo co nejbližší oblasti. Zde je několik příkladů, kdy mohou být zóny trasy užitečné:

- Někteří z vašich zaměstnanců nemají požadovaná povolení k výkonu práce v určitých státech nebo komunikacích. Můžete vytvořit pevnou zónu trasy tak, že navštíví pouze objednávky v oblastech, kde splňují požadavky.
- Jedno z vašich vozidel často selže, takže chcete minimalizovat dobu odezvy tím, že vozidlo použijete pouze na objednávky, které jsou blízko k údržbové garáži. Můžete vytvořit měkkou nebo pevnou zónu trasy pro udržení vozidla poblíž.

Pokud ve vaší analýze použijete zónu trasy, tak nemůžete použít jádra bodů trasy.

### Vlastnosti zón trasy

Vstupní parametry zón trasy:

- **ObjectID** – Systémem přiřazené ID.

- **Shape** – Pole geometrie označující geografickou polohu objektu síťové analýzy.
- **RouteName** – Jméno trasy, které se týká zóna trasy. Zóna trasy může mít maximálně jednu přiřazenou trasu. Toto pole nesmí obsahovat hodnotu null a je cizím klíčem k poli Name ve třídě tras. Objekty trasy musí existovat před tím, než se objeví v rozbalovacím menu RouteName.
- **IsHardZone** – Jedná se o hodnotu boolean indikující pevnou nebo měkkou zónu trasy. Hodnota True indikuje, že se jedná o pevnou zónu trasy, což znamená, že objednávka, která spadá mimo polygon zóny trasy nemůže být přiřazena trase. Výchozí hodnota je True. Hodnota False indikuje, že takovéto objednávky mohou být stále přiřazeny, ale cena obsluhy objednávky je vážena funkcí, která je založena na Eukleidovské vzdálenosti ze zóny trasy. V základu to znamená, že když přímá spojnice z měkké zóny k objednavce narůstá, tak pravděpodobnost objednávky, že bude přiřazena k trase, klesá.

Poněvadž je eukleidovská vzdálenost používána k měření vzdálenosti mezi zónu trasy a objednávkou, je atribut vzdálenosti sítě požadován.

Ačkoliv může trasa asociovaná s pevnou zónou trasy obsloužit objednávky mimo zónu trasy, ostatní trasy mohou stále vstoupit do a obsloužit objednávku mimo stejnou zónu. Toto je proto, že zóny trasy omezují trasu, ne objednávky. (Pokud chcete přiřadit všechny objednávky v oblasti exkluzivně k jedné trase, tak nepoužívejte zóny trasy, místo toho vyberte objednávku v oblasti, změňte pole objednávky RouteName na vhodnou trasu a nastavte jejich pole AssignmentRule na Preserve Route).

### Třída jádra bodů trasy

Tato třída síťové analýzy ukládá jádra bodů trasy dané vrstvy analýzy rozvozního problému. Jádra bodů trasy jsou použita ke specifikaci bodově založeného seskupování pro trasu. Typicky, čím blíže je objednávka k jádru bodu trasy, tím je větší pravděpodobnost, že bude objednávka přiřazena k trase pokud jsou zde další kritéria, jako jsou speciality nebo kapacity. Shlukování objednávek může vyústit v trasy, které pokrývají menší oblast a neprotínají tolik ostatní trasy, ale celková cena řešení

může být větší. Můžete použít jádra bodů trasy k udržení řidičů v obecném sousedství nebo regionu, kde to znají, nebo můžete vyžadovat rozčleněné trasy, pokud jsou jednodušší pro vaši organizaci. Zde je několik pravidel a možností ke zvážení při práci s jádry bodů trasy:

- Trasa může mít před-přiřazená jádra bodů trasy, nebo mohou být jádra bodů trasy spočtena řešitelem rozvozního problému.
- Pokud použijete jádra bodů trasy ve vaší analýze, tak nemůžete použít zóny trasy.
- Pokud jsou použita jádra bodů trasy, jedno jádro bodu trasy musí být přiřazeno ke každé trase.
- Typy jader bodů trasy nemohou být kombinovány, třída analýzy trasy musí mít buď všechna dynamická nebo všechna statická jádra bodů trasy.

Jádra bodů trasy jsou bodové prvky, ale nejsou síťovými umístěními. Tudíž nemají pole síťového umístění.

### Třída jader bodů trasy

Vstupní pole jader bodů trasy:

- **ObjectID** – Systémem přiřazené ID.
- **RouteName** – Jméno trasy, které se týká jádra bodu trasy. Je zde nanejvýš jedno jádro bodu trasy pro každou trasu. Toto pole nesmí obsahovat hodnotu null a je cizím klíčem k poli Name ve třídě tras. Objekty trasy musí existovat před tím, než se objeví v rozbalovacím menu RouteName.
- **SeedPointType** – Typ jádra bodu trasy. Toto pole je omezeno doménou hodnot a možné hodnoty jsou Static a Dynamic. Toto pole má výchozí hodnotu Static. V případě statického jádra bodu trasy specifikujete, kde jádro bodu trasy je a řešitel se snaží seskupit trasu okolo umístění jádra bodu trasy. V případě dynamického jádra bodu trasy přidáte jádro bodu trasy kdekoli

do mapy, objednávky jsou seskupeny během procesu řešení, pak je jádro bodu trasy přemístěno do centroidu objednávky trasy.

Vstupní/výstupní pole jader bodů trasy:

- **Shape** – Jako vstupní pole indikuje umístění jádra bodu trasy. Pro statické jádro bodu trasy je vstupní tvar ponechán beze změny během procesu řešení. Na druhou stranu je vstupní tvar ignorován pro dynamické jádro bodu trasy a řešitel modifikuje pole Shape během procesu řešení pro zobrazení nového umístění.

Poněvadž je eukleidovská vzdálenost používána k měření vzdálenosti mezi jádry bodů tras a objednávkou, není proto atribut vzdálenosti sítě požadován.

### **Třída obnovy trasy**

Třída obnovy trasy specifikuje přechodné sklady, které mohou trasy analýzy rozvozního problému navštívit pro naložení nebo vyložení věcí, které doručují nebo vyzvedávají.

Speciálně objekt obnovy trasy spojuje objekt trasy a objekt skladu. Vztah indikuje, že se trasa může obnovit (naložit a vyložit) na asociovaném skladu.

V některých průmyslových odvětvích se každá trasa skládá z jedné nebo více výletů, ve kterých vozidlo dodává nebo vyzvedává plný náklad a doručuje ho. Obnova trasy může být použita k modelování scénářů, při kterých vozidlo vyzvedne plný náklad dodávek na počátečním skladu, obslouží objednávku, vrátí se do skladu k obnově nákladu dodávek a pokračuje v obsluze objednávek. Například při dodávce plynu může vozidlo udělat několik dodávek, dokud je tank téměř nebo úplně vyčerpaný, navštíví tankovací bod a udělá více doručení.

Zde je několik pravidel a možností ke zvážení při práci s jádry bodů tras:

- Bod naložení/vyložení nebo umístění obnovy může být jiný od počátečního nebo koncového skladu.
- Každá trasa může mít jeden nebo více předurčených umístění obnovy.
- Umístění obnovy může být použito více než jednou na jediné trase.

- V některých případech, kdy zde může být několik potenciaálních umístění obnovy pro trasu, je nejbližší možné umístění obnovy vybráno řešitelem.

### Třída obnovy trasy

#### Vstupní pole obnovy trasy:

- **ObjectID** – Systémem přiřazené ID.
- **DepotName** – Jméno skladu, kde probíhá obnova. Toto pole nesmí obsahovat hodnotu null a toto pole je cizím klíčem k poli Name ve třídě skladů. Objekty skladu musí existovat před tím, než se objeví v rozbalovacím menu DepotName.
- **RouteName** – Jméno trasy, které se týká obnovy trasy. Toto pole nesmí obsahovat hodnotu null a je cizím klíčem k poli Name ve třídě tras. Objekty skladu musí existovat před tím, než se objeví v rozbalovacím menu RouteName.
- **ServiceTime** – Servisní čas pro obnovení. Toto pole může obsahovat hodnotu null, hodnota null indikuje nulový servisní čas. Jednotky pro servisní čas jsou specifikovány polem Time Field Units vrstvy analýzy.  
Čas braný k naložení vozidla ve skladu obnovy může záviset na velikosti vozidla a jak moc plné nebo prázdné vozidlo je. Ale servisní čas pro obnovu trasy je fixní hodnota a nebere do výpočtu aktuální náklad. Jako například servisní čas obnovy může být dán hodnotou korespondující k plnému naložení vozidla, průměrnému naložení vozidla nebo jinému časovému odhadu dle vašeho výběru.

#### Vstupní/výstupní pole obnovy trasy:

- **Sequences** – Jako vstupní pole specifikuje mezerníkem oddělený string sekvencí hodnot návštěv ve skladu obnovy. Toto pole může obsahovat hodnotu null a je použito k přiřazení návštěv ke skladu obnovy.  
Jako výstupní pole zde může řešitel modifikovat a ukládat sekvenci. Po vyřešení toto pole obsahuje sekvenci hodnot návštěvy skladu obnovy pro související

trasu. Pokud se zde objeví více než jedna návštěva obnovy ve skladu na jedné trase, pak je sekvence hodnot oddělená mezerou. Výstupní sekvence hodnot trasy jsou sdíleny skrz návštěvy skladů objednávky a přestávky; začíná od 1 (v počátečním skladu) a je následná. Takže když trasa začíná ve skladu, navštíví dvě objednávky, udělá seznam obnov a pokračuje, je sekvenční hodnota na obnově 4.

### Třída speciality

Tato tabulka sepisuje speciality, které mohou být vyžadovány objednávkami a podporovány trasami. Trasa může obsloužit objednávku pouze tehdy, když podporuje všechny požadované speciality dané objednávky.

Objedávka může vyžadovat techniku s určitým vybavením nebo vozidlo s určitými schopnostmi. Vy modelujete tyto dovednosti, schopnosti, atd., nejprve jim přidáte třídu speciality. Dále přidáte speciality, které jsou podporovány polem trasy SpecialityNames. Nakonec přidáte specialitu, kterou vyžaduje objednávka k poli SpecialityNames. Když je analýza rozvozního problému vyřešena, objednávky, které vyžadují určité speciality, jsou spojeny s trasami, které to mohou poskytnout.

### Vlastnosti specialit

Vstupní pole specialit:

- **ObjectID** – Systémem přiřazené ID.
- **Name** – Jméno objektu síťové analýzy. Toto pole figuruje jako primární klíč a je použito jako cizí klíč ve vrstvách objednávek a tras, kterým odpovídají speciality. Jména specialit musí být unikátní a nesmí být prázdná. Také nesmí obsahovat mezery. Takže například specialita starší technik se zapíše jako StarsiTechnik. Požadavek ne-mezery je vyžadován, jelikož objednávky a trasy jsou asociovány s mnoha názvy specialit, které jsou oddělené mezerou, například StarsiTechnik Vytah.



- **Description** – Popisná informace o objektu síťové analýzy. Toto pole může obsahovat jakoukoliv textovou informaci a nemá žádná omezení pro jedinečnost.

### Třída párů objednávek

Tato třída síťové analýzy je seznamem záznamů, které jsou použity k párování doručení a vyzvednutí tak, že jsou obslouženy na stejné trase.

Někdy je vyžadováno, aby bylo vyzvednutí a doručení objednávky spárováno. Například pro kurýrní společnost může doručení dokumentu zahrnovat dvě zastávky: jednu při vyzvednutí dokumentu u zdroje a druhou při doručení dokumentu v cílové destinaci. Tyto spřízněné zastávky jsou přiřazeny ke stejné trase s vhodnou sekvencí. Je zakázáno přiřadit pouze jednu objednávku k trase: buď jsou přiřazeny obě objednávky ke stejné trase nebo ani jedna.

Mohou zde být zakazy na to, jak dlouho může balík zůstat ve vozidle, například vzorek krve musí být transportován od doktora do laboratoře do dvou hodin.

Některé situace mohou vyžadovat dva páry objednávek. Například předpokládejte, že potřebujete převézt důchodce z jeho domova k doktorovi a pak ho zase odvézt domů. Jízda z domova k doktorovi je jeden pár objednávek s požadovaným časem příjezdu k doktorovi, zatímco jízda zpět domů od doktora je dalším párem s vyžadovaným časem vyzvednutí.

### Vlastnosti párů objednávek

Vstupní pole párů objednávek:

- **ObjectID** – Systémem přiřazené ID.
- **FirstOrderName** – Jméno první objednávky v páru. Pole je cizím klíčem k poli Name ve vrstvě prvků objednávek. Objekty objednávek musí existovat před tím, než se objeví v rozbalovacím menu FirstOrderName.
- **SecondOrderPair** – Jméno druhé objednávky v páru. Pole je cizím klíčem k poli Name ve vrstvě prvků objednávek. Objekty objednávek musí existovat před tím, než se objeví v rozbalovacím menu SecondOrderName. První

objednávka v páru musí být vyzvednutí, což znamená, že hodnota pro `DeliveryQuantities` je null. Druhá objednávka v páru musí být doručení, což znamená, že hodnota pro `PickUpQuantities` je null. Kvantita, která je vyzvednuta na první objednávce musí souhlasit s kvantitou, která je doručena na druhé objednávce. Ve speciálním případě mohou mít obě objednávky nulové kvantity při scénáři, kdy není použita kapacita. Kvantita objednávky není ve skladu naložena ani vyložena.

- **MaxTransitTime** – Maximální transiitní čas pro daný pár. Transiitní čas je trvání od času odjezdu první objednávky do času příjezdu druhé objednávky. Limitující omezení je `time-on-vehicle` nebo čas jízdy mezi dvěma objednávkami. Když vozidlo veze lidi nebo zboží podléhající rychlé zkáze, je čas jízdy typicky kratší než ten u vozidla převážejícího balíky a zboží nepodléhající rychlé zkáze. Toto pole může obsahovat hodnotu null, hodnota null indikuje, že zde nejsou žádná omezení v času jízdy. Jednotka tohoto pole je specifikována polem `Time Field Units` ve vrstvě analýzy.

Přemíra transiitního času (měřeno s respektem k přímému cestovnímu času mezi páry objednávek) může být sledována a vážena řešitelem. Z tohoto důvodu můžete řídit řešitele rozvozního problému tak, aby následoval jeden ze tří přístupů: (1) minimalizovat celkovou přemíru transiitního času, bez ohledu na zvýšení cestovní ceny pro flotilu; (2) najít řešení, které balancuje celková porušení času a cestovní cenu; a (3) ignorovat celkovou přemíru transiitního času a místo toho minimalizovat cestovní cenu pro flotilu. Přiřazením úrovně důležitosti v **Excess Transit Time** nastavení v analýze vrstvy, můžete ovlivnit jeden z těchto tří přístupů. Bez ohledu na důležitost úrovně řešitel vždy vrátí chybu, pokud je pole `MaxTransitTime` překonané.

### Třída bodových, liniových a polygonových bariér

Bariéry slouží k dočasnému zákazu, přidání impedance a určení rozsahu impedance na částech sítě. Když je vytvořena nová vrstva síťové analýzy, jsou třídy bariéry prázdné. Třídy jsou naplněny pouze když přidáte objekty, přidávání bariér ale není nutné.

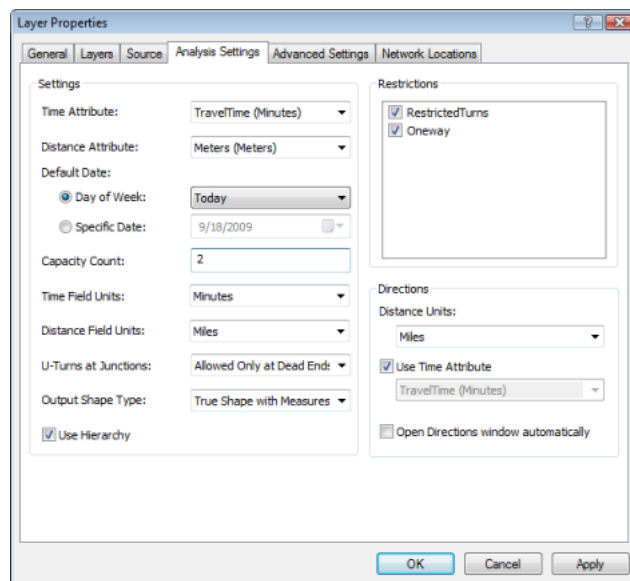
Bariéry jsou dostupné ve všech vrstvách síťové analýzy, proto jsou popsány v samostatném tématu (viz kapitola analýza trasy). [18]

### 1.6.3 Parametry analýzy rozvozního problému

Parametry analýzy jsou nastaveny v dialogovém okně Vlastnosti vrstvy (*Layer Properties*) pro vrstvu analýzy. Dialogové okno může být dosažitelné různými možnostmi.

#### Záložka nastavení Analysis Settings

Následující podsekcce popisují parametry, které můžete nastavit ve vrstvě analýzy. Můžete je nalézt na záložce **Analysis Settings** dialogového okna *Layer Properties*.



Obr. 1.61: Záložka nastavení analýzy rozvozního problému [18]

#### Time Attribute

Atribut ceny času se používá pro definování času průchodu po elementech sítě. Atribut ceny času je vyžadován, když řešitel rozvozního problému minimalizuje čas.

**Distance Attribute** Atribut ceny vzdálenosti se používá pro definování vzdálenosti po elementech sítě. Atribut ceny vzdálenosti je volitelný.

## Default Date

Implicitní datum pro hodnoty časového pole, které nemají datum specifikované s časem. Když časové pole, jako je `TimeWindowStart1` pro objednávku, má pouze hodnotu času, je za datum předpokládáno to datum, které bylo specifikováno v poli **Default Date**. Například pokud má pole `TimeWindowStart1` hodnotu 9:00 AM a **Default Date** je nastaveno na March 6, 2011, pak je celá hodnota času v poli 9:00 AM, March 6, 2012. Pokud je nastavení **Default Date** změněno, pak je implicitní datum pro všechna časová pole hodnota s nspecifikovaným datem jako novým výchozím datem. Výchozí datum nemá žádný efekt na hodnoty časového pole, které už mají čas spolu s konkrétním datem.

Pokud váš síťový dataset obsahuje historická dopravní data, tak se výsledky analýzy mohou změnit v závislosti na datu, které zde specifikujete. Například pokud vaše trasa začíná v 8:00 AM v neděli, když není tak hustá doprava, v porovnání s 8:00 AM v pondělí, během rušných hodin, bude trasa v pondělí zabírat více času. Navíc se může v závislosti na dopravních podmínkách změnit nejlepší trasa.

Můžete si vybrat mezi výběrem pohyblivého dne (**Day of Week**) nebo kalendářního dne (**Specific Date**). Pro kalendářní den zadáte den, měsíc a rok. Pro pohyblivé datum vyberete **Today** nebo jakýkoliv den v týdnu (od neděle do soboty). Pohyblivé dny vám umožní konfigurovat analýzu vrstvy, která může být opětovně využita bez nutnosti si zapamatovat změnu data.

Pohyblivé dny jsou speciálně užitečné, když jsou použity s dopravními daty. Například pokud vyberete **Day of Week** a **Today** v nastavení, řešitel vygeneruje výsledky založené na historické dopravě pro daný den, což je určeno operačním systémem počítače. Pokud například vrátíte další den, May 5, a vyřešíte stejnou analýzu vrstvy znovu, bude řešení založené na historické dopravě pro den v týdnu, ve kterém se May 5 nachází. Nápodobně když vyberete **Monday** za vlastnost **Day of Week**, a analýzu vyřešíte, bude řešení založeno na historické dopravě pro další pondělí. Ale, pokud je dnes pondělí, použije řešení dnešní historická dopravní data.

## Capacity Count

Počet kapacitně omezených dimenzí vyžadovaných pro popis relevantních limitů vo-

zidel. V případě objednávky a dodávky, každé vozidlo může mít limitované množství váhy a objemu, které může vést v jedné chvíli, což je založeno na fyzických a legálních limitech. V tomto případě, pokud sledujete váhu a objem objednávek, můžete použít tyto dvě kapacity pro předcházení vozidel od toho, aby byly přetížené. Počet kapacity pro tento scénář je dva (váha a objem). V závislosti na problému můžete potřebovat sledovat rozdílné typy množství kapacit. Kapacity vložené do polí kapacit (`DeliveryQuantities` a `PickupQuantities` pro třídu objednávek a `Capacities` pro třídu tras) jsou prostorově limitované číselné stringy, které mohou podporovat počet hodnot specifikovaných v `Capacity Count`. Každá dimenze kapacity by se měla objevit ve stejném pozičním pořadí pro všechna pole hodnot kapacity ve stejné analýze rozvozního problému. Kapacity samy o sobě jsou beze jména, takže aby se předešlo náhodným dimenzím transportní kapacity, ujistěte se, že seznam prostorově omezené kapacity je vždy vložen ve stejném pořadí pro všechna pole hodnot kapacity.

### **Time Field Units**

Časové jednotky použité dočasnými podvrstvy a tabulkami polí analýzy vrstvy (třídy síťové analýzy). Toto nemusí být stejné jako jednotky časově cenového atributu.

### **Distance Field Units**

Jednotky vzdálenosti použité podvrstvy a tabulkami polí vzdálenosti analýzy vrstvy (třídy síťové analýzy). Toto nemusí být stejné jako jednotky vzdálenostně cenového atributu.

### **U-turns at Junctions**

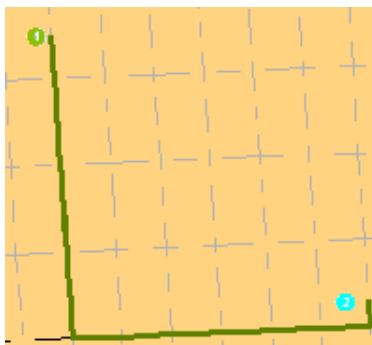
ArcGIS Network Analyst může umožnit otočky kdekoliv, nikde, pouze ve slepých uličkách, nebo pouze na křížení a ve slepých uličkách. Povolení otoček znamená, že se trasa může otočit okolo na křižovatce a vrátit se zpět po stejné ulici.

### **Output Shape Type**

Výsledné trasy analýzy nejbližšího zařízení mohou být reprezentovány skutečným

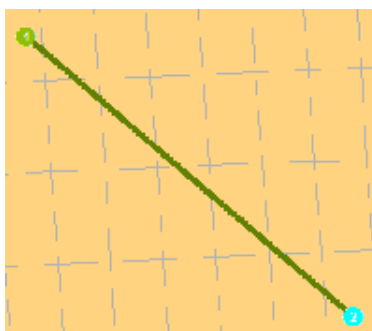
tvarem s měřením, skutečným tvarem, rovnou linií nebo se nemusí geometricky zobrazit. Nezáleží na tom, jaký výstupní tvar je vybrán, nejbližší zařízení je vždy určeno síťovou impedancí, nikdy Eukleidovskou vzdáleností. To znamená, že jsou jiné pouze tvary trasy, ne impedanční hodnoty uložené v atributové tabulce.

- **True Shape** vrací přesný tvar výsledné trasy.



Obr. 1.62: Přesný tvar výsledné trasy [18]

- **True Shape with Measures** vrací přesný tvar výsledné trasy. Navíc výstup obsahuje měření trasy pro lineární referencování. Měření se navyšují od první zastávky a ukládají kumulativní impedanci.
- **Straight Line** vede k jedné přímé linii mezi dvěma zastávkami.



Obr. 1.63: Přímá linie mezi dvěma zastávkami [18]

- Když je výstupní tvar nastaven na **None**, tak se žádný tvar nezobrazí.

Ve všech těchto případech, časově-založené a vzdálenostně-založené ceny, jsou řešení stejná a atributy vrstvy prvků tras jsou také stejné, jediný rozdíl je ve výstupním tvaru trasy nebo zda je nebo není lineární referencování automaticky nastaveno.

## Use Hierarchy

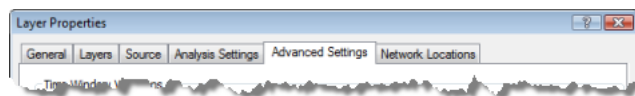
Pokud má síťový dataset atribut hierarchie, tak můžete hierarchii v průběhu analýzy použít. Použití hierarchie vyústí v preferování hran vyššího pořadí k hranám nižšího pořadí. Řešení s hierarchií jsou rychlejší a mohou být použita pro simulaci řídičských preferencí při cestování na dálnicích místo na místních silnicích i pokud to znamená delší trasu. Nepoužití hierarchie ale dává přesnou trasu pro síťový dataset.

## Restrictions

Můžete si vybrat, která omezení budou respektována při řešení analýzy. Omezení jako je jednosměrnost může být použita pro vozidla, která musí tato pravidla dodržovat (jako jsou nepohotovostní vozidla). Pokud váš síťový dataset obsahuje dodatečné atributy omezení, jako je výškový nebo váhový limit, tak je můžete také použít. Atributy omezení mohou být také použity ve spojení s dynamickými atributy. Například může být zakázána hrana, pokud je výška vozidla větší než výška tunelu.

**Directions** S vlastnostmi Directions můžete nastavit jednotky pro zobrazování vzdáleností a volitelně čas (pokud máte atribut času). Navíc můžete zvolit otevření směrů automaticky po vygenerování trasy. (Pokud vyberete, aby se směry nezobrazily automaticky, můžete kliknout na tlačítko **Directions Window**.)

## Záložka Advanced Settings

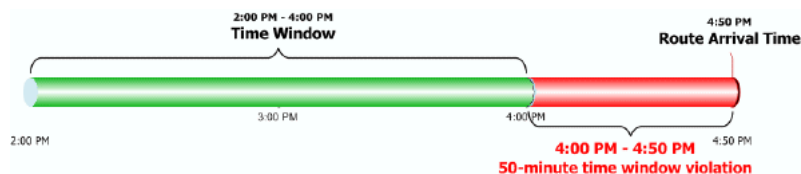


Obr. 1.64: Náhled záložky Advanced Settings [18]

Tabulka **Advanced Settings** v dialogovém okně **Layer Properties** zobrazuje následující vlastnosti pro vrstvu analýzy rozvozního problému. Nastavení, která zde provedete, ovlivní priority řešitele, když řeší narušení časových oken pro trasy a nadměrným transičním časem pro spárované objednávky. Můžete přiřadit hodnotu Low, Medium nebo High. Čím vyšší, tím důležitější, tím více se řešitel snaží redukovat nebo eliminovat asociovaná porušení časových oken nebo překročení transičního času.

## Time Window Violation

Porušení časového okna: Tato vlastnost vám umožňuje hodnotit důležitost odměňování časových oken bez způsobení porušení. Porušení časového okna se objeví, když trasa dorazí na objednávku, do skladu nebo přestávku po ukončení časového okna. Porušení je interval mezi koncem časového okna a časem příjezdu trasy.



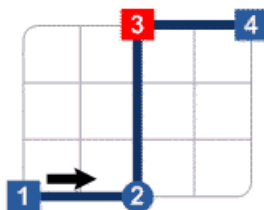
Obr. 1.65: Demonstrace časového okna [18]

Řešení rozvozního problému může být změněno v závislosti na hodnotě, kterou vyberete v poli **Time Window Violation**. Následující seznam popisuje, co hodnoty znamenají a jak se mohou lišit výsledná řešení:

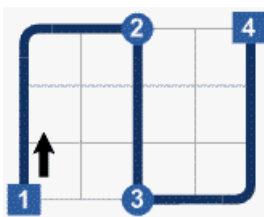
- **High** — Řešitel se snaží najít řešení, které minimalizuje porušení časového okna na úkor zvyšující se celkové cestovní ceny. Vyberte High pokud přijetí na čas objednávky je důležitější než minimalizování celkové ceny řešení. Toto může být případ, kdy se shledáte se svými zákazníky na objednávce a nechcete je obtěžovat s opožděnými příjezdy (další možností je použití pevných časových oken, které nelze porušit). Při dodání dalšího omezení směřování vozidla může být nemožné navštívit všechny objednávky v rámci jejich časových oken. V tomto případě může dokonce i nastavení High vyprodukovat porušení.
- **Medium** — Toto je výchozí nastavení. Řešitel hledá rovnováhu mezi dodržením časového okna a redukováním celkové ceny řešení.
- **Low** — Řešitel se snaží najít řešení, které minimalizuje celkový cestovní čas bez ohledu na časová okna. Vyberte Low, pokud respektujete časová okna méně než redukování celkové ceny řešení. Můžete použít toto nastavení, pokud máte vzrůstající nesplněné servisní požadavky. Pro záměr obsloužení více objednávek za den a redukování nedodělek můžete vybrat Low, i když zákazníci budou obtěžováni s pozdním příjezdem flotily.



Další dva obrázky ukazují stejné nastavení objednávky a skladu, ale trasy nejsou stejné, jelikož byla nastavena různá nastavení v poli Time Window Violation. Obrázek nalevo ukazuje trasu, která vedla z nastavení Low v Time Window Violation. Trasa je krátká, ale má porušení časového okna. Pokud ji nastavíme na High, musí trasa splnit všechna časová okna, ale je delší, protože obsluhuje objednávku s předností časových oken.



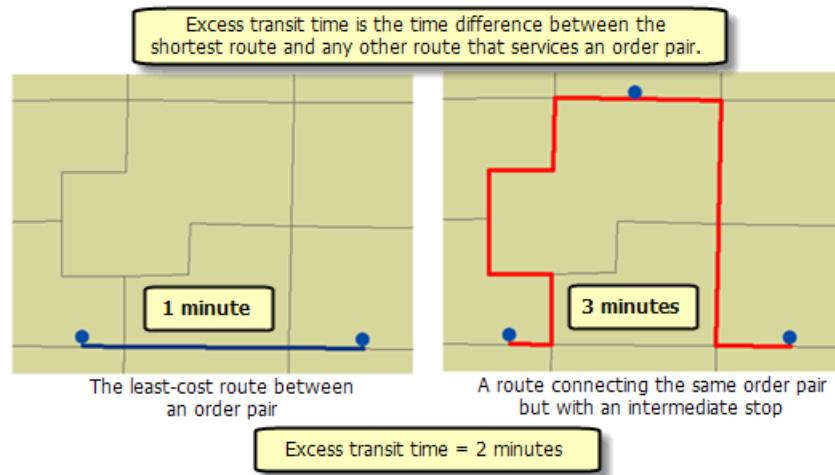
Obr. 1.66: Demonstrace časového okna - impedance hodnoty Low [18]



Obr. 1.67: Demonstrace časového okna - impedance hodnoty High [18]

### Excess travel time

Tato vlastnost vám umožňuje hodnotit důležitost redukování překročení transitního času. Překročený transitní čas je množství času překračující vyžadovaný čas pro cestování přímo mezi spárovanými objednávkami. Překročení času vychází ze zastávek nebo cestování na další objednávku nebo sklad mezi zastávkami ke spárované objednávce.



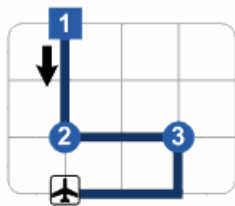
Obr. 1.68: Demonstrace překročení cestovního času [18]

Řešení rozvozního problému se může měnit vzhledem k hodnotě, kterou vyberete pro pole **Excess Transit Time**. Následující seznam popisuje, co hodnoty znamenají a jak se mohou výsledná řešení lišit:

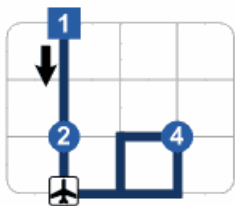
- **High** – Řešitel se snaží najít řešení s menším překročením transitního času mezi spárovanými objednávkami na úkor vzrůstající celkové cestovní ceny. Dává smysl využít toto nastavení, když transportujete lidi mezi spárovanými objednávkami a chcete snížit čas jízdy. Toto je charakteristické pro taxi služby.
- **Medium** – Toto je výchozí nastavení. Řešitel se snaží nalézt rovnováhu mezi redukováním překročení transitního času a redukováním celkové ceny řešení.
- **Low** – Řešitel se snaží najít řešení, které minimalizuje celkovou cenu řešení na úkor překročení transitního času. Nastavení je často použito s kurýrními službami, jelikož balíčky kurýrní služby se na rozdíl od lidí nemusí strachovat o jízdní čas. Použitím Low umožní kurýrům obsloužit spárované objednávky ve správném pořadí a minimalizování celkové ceny řešení.

Následující dva obrázky popisují stejnou sadu objednávek a skladů, ale trasy nejsou stejné protože byla použita různá nastavení Excess Transit Time. První obrázek ukazuje trasu, která vedla z nastavení Low v Excess Transit Time. Celková trasa je krátká, ale cestovní čas z první objednávky ke spárované objednávce, letišti, je dlouhá. Pokud nastavíme důležitost na High, tak trasa redukuje čas mezi první

objednávkou a letištěm při udržení stejného jízdního času na letišti pro objednávku napravo, ale celková cena trasy se zvýší.



Obr. 1.69: Překročení cestovního času při hodnotě Low [18]



Obr. 1.70: Překročení cestovního času při hodnotě High [18]

### Záložka Network Locations

Parametry na panelu Network Locations jsou použity pro nalezení síťového umístění a nastavení hodnot jejich vlastností. [18]

### 1.6.4 Řešení a interpretování výsledků rozvozního problému

Po vytvoření vrstvy analýzy rozvozního problému, naplnění vyžadovaných objektů síťové analýzy a nastavení vhodných vlastností analýzy, může být řešení pro vrstvu analýzy rozvozního problému získané kliknutím na tlačítko **Solve** na panelu nástrojů *Network Analyst*.

Po vyřešení, pokud je pole **Output Shape Type** nastaveno na **True Shape**, řešitel vykreslí linie po síti spojující počáteční sklad, objednávku, obnovu skladu a konečný sklad pro každou trasu.

Okno *Network Analyst* také aktualizuje třídu objednávek pro seskupení všech objednávek trasami, ke kterými jsou přiřazeny. Třída návštěv skladů se aktualizuje pro zobrazení počátečního, koncového a skladu obnovy pro každou trasu.

Při řešení, řešitel rozvozního problému ignoruje jakoukoliv trasu, jejíž hodnota pole

AssignmentRule je nastavena na Exclude a jakékoliv objednávky, jejichž hodnota pole AssignmentRule je nastavena na Exclude.

Řešitel rozvozního problému potom spočítá interní OD cenovou matici mezi každým umístěním objednávky a skladem použitím **Time Attribute** jako impedance a **Distance Attribute** (pokud je specifikován) jako akumulovaný atribut.

Řešitel rozvozního problému vytvoří počáteční řešení složené z před-přiřazených objednávek, přestávek a obnov, pokud jsou jakékoliv objekty síťové analýzy před-přiřazené k trasám. Pokud platné počáteční řešení nemůže být nalezeno použitím tohoto před-přiřazení (což znamená, že jsou nějaká omezení porušena), proces řešení selže.

Jelikož jsou zde netrasované objednávky, řešitel rozvozního problému se snaží vložit nejlevnější netrasovanou objednávku do nejvíce kompatibilní trasy. Řešitel se snaží změnit pořadí objednávek přiřazených k trase, pokud změna pořadí vylepší řešení, ale nepřemístí objednávky, jejichž pole hodnot AssignmentRule je nastaveno na Preserve Route a relativní sekvenci.

Po úspěšném trasování všech možných objednávek, řešitel rozvozního problému vydá výsledky vhodných výstupních polí objektů síťové analýzy. Pokud některé objednávky nelze trasovat, jsou v poli ViolatedConstraints vrstvy prvků objednávky zobrazeny jako porušená omezení. Pokud trasa není v řešení použita, jsou její výstupní pole nastavena na hodnotu null.

### **Interpretování výsledků analýzy rozvozního problému**

Po úspěšném vyřešení vrstvy analýzy rozvozního problému, trasovací řešení pro každou trasu může být sestaveno přečtením vstupních a výstupních polí tabulky přestávek, vrstvami prvků návštěvy skladů, objednávky, trasy. Pro každou trasu je k dispozici její itinerář vyhledáváním RouteName a hledáním hodnot sekvence v přestávkách, návštěvách skladu a objednávkách. Můžete vytvořit směry pro kompilování podobného itineráře. Vrstva prvků tras poskytuje přehled o každé vypočtené trase.

## 1.6.5 Řešení rozvozního problému v ArcMap

Kroky:

1. Zapněte ArcMap kliknutím na **Start > All Programs > ArcGIS > Arc-Map 10**.
2. Povolte extenzi Network Analyst.
3. Klikněte na tlačítko **Catalog window** na panelu nástrojů *Standard*. Otevře se dokovatelné okno *Catalog*.
4. Při použití okna *Catalog* přejděte na umístění síťového datasetu a přetáhněte ho do mapového okna nebo do obsahu. Pokud ještě neexistuje spojení se složkou, které obsahuje síťový dataset, tak můžete jeden vytvořit kliknutím na tlačítko **Connect To Folder** nebo zadejte cestu ke složce do textového pole **Location**. Otevře se dialogové okno *Adding Network Layer*.
5. Klikněte na **No**, abyste do mapy přidali pouze síťový dataset. Volitelně můžete kliknout na **Yes** pro přidání síťového datasetu a všech jeho zdrojových tříd prvků do mapy. Síťový dataset je do ArcMap přidán jako síťová vrstva.
6. Pokud se vám nezobrazuje panel nástrojů *Network Analyst*, klikněte **Customize > Toolbars > Network Analyst**. Do ArcMap se vám potom přidá panel nástrojů *Network Analyst*.
7. Pokud se vám nezobrazuje okno *Network Analyst*, klikněte na tlačítko **Show/Hide Network Analyst Window** na panelu nástrojů *Network Analyst*. Otevře se dokovatelné okno *Network Analyst*. Když jsou z panelu nástrojů vytvořeny vrstvy síťové analýzy, tak jsou automaticky asociovány s aktivním síťovým datasetem.
8. Ujistěte se, že je aktivní správný síťový dataset. Aktivní síťový dataset je specifikovaný v nabídkovém menu **Network Dataset** panelu nástrojů *Network Analyst*.

9. Na panelu nástrojů *Network Analyst* klikněte **Network Analyst > New Vehicle Routing Problem**. Je vytvořena vrstva síťové analýzy a objeví se v obsahu a okně *Network Analyst*. Vrstva analýzy oblasti služeb je složena z následujících tříd síťové analýzy: Objednávky (Orders), Sklady (Depots), Trasy (Routes), Návštěvy Skladu (Depot Visits), Přestávky (Breaks), Zóny Trasy (Route Zones), Jádra Bodů Trasy (Route Seed Points), Změny Trasy (Route Renewals), Speciality (Specialties), Objednávkové Páry (Order Pairs), Bodové bariéry (Point Barriers), Liniové bariéry (Line Barriers) a Polygonové bariéry (Polygon Barriers). Třídy jsou prázdné. Budete potřebovat vytvořit objekty síťové analýzy, aby měl řešitel dostatek informací pro vygenerování řešení.
10. Přidejte alespoň jednu objednávku a jeden sklad do analýzy. Je tu několik možností, jak do vrstvy analýzy přidat objekty síťové analýzy. Nejčastějším způsobem je jejich vytvoření použitím **Create Network Locations Tool** nebo jejich nahráním z třídy prvků. Jsou zde dvě možnosti jak nahrát objekty síťové analýzy z třídy prvků: první používající funkci Load Location z ArcMap, druhá je za pomoci nástroje Add Locations tool.
11. Nastavte nebo změňte jakékoliv vlastnosti objektů síťové analýzy, které jste v posledním kroku přidali.
12. Přidejte alespoň jednu trasu do analýzy. Trasy v rozvozním problému nevyžadují geometrii jako vstup. Je zde několik možností, jak vytvořit objekt síťové analýzy, který nevyžaduje geometrii jako vstup. Nejčastější způsob je použití příkazu **Add Item**, nebo nahrání umístění z tabulky třídy prvků. Pokud nahrajete prvky a typ jejich geometrie nesedí s třídou síťové analýzy do které se nahrávají, tak není geometrie přenesena. Pokud si vyberete příkaz **Add Item**, tak se otevře dialogové okno *Properties*.
13. Nastavte nebo změňte jakékoliv vlastnosti pro objekty síťové analýzy, které jste přidali v posledním kroku. Většina vlastností tras, které jsou vyžadovány pro analýzu rozvozního problému k úspěšnému vyřešení jsou dány výchozími

hodnotami. Ale StartDepotName a EndDepotName nejsou přiřazeny výchozí hodnoty dokud jsou závislé na jméně, které přiřadíte skladu. Proto musíte přiřadit platné jméno skladu k StartDepotName a EndDepotName. (Volitelně můžete vypustit jednu nebo dvě vlastnosti jako prázdné pro využití virtuálních skladů). Sklad musí existovat před tím, než může být nastaven na počáteční nebo koncový sklad použitím okna *Properties*.

14. Volitelně přidejte zastávky do analýzy. Zastávky jsou neprostorové objekty síťové analýzy.
15. Nastavte nebo změňte jakékoliv vlastnosti pro objekty síťové analýzy, které jste v posledním kroku přidali.
16. Volitelně přidejte zóny trasy nebo jádra bodů trasy do analýzy.
17. Nastavte nebo změňte jakékoliv vlastnosti pro objekty síťové analýzy, které jste v posledním kroku přidali.
18. Volitelně přidejte obnovy trasy, speciality a páry objednávek do analýzy. Tyto tři třídy obsahují neprostorové objekty síťové analýzy. Je zde několik možností jak vytvořit objekt síťové analýzy, který je striktně neprostorový. Nejčastější způsob je použití příkazu **Add Item**, nebo nahráním umístění z tabulky třídy prvků. (Pole Shape třídy prvků nejsou během procesu nahrávání přeneseny). Jsou zde dvě možnosti, jak nahrát záznamy z tabulky: zaprvé z ArcMap použitím Load Locations nebo zadruhé geoprocessingem za použití nástroje Add Locations.
19. Nastavte nebo změňte jakékoliv vlastnosti pro objekty síťové analýzy, které jste přidali v posledním kroku.
20. Volitelně můžete přidat bodové, liniové nebo polygonové bariéry.
21. Otevřete dialogové okno *Layer Properties* pro vrstvu síťové analýzy.
22. Klikněte na záložku **Analysis Settings**.
23. Nastavte vlastnosti pro vrstvu analýzy rozvozního problému.

24. Klikněte na záložku **Analysis Settings**.
25. nastavte důležitost plnění časových oken a minimalizování přesčasového cestovního času pro páry objednávek.
26. Klikněte **OK**. Tlačítko **Solve** funguje ve vrstvě síťové analýzy tak, že je aktivní v okně **Network Analyst**. Takže se ujistěte, že máte analýzu, kterou chcete vyřešit, vybranou ve vašem rozbalovacím seznamu v okně **Network Analyst**.
27. Klikněte na tlačítko **Solve** na panelu nástrojů **Network Analyst**.

Pokud analýza proběhla úspěšně, jeden nebo více polygonů a (nebo) liniových objektů bylo vytvořeno v jejich odpovídajících třídách síťové analýzy a výstupní pole zařízení byla aktualizována pro zobrazení výsledků. [19]

### 1.6.6 Řešení rozvozního problému použitím nástroje geoprocessing

1. Zapněte ArcMap kliknutím **Start > All Programs > ArcGIS > ArcMap 10**.
2. V menu klikněte **Geoprocessing > Search For Tools**.
3. Ve vyhledávacím poli zadejte **Make Vehicle Routing Layer** a zmáčkněte **Enter**. Výsledky vyhledávání jsou vypsány v okně **Search**.
4. Klikněte na odkaz **Make Vehicle Routing Layer**, toto okno se následně otevře.
5. Specifikujte parametry v dialogovém okně.
6. Klikněte na **OK**. Je vytvořena vrstva analýzy rozvozního problému.
7. Použijte nástroj **Add Locations** pro vytvoření objektů v různých třídách analýzy, které používá jako vstup do řešitele.
8. Zadejte **Solve** do vyhledávacího pole a stiskněte **Enter**. Výsledky se zobrazí v okně **Search**.



9. Klikněte na odkaz **Solve**, toto okno se následně otevře.
10. Specifikujte parametry v dialogovém okně. Parametr **Input network analysis layer** se musí nastavit na vrstvu rozvozního problému, kterou jste vytvořili nástrojem Make Vehicle Routing Layer.
11. Klikněte **OK**. Analýza rozvozního problému je vyřešena, pokud nedošlo k žádným chybám. [20]

## 2 Praktická část

V této kapitole jsou nejdříve popsány základní informace o společnosti CEDA, která poskytla data pro tvorbu video-tutoriálů, poté budete seznámeni se základními informacemi programu Adobe Captivate, v němž samotné video-tutoriály vznikaly. Následně bude popsán obsah jednotlivých videí. Samotné tvorbě videí se tato práce nevěnuje, jelikož se jedná o obsáhlé téma, které by samo o sobě vydalo za celou diplomovou práci.

### 2.1 Podkladová data

Vektorová data StreetNet CZE v.1206 a StreetNet CZE v.1206, která byla zpracována při tvorbě ukázkových videí, byla poskytnuta firmou Central European Data Agency a.s. V následující kapitole jsou popsány základní informace o firmě a použitých datech.

#### 2.1.1 O společnosti

Společnost Central European Data Agency, a. s. je první specializovanou firmou, která se plně věnuje pořizování a správě mapových podkladů v digitální formě, je integrátorem oborových geografických a datových zdrojů a distributorem licencí k užití mapových podkladů a prostorových databází.

Při pořizování mapových podkladů je kladen důraz především na polohovou a věcnou přesnost digitálních dat a zároveň na kompletní atributaci všech mapových objektů. V současné době tvoří kmenovou nabídku společnosti CEDA ucelený balík digitálních dat České republiky v různých měřítcích a mapových podkladů pokrývajících více než 600 měst a obcí České republiky včetně uličních sítí. Všechny mapové podklady jsou zpracovány na základě dlouholetých zkušeností tak, aby byly bezproblémově použitelné pro nejrůznější analýzy a prezentace prostorově orientovaných dat.

Firma CEDA se rovněž zaměřuje na rozšiřování nabídky stávajících dat a je konzultantem v oblasti IS zaměřených na dopravu. Hlavními projekty jsou pořízení map

adresních bodů měst ČR a tvorba podrobné mapy ČR, která je vhodná i pro náročné aplikace jako například automobilová navigace.

Těžištěm aktivit společnosti je Česká republika a dlouhodobé projekty jsou realizovány na Slovensku. Dalším významným a dlouhodobým projektem je participace na tvorbě celoevropské bezešvé navigační databáze vytvářené nadnárodní společností Tele Atlas (Tom Tom) – CEDA je partnerem této společnosti v oblasti tvorby navigačních dat pro území České republiky a Slovenska. Dílčí nebo jednorázové projekty jsou realizovány v různých zemích světa, např. ve Spojených Arabských Emirátech či na Novém Zélandu. [21]

### 2.1.2 Vektorové mapy

Mapové soubory mohou být dodávány ve vektorovém nebo rastrovém formátu. Vektorová data jsou tvořena body, liniemi a plochami. Každý objekt může mít připojenu informaci, která umožňuje uživateli rychle najít přesně to, co ho zajímá nebo ji může použít jako podklad pro geografickou analýzu. Vektorové objekty mohou být v mapě vybírány, přidávány či mazány. Vektorové mapování tak skýtá maximum možností pro Vaše zobrazování a provádění účelových analýz (jednou z nich je např. síťová analýza řešící zejména dopravní úlohy nad vektorovým silničním grafem, který je tvořen liniemi a uzly a je doplněn o pravidla pohybu po síti a další navigační atributy). [22]

#### Data StreetNet CZE v.1206

Základní údaje:

- Souřadnicový systém – S-JTSK (popř. WGS84,S-42)
- Formát dat – SHP
- Měřítko map. podkladu – 1 : 10 000
- Přesnost zpracování – 5-10 m
- Počet vrstev – 14

Nosnou vrstvou celé geodatabáze je kompletní routovatelná silniční a uliční síť České republiky.

K liniím pozemních komunikací jsou přiřazeny informace například o čísle, třídě a typu silnice, k ulicím jejich názvy. Rovněž jsou zaneseny i základní atributy pro pohyb po síti (zákazy vjezdu, jednosměrnost, mýto atd.). Síť komunikací doplňují základní topografické vrstvy a vrstvy územního členění.

Geodatabáze StreetNet CZE je vhodná pro řešení dopravních úloh a pro navigaci. Pokrytí StreetNet CZE obsahuje více než 300 000 km dálnic, silnic, ulic, místních a účelových komunikací, polních a lesních cest. Takto je pokryto celé území České republiky pozemními komunikacemi vhodnými pro pohyb motorových vozidel cyklistů a pěších turistů. [23]

### **Data StreetNetCZE CITY v.1206**

Základní údaje:

- Souřadnicový systém – S-JTSK (popř. WGS84,S-42)
- Formát dat – SHP
- Měřítko map. podkladu – 1 : 10 000
- Přesnost zpracování – 5-10 m
- Počet vrstev – 22

Rozšíření produktu StreetNet CZE o další vrstvy, které zvyšují informační hodnotu datové sady v rozsahu plánů měst. Pro tyto přidané vrstvy je charakteristická vysoká polohová přesnost a atributová bohatost.

Oproti standardnímu StreetNet CZE je StreetNetCZE CITY v rozsahu plánů město bohaten o 8 vrstev, zejména o:

- budovy, které jsou pomocí atributů rozlišeny na veřejné (úřady, školy apod.) a neveřejné
- chodníky, polní a lesní cesty, které zpodrobňují vrstvu pozemních komunikací StreetNetCZE CITY

- symboly pro jednosměrky a zákazy vjezdu
- bodová vrstva s lokalizací vybraných zájmových bodů se všemi informacemi (název, typ, adresa, kontakty atd.)
- lokalizace textových popisů tak, aby byly v maximálním možném souladu s kartografickými pravidly

Atributová tabulka obsahuje kromě vlastního textu také informace o doporučeném fontu, barvě a typu písma; texty jsou navíc rozčleněny do logických kategorií.

Pokryta jsou všechna krajská, okresní města a další významnější obce (více jak 1 000 obcí na 205 mapových plánech). StreetNetCZE CITY nyní obsahuje téměř 970 000 budov a 25 000 zájmových bodů. [24]

## 2.2 Adobe Captivate

Adobe Captivate (dříve RoboDemo) je program, který automaticky zaznamenává všechny činnosti, které provádíte ve vybraném programu na obrazovce počítače a převádí je do formy instruktážní prezentace, nebo případně interaktivní simulace práce s programem. Bez jakýchkoliv znalostí programování můžete nahrávku dále upravovat, přidávat k ní například textové popisy, mluvený komentář nebo výukové testy. Captivate nabízí výborné možnosti integrace s jinými aplikacemi – profesionální uživatelé mohou například editovat projekty z Captivate v prostředí programu Adobe Flash. Tvůrci výukových aplikací pak ocení zejména plnou podporu standardů AICC a SCORM pro komunikaci s různými learning management systémy. Captivate je tak ideálním nástrojem například pro tvůrce e-learningových kurzů, prodejce softwarových aplikací nebo pracovníky technické podpory. [25]

Zjednodušeně řečeno program funguje tak, že snímá práci v jiném programu (v našem případě programu ArcGIS), načtež vygeneruje jakousi prezentaci, kde jsou následně upraveny jednotlivé popisky, návaznost snímků apod. Práce je relativně velmi časově náročná, jelikož jsou generované popisky v angličtině a musí se přeložit a jelikož je nutné prezentaci uzpůsobit tak, aby působila přehledně, ale ne na úkor nedostatku

informací.

Výuková videa tvořená v rámci této práce jsou tvořena v programu Adobe Captivate 4. Výstupem programu jsou video soubory s příponou \*.exe, tedy samostatně spustitelné programy.

## 2.3 Výuková videa

Videa jsou vytvořena postupně od analýzy trasy až k analýze rozvozního problému. Jelikož se postup jednotlivých analýz často opakuje, tak jsou některé postupy aplikovány pouze na jeden typ analýzy s tím, že je jejich použití na jiných druzích analýz analogické. Tvorba videí byla inspirována těmito podklady [26] a [27].

Jak již bylo zmíněno výše, tak byla pro tvorbu videí využita data společnosti CEDA. Z dat byla využita síť komunikací, která byla doplněna většinou náhodně zvolenými bodovými vrstvami tak, aby bylo možno představit jednotlivé analýzy a jejich možnosti.

Nejprve byl ze sítě komunikací vytvořen síťový dataset, se kterým se následně pracovalo ve všech dalších kapitolách. V následujícím přehledu jsou popsána jednotlivá videa a jejich obsah.

Výuková videa jsou vytvářena tak, aby obsahovala co možná nejvíce různých přístupů k jednotlivým problémům, například načítání dat více způsoby apod.

### Příprava dat

Kapitola věnovaná přípravě dat se skládá ze tří video návodů:

- 00\_a – Povolení extenze Network Analyst a otevření panelu nástrojů Network Analyst.
- 00\_b – Vytvoření síťového datasetu.
- 00\_c – Nastavení zobrazení průjezdnosti sítě.

První video návod (00\_a) se zabývá povolením extenze Network Analyst a otevřením panelu nástrojů Network Analyst, což je obojí nezbytné pro následné používání

extenze.

Druhý video návod (00\_b) se věnuje vytvoření síťového datasetu. Nejprve jsou upravena data vstupních vrstev (jsou přidány atributy minut). Dále je vytvořena geodatabáze a dataset prvků. Dataset prvků je importováním naplněn připravenými vrstvami. Následně je vytvořen síťový dataset, kde je nastavena použitá verze programu, zdrojová data, modelování otoček a výšek, konektivita a jsou nastavena jména pro tvorbu směrů jízdy. Síťový dataset je poté přidán jako zdrojová vrstva pro všechny analýzy.

Poslední video-tutoriál (00\_c) se týká zobrazení průjezdnosti. Jedná se o upravení grafiky tak, aby byly patrné jednosměrné, obousměrné a neprůjezdné komunikace (na základě atributů podkladu).

### **Analýza trasy**

Kapitola zabývající se analýzou trasy obsahuje osm videí návodů:

- 01\_a – Přidání vrstvy analýzy trasy.
- 01\_b – Přidání zastávek do analýzy trasy.
- 01\_c – Nastavení parametrů vrstvy analýzy trasy.
- 01\_d – Přidání bariér do analýzy trasy.
- 01\_e – Uložení výsledné trasy.
- 01\_f – Příprava modelu pro analýzu trasy.
- 01\_g – Vytvoření vrstvy trasy v modelu.
- 01\_h – Nastavení modelu pro uložení výsledné trasy.

První video návod (01\_a) se zabývá samotným přidáním vrstvy analýzy do okna

Network Analyst a následně popisuje jednotlivé třídy, aby byla následná práce s jednotlivými třídami srozumitelnější.

Druhý video-tutoriál (01\_b) popisuje, jak je možné přidat zastávky do analýzy trasy. V tomto případě jsou zastávky vytvořeny nástrojem *Create Network Location* (zastávky jsou tedy naklikány do mapy). Následně je zobrazeno, jak je možné měnit název jednotlivých zastávek (změna atributů), jak lze měnit polohu zastávek (nástroj *Select/Move Location*). Jsou také popsány základní informace nastavení přiřazování zastávek k síti (jako je tolerance vyhledávání komunikace apod.).

Třetí video návod (01\_c) se věnuje nastavení parametrů analýzy trasy. Mezi nastavení, která jsou měněna patří impedance, počáteční čas, jednotky směru jízdy, pořadí zastávek, otočky, výstupní typ tvaru linie. Jsou popsány akumulací atributy a je vysvětleno použití časových oken (nastavení, změny, porušení časových oken).

Čtvrtý video návod (01\_d) popisuje přidávání bariér do analýzy trasy. Zabývá se jak bodovými a liniovými bariérami, tak i bariérami polygonovými. Je vysvětleno, jaký je rozdíl mezi bariérou omezení a přidané hodnoty.

Pátý video-tutoriál (01\_e) názorně vysvětlí, jak uložit výslednou trasu analýzy pomocí exportu dané třídy.

Šestý video-tutoriál (01\_f) vysvětluje jiný přístup k tvorbě analýzy trasy a to pomocí tvorby modelu. V tomto video návodu je nejprve v ArcCatalogu přidán nový *Toolbox* a následně je vytvořen nový *Model*.

Sedmý video návod (01\_g) se zaměřuje na přidání vrstvy analýzy trasy do okna modelu (přetahování funkcí z ArcToolboxu), přidání zastávek, propojení jednotlivých funkcí v modelu a výpočet výsledné trasy. Jsou popsány základní vlastnosti okna Model (překreslení okna apod.)



Poslední video této kapitoly (01\_h) popisuje, jak je model nutné nastavit pro uložení výsledné trasy analýzy.

### **Analýza nejbližšího zařízení**

Kapitola věnovaná analýze nejbližšího zařízení obsahuje tři video-tutoriály:

- 02\_a – Přidání vrstvy analýzy nejbližšího zařízení.
- 02\_b – Přidání zařízení a incidentů do analýzy nejbližšího zařízení.
- 02\_c – Nastavení parametrů vrstvy analýzy nejbližšího zařízení.

První video-tutoriál (02\_a) se zabývá přidáním vrstvy analýzy do okna Network Analyst a následně popisuje jednotlivé třídy, aby byla následná práce s jednotlivými třídami jasnější.

Druhý video návod (02\_b) se soustředí na popis přidání zařízení a incidentů do analýzy nejbližšího zařízení. Přidání zařízení je provedeno funkcí *Load Locations...*, což nám umožňuje využít předem připravená, nebo zadaná data. Incidenty jsou přidány funkcí *Find Address...*, což je vhodné, když neznáme přesnou polohu, ale známe adresu daného incidentu. Data jsou vhodně graficky upravena.

Třetí video návod (02\_c) vysvětluje možnosti nastavení parametrů vrstvy analýzy nejbližšího zařízení. Mezi zmíněné parametry patří dojezdní vzdálenost, počet hledaných zařízení, směr hledání zařízení (od/k incidentu), jednotky směrů trasy. Je upravena grafická stránka výsledných tříd. Je popsáno dialogové okno *Directions*.

### **Analýza oblasti služeb a OD cenové matice**

Kapitola, která se zabývá hned dvěma analýzami, analýzou oblasti služeb a OD cenové matice obsahuje šest video-tutoriálů. První tři jsou věnovány analýze oblasti služeb, druhé tři analýze OD cenové matice:

- 03\_a – Přidání vrstvy analýzy oblasti služeb.

- 03\_b – Přidání zařízení do analýzy oblasti služeb.
- 03\_c – Nastavení parametrů vrstvy analýzy oblasti služeb.
- 04\_a – Přidání vrstvy analýzy OD cenové matice.
- 04\_b – Přidání počátků a cílů do analýzy OD cenové matice.
- 04\_c – Nastavení parametrů vrstvy analýzy OD cenové matice.

První video návod (03\_a) se zabývá přidáním vrstvy analýzy do okna Network Analyst a poté popisuje jednotlivé třídy, aby byla následná práce s jednotlivými třídami pochopitelnější.

Druhý video-tutoriál (03\_b) je soustředěn na přidání zařízení do analýzy trasy. Postup je stejný s postupem přidávání zařízení u analýzy nejbližšího zařízení.

Třetí video návod (03\_c) je zaměřen na popis parametrů nastavení analýzy oblasti služeb. Parametry, které byly v tomto video návodu měněny je impedance, hranice jednotlivých polygonů, směr tvorby polygonů (od/k zařízení), otočky, omezení, typ polygonů (detailní, generalizované), typ přesahů polygonů, vyřazená data, generování linií. Je měněna symbologie - barevnost polygonů.

Čtvrtý video návod (04\_a) se zabývá přidáním vrstvy analýzy do okna Network Analyst a dále popisuje jednotlivé třídy tak, aby byla následná práce s jednotlivými třídami srozumitelnější.

Pátý video-tutoriál (04\_b) pojednává o způsobu přidání počátků a cílů do analýzy OD cenové matice. Počátky jsou přidány funkcí *Load Locations...*, jako zdrojová data jsou ale využita data z předchozí analýzy oblasti služeb. Cíle jsou nakliknuty do mapy nástrojem *Create Network Location*.

Šestý video návod (04\_c) popisuje parametry nastavení analýzy OD cenové matice. Mezi popsané parametry patří impedance, rozsah hledání a výstupní tvar.

### **Analýza lokace-alokace**

Kapitola týkající se analýzy lokace-alokace obsahuje tři video-tutoriály:

- 05\_a – Přidání vrstvy analýzy lokace-alokace.
- 05\_b – Přidání zastávek a bodů poptávky do analýzy lokace-alokace.
- 05\_c – Nastavení parametrů vrstvy analýzy lokace-alokace.

První video návod (05\_a) se zabývá přidáním vrstvy analýzy do okna Network Analyst a poté popisuje jednotlivé třídy, které jsou její součástí, aby byla následná práce s jednotlivými třídami pochopitelnější.

Druhý video-tutoriál (05\_b) popisuje přidání zastávek a bodů poptávky do analýzy lokace-alokace. Obojí, zastávky i body poptávky, jsou přidány funkcí *Load Locations...*, přičemž jsou nastaveny některé atributy vstupních dat (jako je jméno a váha).

Třetí video-tutoriál (05\_c) pojednává o parametrech, které lze v analýze lokace-alokace nastavit. Mezi nastavované parametry patří impedance, směr vyhledávání (hledání poptávky k zařízení a opačně), nastavení typu problému (například maximalizování návštěvnosti či maximalizování podílu na trhu), počet hledaných zařízení, typ transformace. Dále jsou měněny typy zařízení, od kandidátních, přes konkurenční až po zařízení vyžadovaná. V neposlední řadě je nastaven podrobnější výpis výsledku analýzy, například jaký přesně podíl na trhu byl dosažen.

### **Analýza rozvozního problému**

Kapitola věnovaná analýze rozvozního problému se skládá ze čtyř videí:

- 06\_a – Přidání vrstvy analýzy rozvozního problému.
- 06\_b – Přidání objednávek, skladů a tras do analýzy rozvozního problému.

- 06\_c – Nastavení parametrů vrstvy analýzy rozvozního problému.
- 06\_d – Přidání párů objednávek do vrstvy analýzy rozvozního problému.

První video návod (06\_a) se zabývá přidáním vrstvy analýzy do okna Network Analyst a poté popisuje jednotlivé třídy tak, aby byla následná práce s třídami srozumitelnější.

Druhý video-tutoriál (06\_b) se věnuje přidání objednávek, skladů a tras do analýzy rozvozního problému. Nejprve jsou popsána vstupní data třídy objednávek, tedy že obsahují atribut jména, poptávky, servisního času, počátku a konce časového okna. Objednávky jsou přidány funkcí *Load Location...*, přičemž jsou jednotlivé atributy vhodně přiřazeny. Sklady jsou přidány ručně naklikáním do mapy nástrojem *Create Network Location*. Trasy jsou přidány funkcí *Add Item*, přičemž jsou nastaveny některé atributy, jako jsou například rozsahy časového okna či kapacity.

Třetí video návod (06\_c) popisuje nastavení parametrů analýzy rozvozního problému. Mezi nastavované parametry patří atribut času a vzdálenosti, počet kapacit, jednotky času a délky, otočky. Dále jsou nastavována časová okna.

Poslední video-tutoriál (06\_d) řeší problematiku párů objednávek (například rozvážení pacientů do nemocnice). Nejprve jsou nástrojem *Geocoding* přidány bodové vrstvy pacientů a nemocnice (dle adresy přiřadí daná umístění). Následně jsou bodové vrstvy nahrány do třídy objednávek funkcí *Load Location...* Páry objednávek jsou také nahrány stejnou funkcí. Sklady jsou přidány ručně nástrojem *Create Network Location*. Speciality (jako je například nutnost kolečkového křesla) jsou přidány funkcí *Add Item*. Trasy jsou přidány obdobně, jsou u nich však nastaveny další atributy, jako je například jméno, počáteční a koncový sklad.

## Závěr

Cílem diplomové práce je přiblížit problematiku síťových analýz a to jak teoreticky, tak prakticky.

První část práce je zaměřena na teoretickou přípravu problému. Z tohoto důvodu se jedná o překlad dostupné nápovědy k jednotlivých síťovým analýzám programu ArcGIS, jelikož je vždy v případě řešení problémů nejlepší se obrátit přímo na nápovědu programu.

Nápověda programu je relativně obsáhlá, ale všechny informace v ní jsou natolik důležité, že nebylo možné nějaké části vynechat.

Samotné překlady nebyly prováděny pomocí žádného programu, jelikož se jedná o odborný text a volně dostupné překladače zkreslovaly některé pojmy a docházelo tak k nepřesnostem při překladu. Z tohoto důvodu byla celá nápověda přeložena autorem.

Při čtení nápovědy je možné narazit na některé méně pochopitelné kapitoly, či části textu, k čemuž došlo z důvodu, že i původní text byl velmi nepřehledný a špatně pochopitelný, proto byl doslovně přeložen, což může někdy v textu působit neuspořádaně. Hlavním z důvodů je, že pro extenzi programu týkající se síťových analýz není dostupná česká lokalizace, která by porozumění textu pomohla. Jelikož je ale teoretická část doplněna částí praktickou, tak jsou méně jasné oblasti textu teoretického vysvětleny prakticky.

Jelikož není dostupná již zmíněná česká lokalizace pro danou extenzi, byl proto vytvořen jednoduchý slovník, který se snaží vysvětlit základní pojmy, které byly při překladech použity.

Druhá část práce je věnována tvorbě a prezentaci výukových videí, která se snaží nenásilnou formou jednotlivé analýzy představit. Pracovní postupy jednotlivých analýz nejsou aplikovány na přesně dané problémy, ty byly vymyšleny náhodně tak, aby bylo možno ukázat z každé analýzy co nejvíce.

Pro tvorbu výukových videí byl využit program Adobe Captivate. Jedná se o velmi

intuitivní program, který ovšem pracuje v anglickém jazyce, bylo tedy nutné všechna výuková videa upravit do českého jazyka.

Obecně lze ale shledat, že je program velmi vhodný pro tvorbu jakýchkoliv tutoriálů, kvízů a podobně. V práci zcela není využit celý potenciál programu.

Cíle práce byly tedy splněny. Uživatel extenze by měl být po přečtení práce a shlédnutí výukových videí schopen samostatné práce s extenzí Network Analyst programu ArcGIS při tvorbě jednotlivých analýz a také by měl být schopen řešit reálné situace týkající se síťových analýz.

Výstupem práce je tedy nápověda síťových analýz extenze Network Analyst programu ArcGIS společně s příloženým CD obsahujícím jednotlivá výuková videa, která jsou interaktivně propojena.

Možnosti rozšíření práce jsou otevřeny, je možné doplnit problematiku o využití modelovaných otoček v síti, což je sama o sobě velmi obsáhlá kapitola, která by vystačila na samostatnou bakalářskou práci. Také je možné jednotlivá videa interaktivně propojit.

V průběhu tvorby práce jsem nenarazila na zásadnější problémy, bylo pouze nutné si problematiku dostatečně nastudovat a vyzkoušet.

## Použité zdroje

- [1] PANTŮČKOVÁ, Tereza. *Bakalářská práce – Síťové analýzy v GIS Praha*: ČVUT, 2011. 74 s.
- [2] *ArcGIS 10 Desktop Help – Route Analysis* Verze 10.0. ESRI.
- [3] *ArcGIS 10 Desktop Help – Barriers* Verze 10.0. ESRI.
- [4] *ArcGIS 10 Desktop Help – Finding a best route in ArcMap* Verze 10.0. ESRI.
- [5] *ArcGIS 10 Desktop Help – Finding a best route using geoprocessing tools* Verze 10.0. ESRI.
- [6] *ArcGIS 10 Desktop Help – Closest Facility Analysis* Verze 10.0. ESRI.
- [7] *ArcGIS 10 Desktop Help – Finding closest facilities in ArcMap* Verze 10.0. ESRI.
- [8] *ArcGIS 10 Desktop Help – Finding closest facilities using geoprocessing tools* Verze 10.0. ESRI.
- [9] *ArcGIS 10 Desktop Help – Service Area Analysis* Verze 10.0. ESRI.
- [10] *ArcGIS 10 Desktop Help – Finding a service area in ArcMap* Verze 10.0. ESRI.
- [11] *ArcGIS 10 Desktop Help – Finding a service area using geoprocessing tools* Verze 10.0. ESRI.
- [12] *ArcGIS 10 Desktop Help – OD cost matrix Analysis* Verze 10.0. ESRI.
- [13] *ArcGIS 10 Desktop Help – Creating an OD cost matrix analysis in ArcMap* Verze 10.0. ESRI.
- [14] *ArcGIS 10 Desktop Help – Creating an OD cost matrix analysis using geoprocessing tools* Verze 10.0. ESRI.
- [15] *ArcGIS 10 Desktop Help – Location-Allocation Analysis* Verze 10.0. ESRI.

- [16] *ArcGIS 10 Desktop Help – Performing a location-allocation analysis in ArcMap* Verze 10.0. ESRI.
- [17] *ArcGIS 10 Desktop Help – Performing a location-allocation analysis using geoprocessing tools* Verze 10.0. ESRI.
- [18] *ArcGIS 10 Desktop Help – Vehicle Routing Analysis* Verze 10.0. ESRI.
- [19] *ArcGIS 10 Desktop Help – Solving a vehicle routing problem in ArcMap* Verze 10.0. ESRI.
- [20] *ArcGIS 10 Desktop Help – Solving a vehicle routing problem using geoprocessing tools* Verze 10.0. ESRI.
- [21] *O společnosti CEDA* [online]. [cit. 2011-11-12]. Dostupný z WWW: <<http://www.ceda.cz/cs/o-spolecnosti/>>
- [22] *Vektorové mapy* [online]. [cit. 2011-11-12]. Dostupný z WWW: <<http://www.ceda.cz/cs/produkty/vektorove-mapy/>>
- [23] *StreetNet CZE v.1206* [online]. [cit. 2011-11-12]. Dostupný z WWW:<<http://www.ceda.cz/cs/produkty/vektorove-mapy/streetnet-cze/>>
- [24] *StreetNetCZE CITY v.1206* [online]. [cit. 2011-11-12]. Dostupný z WWW: <<http://www.ceda.cz/cs/produkty/vektorove-mapy/streetnet-cze-city/>>
- [25] *Adobe Captivate – Sudijní výukové opory – Lekce 1* [online]. [cit. 2011-12-12]. Dostupný z WWW: <<http://wreck.ped.muni.cz/captivate/index.php?page=lekce>>
- [26] *Network Analyst: An Introduction* [online]. [cit. 2011-12-12]. Dostupný z WWW: <<http://video.esri.com/watch/1675/network-analyst-an-introduction>>
- [27] *ArcGIS Network Analyst tutorial* [online]. [cit. 2011-12-12]. Dostupný z WWW:<<http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#//0-0470000005r000000>>



- [28] *GIS Dictionary* [online]. [cit. 2011-11-09]. Dostupný z WWW:  
<<http://support.esri.com/en/knowledgebase/GISDictionary/search>>.

## Slovník pojmů

Tento slovník obsahuje pojmy použité v teoretické části textu, v závorce vypisuje původní název pojmu v angličtině, následně je pojem vysvětlen dle [28].

**analýza nejbližšího zařízení** (closest facility analysis)

Typ síťové analýzy pro nalezení nejbližšího umístění (zařízení) od daného místa (události), založené na zvolené impedanci například při hledání nemocnic poblíž dopravní nehody. Když hledáte nejbližší zařízení, mohou uživatelé specifikovat, kolik jich chtějí nalézt a zdali je směr hledání k nebo od daného místa (incidentu). Uživatel také může specifikovat mezní hranici, za kterou již ArcGIS Network Analyst nebude hledat zařízení například nalézt nemocnice do 6-ti mil od dopravní nehody.



**analýza oblasti služeb** (service area analysis)

Typ síťové analýzy pro určování oblastí, které zahrnují všechny dostupné ulice (ulice, které leží v rámci specifikované impedance).

Například, 20-ti minutová oblast služeb pro síťové umístění (jako je hasičská stanice) obsahuje všechny ulice, které mohou být dosaženy do 20-ti minut od daného umístění.



**analýza směrování vozidla** (vehicle routing problem analysis)

Typ síťové analýzy pro směrování flotily vozidel k obsluze sady objednávek s cílem minimalizování některých cílů (například operační ceny), při dodržení určitých omezení. Tato omezení mohou zahrnovat časová okna, vícečetné kapacity trasy, omezení doby trvání trasy, zóny trasy a omezení jader bodů trasy, omezení specialitami a objednávkovými páry.

**analýza trasy** (route analysis)

Typ síťové analýzy, který určuje nejlepší trasu z jednoho síťového umístění na jedno nebo více jiných síťových umístění. Může také

spočítat nejkratší trasu v závislosti na zvolené impedanci. Pořadí zastávek může být zadáno uživatelem. Například pokud je impedancí čas, pak je nejlepší trasa trasou nejrychlejší.



**atribut** (attribute)

Neprostorová informace o geografickém prvku v GIS, obvykle uložená v tabulce a propojená k prvku ukinátním identifikátorem. Například atributy pro řeku mohou obsahovat její jméno, délku a objem sedimentů na měřící stanici.

**bariéra** (barrier)

1. Subjekt, který brání toku v průchodu přes hranu nebo uzel sítě.
2. Dočasná grafika, která je umístěna na síti, přes kterou nemůže trasa pokračovat.
3. Síťové umístění ve vrstvě síťové analýzy, která omezuje průchodnost síťového prvku (hrany nebo uzlu) v síťovém datasetu.

**boolean operátor** (boolean operator)

Logický operátor užitý ve formulaci boolovského výrazu. častými boolovskými operátory je AND, které specifikuje kombinaci podmínek (A a B musí být pravda); OR, které specifikuje seznam alternativních podmínek (A nebo B musí být pravda); a XOR (exkluzivní OR), které udělá podmínky vzájemně exkluzivní (A nebo B mohou být pravda, ale ne oba A a B).

**cizí klíč** (foreign key)

Atribut nebo soubor atributů v jedné tabulce, které se shodují s atributy primárního klíče jiné tabulky. Cizí klíče a primární klíče jsou použity pro spojování tabulek v databázi.

**cíl** (destination)

Síťové umístění použité v analýzy OD cenové matice, které specifikuje koncové umístění.

**časové okno** (time window)

V síti, čas během kterého může být navštívena zastávka. Například vezmeme jízdu autobusem, každá zastávka může být časové okno 15-ti minut. Když autobus přijede před svým 15-ti minutovým časovým

okénkem, bude tam muset čekat určitý čas před odjezdem ze zastávky. Když autobus přijede po svém 15-ti minutovém okénku, tak se zastávka označí jako časově narušená.

**dataset** (dataset)

Jakákoliv kolekce souvisejících dat, obvykle společně seskupených nebo uložených.

**historická dopravní data** (historical traffic data)

Soubor dopravních dat, která umožňují modelovat časově závislé změny cestování po elementech sítě a předvídat intenzitu dopravy.

**hrana** (edge)

U síťového systému se jedná o liniové prvky skrz které prochází substance, zdroje nebo jím prochází doprava. Příklady zahrnují ulice v transportní síti a potrubí v kanalizační síti. V geometrické síti může být hrana sítě jednoduchá nebo složitá. Jednoduchá hrana je vždy připojena k přesně dvěma uzlovým prvkům, ke každému na jedné straně. Složitá hrana je vždy připojena k nejméně dvěma uzlovým prvkům na svých koncích, ale může být také připojena k dalšímu

uzlovému prvku podél své délky. V síťovém datasetu je síťová hrana vždy spojena se dvěma uzly na svých koncích.



**ID – identifikátor** (ID)

Jedinečný řetězec znaků nebo numerický hodnota asociovaná s konkrétním objektem.

**impedance** (impedance)

Míra množství odporu nebo nákladů, které jsou nutné pro projití trasy v síti nebo přesunutí z jednoho prvku v síti na jiný. Odpor může být měřítkem cestovní vzdálenosti, času, rychlosti pohybu vynásobené vzdáleností a tak dále. Vyšší hodnoty impedance ukazují větší odpor pohybu a nulová hodnota znamená žádný odpor. Optimální trasa v síti je trasa s nejnižší impedancí, čemuž se přezdívá nejlevnější cesta.

**linie** (line)

Na mapě, tvar definovaný připojenou sérií unikátních párů souřadnic  $x, y$ . Linie může být přímá nebo zakřivená.

**lokace** (location)

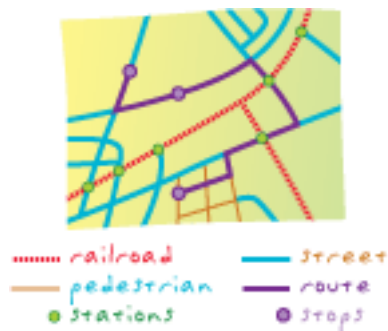
Poloha definovaná hodnotami souřadnic.

**lokace-alokace** (location-allocation)

Proces nalezení nejlepších lokací pro jedno a více zařízení, která obslouží daný set bodů a potom přiřadí tyto body k zařízením, přičemž bere při výpočtu v úvahu faktory jako je počet dostupných zařízení, jejich cena a maximální impedance ze zařízení k bodu.

**multimodální síť** (multimodal network)

Síť, ve které jsou modelovány dva a více typů způsobů transportu (jako je chůze, jízda vlakem, jízda autem).



**narušení časového okna** (time window violation)

Narušení časového okna se objeví, když trasa dorazí do síťového umístění po skončení asociovaného časového okna.

**návštěva skladu** (depot visit)

Objekt užitý k reprezentaci jedné zastávky specifického skladu v analýze směřování vozidla. Návštěva skladu se může objevit na začátku trasy, na konci trasy nebo jako obnova skladu v průběhu trasy.

**null** (null)

Absence zaznamenané hodnoty pro dané pole. Hodnota null se liší od hodnoty nula v tom, že nula může reprezentovat míru atributu, zatímco hodnota null označuje, že nebylo pořízeno žádné měření.

**objednávka** (order)

Síťové umístění užité pro určení trasy v analýze směřování vozidla. Uživatel může specifikovat několik objednávek. Objednávky mohou reprezentovat jakoukoliv kombinaci servisního umístění nebo umístění doručení, které jsou po trase navštíveny.

**objednávkový pár** (order pair)

Objekt užitý v analýze směřování vozidla. Objednávkový pár definuje vztah mezi dvěma objednávkami. První objednávka v objednávkovém páru reprezentuje vyzvednutí, které musí být doručeno na druhou

objednávku objednávkového páru na stejné trase.

**obnova trasy** (route renewal)

Objekt užitý v analýze směřování vozidla. Objekt obnovy trasy specifikuje sklad, který může být použit určitou trasou pro naložení/vyložení vozidla během trasy, když je potřeba, takže je resetována kapacita a trasa tak může obsloužit více objednávek.

**OD cenová matice** (OD cost matrix;

OD=origin-destination)

Typ síťové analýzy, který vypočítává tabulku obsahující celkovou impedanci z každého počátku ke každému cíli. Navíc řadí cíle, které začínají ve stejném počátku ve vzestupném pořadí podle času nutného k projití od počátku k cíli.

		destinations			
		A	B	C	D
origins	A	0	5	7	8
	B	5	0	16	11
	C	7	16	0	20

**omezení** (restriction)

Atribut síťového elementu typu boolean použitý pro limitování průchodnosti síťového datasetu. Mezi

příklady omezení patří jednosměrnost, nepovolení průjezdu nákladním automobilům či povolení průjezdu pouze pro autobusy.

**otočka** (turn)

Pohyb, který explicitně modeluje přechod mezi elementy hran během navigace.

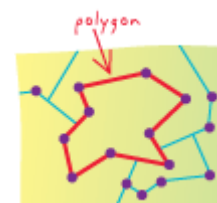


**počátek** (origin)

Síťové umístění používané u analýzy OD cenové matice, které specifikuje počáteční umístění.

**polygon** (polygon)

V mapě se jedná o uzavřený tvar definovaný připojenou sekvencí souřadnicových párů x,y, kde je první a poslední pár souřadnic stejný a všechny ostatní páry jsou jedinečné.



**primární klíč** (primary key)

Atribut nebo soubor atributů,

kteří unikátně identifikují každý záznam. Primární klíč neumožňuje duplikování hodnot a nemůže být hodnoty null.

**přestávka** (break)

Objekt užitý v analýze směřování vozidla. Přestávka může být použita k modelování specifické době přestávky během trasy analýzy směřování vozidla.

**řešitel** (solver)

Funkce, která provádí analýzu sítě na základě souboru síťových dat.

**síťová analýza** (network analysis)

Jakákoliv metoda při řešení problému sítě, jako je průchodnost, průtok, či kapacita při použití propojené sítě.

**sklad** (depot)

Síťové umístění užitá k reprezentaci počátečního, přestávkového nebo umístění obnovy pro trasy v analýze směřování vozidla. Uživatel může specifikovat několik skladů. Sklady jsou užity jako umístění pro naložení/vyložení vozidla flotily.

**specialita** (specialty)

Objekt užitý v analýze směro-

vání vozidla. Specialita je použita pro reprezentování specifické schopnosti, která může být vyžadována určitou objednávkou a podporovaná určitou trasou. Objednávky vyžadující danou specialitu mohou být přiřazeny pouze k trasám, které také specialitu podporují. Například může objednávka vyžadovat elektrikáře, takže může být objednávka obsloužena pouze trasou, která také podporuje specialitu elektrikáře.

**string** (string)

Sekvence písmen nebo čísel nebo obojího, občas s fixní délkou.

**trasa** (route)

Cesta skrz síť.



**třída** (class)

Sada subjektů sloučených dohromady na základě sdílené atributové hodnoty.

**událost** (incident)

Síťové umístění používané u analýzy nejbližšího zařízení. Dopravní nehody, místa činu a místa požárů patří mezi příklady událostí.

**jádro bodu trasy** (route seed point)

Prvek užitý v analýze směřování vozidla. Jádro bodu trasy může být použito ke shloučení objednávky pro danou trasu.

**umístění** (location)

Poloha definovaná hodnotami souřadnic.

**uzel** (junction)

Pro síťové datové modely v geodatabázi se jedná o bod, ve kterém se setkává dvě a více hran.


**vrstva** (layer)

Vizuální reprezentace geografického datasetu v jakémkoliv prostředí digitální mapy. Konceptně je vrstva řezem geografické reality v dané oblasti a je více či méně

rovnocenná k legendě prvků na papírové mapě. V silniční mapě například jsou jako rozdílné vrstvy brány silnice, národní parky, politické hranice a řeky.

**zařízení** (facility)

Síťové umístění použité v analýzách nejbližšího zařízení a oblasti služeb.

**zastávka** (stop)

Jedná se o síťové umístění, užívané pro určení trasy v analýze trasy. Uživatel může specifikovat několik zastávek, ze kterých dvě musí být použity pro reprezentování počátku a cíle trasy. Zastávky mezi nimi jsou navštíveny na cestě od první k poslední zastávce.

**zóna trasy** (route zone)

Prvek užitý v analýze směřování vozidla. Zóna trasy má polygonální geometrii a může být využita k definování oblasti pokrývající danou trasu nebo která je schopna obsloužit danou trasu.



## Seznam obrázků

1.1	Ukázka analýzy trasy [2] . . . . .	10
1.2	Panel nástrojů Network Analyst pro novou vrstvu analýzu trasy [2] .	11
1.3	Třída zastávek analýzy trasy a její nastavení v Layer Properties [2] .	12
1.4	Mapa nalevo ukazuje nejkratší cestu mezi dvěma zastávkami bez jakýchkoliv bodových omezení. Mapa napravo má zablokovanou silnici spadlým stromem, takže je nejkratší trasa mezi zastávkami delší. [3] .	19
1.5	Cestovní čas ze zastávky jedna do zastávky dva by byl stejný když, by se šlo severně nebo jižně, ale při přejezdu kolejí nákladním vozem vznikají náklady časové penalizace (modelované s bodovou bariérou přidané hodnoty) trasa pouze s jedněmi kolejemi bude vybrána. Náklady na přejezd kolejí jsou přidány do akumulované ceny výsledné trasy. [3] . . . . .	20
1.6	Mapa nalevo zobrazuje nejkratší trasu mezi dvěma body. Mapa napravo zobrazuje nejkratší trasu, když je několik ulic blokováno liniovou bariérou omezení. [3] . . . . .	20
1.7	Nejkratší trasa mezi dvěma body je ukázána nalevo. Napravo liniová bariéra poměrné hodnoty zvyšuje náklady cestování na silnici, kterou pokrývá. Na rozdíl od bariéry omezení je možné na trase cestovat, ale s modifikovanými náklady. Řešitel používá modifikovanou cenu při výpočtu nejkratší trasy, navíc, modifikované náklady jsou zahrnuty v akumulované ceně výsledků. [3] . . . . .	21
1.8	Levá strana vykresluje nejkratší trasu mezi dvěma body. Napravo blokuje polygonová bariéra zaplavené ulice, takže nejkratší trasa mezi stejnými dvěma body je rozdílná. [3] . . . . .	21

1.9	Mapa nalevo ukazuje trasu, která prochází skrz nevlídné počasí bez ohledu na špatné podmínky silnice během cestovního času. Napravo polygonová bariéra poměrné hodnoty zdvojnásobuje cestovní čas silnic pokrytých bouřkou. Trasa stále prochází skrz jižní část bouře, jelikož je rychlejší strávit více času pomalým průjezdem menší částí bouřky než kompletní průjezd okolo ní. Podobně jako liniová bariéra poměrné hodnoty řešitel použije modifikovanou cenu při výpočtu nejkratší trasy, navíc je modifikovaná cena zahrnuta v akumulované ceně výsledků. [3] . . . . .	22
1.10	Použití nástroje Query Builder, bariéry mohou překrývat elementy sítě, ale nemusí je ovlivňovat. [3] . . . . .	29
1.11	Záložka nastavení pro analýzu trasy [2] . . . . .	30
1.12	Přesný tvar výsledné trasy . . . . .	33
1.13	Přímá linie mezi dvěma zastávkami . . . . .	33
1.14	Ukázka analýzy nejbližšího zařízení [6] . . . . .	39
1.15	Panel nástrojů Network Analyst pro vrstvu analýzy nejbližšího zařízení [6] . . . . .	40
1.16	Okno Network Analyst se svými šesti třídami síťové analýzy nejbližšího zařízení [6] . . . . .	40
1.17	Okno obsahu složené vrstvy analýzy nejbližšího zařízení [6] . . . . .	41
1.18	Záložka nastavení analýzy nejbližšího zařízení [6] . . . . .	47
1.19	Přesný tvar výsledné trasy [6] . . . . .	49
1.20	Přímá linie mezi dvěma zastávkami [6] . . . . .	50
1.21	Ukázka analýzy oblasti služeb [9] . . . . .	55
1.22	Panel nástrojů Network Analyst pro novou oblast služeb [9] . . . . .	56
1.23	Okno Network Analyst se svými šesti třídami síťové analýzy pro oblast služeb [9] . . . . .	56
1.24	Okno obsahu složené vrstvy analýzy oblasti služeb [9] . . . . .	57
1.25	Vliv časové odezvy na výpočet oblasti služeb [9] . . . . .	58
1.26	Zadání rozdílných hranic polygonů u více zařízení [9] . . . . .	59
1.27	Odjezd ze zařízení z obou stran vozidla [9] . . . . .	59

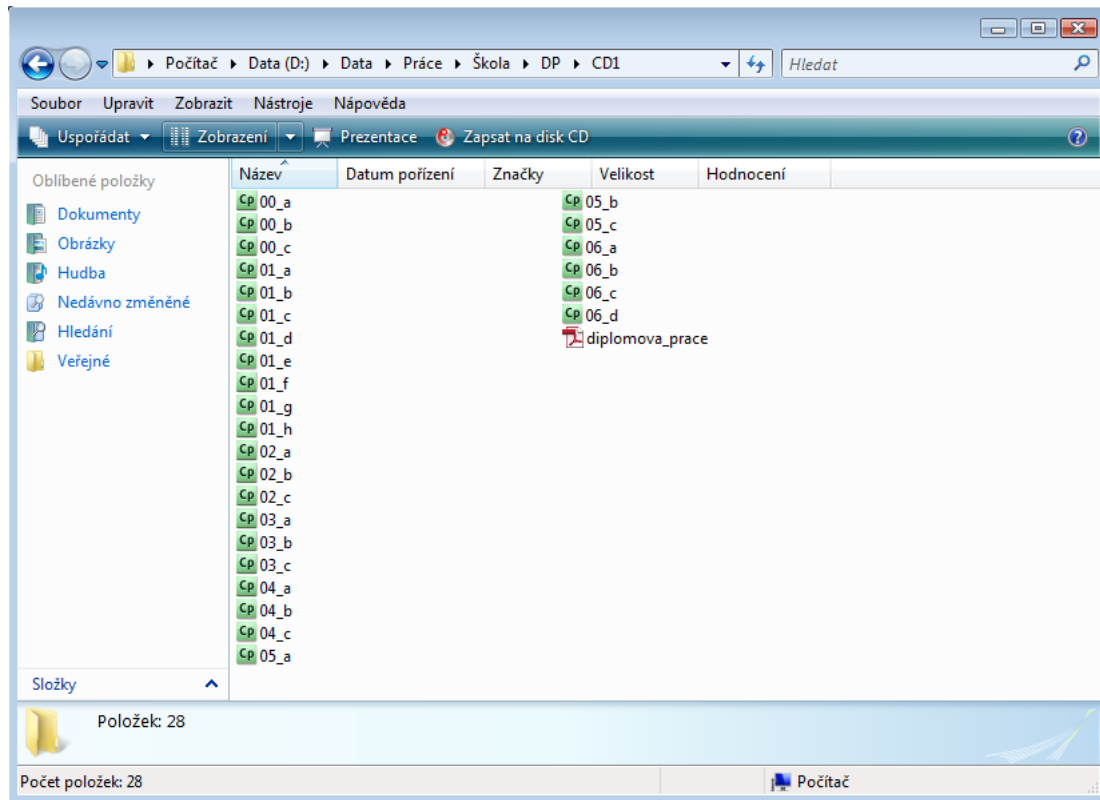
1.28	Odjezd ze zařízení z pravé strany vozidla [9] . . . . .	60
1.29	Odjezd ze zařízení z levé strany vozidla [9] . . . . .	60
1.30	Záložka nastavení analýzy pro oblast služeb [9] . . . . .	65
1.31	Ukázka rozsahu služeb pro oblast služeb [9] . . . . .	66
1.32	Ukázka zadání hranic polygonů pro oblast služeb [9] . . . . .	66
1.33	Ukázka zadání vícečetných hranic polygonů pro oblast služeb [9] . . .	67
1.34	Ukázka analýzy OD cenové matice [12] . . . . .	75
1.35	Ukázka analýzy OD cenové matice [12] . . . . .	75
1.36	Panel nástrojů Network Analyst pro analýzu OD cenové matice . . .	76
1.37	Okno Network Analyst se svými třídami síťové analýzy OD cenové matice [12] . . . . .	77
1.38	Okno obsahu složené vrstvy analýzy OD cenové matice [12] . . . . .	77
1.39	Záložka nastavení analýzy Analysis Settings OD cenové matice [12] .	83
1.40	Ukázka analýzy lokace-alokace [15] . . . . .	89
1.41	Panel nástrojů Network Analyst analýzy lokace-alokace [15] . . . . .	91
1.42	Okno Network Analyst se svými třídami síťové analýzy lokace-alokace[15]	91
1.43	Okno obsahu složené vrstvy analýzy lokace-alokace [15] . . . . .	92
1.44	Minimalizování vzdálenosti bez seskupených bodů poptávky [15] . . .	98
1.45	Minimalizování vzdálenosti se seskupenými body poptávky; v tomto případě mají žluté body poptávky stejnou hodnotu pole GroupName, takže jsou přiřazeny ke stejnému zařízení [15] . . . . .	98
1.46	Záložka nastavení analýzy lokace-alokace [15] . . . . .	103
1.47	Záložka pokročilého nastavení analýzy lokace-alokace [15] . . . . .	105
1.48	Minimalizování impedance vybere taková zařízení, že suma vážených impedancí (body poptávky alokované k zařízením vynásobené impe- dancí zařízení) je minimalizována [15] . . . . .	106
1.49	Maximalizování pokrytí vybírá zařízení tak, že tolik bodů poptávky, kolik je možné, je pokryto impedančním omezením zařízení. Na tomto obrázku byl řešitel směřován k vybrání třech zařízení [15] . . . . .	107

1.50 Minimalizování zařízení vybírá zařízení taková, že jakékoliv body poptávky možné, jsou v rámci impedančního omezení zařízení. Navíc počet zařízení vyžadovaných k pokrytí všech bodů poptávky je minimalizován. Na tomto obrázku řešitel byl schopen pokrýt všechny body poptávky pouze dvěma zařízeními [15] . . . . .	108
1.51 Maximalizování návštěvnosti vybírá zařízení taková, že tolik váhy poptávky, kolik je možné, je alokováno k zařízení při přiřazování, váha poptávky poklesne se vzdáleností. Body poptávky reprezentované koláčovými grafy na tomto obrázku nám ukazují, kolik z jejich celkové poptávky je zachyceno zařízením [15] . . . . .	109
1.52 Maximalizování podílu na trhu vybírá zařízení taková, že největší množství alokované poptávky je získáno v přítomnosti konkurence. Vy specifikujete počet zařízení, která chcete vybrat [15] . . . . .	110
1.53 Cílový podíl na trhu pracuje za přítomnosti konkurence a snaží se vybrat nejmenší počet zařízení potřebných k získání podílu na trhu, který specifikujete [15] . . . . .	112
1.54 Nastavení ukázkového problému při použití dvou-mílových hran s body poptávky na koncích a kandidátními zařízeními na středech hran. [15] . . . . .	115
1.55 Zařízení B má nižší celkovou transformovanou cenu oproti zařízení A, když je použita lineární transformace. [15] . . . . .	116
1.56 Zařízení A má nižší celkovou cenu transformace než zařízení B, když je použita kvadratická mocninná transformace. [15] . . . . .	116
1.57 Ukázka analýzy rozvozního problému [18] . . . . .	123
1.58 Panel nástrojů Network Analyst pro analýzu rozvozního problému [18]	124
1.59 Okno Network Analyst se svými třinácti třídami síťové analýzy pro analýzu rozvozního problému [18] . . . . .	124
1.60 Okno obsahu složené vrstvy analýzy rozvozního problému [18] . . . . .	125
1.61 Záložka nastavení analýzy rozvozního problému [18] . . . . .	170
1.62 Přesný tvar výsledné trasy [18] . . . . .	173
1.63 Přímá linie mezi dvěma zastávkami [18] . . . . .	173

1.64	Náhled záložky Advanced Settings [18]	174
1.65	Demonstrace časového okna [18]	175
1.66	Demonstrace časového okna - impedance hodnoty Low [18]	176
1.67	Demonstrace časového okna - impedance hodnoty High [18]	176
1.68	Demonstrace překročení cestovního času [18]	177
1.69	Překročení cestovního času při hodnotě Low [18]	178
1.70	Překročení cestovního času při hodnotě High [18]	178

## Příloha A – Obsah CD1

CD obsahuje výsledné spustitelné video-tutoriály (\*.exe) a samotný text diplomové práce (\*.pdf).



## Příloha B - Obsad DVD1

DVD obsahuje soubory jednotlivých projektů video návodů (\*.cp), které je možné dále upravovat.

