



Řešitel projektu

Vysoká škola báňská
technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní, Institut dopravy

Partneři projektu

Sdružení pro rozvoj
Moravskoslezského kraje
Statutární město Ostrava
Krajský úřad - Moravskoslezský kraj



SIMULAČNÍ MODEL ČINNOSTÍ VEŘEJNÉHO LOGISTICKÉHO CENTRA

Ing. Jaromír Široký, Ph.D.
Ing. Michal Dorda

VŠB - TU Ostrava
Fakulta strojní
Institut dopravy



Řešitel projektu

Vysoká škola báňská
technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní, Institut dopravy

Partneři projektu

Sdružení pro rozvoj
Moravskoslezského kraje
Statutární město Ostrava
Krajský úřad - Moravskoslezský kraj



Obsah:

1. Definice cílů a účelu simulace VLC.
2. Struktura implementovaného modelu.
3. Implementace modelu do prostředí Witness.
4. Výstupy simulačního modelu.
5. Simulace jednotlivých lokalit.
6. Zhodnocení dosažených výsledků.

**Řešitel projektu**

Vysoká škola báňská
technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní, Institut dopravy

Partneři projektu

Sdružení pro rozvoj
Moravskoslezského kraje
Statutární město Ostrava
Krajský úřad - Moravskoslezský kraj



1. Definice cílů a účelu simulace VLC.

Cíle simulačního experimentu:

- Určení maximálního počtu silničních vozidel za den vstupujících a vystupujících z VLC při stanovených podmínkách.
- Určení hlavních faktorů ovlivňujících funkci a činnosti VLC s vlivem na model.

Výsledky simulačního experimentu:

- Stanovení maximálního počtu příjíždějících a odjíždějících silničních vozidel s kontejnery a paletami při podmínce maximálního využití skladovacích ploch a maximalizaci využití jednotlivých procesů.



**PROJEKT VEŘEJNÉ
LOGISTICKÉ CENTRUM**

Řešitel projektu

Vysoká škola báňská
technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní, Institut dopravy

Partneři projektu

Sdružení pro rozvoj
Moravskoslezského kraje
Statutární město Ostrava
Krajský úřad - Moravskoslezský kraj



2. Struktura implementovaného modelu.

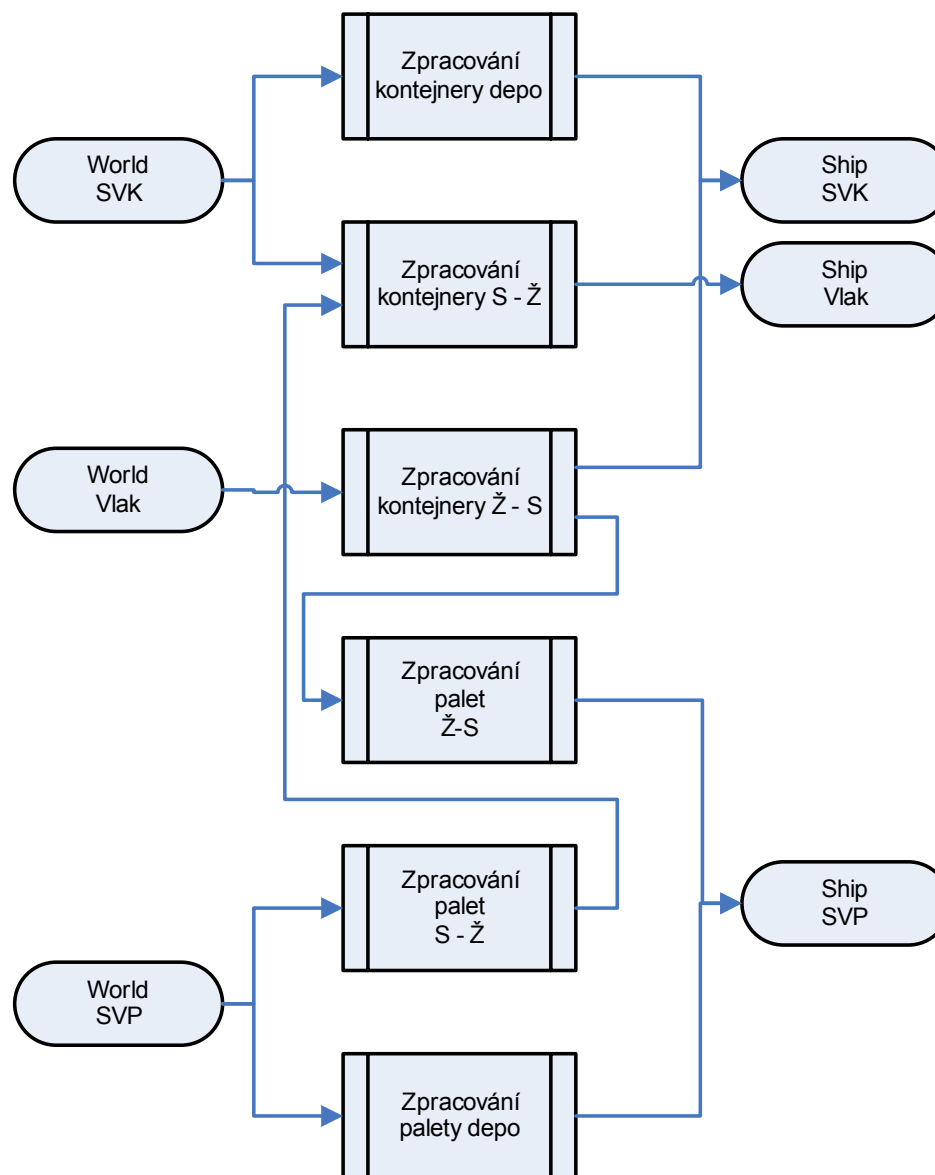
Model je tvořen ze tří funkčních celků:

1. Zpracování kontejnerů pro relaci silnice - železnice.
 - Zpracování toků kontejnerů vstupujících do modelu na siln. vozidlech a vystupujících z modelu buď jako prázdné kontejnery na siln. vozidlech pro nakládku u zákazníka nebo prázdné a ložené kontejnery na žel. vozech v definovaných relacích. Součástí této části je zpracovávání kontejnerů určených pouze k dočasnému skladování (deponaci).
2. Zpracování kontejnerů pro relaci železnice - silnice.
 - Zpracování toků kontejnerů vstupujících do modelu na žel. vozech a vystupujících z modelu na siln. vozidlech směrem k zákazníkům. V průběhu zpracování mohou být ložené kontejnery vyloženy a vzniká tok palet k zákazníkům.
3. Zpracování palet.
 - Zpracování toků palet vstupujících do modelu na siln. vozidlech od zákazníků popř. vznikajících v modelu při vykládání ložených kontejnerů. Součástí této části je zpracovávání palet určených pouze k dočasnému skladování (deponaci).



Vysoká škola báňská
technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní, Institut dopravy

Sdružení pro rozvoj
Moravskoslezského kraje
Statutární město Ostrava
Krajský úřad - Moravskoslezský kraj





Řešitel projektu

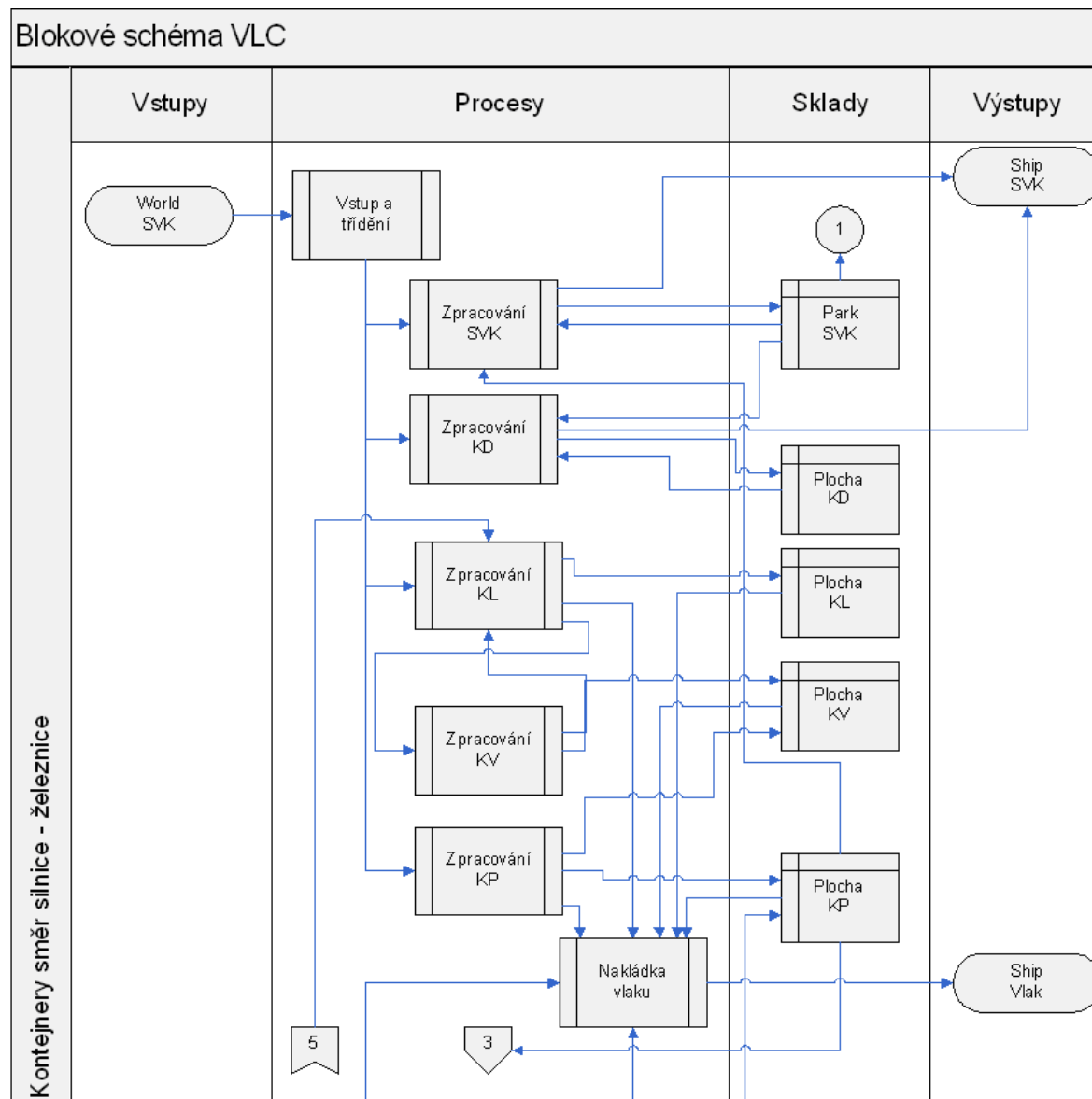
Vysoká škola báňská
technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní, Institut dopravy

Partneři projektu

Sdružení pro rozvoj
Moravskoslezského kraje
Statutární město Ostrava
Krajský úřad - Moravskoslezský kraj



Blokové schéma zpracování kontejnerů relace silnice - železnice.





**PROJEKT VEŘEJNÉ
LOGISTICKÉ CENTRUM**

Řešitel projektu

Vysoká škola báňská
technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní, Institut dopravy

Partneři projektu

Sdružení pro rozvoj
Moravskoslezského kraje
Statutární město Ostrava
Krajský úřad - Moravskoslezský kraj



Charakteristika vybraných bloků modelu.

Vstup

World SVK

Vstup silničních vozidel nesoucí stanovený počet kontejnerů pro realizaci ve směru přepravy silnice - železnice a pro krátkodobé uložení ve VLC (deponace kontejnerů).

Proces

Vstup a
třídění

Vstupní blok zpracování kontejnerů pro směr silnice - železnice, kde probíhá vykládka ze silničních vozidel a třídění do toku kontejnerů ložených, kontejnerů prázdných a kontejnerů deponovaných.

Sklad

Plocha
KP

Blok skladování kontejnerů prázdných.

Výstup

Ship
Vlak

Výstup vlakových souprav nesoucích stanovený počet kontejnerů a ve stanovené struktuře pro jednotlivé relace přepravy.



**PROJEKT VEŘEJNÉ
LOGISTICKÉ CENTRUM**

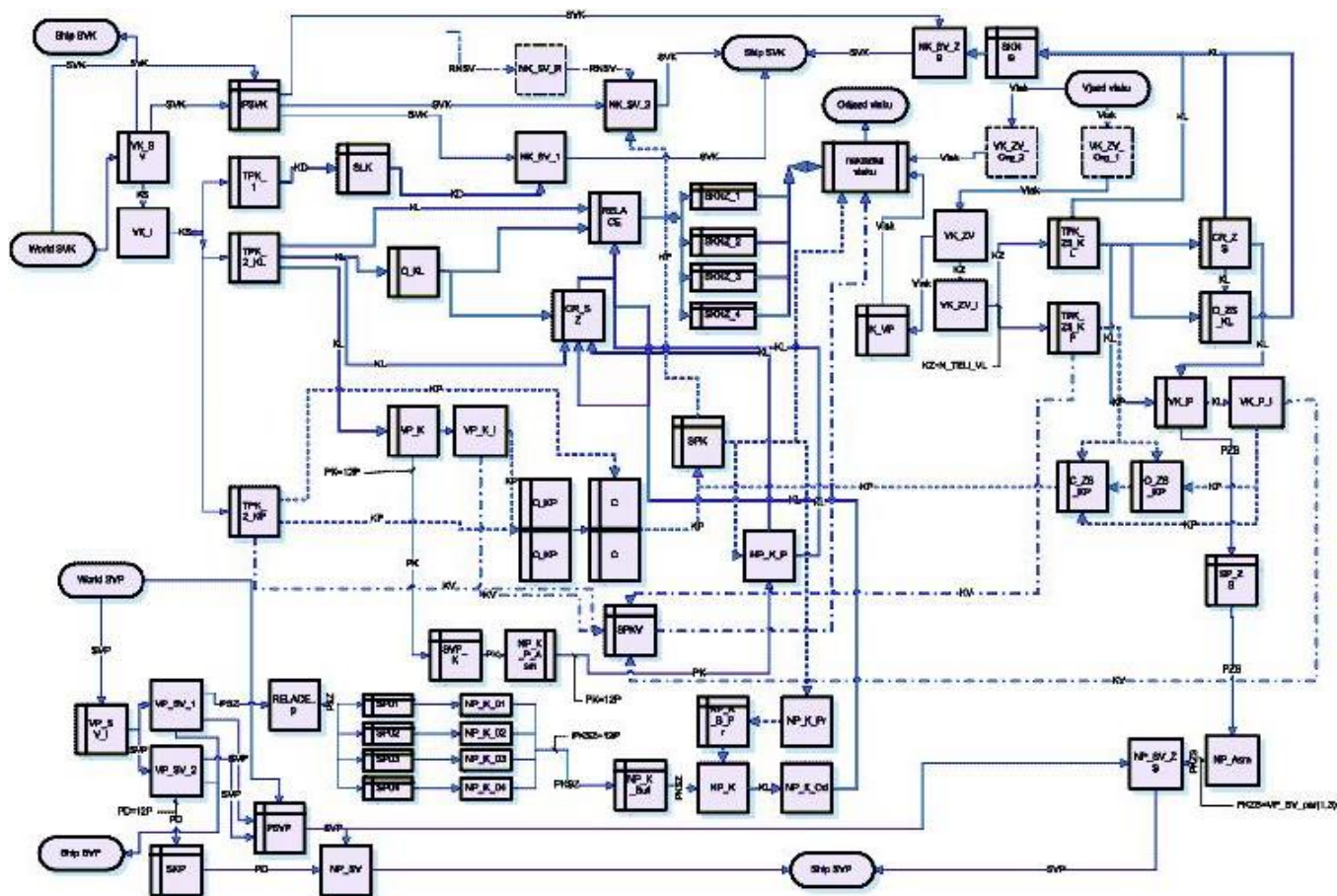
Řešitel projektu

Vysoká škola báňská
technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní, Institut dopravy

Partneři projektu

Sdružení pro rozvoj
Moravskoslezského kraje
Statutární město Ostrava
Krajský úřad - Moravskoslezský kraj

Strukturní schéma modelu VLC.





Řešitel projektu

Vysoká škola báňská
technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní, Institut dopravy

Partneři projektu

Sdružení pro rozvoj
Moravskoslezského kraje
Statutární město Ostrava
Krajský úřad - Moravskoslezský kraj



Implementace vybraných komponentů modelu.

Vstup

World SVK

Vstup silničních vozidel s kontejnery: Vstup je aktivní, tzn., že generuje požadavek na vstup SVK v definovaných intervalech (5 minut). Pokud systém není schopen přijímat kontejnery tímto vstupem, jsou SVK odmítnuty. Tento proces řídí i udržování minimální hladiny počtu SVK v zásobníku SVK. Proces pracuje ve 12-ti hodinové směně.

Detail Part - SVK

General | Attributes | Route | Actions | Costing | Reporting | Notes

Name: SVK

Arrivals

Type: Active

Maximum Arrivals: Unlimited

First Arrival At: 0.0

Shift: Denní_12h

Input to Model

Inter Arrival Time: 5.0

Lot Size: 1

To...

If

Actions on Create... X

Exit From Model

Actions on Leave... X

OK Storno Nápověda



Řešitel projektu

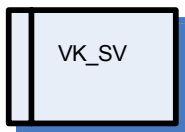
Vysoká škola báňská
technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní, Institut dopravy

Partneři projektu

Sdružení pro rozvoj
Moravskoslezského kraje
Statutární město Ostrava
Krajský úřad - Moravskoslezský kraj



Proces



Vykládka kontejnerů ze silničních vozidel: Na SVK vstupuje jeden kontejner (1 TEU). V procesu vzniká součást KS (obecný kontejner ze silnice). SVK je odesíláno do PSVK. Na vstupu do procesu je vyrovnávací zásobník modelující parkoviště pro přijíždějící SVK. Proces pracuje ve 12-ti hodinové směně s povoleným přesčasem.

Detail Machine - VK_SV

General | Setup | Breakdowns | Shift | Actions | Costing | Reporting | Notes *

Name: VK_SV Quantity: 1 Priority: Lowest Type: Production

☐ Inherit Attribute Values ☐ Produce From First Part

Input
Quantity: 1

From...
Buffer
Actions on Input... ✓

Duration
Cycle Time: K_man (1) / 60

Labor Rule... ✓
Actions on Start... ✓
Actions on Finish... ✕

Output
Production Quantity: 1
Part Type: KS

To...
If
Actions on Output... ✓
Output From: Front

OK Storno nápověda



Řešitel projektu

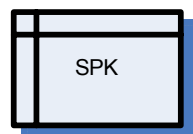
Vysoká škola báňská
technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní, Institut dopravy

Partneři projektu

Sdružení pro rozvoj
Moravskoslezského kraje
Statutární město Ostrava
Krajský úřad - Moravskoslezský kraj



Sklad



Skladovací plochy KP: Zásobníky typu FIFO s neomezenou kapacitou (>1000).

Detail Buffer - SPK

General | Actions | Costing | Reporting | Notes *

Name: SPK Quantity: 1 Capacity: 1000

Input Option: Rear Delays Option: None Output Option: First

Search from:
☐ Rear
☒ Front

Actions on Input... X Actions on Output... X

OK Storno nápověda



Řešitel projektu

Vysoká škola báňská
technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní, Institut dopravy

Partneři projektu

Sdružení pro rozvoj
Moravskoslezského kraje
Statutární město Ostrava
Krajský úřad - Moravskoslezský kraj



Výstup

odjezd vlaku

Výstup Vlak z modelu: Výstup již nerozlišuje relace.

Pozn. Výstup je definován ve výstupním pravidle posledního procesu, např. pro vlaky 1. relace je to proces nakládky vlaku NK_SZ_NV_1.



Řešitel projektu

Vysoká škola báňská
technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní, Institut dopravy

Partneři projektu

Sdružení pro rozvoj
Moravskoslezského kraje
Statutární město Ostrava
Krajský úřad - Moravskoslezský kraj



Vstupní proměnné modelu.

Vstupní proměnné jsou načítány na začátku simulace z externího souboru XLS.

Mezi tyto proměnné především patří:

1. Parametry skladovacích ploch kontejnerů a palet.
2. Doby manipulace jednotlivých manipulačních prostředků.
3. Rychlosti jednotlivých manipulačních prostředků.
4. Ostatní parametry jako např. maximální kapacity skladovacích ploch pro kontejnery a palety.



Řešitel projektu

Vysoká škola báňská
technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní, Institut dopravy

Partneři projektu

Sdružení pro rozvoj
Moravskoslezského kraje
Statutární město Ostrava
Krajský úřad - Moravskoslezský kraj

Ukázka vstupních proměnných modelu.

Proměnná	Hodnota	Jednotka	Popis
Parametry skladovací plochy kontejnerů			
L_{K_Park}	100	[m]	Vzdálenost místa pro parkování manipulačního prostředku pro manipulaci s kontejnery na ploše od skladovací plochy
L_{K_poz}	300	[m]	Délka skladovací plochy pro kontejnery
L_{SK}	200	[m]	Délka řady kontejnerů na skladovací ploše
L_{K_NZV}	50	[m]	Vzdálenost místa nakládky / vykládky žel. vozů od skladovací plochy kontejnerů
L_{K_NP1}	200	[m]	Vzdálenost místa nakládky / vykládky palet do kontejneru pro sklad 1
L_{K_NP3}	200	[m]	Vzdálenost místa nakládky / vykládky palet do kontejneru pro sklad 3
$\check{s}_{sk}$	50	[m]	Šířka plochy
Doby manipulace man. prostředku pro manipulaci s kontejnery na ploše			
K_{VA}	36	[s]	Vyložení kontejneru ze SV
K_{UP}	37	[s]	Uchopení kontejneru na pozici
K_{UL}	49	[s]	Uložení kontejneru na pozici
K_{UNA}	111	[s]	Naložení kontejneru na SV včetně uchopení na pozici a nájezdu auta



**PROJEKT VEŘEJNÉ
LOGISTICKÉ CENTRUM**

Řešitel projektu

Vysoká škola báňská
technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní, Institut dopravy

Partneři projektu

Sdružení pro rozvoj
Moravskoslezského kraje
Statutární město Ostrava
Krajský úřad - Moravskoslezský kraj



Stanovení operačních časů komponentů typu „Machine“.

Operační časy procesů jsou při každém vstupu součástí do obsluhy daným procesem buď počítány podle příslušného vzorce nebo se hodnota operačního času řídí stanoveným rozdělením pravděpodobnosti.

Příklad výpočtu operačního času procesu NK_SZ_NV_1.

Nejdříve probíhá výpočet pomocné proměnné:

```
K_man (5) = 0
FOR ii = 1 TO N_TEU_VI
  K_man (5) = K_man (5) + 2 * (0 + L_K_Fc (L (2))) / K_V (3) +
  + K_ (2) + K_ (3)
NEXT,
kde L_K_Fc(L_(2)) = UNIFORM(0,L_(2)).
```

Potom operační čas daného procesu se stanoví jako:

$K_man (5) / 60.$



Řešitel projektu

Vysoká škola báňská
technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní, Institut dopravy

Partneři projektu

Sdružení pro rozvoj
Moravskoslezského kraje
Statutární město Ostrava
Krajský úřad - Moravskoslezský kraj



Operační časy procesů řídících se stanoveným rozdělením pravděpodobnosti.

- Zjišťováno měřením v terénu a následnou analýzou pořízeného videozáznamu.
- Např. operační čas procesu C je stanovován při každém vstupu součásti do procesu C jako:

TNORMAL (20,10,15,100).

**Řešitel projektu**

Vysoká škola báňská
technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní, Institut dopravy

Partneři projektu

Sdružení pro rozvoj
Moravskoslezského kraje
Statutární město Ostrava
Krajský úřad - Moravskoslezský kraj



4. Výstupy simulačního modelu.

Za hlavní výstupy ze simulačního experimentu byly vybrány ty, které jsou potřebné pro kapacitní výpočty, především napojení na silniční a železniční síť a stanovení emisí z dopravy.

Výstupy tedy jsou:

- Sledování denního toku silničních vozidel přepravujících kontejnery.
- Sledování denního toku silničních vozidel přepravujících palety.
- Sledování naplnění skladovací plochy pro kontejnery.
- Sledování naplnění skladovací plochy pro palety.
- Procentuální využití procesů a obsluhy procesů.
- Průměrné doby pobytů kontejnerů a palet.

Simulační výstupy jsou buď v grafické podobě (ve formě grafů) nebo v tabelární podobě.



Řešitel projektu

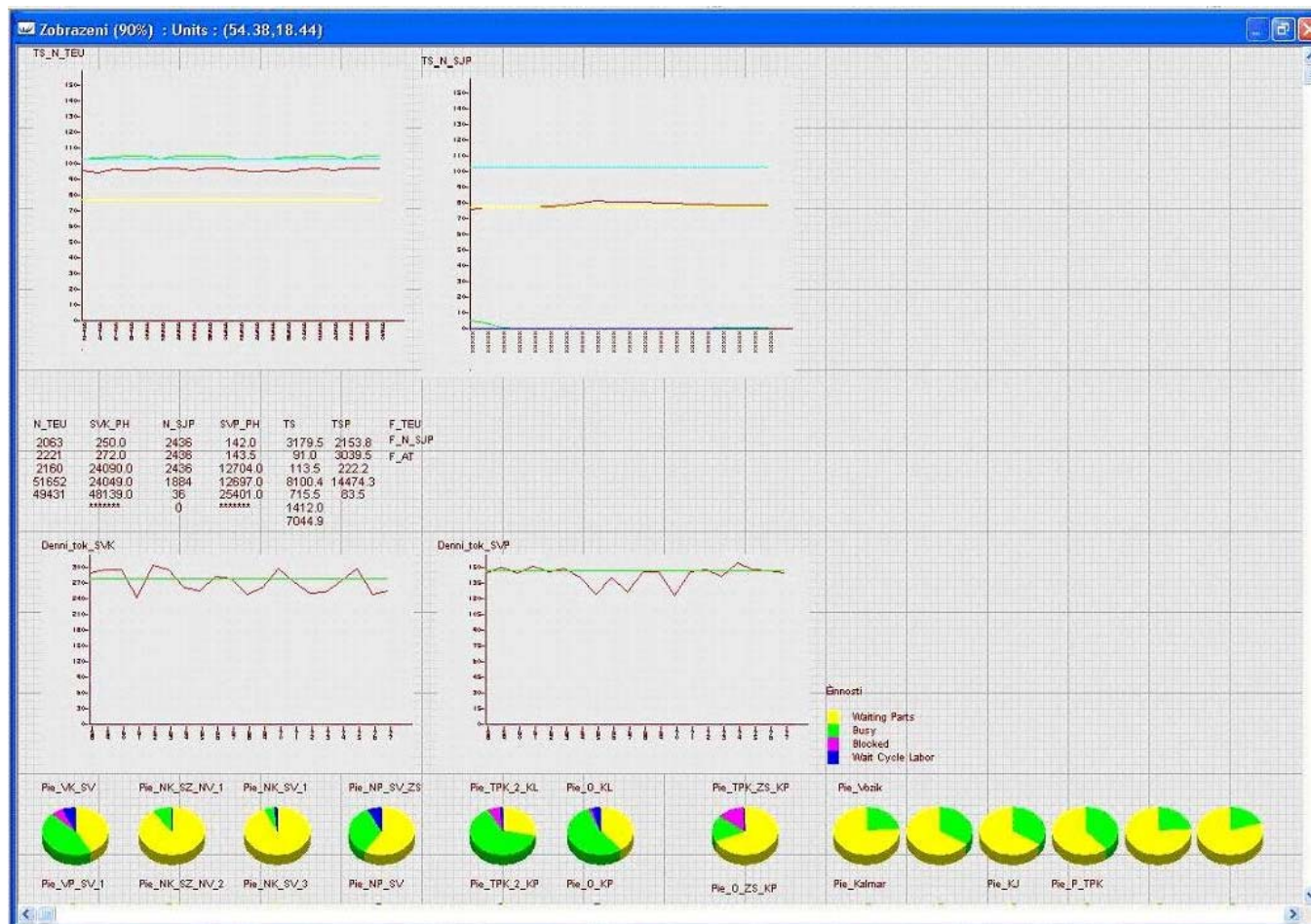
Vysoká škola báňská
technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní, Institut dopravy

Partneři projektu

Sdružení pro rozvoj
Moravskoslezského kraje
Statutární město Ostrava
Krajský úřad - Moravskoslezský kraj



Ukázka grafických výstupů v prostředí Witness.





Řešitel projektu

Vysoká škola báňská
technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní, Institut dopravy

Partneři projektu

Sdružení pro rozvoj
Moravskoslezského kraje
Statutární město Ostrava
Krajský úřad - Moravskoslezský kraj



Dalšími výstupy simulace jsou průměrné doby pobytu kontejnerů a palet.

Výpočet průměrného pobytu kontejneru:

$$\overline{T_{SK}} = \frac{T_{KL} \cdot n_{KL} + T_{KP} \cdot n_{KP} + T_{KS} + T_{KV} \cdot n_{KV} + T_{KVL} \cdot n_{KVL}}{60 \cdot (n_{KL} + n_{KP} + n_{KS} + n_{KV} + n_{KVL})} \cdot \frac{1}{60} \text{ [h]},$$

$$\text{kde } T_{KS} = T_{KS-1} \cdot n_{KS-1} + T_{KS-2} \cdot n_{KS-2}.$$

Realizace výpočtu ve Witnessu:

$$\begin{aligned} TS(1) = & [\text{MeanVariable(AT_KL)} \cdot \text{NQTY(AT_KL)} + \\ & \text{MeanVariable(AT_KP)} \cdot \text{NQTY(AT_KL)} + \\ & + \text{MeanVariable(AT_TPK_2_KL)} \cdot \text{NQTY(AT_TPK_2_KL)} + \\ & + \text{MeanVariable(AT_TPK_2_KP)} \cdot \text{NQTY(AT_TPK_2_KP)}] / \\ & [\text{NQTY(AT_TPK_2_KL)} + \text{NQTY(AT_TPK_2_KP)} + \\ & + \text{MeanVariable(AT_KV)} \cdot \text{NQTY(AT_KV)} + \\ & + \text{MeanVariable(AT_KVL)} \cdot \text{NQTY(AT_KVL)}] / [\text{NQTY(AT_KL)} + \\ & + \text{NQTY(AT_KP)} + \text{NQTY(AT_KV)} + \text{NQTY(AT_KVL)} + \\ & \text{NQTY(AT_PK_TPK_2_KL)} + \text{NQTY(AT_TPK_KP)}] / 60. \end{aligned}$$



Vysoká škola báňská
technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní, Institut dopravy

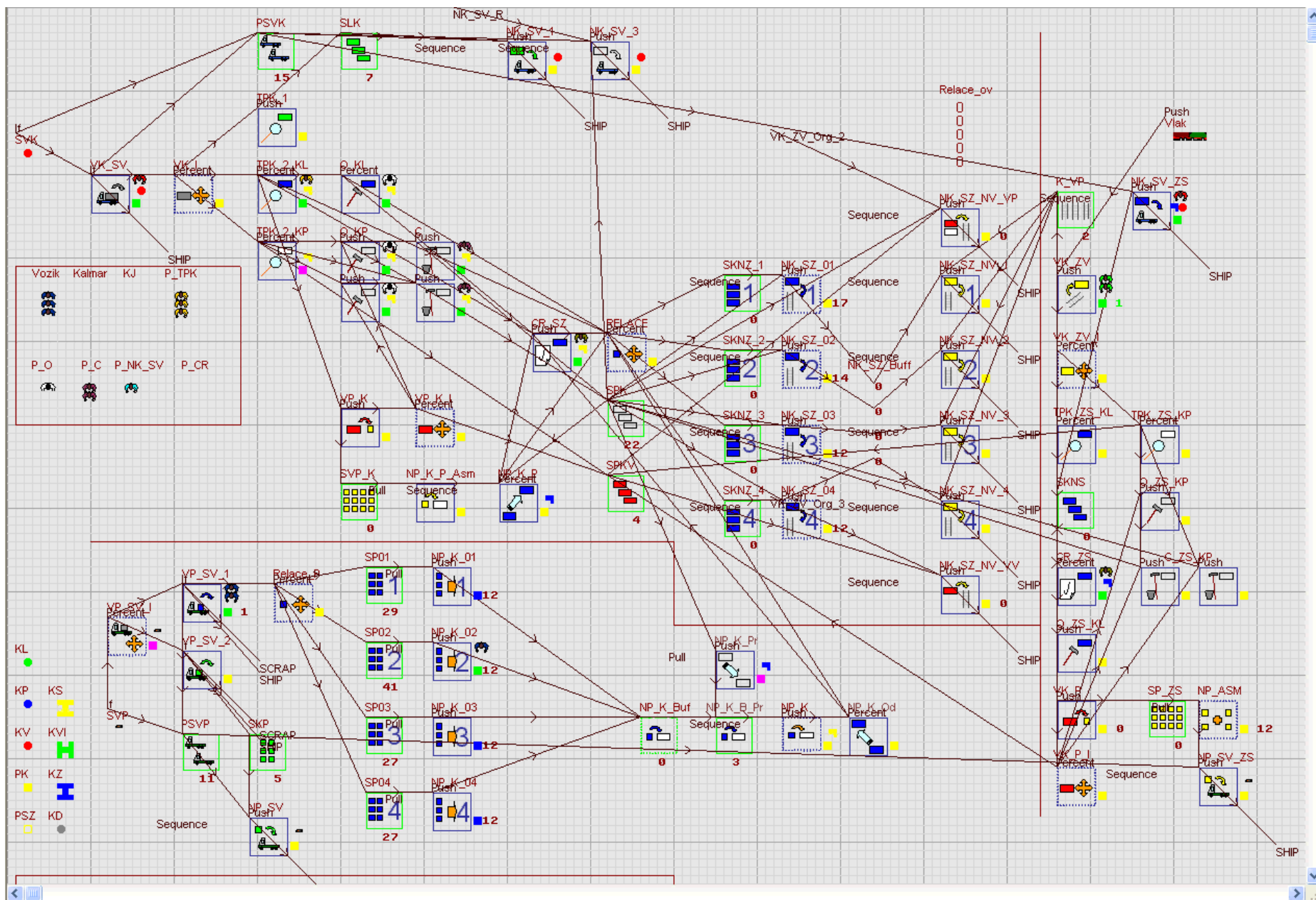
Sdružení pro rozvoj
Moravskoslezského kraje
Statutární město Ostrava
Krajský úřad - Moravskoslezský kraj

Číselné hodnoty výstupních parametrů jsou v průběhu simulace zapisovány do externího souboru XLS. Tyto hodnoty jsou náhodné proměnné a může s nimi tedy být dále nakládáno jako s náhodnými proměnnými.

Do souboru se zapisují následující parametry:

- Simulační čas.
- Denní toky silničních vozidel.
- Výkony VLC v jednotkách [TEU] a [SJP] (skladovací jednotka - paleta).
- Průměrné doby pobytů kontejnerů a palet v jednotlivých částech modelu.

[illegible]





Řešitel projektu

Vysoká škola báňská
technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní, Institut dopravy

Partneři projektu

Sdružení pro rozvoj
Moravskoslezského kraje
Statutární město Ostrava
Krajský úřad - Moravskoslezský kraj



5. Simulace jednotlivých lokalit.

- V rámci projektu byly simulovány 4 lokality - Mošnov, Bohumín - Vrbice, Stonava a Horní Suchá.
- Jednotlivé simulované lokality se liší ve vstupních parametrech (např. rozměry skladovacích ploch), tyto parametry jsou načítány z externího souboru XLS.
- Pro každou lokalitu byly provedeny 3 variantní simulace lišící se v konfiguraci modelu.
- Sledované výstupy ze simulací jsou:
 1. Denní toky silničních vozidel.
 2. Denní počty vlaků.
 3. Denní výkony VLC v jednotkách [TEU].

Všechny simulace byly provedeny na dobu práce VLC **10** let.



Řešitel projektu

Vysoká škola báňská
technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní, Institut dopravy

Partneři projektu

Sdružení pro rozvoj
Moravskoslezského kraje
Statutární město Ostrava
Krajský úřad - Moravskoslezský kraj



Varianta I

- Vychází z konfigurace obecného modelu, provedené změny jsou následující:
- Zvýšení počtu portálových jeřábů na dva.
- Nakládka soupravy žel. vozů má vyšší prioritu než vykládka soupravy žel. vozů.
- Interval mezi vstupy silničních vozidel přepravujících kontejnery činí 3 minuty.
- Interval mezi vstupy silničních vozidel přepravujících palety činí 6 minut.



Řešitel projektu

Vysoká škola báňská
technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní, Institut dopravy

Partneři projektu

Sdružení pro rozvoj
Moravskoslezského kraje
Statutární město Ostrava
Krajský úřad - Moravskoslezský kraj



Varianta II

- Vychází z konfigurace varianty I, provedené změny (za účelem maximalizace denního toku silničních vozidel) jsou následující:
 - Počet jednotek TEU naložených na 1 vlak činí 50 TEU (oproti původní hodnotě 40 TEU).
 - Zvýšení počtu ramenových nakladačů na 3.
 - Počet O_KL je zvýšen na 2.
 - Počet O_KP je zvýšen na 3.
 - Počet C je zvýšen na 3.
 - Počet O_ZS_KP je zvýšen na 2.

Změny v počtech komponentů vyplývají z provedeného optimalizačního experimentu v modulu Optimizer.



Řešitel projektu

Vysoká škola báňská
technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní, Institut dopravy

Partneři projektu

Sdružení pro rozvoj
Moravskoslezského kraje
Statutární město Ostrava
Krajský úřad - Moravskoslezský kraj

Varianta III

- Vychází z konfigurace varianty I, provedené změny (za účelem minimalizace pobytu ložených kontejnerů) jsou následující:
 - Počet C_ZS_KP je zvýšen na 3.
 - Počet NK_SV_ZS je zvýšen na 2.

Změny v počtech komponentů vyplývají z provedeného optimalizačního experimentu v modulu Optimizer.





Řešitel projektu

Vysoká škola báňská
technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní, Institut dopravy

Partneři projektu

Sdružení pro rozvoj
Moravskoslezského kraje
Statutární město Ostrava
Krajský úřad - Moravskoslezský kraj

6. Zhodnocení dosažených výsledků.

Srovnání dosažených výsledků.

Lokalita	Varianta	Průměrný denní tok siln. vozidel		Průměrný denní výkon v [TEU]		Přepočítaný roční výkon v [TEU]	
			Přírůstek [%]		Přírůstek [%]		Přírůstek [%]
Mošnov	I	501,4		279,0		101 840,8	
	II	606,8	21,00	360,4	29,17	131 545,6	29,17
	III	501,5	0,02	279,0	0,00	101 844,5	0,00
Bohumín - Vrbice	I	508,8		278,8		101 764,9	
	II	611,8	20,24	348,5	24,98	127 189,7	24,98
	III	510,2	0,27	278,8	0,00	101 764,6	0,00
Horní suchá	I	507,0		278,8		101 769,7	
	II	610,3	20,38	349,9	25,51	127 728,1	25,51
	III	507,0	-0,01	278,8	0,00	101 769,7	0,00
Stonava	I	501,5		278,8		101 763,5	
	II	597,4	19,11	349,5	25,36	127 569,0	25,36
	III	501,7	0,04	278,8	0,00	101 763,8	0,00



Řešitel projektu

Vysoká škola báňská
technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní, Institut dopravy

Partneři projektu

Sdružení pro rozvoj
Moravskoslezského kraje
Statutární město Ostrava
Krajský úřad - Moravskoslezský kraj



Počty vlaků za den.

	Lokalita											
	Mošnov			Bohumín			Stonava			Suchá		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Průměrný počet párů vlaků	4,26	4,31	4,26	4,25	4,27	4,25	4,25	4,31	4,25	4,24	4,27	4,25
Typ soupravy												
4.6.1	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
4.6.2	0,26	0,31	0,26	0,25	0,27	0,25	0,25	0,31	0,25	0,24	0,27	0,25
4.6.3	0,26	0,31	0,26	0,25	0,27	0,25	0,25	0,31	0,25	0,24	0,27	0,25

Typ soupravy:

- 4.6.1 „Vlaky podle relací“ - 70% ložených kontejnerů, 30% prázdných kontejnerů.
- 4.6.2 „Vyrovnávka“ - 100% prázdných kontejnerů.
- 4.6.3 „Prázdné vozy“.



Řešitel projektu

Vysoká škola báňská
technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní, Institut dopravy

Partneři projektu

Sdružení pro rozvoj
Moravskoslezského kraje
Statutární město Ostrava
Krajský úřad - Moravskoslezský kraj



Z dosažených výsledků lze vysledovat:

- Varianty I a III jsou z hlediska sledovaných parametrů prakticky totožné.
- Nejvyšší hodnoty průměrného denního toku vychází pro lokalitu Bohumín - Vrbice, hodnoty se ale pro jednotlivé lokality příliš neliší.
- Průměrný denní tok silničních vozidel v druhé variantě je přibližně o 100 vozidel vyšší oproti zbylým variantám.
- Z hlediska ročního výkonu VLC v [TEU] vede lokalita Mošnov (varianta II), rozdíly mezi výkony odpovídajících si variant jednotlivých lokalit jsou ale minimální.
- Varianty I a III reprezentují stav VLC po vybudování s minimem manipulačních zařízení.
- Varianta II simuluje maximální výkonnost VLC v dané lokalitě.



Děkuji za pozornost

Článek byl zpracován z výstupů projektu v rámci
Operačního programu Infrastruktura
s názvem „Postavení a možnosti rozvoje logistické
infrastruktury v Moravskoslezském kraji s důrazem na
vybudování veřejného logistického centra“.

