

Úvod

Cílem naší studie je zvýšení efektivity celkového výrobního procesu linky dodavatele květin do zahradnictví. Budeme zkoumat vytíženosti linek v normálním provozu. Dále budeme zkoumat provoz při zvýšeném počtu objednávek - zda, jak moc a jakým způsobem je toto podnikání škálovatelné. A nakoniec zistíme, ako sa systém správa v neúrodnom období a ako prípadne zredukovať vzniknuté straty. Modelovat budeme pomocí simulační knihovny SIMLIB v jazyce c++.

Popis výroby

- Plantáž:

Zahradnictví funguje na principu objednávek, které může přijímat od maloobchodních zákazníků, velkoobchodů se zahradnickými potřebami, firem, podniků, zahradních architektů... Tyto objednávky jsou evidovány právě v jeho sídle, které na svém pozemku pěstuje několik druhů rostlin a nabízí také osobní odběr. Pozemek je rozdělen na část pro fyzické zákazníky spojenou s prodejnou a část rozdělenou do záhonů pro firemní zakázky, na kterou se zaměřujeme v této simulaci.

Objednávky pro firmy jsou vždy přijímány po počtech záhonů daného druhu rostliny. Každá objednávka je pro lepší management zaměstnanců rozdělena po samostatných záhonech, kde je vždy jednomu záhonu přidělen jeden pracovník – sběrač. Sběrač, kterému je přidělen záhon, ukládá posbírané rostliny vždy na místo nalození, odkud mohou být přenechány řidiči kamionu.

- Přeprava na linku:

Za přepravu do balicího centra je zodpovědný řidič kamionu, který pokud má od sběračů rostliny, opatrně je nakládá do návěsu. Pokud je návěs naplněný vodič odjízdí do balicího centra, kde vykládá návěs. Následně se vrací na plantáž a dále nakládá mezitím sklizené rostliny. Jakmile vyloží první rostlinu v balicím centru, pracovníci si ji vezmou na obslužný pás.

- Linka:

Balící centrum funguje vázaná linka složená ze stanovišť a ta těchto stanovišť jsou zaměstnanci.

Linka zaměstnává jednorázové brigádníky dodávané agenturou práce např. agentura Sodat. Kvůli této kvalitě zaměstnanců musí být kroky výroby jednoduché a repetativní, aby se pracovník rychle zaučil nebo ideálne aby pracovník šel rovnou do výroby a pochopil svou náplň práce i bez zaučení.

- blistry

Pracovník dostane rostlinu a jeho úkolem je ji zabalit do blistru (plastový

květináč)

- balení do krabic

Pracovník dostane rostlinu v blistru a musí jej zabalit do kartónové krabice a zlepít páskovačkou.

- Přeprava do zahradnictví:

Pečlivě zabalené rostliny jsou naloženy do Export aut, které jedou objednané rostliny zavést přímo do zahradnictví, popřípadě objednávku zavezou nějaké balíkové službě jako pomoc třetí strany.

Koncepce

Generátor taktu - Pracovník na stanovišti 1 předává rostliny pro další zpracování Stanovišti 2 na určité periodě. Myšlenka je zabránění zahlcení / lenivosti pracovníků na dalších stanovištích

Generator Export Aut - Auta sem přijíždí po určitém času. Pokud žádné auto není žádné před ním, tak začne nakládat rostliny, až je plně naložen, tak odjede, a pustí další auto

Generator Objednavek - V intervalech přicházejí na plantáž objednávky objednávky rozdělené po záhonech, které inicializují sbírání rostlin pomocí sběračů. Sběrači sbírají po záhonech, které jsou tvořeny určitým počtem rostlin.

Chyby techniky - Zanedbáváme chyby techniky, jelikož je celá výroba převážně lidská.

Chyby zaměstnanců - Chyby jsou vyřešené jednoduše, každý zaměstnanec má při zpracování šanci na to že rostlina je nekvalitní, a musí ji vyhodit. Dále má šanci, že se mu zpracování na stanovišti nepovede a bude muset opakovat zpracování.

Zanedbáváme případ, kdy je zaměstnanec neschopný a je ho potřeba předat na jiné stanoviště nebo ho vyměnit.

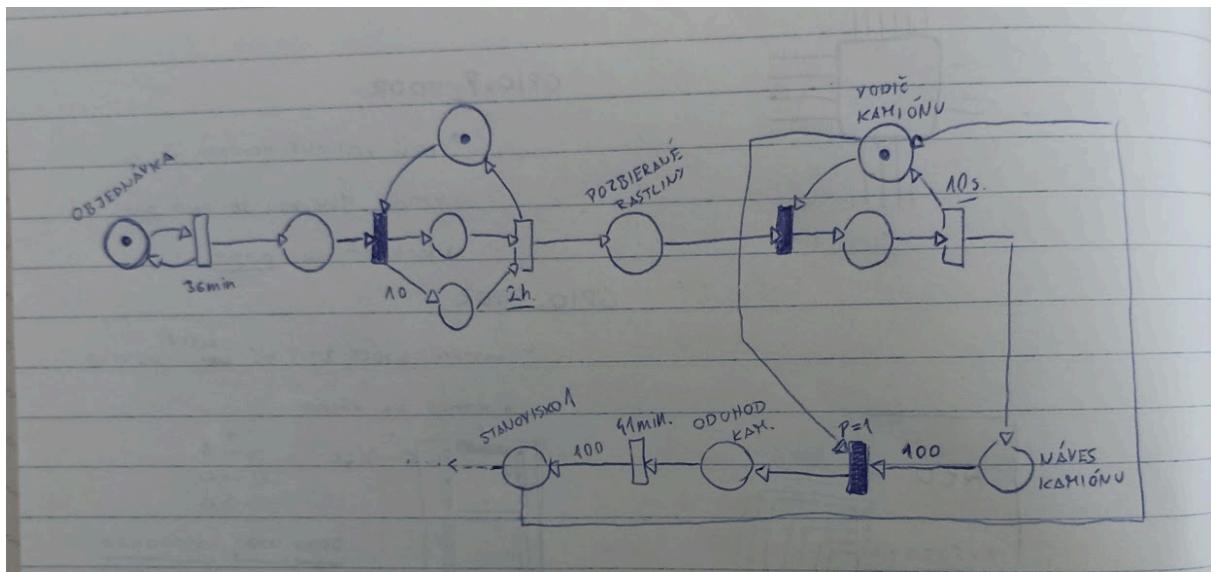
Petriho síť modelu

Všechny časy v sítích jsou myšleny jako Exponenciální hodnota tohto času.

Handler je myšlen jako právě jedna Globální facilita (pro přehlednost je zakreslen jako více míst). Koš je myšlen jako právě jedno globální místo (také pro přehlednost zakreslen jako více míst. Sítě na sebe navazují.

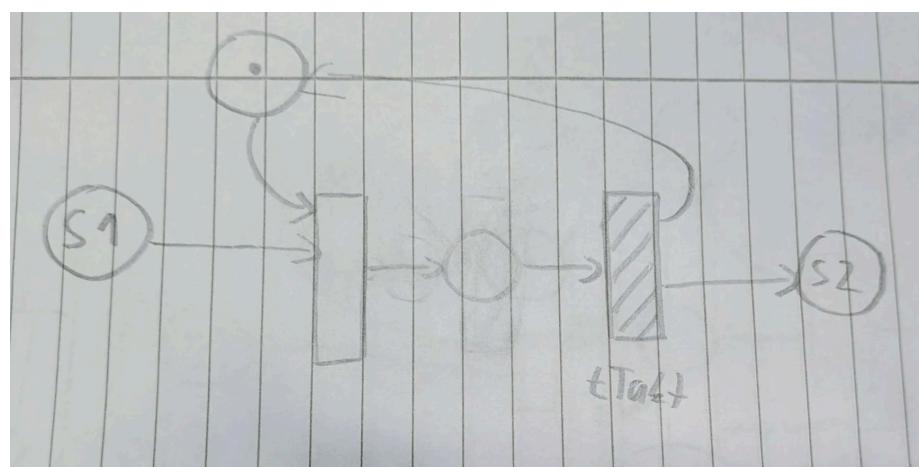
- Plantáž:

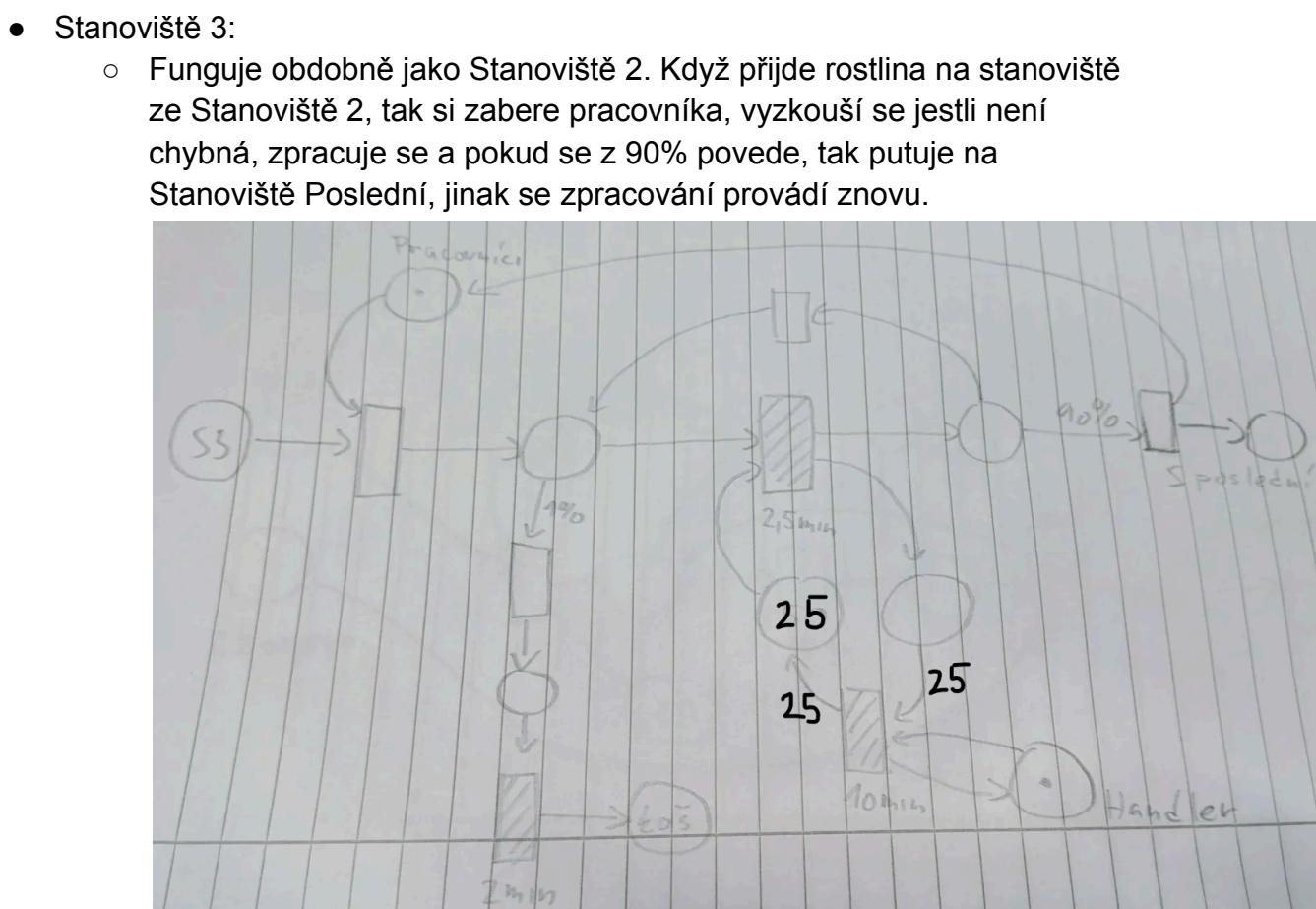
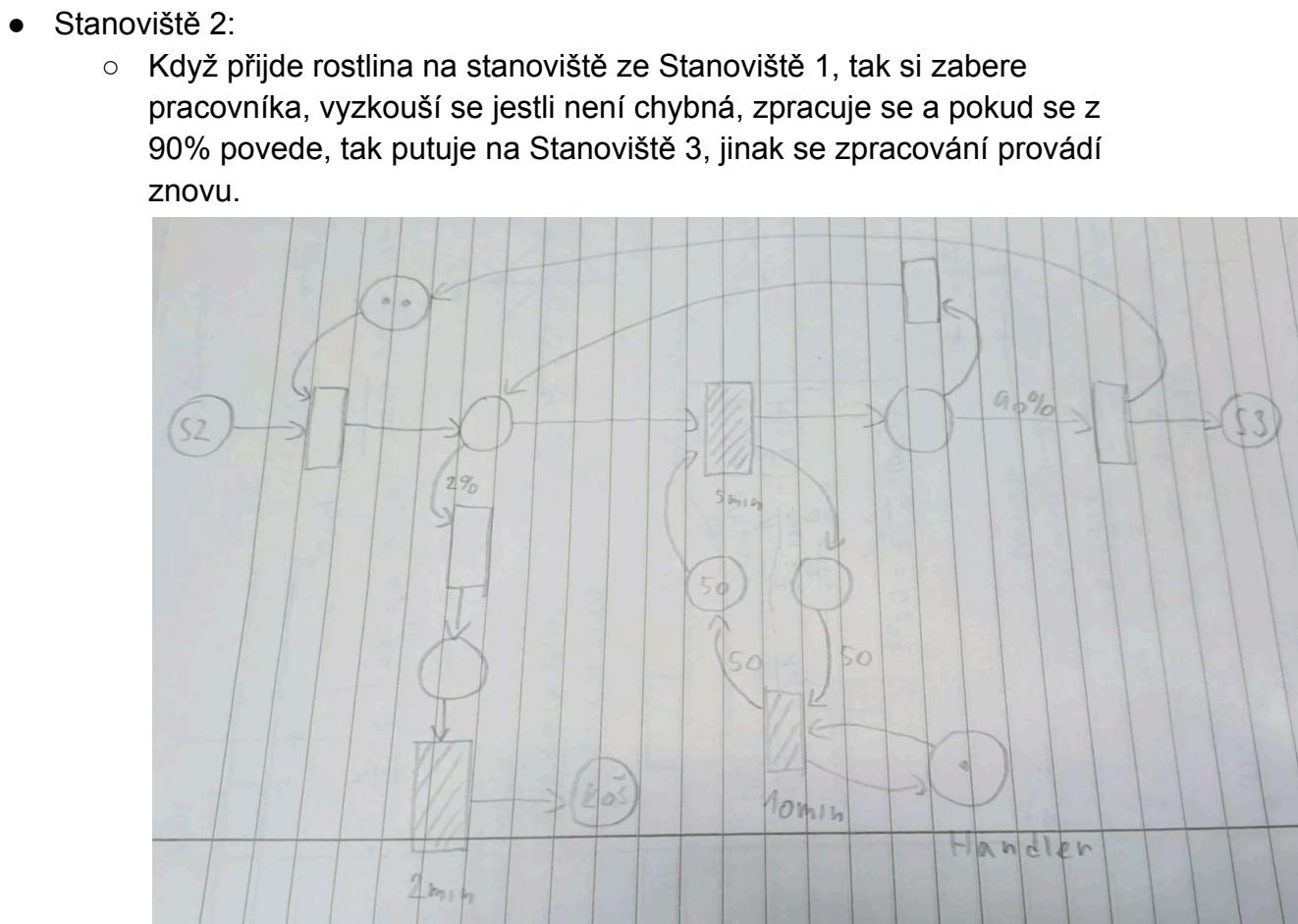
- generátor objednávok generuje objednávky, ktoré sú následne pozbierané jedným zberačom. Pozbierané rastliny sú v prípade, že vodič kamiónu je na plantáži, naložené do návesu, po ktorom naplnenie, vodič odvezie kamión na stanovisko 1



- Stanoviště 1 :

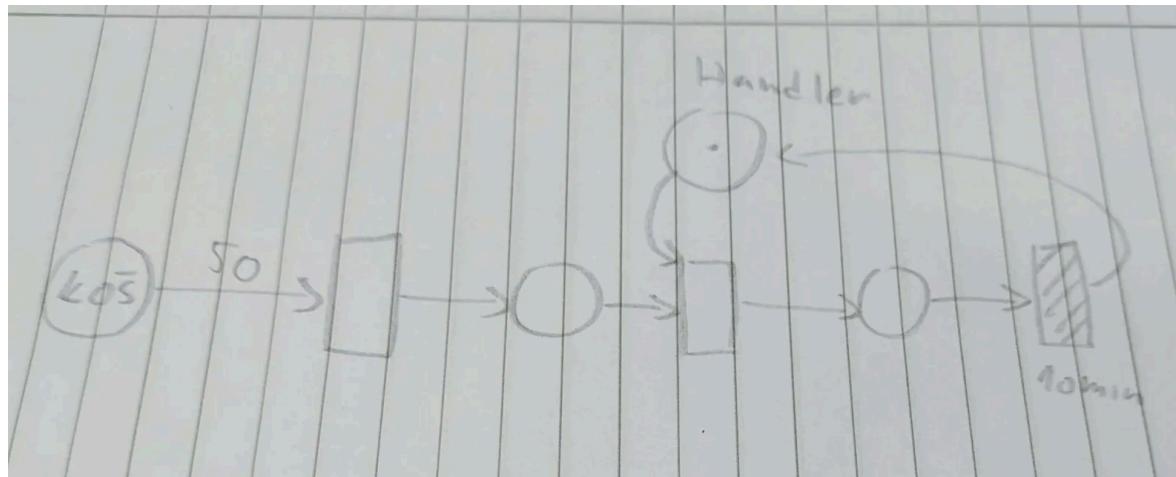
- Periodicky bere rostlinky, které doveze auto pro import.



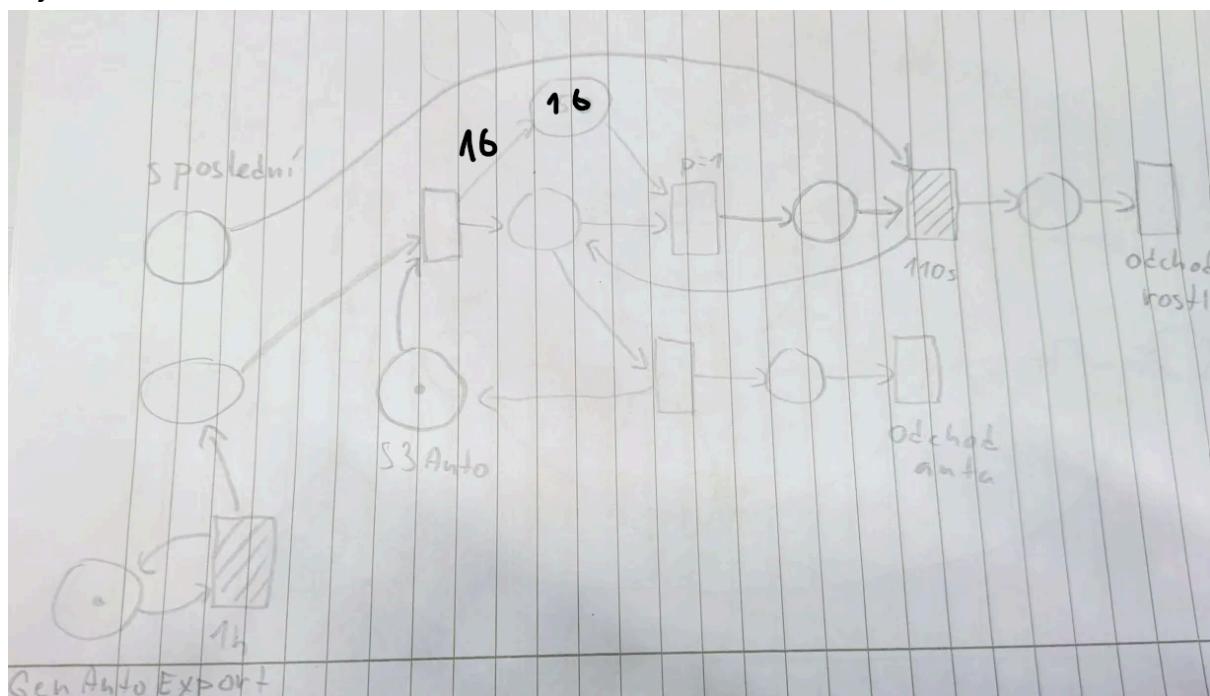


- Koš:

- Koš je globální místo, do kterého se vyhazují špatné rostliny všechny rostliny (Ve všech sítích je místo Koš myšleno jako právě jedno globální místo)



- Stanoviště Poslední:
 - Periodicky po hodině přijede auto a pokusí se zabrat Facilitu S3Auto. Pokud se mu to podaří, tak naloží 16 rostlin. Až rostliny naloží, tak odjede a uvolní S3Auto.



Technická Implementace

Předávání transakcí na lince funguje vytvořením procesu, který zabere kapacitu ve skladu (zaměstnance), pokud není volný, tak čeká ve frontě. Po dokončení jejího zpracování vytvoří další proces, který funguje obdobně. Tímto způsobem se předávají, až přijdou na poslední stanoviště, kde čekají, až si pro ně dojede auto, které je periodicky generované a až se naloží (ze Skladu na posledním stanovišti), tak odjede a opustí systém.

Nezávisle procesy jako třeba pracovník na stanovišti 1 co má na starost takt nebo Export auto fungují stylem, že se uchovává na ně reference a pokud nemají z čeho brát transakce (např. dojdou rostliny na nakládání) aby nemuseli aktivně čekat, tak se uspí a předchozí proces při předání transakce ho probudí.

- ProcessStanovisteGeneric: Zpracování položek na libovolném pracovním stanovišti.
 - Základní společná logika zpracování položek a odpadního toku (vyvolání handlera pokud dojde zásoba).
 - Hlavní metody: Zpracovani(Facility& itemsFacility, int& itemsCount, int itemsMax, double tWork), GoToTrash()
- AutoExport: Proces reprezentující příjezd a nakládku auta pro export.
 - Seize prostoru StanovistePosledniAuto, čeká na rostliny, naloží až kapacitaAutaExport a odjede.
- PrichodStanovistePosledni: Příchod položky na poslední stanoviště.
 - Vkládá položku do StanovistePosledni a pokud je auto na místě, probudí ho.
- PrichodS3: Proces příchodu a zpracování na stanovišti 3 (balící stanoviště).
 - Dědí z ProcessStanovisteGeneric. Řídí šanci na chybu a opakování zpracování dokud není úspěch (podle UspechZpracovaniS3).
- PrichodS2: Proces příchodu a zpracování na stanovišti 2 (blistry).
 - Dědí z ProcessStanovisteGeneric. Řeší šanci na chybu a opakování zpracování.
- GeneratorTaktuS1: Generátor taktů pro Stanoviste1.
 - Periodicky generuje nový takt (vytvoří PrichodS2) a spravuje frontu Stanoviste1.
- VylozRostlinyNaStanoviste1: Proces, který vyloží rostliny z nákladu na Stanoviste1.
 - Při prvním vyložení vytvoří (a aktivuje) GeneratorTaktuS1 nebo probudí existující instanci.
- GenAutoExport: Event, který generuje příchod aut pro export periodicky.
 - Vytvoří AutoExport instanci a aktivuje ji. Znovu se aktivuje po tPrijeduAutaExport.
- ZbieranieRastlin:
 - Popis: činnost sběrače, který, (je-li co sbírat) určitou dobu sbírá rostliny a dává je na místo odkud jejich řidič může nakládat
- NalozRastlinu:
 - řidič nakládá sběračem posbírané rostliny do návěsu kamionu, po jeho naplnění odchází na stanoviště 1
- OdchodKamionu:
 - řidič odjíždí na určitou dobu na stanovisko 1
- VylozRastlinu
 - řidič kamionu vykládá rostliny z návěsu a poté se vrací na plantáž, po každém vyložení se spouští generátor taktu S1

Fakta

proces zpracování: <https://www.zahradnictvi-flos.cz/baleni-a-preprava-rostlin.html>

1. Plantáž:

a. objednávka:

Frekvence objednávek je v případě, že zahrneme objednávky z e-shopu velkoobchodních a malobchodních klientů přibližně **~40 za den**, což znamená objednávka každých **36 minut**. Objednávky pro menší a větší firmy se počtem rostlin podle zjištěných dat pohybujou v rozpětí **30 - 180 kusů rostlin**, což je v průměru ~ 102.5 rostlin = **~0.92 záhonu** (viz. níže). Pro jednoduchost budeme uvažovat se statistikou **1 objednávka / záhon**.

b. zberač:

V ideálním pracovním toku pracovník pro sbírání jedného druhu rostliny musí provést:

- vyber + uchopení + vyjmutí ze záhonu ~15s
- kontrola + jednoduché úpravy ~20s
- presun medzi pozicemi ~40s

Na jedné rostlině tedy strávy přibližně **~75s**.

Běžně používaný řádkový **zahon pro male okrasne rostliny má rozměry 1,2x1,2m** - plocha **1,44m²**, a tedy se do ní vejde **~100 rostlin**. Jednomu sběrači tedy **sbírání jedného záhonu trvá ~2 hodiny**

c. Řidič auta:

Řidič auta přebírá od sběrače rostlinu a nakládá ji do úložného prostoru auta. **~30s**.

2. Preprava na linku:

V úvodnej simulácii počítame s prepravou menších okrasných rastlín, ktoré majú podľa zistených údajov rozmery **~11,6x11,6x60cm**. Transport do baliaceho centra je realizovaný pomocou minivanu s objemom úložného priestoru **0,8m³**. Auto má naištalované police, aby bolo možné rastliny nakladať aj vo **vrstvách**. Do auta sa teda zmestí **100 kusov rastlín**. Plantáž je od baliacej linky vzdialenosť 24,1 km, čo pre auto predstavuje v bežných podmienkach približne 41 minútovú cestu.

3. Linka:

a. Stanoviště 1:

Pracovník na tomto stanovišti predáva rastliny ďalšiemu Stanovišti na určité periodě **~60s/(počet pracovníků na Stanovišti 2)**.

b. Stanoviště 2:

Pracovníci na stanovišti 2 dávají rostliny do blistrů (plastový květináč).

Trvá jim to **~5 min**. Je zde šance **2%**, že dostane nekvalitní rostlinu a vyhodí ji. Jinak si vezme blistr, zabalí rostlinu do něj a předá ji.

Stanoviště 3. Jsou zde **2 pracovníci**. Je zde šance **10%**, že pracovník, při zpracování něco pokazí, a bude to zkoušet znova. Jelikož jsou blistry relativně skladné, tak jich může být na stanovišti až **50** než začnou zabírat nepřiměřeně moc místa a začnou překážet.

c. Stanoviště 3:

Funguje podobně jako Stanoviště 2, akorát mu trvá kratší dobu zabalení rostliny do krabice, protože nemusí být tolik šetrný jelikož rostlina je už v blistru. Pracovníkovi trvá zabalení **~2.5 min**. Šance na chybu je výrazně menší, protože většinu špatných rostlin už vyhodí předchozí stanoviště **1%**. Je zde **1 pracovník**. Je zde šance **10%**, že pracovník, při zpracování něco pokazí, a bude to zkoušet znova.

Kartonové krabice zabírají hodně místa na stole, a může jich tam být až **25** než začnou překážet.

d. Stanoviště Poslední:

Toto stanoviště představuje shromaždiště již zabalených rostlin, čekajících na export auto pro přepravu do zahradnictví.

4. Export rostlin

a. Auto export:

Každou hodinu přijede dodávka, která uveze celkem **16** zabalených rostlin. Naložení 1 rostliny mu trvá **~110 s** a auta mají nařízeno přijíždět po **hodinových intervalech**.

Experimenty:

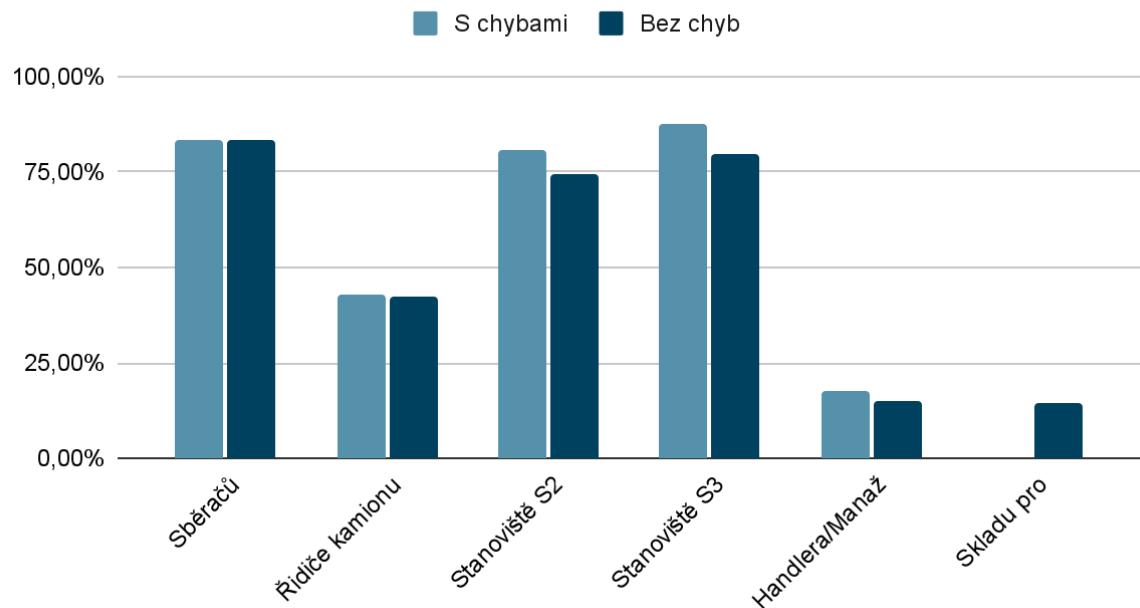
1. Základná simulácia SHO:

Frekvencia prijmania objednavok	objednávka / 36 min.
Počet zberačov	1
Počet pracovníkov S2	2
Počet pracovníkov S3	1
Frekvencia příjezdu auta pre export	1 hodina

Metrika	S chybami	Bez chyb
Vytíženost		
Sběračů	83.25%	83.25%
Řidiče kamionu	42.6977%	42.4014%
Stanoviště S2	80.6815 %	74.322%
Stanoviště S3	87.6284 %	79.6247%
Handlera/Manažera	17.6242%	15.0385%
Skladu pro export	0.0539233%	14.5418%
Celkové hodnoty		
Celkem rostlin sebráno (Total plants picked)	12010	12010
Rostlin dorazilo na S1 (Plants arrived to S1)	11922	11900
Celkem zmetkových rostlin (Total plants defective)	375	0
Celkem použitých položek (Total items used)	25718	23800
Celkem S2 zpracováno (Total S2 processed)	11632	11900
Celkem S3 zpracováno (Total S3 processed)	11515	11900
Celkem rostlin zabalen (Total plants packed)	11515	11900

Celkem rostlin exportováno (Total plants exported)	11504	11520
--	-------	-------

Vytíženost

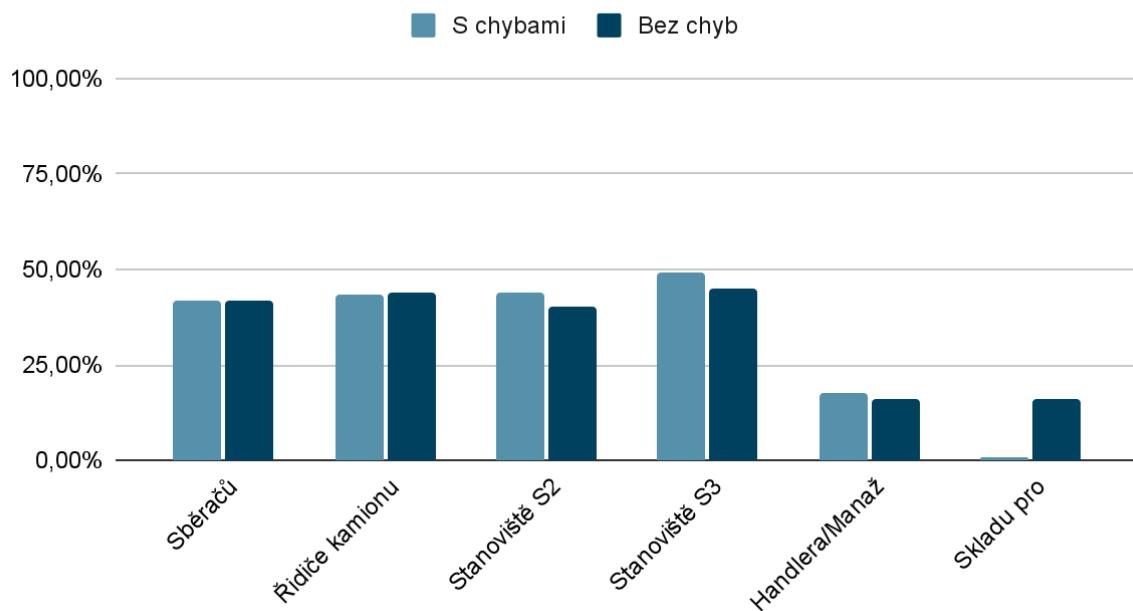


a. zdvojnásobenie počtu pracovníkov:

Metrika	S chybami	Bez chyb
Vytíženost		
Sběračů	41.625%	41.625%
Řidiče kamionu	43.4589%	43.8355%
Stanoviště S2	43.94175%	40.1305%
Stanoviště S3	49.0027%	44.8376%
Handlera/Manažera	17.8134%	16.2752%
Skladu pro export	0.663486%	16.1023%
Celkové hodnoty		
Celkem rostlin sebráno (Total plants picked)	12010	12010
Rostlin dorazilo na S1 (Plants arrived to S1)	11920	11900
Celkem zmetkových rostlin (Total plants defective)	348	0

Celkem použitých položek (Total items used)	25779	23800
Celkem S2 zpracováno (Total S2 processed)	11674	11900
Celkem S3 zpracováno (Total S3 processed)	11562	11900
Celkem rostlin zabalenou (Total plants packed)	11562	11900
Celkem rostlin exportováno (Total plants exported)	11520	11520

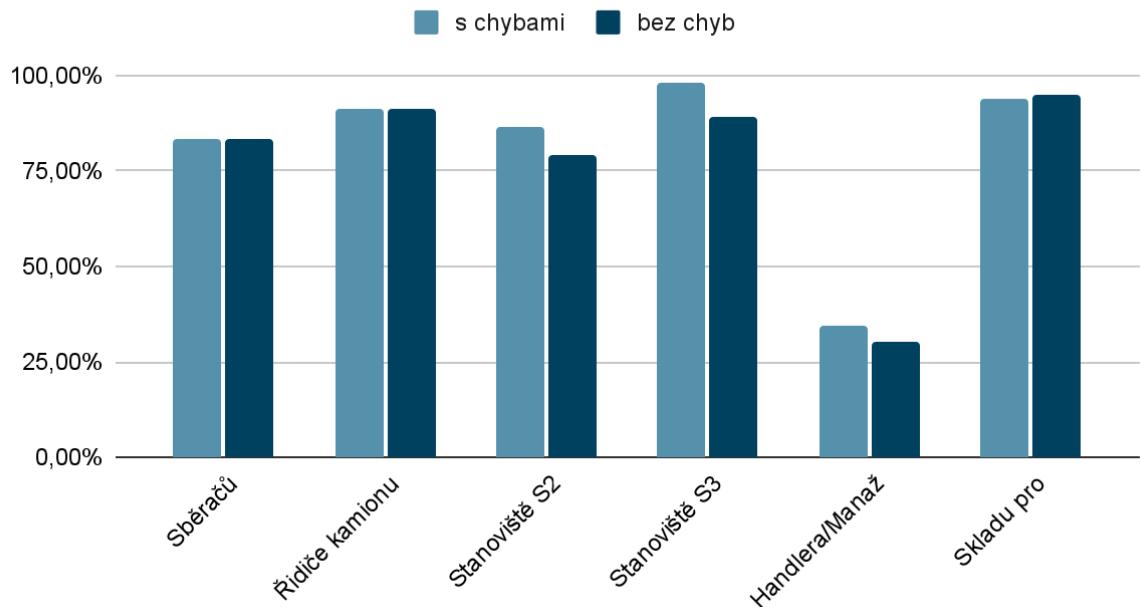
Vytíženost



- b. optimalizácia výroby v prípade väčšej zátlače - vyššia frekvencia objednávok:

Metrika	S chybami	Bez chyb
Vytíženost		
Sběračů	83.234375%	83.234375%
Řidiče kamionu	91.3492%	90.9735%
Stanoviště S2	86.2375%	78.9485%
Stanoviště S3	97.9625%	89.124%
Handlera/Manažera	34.5118%	30.0478%
Skladu pro export	94.0817%	94.8706%
Celkové hodnoty		
Celkem rostlin sebráno (Total plants picked)	24010	24010
Rostlin dorazilo na S1 (Plants arrived to S1)	23789	23900
Celkem zmetkových rostlin (Total plants defective)	714	0
Celkem použitých položek (Total items used)	51461	47749
Celkem S2 zpracováno (Total S2 processed)	23265	23895
Celkem S3 zpracováno (Total S3 processed)	22985	23854
Celkem rostlin zabalenou (Total plants packed)	22985	23854
Celkem rostlin exportováno (Total plants exported)	11520	11520

Vytíženosť

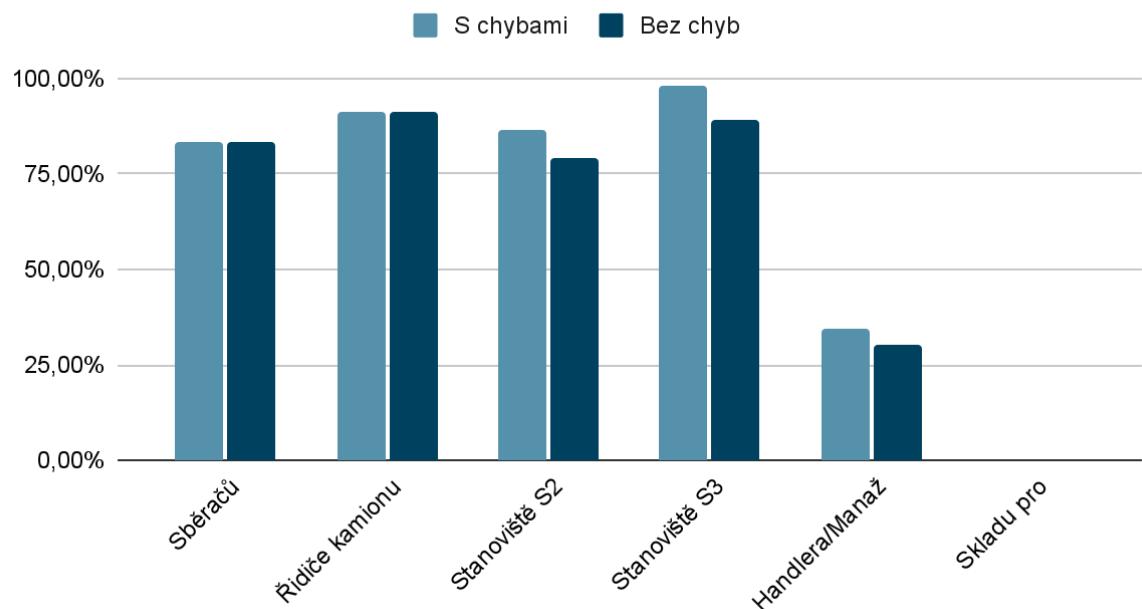


- c. optimalizácia výroby zvácsením aut pre export a upravením frekvencie exportu:

Metrika	S chybami	Bez chyb
Vytíženosť		
Sběračů	83.234375%	83.234375%
Řidiče kamionu	91.3492%	90.9735%
Stanoviště S2	86.2375%	78.9485%
Stanoviště S3	97.9625%	89.124%
Handlera/Manažera	34.5118%	30.0478%
Skladu pro export	0.056681%	0.0561248%
Celkové hodnoty		
Celkem rostlin sebráno (Total plants picked)	24010	24010
Rostlin dorazilo na S1 (Plants arrived to S1)	23789	23900
Celkem zmetkových rostlin (Total plants defective)	714	0
Celkem použitých položek (Total items used)	51461	47749

Celkem S2 zpracováno (Total S2 processed)	23265	23895
Celkem S3 zpracováno (Total S3 processed)	22985	23854
Celkem rostlin zabalený (Total plants packed)	22985	23854
Celkem rostlin exportováno (Total plants exported)	22900	23800

Vytíženost



2. experiment optimalizovaného systému, pri neúrodnom období - sucho, mrazy, záplavy, silné búrky:

Jelikož se jedná o ideální scenár, tak zkoumáme pouze hodnoty s chybami:

Metrika	Hodnota (S chybami)
Vytíženost	
Vytíženost sběračů	83.234375%
Vytíženost řidiče kamionu	89.1481%
Vytíženost S2	78.225%
Vytíženost S3	74.5905%
Vytíženost Handlera/Manažera	29.9146%
Vytíženost skladu pro export	0.0458515%

Celkové hodnoty	
Celkem rostlin sebráno (Total plants picked)	24010
Rostlin dorazilo na S1 (Plants arrived to S1)	23863
Celkem zmetkových rostlin (Total plants defective)	6316
Celkem použitých položek (Total items used)	39153
Celkem S2 zpracováno (Total S2 processed)	17693
Celkem S3 zpracováno (Total S3 processed)	17521
Celkem rostlin zabalených (Total plants packed)	17521
Celkem rostlin exportovaných (Total plants exported)	17500

b. optimalizácia znížením frekvencie áut pre export v neúrodnom období:

Po simulácii sme zistili, že v neúrodnom období sa klasické štatistiky výrazne nezmenili, ale všimli sme si, že vzniká neprimerane **veľká fronta áut pre export rastlín - 65 nevyužitých zaplatených áut**. Pre optimalizáciu sme znížili ich frekvenciu zo 4 hodín na 4 hodiny a 6 minút, čím sme výrazne zredukovali počet nevyužitých áut na 0 pri rovnakých produkčných výsledkoch, a teda znížili celkové náklady pre export v tomto období.

Závěr

Zjistili jsme, že podnikání v tomto průmyslu je škálovatelné, ale není škálovatelné čistě lineárním způsobem. Původně jsme chtěli všechny pracovníky vynásobit dvakrát a frekvenci objednávek taky vynásobit dvakrát. Ale díky experimentu 1 jsme zjistili, že to není jen tak jednoduché. Po zvýšení prostředků jsme zjistili, že auta co exportují rostlinky do zahradnictví je nestihají odvážet. Kvůli tomu jsme nastavili kapacitu aut export na 100 (simulujieme tím koupi větších aut) a upravili jsme jejich frekvenci příjezdu.

Z druhého experimentu sme zistili, že počas neúrodného obdobia, kedy je percento poškodených rastlín podstatne vyššie, má prekvapivo najväčší vplyv na finančné straty záhradníctva - hlavne počet nevyužitých, zaplatených áut určených pre export. Toto sme dokázali pomerne jednoducho a efektívne optimalizovať znížením frekvencie exportu zo 4 hodín na 4 hodiny a 6 minút, čím je využitých 100% zaplatených áut po relatívne nevýraznej zmene.

Výsledkem naší studie tohoto typu podnikání je, že logistika exportu je neskutečně důležitá a je to kámen úrazu, když se naplánuje špatně. Pro opravdové lineární škálování je nutné paraleлизovat opravdu celý proces.