

Vysoké učení technické v Brně

Fakulta informačních technologií



Modelování a simulace

2017/2018

Téma číslo 1

Výrobní proces z oblasti zemědělské

Obsah

1 Úvod	2
1.1 Autor a zdroje informací	2
1.2 Ověření validity modelu.....	2
2 Rozbor tématu a použitých metod/technologií	2
2.1 Popis použitých postupů.....	3
2.2. Popis použitých technologií	4
3 Koncepce modelu.....	4
3.1 Návrh konceptuálního modelu	4
3.2 Formy konceptuálního modelu.....	5
4 Architektura simulačního modelu	6
4.1 Definice prvků simulačního modelu	6
4.2 Popis činnosti simulačního modelu	6
4.3 Popis použití simulátoru	6
5 Podstata simulačních experimentů a jejich průběh	6
5.1 Postup experimentů	6
5.2 Jednotlivé experimenty	7
5.2.1 Experiment 1	7
5.2.2 Experiment 2	7
5.2.3 Experiment 3	8
5.2.4 Experiment 4	8
5.2.5 Experiment 5	9
5.3 Závěr experimentů.....	9
6 Shrnutí simulačních experimentů a závěr	9
Reference	10

1 Úvod

Tato práce vznikla na základě podnětu zadání projektu do předmětu Modelování a simulace. Řeší návrh abstraktního modelu[1, slajd 10, 41] výrobního procesu vína a následnou implementaci odpovídajícího simulačního modelu[1, slajd 10, 44]. Jejím cílem je odhalit případné nedostatky tohoto výrobního procesu a zvýšit tak jeho celkovou efektivitu. Smyslem prováděných experimentů je tedy nalezení optimálního nastavení systému[1, slajd 7] tak, aby byl celkový čas výroby co nejmenší a aby byla jednotlivá zařízení, která se používají při výrobě, stejnoměrně využívána. V modelu[1, slajd 7] je zahrnut proces výroby vína od sběru hroznů až po jejich zpracování a stočení do nádob.

1.1 Autor a zdroje informací

Autorem práce je Tomáš Aubrecht, student Fakulty informačních technologií Vysokého učení technického v Brně. Za poskytnutí záznamů a informací o výrobním procesu vína a za objasnění samotného procesu patří poděkování Petru Šuralovi, vinaři z obce Petrov. Další potřebné informace týkající se tohoto tématu byly získány z veřejně dostupných zdrojů.

1.2 Ověření validity modelu

Ověřování validity[1, slajd 37] modelu probíhalo průběžně pomocí experimentů, kde se výsledky modelové situace porovnávaly se získanými údaji. Tyto poznatky a další navržené experimenty byly následně konzultovány s Petrem Šuralem.

2 Rozbor tématu a použitých metod/technologií

Výroba vína[2] začíná sklizní hroznů vinné révy, které jsou převezeny z vinice na místo zpracování. Zde jako první podstupují odzrnění (historické označení bobulí jako zrna). Jedná se o proces oddělení bobulí od třapin[3], které představují odpad. Tyto oddělené a často i narušené bobule se nazývají rmut[4]. Jejich narušení však nesmí být v takové míře, aby se poškodily pečičky v bobulích, které by mohly do vína uvolňovat hořké látky. Další fází výroby je lisování získaného rmutu. Jednotlivá vína se liší dobou mezi odzrněním a lisováním, kde bílá vína se mohou lisovat ihned, ale červená vína se nechají prokvasit spolu se slupkami, které obsahují barviva a aromatické látky. Ty se během kvašení uvolňují do rmutu. U růžových vín se rmut nechá pár hodin naležet, aby došlo pouze k částečnému uvolnění červeného barviva. Samotné lisování oddělí mošt od matoliny[5], která taktéž představuje odpad. Mošt se následně stáčí do plastových nádob, ve kterých je později přepraven do vinného sklípku, kde se stáčí do dubových sudů. Zde tento mošt kvasí, kdy se zhruba po 6 týdnech vytvoří první tzv. Svatomartinské víno. Během této doby je mošt několikrát stáčen do jiných sudů z důvodů odstranění usazenin, které se v sudech vytvářejí.

Pro implementaci validního modelu výrobního procesu vína je potřeba znát odpovídající reálné údaje. Ty byly získány převážně díky již zmíněnému Petru Šuralovi, který si vede statistiku jednotlivých sklizní vinné révy. Při výrobě je k dispozici jedno auto pro přepravu nákladu, jeden odzrňovač, jeden lis, jedno čerpadlo a dvě kolečka.

Níže jsou uvedeny získané údaje:

- průměrná úroda je 768 kg bílých hroznů
- průměrný objem vyrobeného vína je 539 litrů
- k dispozici je 50 beden a 30 plastových nádob
- kapacita bedny je 20 až 30 kg hroznů a objem jedné plastové nádoby je 30 litrů
- nasbírat jednu bednu hroznů trvá 10 až 15 minut
- počet zúčastněných lidí je 3
- celkový čistý čas sklizení a zpracování se pohybuje mezi 8 a 9 hodinami
- bedny se autem převážejí po 10
- nakládání a vykládání beden do/z auta trvá 3 až 4 minuty
- cesta z vinice ke zpracování trvá 15 až 20 minut
- odzrňovač má kapacitu jedna bedna
- odzrňovač odzrňuje 3 až 4 minuty, kde každá 5. dávka se odzrňuje 2x déle z důvodu ucpání
- z odzrňovače vyjde průměrně 1 kilo třapin, zbytek je rmut
- lis má kapacitu 120 litrů rmutu
- doba lisování je 45 až 60 minut
- z jedné dávky v lisu vyjde okolo 75% moštu, zbytek je matolína
- čerpadlo přečerpá 30 litrů za 3 minuty
- kapacita koleček je 20 až 40 kg odpadu
- naložení, vyvezení a vrácení koleček trvá 8 až 10 minut

2.1 Popis použitých postupů

V záznamech byly obsaženy údaje o:

- počtu lidí, kteří se danou sezónu účastnily sklizně a zpracování
- celkové hmotnosti sklizených hroznů
- celkovém objemu získaného vína
- čase stráveném prací

Některé informace, většinou časy o době zpracování jedné dávky daného zařízení, nebyly změřeny. Pro získání přesných naměřených hodnot bychom museli čekat na další sezónu v příštím roce, proto tyto informace představují pouze kvalifikovaný odhad zkušeného vinaře. Ostatní informace jako například vinařské pojmy byly nalezeny ve veřejně dostupných zdrojích.

Za vývojové prostředí bylo zvoleno Ubuntu, protože výsledný program má být dle zadání spustitelný v prostředí Linux. Samotná implementace simulačního modelu byla realizována v jazyce C++, který byl taktéž specifikován zadáním. Jedná se o objektově orientovaný jazyk, který se řadí k nejrychlejším programovacím jazykům. Díky tomu lze spolu s použitím knihovny SIMLIB[6] vytvořit rychlou a efektivní simulaci. Tato knihovna poskytuje všechny třídy potřebné pro řešení daného problému.

2.2. Popis použitých technologií

- Linux, distribuce Ubuntu, verze 17.10 <https://www.ubuntu.com/desktop/1710>
- g++ <https://www.cprogramming.com/g++.html>
- C++ <http://www.cplusplus.com/>
- SIMLIB <http://www.fit.vutbr.cz/~peringer/SIMLIB/doc/html/>

3 Koncepce modelu

Abstraktní model výroby vína byl vytvořen na základě získaných relevantních údajů v kapitole 2 a je popsán pomocí Petriho sítí[1, slajd 123]. Pro minimalizaci zbylých meziproductů byla úroda nastavena na 750 kg hroznů, kapacita bedny na 25 kg a kapacita koleček na 30 kg. Počty beden a sudů jsou v takovém množství, kdy jejich nedostatek nikdy nebyl problém, proto je můžeme zanedbat. Sběrači se většinou na vinici dostavili pomocí vlastních prostředků, proto zanedbáváme potřebu využití auta, se kterým se převáží hrozny, na jejich přesun. Priority provádění jednotlivých činností pracovníka jsou určeny podle reálného modelu, kdy je potřeba udržovat celkové množství výstupů jednotlivých zařízení co nejmenší. Potom je můžeme zanedbat. Na odpad je místa dostatek, proto má nejnižší prioritu.

3.1 Návrh konceptuálního modelu

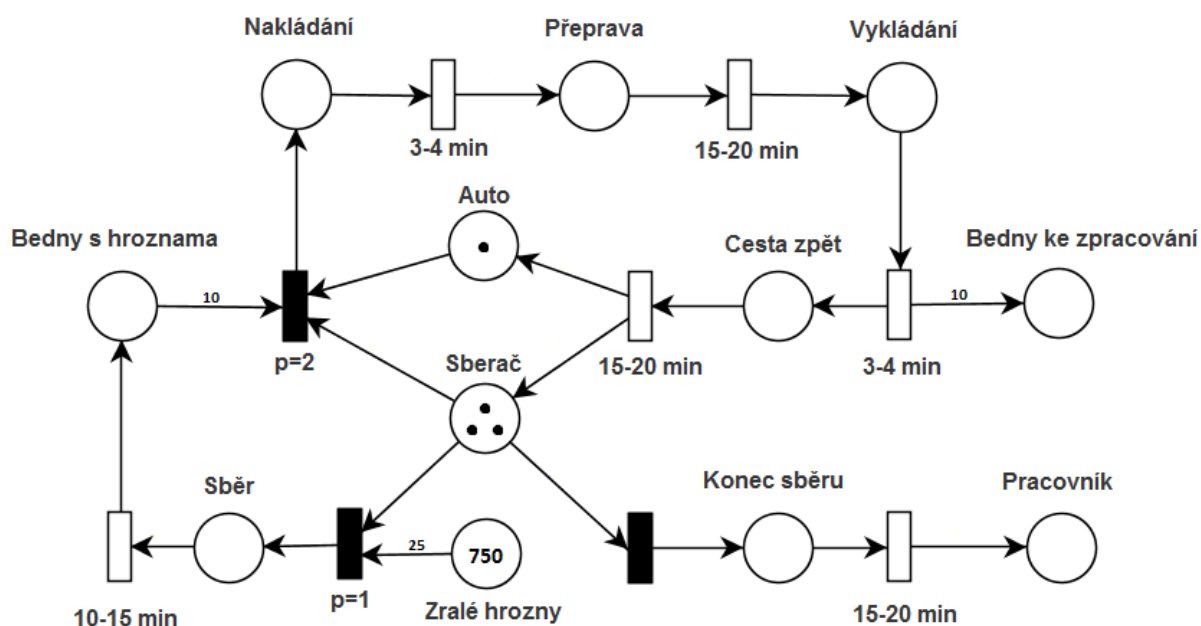
Systém na svém počátku obsahuje 750 kg zralých hroznů a 3 sběrače. Pokud je k dispozici 10 beden hroznů a auto pro jejich přepravu, sběrač je naloží, odveze ke zpracování a vrátí se. Nakládání a vykládání trvá 3-4 minuty, jedna cesta trvá 15-20 minut. Pokud sběrač nemá k dispozici auto nebo dostatečné množství beden, sbírá hrozny. Nasbírat jednu bednu hroznů trvá 10-15 minut. Pokud nelze přepravovat a není co sbírat, sběrač se přemístí ke zpracování hroznů. To mu trvá 15-20 minut.

Pracovník zpracovává hrozny v podobě přečerpávání moštu, lisování rmutu, odzrňování hroznů a odvážení odpadu na kompost. Pokud pracovník nemůže dělat nic, dá si přestávku do doby, než bude moci něco dělat. Pokud může, provádí uvedené činnosti v tomto pořadí.

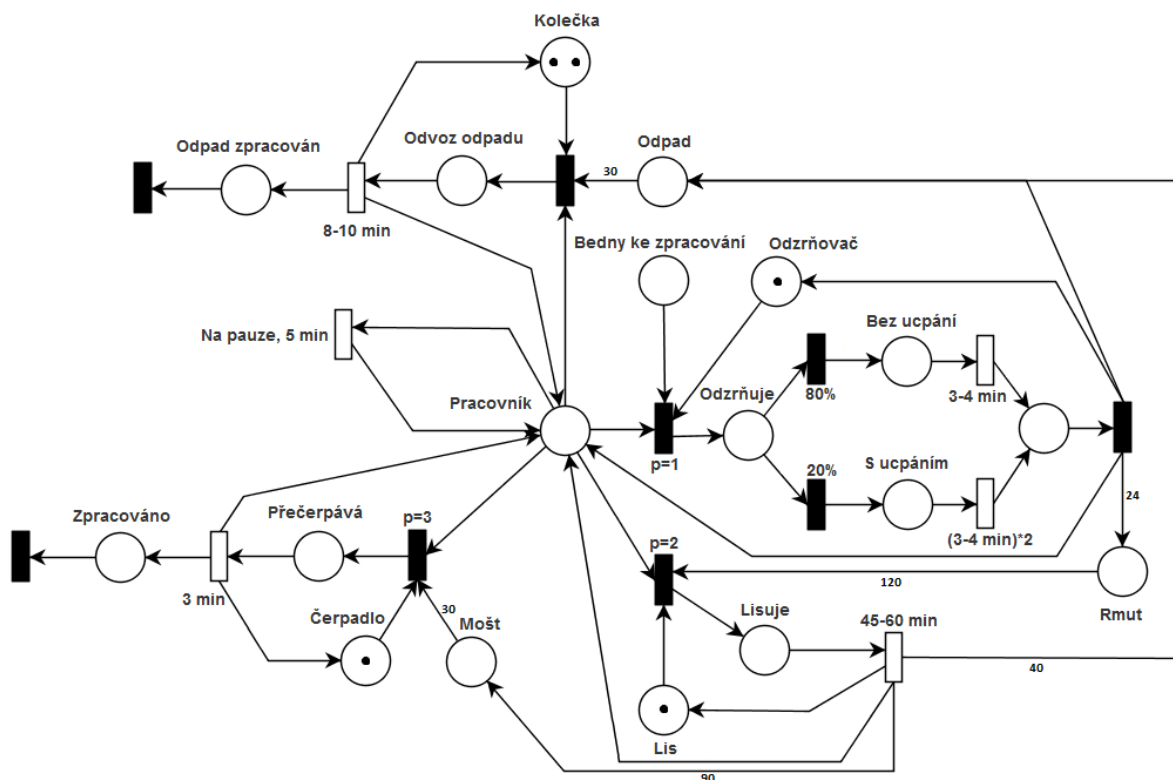
- Pokud je volné čerpadlo a je k dispozici 30 litrů moštu, tak jej přečerpá do plastové nádoby o stejném objemu. Přečerpání trvá 3 minuty.
- Pokud je volný lis a je k dispozici 120 litrů rmutu, tak jej vylisuje. Lisování trvá 45-60 minut a po jeho ukončení vznikne 90 litrů moštu a 40 kg odpadu.
- Pokud je volný odzrňovač a je k dispozici jedna bedna s hrozny, tak je odzrní. Odzrnění vyprodukuje 24 litrů rmutu a 1 kg odpadu. Doba odzrnění jsou 3 až 4 minuty, ale každá pátá dávka se ucpe. Při ucpání není nutné odzrňovač vypínat, pouze stačí protlačit ucpané hrozny. Odzrnění pak ale trvá dvakrát déle.
- Pokud jsou volná jedny kolečka a je k dispozici 30 kg odpadu, tak ho pracovník naloží, odveze na kompost a vrátí se. To mu dohromady zabere 8-10 minut.

3.2 Formy konceptuálního modelu

Obrázek 1 obsahuje Petriho síť reprezentující proces sběrače. Obrázek 2 obsahuje popis činnosti pracovníka.



Obrázek 1: Petriho síť sběru hroznů



Obrázek 2: Petriho síť zpracování hroznů

4 Architektura simulačního modelu

4.1 Definice prvků simulačního modelu

V simulačním modelu jsou implementovány 2 třídy *Sberac* a *Pracovnik*, které dědí třídu *Process*[6]. Třída *Sberac* obsahuje metody *Skldit()*, *Prepravit()* a *PremistitSe()* představující jednotlivé činnosti sběrače a metodu *Behavior()*[6] popisující chování sběrače. Podobně třída *Pracovnik* obsahuje metody *Odzrnit()*, *Lisovat()*, *Precerpat()*, *ZpracovatOdpad()* a *DatSiPauzu()* představující jednotlivé činnosti pracovníka a metodu *Behavior()* popisující chování pracovníka. Obě třídy ještě obsahují pomocné proměnné pro uchování různých časů.

Kolečka jsou modelována jako typ *Store*[1, slajd 146] o 2 položkách a auto, odzrňovač, lis a čerpadlo jsou modelovány jako typ *Facility*[1, slajd 146].

Pro udržení informací o celkovém množství jednotlivých meziproductů je zde několik proměnných, kterými jsou: *zrale_hrozny*, *sklizenych_beden*, *bedny_ke_zpracovani*, *odpad*, *rmut* a *most*. Pro indikaci ukončení jednotlivých částí sklizně a výroby vína jsou zde definovány pomocné proměnné *sber_ukoncen*, *transport_ukoncen* a *zpracovani_ukonceno*.

4.2 Popis činnosti simulačního modelu

Základní časovou jednotkou simulačního modelu je jedna minuta. Simulační model začíná s nastaveným počátečním množstvím zralých hroznů. Při inicializaci modelu je vygenerován určitý počet sběračů a pracovníků, kteří svou činností musí tyto hrozny sklídit a zpracovat. Jakmile jsou sklizeny všechny zralé hrozny, ze sběračů se stávají pracovníci. Simulace je ukončena, jakmile jsou sklizeny a zpracovány všechny hrozny. Poté jsou zaznamenány získané údaje do výstupního souboru.

4.3 Popis použití simulátoru

- Příkaz *make* provede překlad zdrojových souborů a vytvoří spustitelnou aplikaci.
- Příkaz *make run* opakovaně spustí aplikaci s různým nastavením parametrů simulátoru a získané výsledky uloží do výstupních souborů uložených ve stejném adresáři, jako je aplikace samotná.
- Příkaz *make cLean* odstraní všechny soubory vytvořené příkazy *make* a *make run*.

5 Podstata simulačních experimentů a jejich průběh

Simulačních experimenty reprezentují proces výroby vína od sklizení hroznů až po stáčení získaného moštu(nezralého vína). Jejich podstatou je nalezení nedostatků zmíněného procesu a navrhnutí řešení pro jeho zefektivnění.

5.1 Postup experimentů

Experimenty byly prováděny s různým nastavením jednotlivých parametrů simulačního modelu, kde se získané hodnoty následně porovnávaly s údaji reálného modelu. Na základě tohoto porovnání byly navrženy další experimenty.

5.2 Jednotlivé experimenty

5.2.1 Experiment 1

První experiment má za úkol zjistit validitu simulačního modelu. Parametry simulátoru jsou nastaveny na výchozí hodnoty, které byly odvozeny ze získaných údajů o reálném systému. Tedy počet sběračů je nastaven na 3, kapacita auta je nastavena na 10 beden hroznů a kapacita lisu na 120 litrů rmutu.

Tabulka 1 ukazuje, že celková doba 8 a tři čtvrtě hodiny odpovídá skutečné době výroby. Z toho průměrně doba sběru hroznů trvala 2 a tři čtvrtě hodiny, doba zpracování hroznů přes 5 a půl hodiny a průměrná doba strávená na pauze bylo něco málo přes půl hodiny. Z vytížení jednotlivých zařízení lze vidět, že nejdéle trvala práce na vodním lisu.

Celkový čas výroby	8.79 hodin
Průměrný čas sběru	2.75 hodin
Průměrný čas zpracování	5.65 hodin
Průměrný čas na pauze	0.62 hodin
Vytížení auta	24 %
Vytížení odzrňovače	26 %
Vytížení vodního lisu	63 %
Vytížení čerpadla	10 %

Tabulka 1

5.2.2 Experiment 2

Další experimenty měly za úkol nalézt ideální počet lidí, kteří se na výrobě podílí, kde tento nalezený počet jsou 4 lidé. Tabulka 2, která je výstupem simulátoru s výchozími parametry a počtem sběračů právě 4, zobrazuje, že při tomto počtu je celková doba výroby snížena zhruba o hodinu při zachování relativně nízké průměrné době člověka na pauze.

Celkový čas výroby	7.73 hodin
Průměrný čas sběru	2.07 hodin
Průměrný čas zpracování	5.37 hodin
Průměrný čas na pauze	0.83 hodin
Vytížení auta	26 %
Vytížení odzrňovače	27 %
Vytížení vodního lisu	67 %
Vytížení čerpadla	11 %

Tabulka 2

5.2.3 Experiment 3

Z předchozích experimentů vyplynulo, že největší zdržení představují samotná zařízení, proto v tomto experimentu byl počet sběračů nastaven na 4, kapacita auta na 15 beden a kapacita lisu na dvojnásobek tedy na 240 litrů. Oproti výsledkům při výchozím nastavení se celkový čas výroby zkrátil o více než 3 hodiny a jednotlivá zařízení jsou více rovnoměrně využívána. Tabulka 3 obsahuje tyto údaje.

Celkový čas výroby	5.51 hodin
Průměrný čas sběru	1.90 hodin
Průměrný čas zpracování	3.32 hodin
Průměrný čas na pauze	0.65 hodin
Vytížení auta	26 %
Vytížení odzrňovače	42 %
Vytížení vodního lisu	44 %
Vytížení čerpadla	16 %

Tabulka 3

5.2.4 Experiment 4

Tento experiment poukazuje na to, že kolikrát více pracujících, tolikrát kratší čas práce není v tomto případě vůbec pravda. Simulátor byl spuštěn s výchozími hodnotami a počtem sběračů nastaveným na 8, což je dvojnásobek ideálního počtu. Tabulka 4 poukazuje, že celkový čas výroby se zkrátil pouze o 2 hodiny místo na poloviční dobu a průměrná doba, kdy byl pracovník na pauze, je oproti celkové době práce poměrně dost vysoká. To je dáno omezeným počtem zařízení, které obsluhuje pouze jeden člověk v čase.

Celkový čas výroby	6.74 hodin
Průměrný čas sběru	1.04 hodin
Průměrný čas zpracování	5.48 hodin
Průměrný čas na pauze	1.79 hodin
Vytížení auta	31 %
Vytížení odzrňovače	31 %
Vytížení vodního lisu	78 %
Vytížení čerpadla	13 %

Tabulka 4

5.2.5 Experiment 5

Cílem experimentu číslo 5 bylo zjistit, jak dlouho by trvalo, pokud by se výroby účastnil pouze jeden člověk. Vstupy simulátoru odpovídají výchozím hodnotám, pouze počet sběračů je nastaven na 1. Tabulka 5 obsahuje informace o tom, že samotný člověk by strávil přes 18 hodin prací bez přestávky, což by fyzicky bylo velmi náročné až nemožné. Práce by šla rozdělit na 2 dny, kdy jeden den by pouze sbíral a další den zpracovával sklizené hrozny. K této situaci zatím nikdy nedošlo.

Celkový čas výroby	18.26 hodin
Průměrný čas sběru	8.32 hodin
Průměrný čas zpracování	9.68 hodin
Průměrný čas na pauze	0.0 hodin
Vytížení auta	12 %
Vytížení odzrňovače	11 %
Vytížení vodního lisu	30 %
Vytížení čerpadla	4 %

Tabulka 5

5.3 Závěr experimentů

Dohromady bylo vytvořeno 12 experimentů za účelem co největší redukce celkového času stráveném výrobou vína. Získané výsledky ze simulačního modelu s výchozím nastavením parametrů jsou téměř shodné s reálnými údaji. Z dalších, mnou navržených experimentů, vyplynulo, že ideálním počtem zúčastněných lidí jsou 4, kde hlavní problém a největším zdržením celé výroby představuje lis. Pokud by se sběru a zpracování účastnilo 5 a více lidí, vedlo by to pouze ke snížení doby sběru, ale doba zpracování by se nijak nezmenšovala a pouze by rostl průměrný čas, kdy pracovníci nic nedělají.

6 Shrnutí simulačních experimentů a závěr

V této práci byla snaha vytvořit model systému, který odpovídá výrobě vína od sklizně hroznů po jeho stáčení do plastových nádob pro pozdější přepravu. Jeho validita byla ověřena a to tím způsobem, že bylo průběžně kontrolováno, zdali získané hodnoty simulačního modelu odpovídají reálným údajům. Bylo provedeno mnoho experimentů, kde nejpodstatnější z nich jsou uvedeny v této dokumentaci. Z jejich výsledků vyplývá, že samotný proces výroby by mohl být méně časově náročný, pokud by se pořídil větší lis nebo pokud by byl při práci k dispozici další člověk. K tomuto návrhu se Petr Šural vyjádřil spíše v nesouhlasu, kdy vzhledem k tomu, že se jedná o činnost vykonávanou jednou za rok, tak se pořizovat nové zařízení nevyplatí. Co se týče pracovní síly, tak příští sezónu zkusí požádat o pomoc více lidí.

Reference

- [1] PERINGER, Petr. Modelování a simulace [online]. [cit. 2017-12-05]. Dostupné z:
<https://wis.fit.vutbr.cz/FIT/st/course-files-st.php/course/IMS-IT/lectures/IMS.pdf>
- [2] Výroba vína [online]. [cit. 2017-12-05]. Dostupné z:
<https://www.wineofczechrepublic.cz/nase-vina/vyroba-vina.html>
- [3] Pojem třapina [online]. [cit. 2017-12-05]. Dostupné z:
<http://www.znalecvin.cz/bobule/>
- [4] Pojem rmut [online]. [cit. 2017-12-05]. Dostupné z:
<http://www.znalecvin.cz/rmut/>
- [5] Pojem matolina [online]. [cit. 2017-12-05]. Dostupné z:
<http://www.znalecvin.cz/matoliny/>
- [6] PERINGER, Petr. Dokumentace knihovny SIMLIB [online]. [cit. 2017-12-05]. Dostupné z:
<http://www.fit.vutbr.cz/~peringer/SIMLIB/doc/html/>