

FIT VUT

IMS – Semestrální projekt

Téma č. 2: SHO Model výroby v oblasti potravinářstva

Aurel Strigáč (xstrig00)
Adam Jetmar (xjetma02)
10.12.2023

OBSAH

1	Úvod	1
1.1	Autori a zdroje faktov	1
2	Výroba chlebu.....	2
2.1	Proces výroby chlebu	2
2.1.1	Suroviny.....	2
2.1.2	Miesenie cesta.....	2
2.1.3	Delenie cesta	2
2.1.4	Tvarovanie cesta.....	2
2.1.5	Kysnutie cesta.....	2
2.1.6	Pečenie	2
2.1.7	Chladenie.....	3
2.1.8	Kontrola kvality.....	3
2.1.9	Ukladanie do prepraviek	3
2.2	Proces čistenia prepraviek.....	3
2.3	Diagram výroby	4
2.4	Dôležité dáta z výroby	5
2.4.1	Prietok surovín strojmi	5
2.4.2	Smeny	5
3	Petriho sieť	6
4	Implementácia simulačného modelu	8
4.1	Použitie simulačného modelu	8
4.2	Stručný popis implementácie	8
5	Popis experimentov.....	9
5.1	Dokumentácia jednotlivých experimentov	9
5.1.1	Bežný prevoz výroby.....	9
5.1.2	Vzťah medzi počtom upečených chlebov a objemom miesiča	10
5.1.3	Závislosť medzi počtom prepraviek a počtom transakcií	11
6	Záver práce	14
7	Referencie.....	15

1 ÚVOD

V tejto práci je modelovaný proces výroby chleba a jeho nasledovného nakladania do prepraviek. Konkrétne sa jedná o firmu Zelená louka a.s., patriacu pod spoločnosť Penam[3]. Práca vznikla ako semestrálny projekt do predmetu Modelovanie a simulácie na fakulte FIT VUT.

V tejto práci je riešené zostavenie modelu výroby a jeho nasledovná implementácia a simulácia v jazyku C++ s využitím knižnice SIMLIB[2].

Práca sa skladá z dvoch častí, a to implementačnej a experimentačnej. V experimentačnej časti našej práce sme sa zamerali na systematickú optimalizáciu a maximalizáciu výrobného procesu s cieľom dosiahnuť výkonnejšiu, a zároveň efektívnejšiu výrobu.

1.1 AUTORI A ZDROJE FAKTOV

Autori práce sú **Aurel Strigáč** (xstrig00) a **Adam Jetmar** (xjetma02).

Práca je založená na reálnych dátach z výroby vo firme Zelená louka a.s.[3]. Tieto dáta pramenia z Bakalárskej práce(2014) Víta Nohejla na škole VŠE [1], ktorý v svojej práci dôkladne popísal a analyzoval výrobný proces vo vyššie spomínanej firme.

2 VÝROBA CHLEBU

Všetky uvedené dáta vid'. kapitola 7 - Referencie [\[1\]](#)

2.1 PROCES VÝROBY CHLEBU

Proces je plne automatizovaný a skladá sa z nasledovných procesov:

- Miesenie
- Delenie cesta
- Tvarovanie cesta
- Kysnutie cesta
- Pečenie
- Chladenie
- Kontrola kvality
- Ukladanie do prepraviek

2.1.1 Suroviny

Množstvo surovín je pomerne rozsiahle a ich správne a efektívne dávkovanie je kľúčovou časťou výroby. Je potrebné, aby bolo efektívne riadené.

Zloženie: pšeničná mouka, pitná voda, žitná mouka, žitný kvas, vícezrnná smes (12 %) (slunečnice (19 %), len (19 %), sezam (14 %), pšeničná sladová mouka, pšeničná mouka, emulgátory (E472e, E471), jedlá sůl jodidovaná, žitná mouka, syrovátka, sójová mouka, cukr, dextróza, protispékavá látka uhličitan vápenatý, regulátor kyselosti kyselina citrónová, pšeničný lepek, stabilizátor guma guar, látka zlepšujúci mouku kyselina askorbová), droždí, jedlá sůl jodidovaná, kvasná kultura, pšeničný škrob. (PENAM, a.s., 2014)

2.1.2 Miesenie cesta

Suroviny sa miešajú dohromady v miesičke, aby sa vytvorilo cesto. Pomer a kvalita surovín sú kľúčové na dosiahnutie kvalitného výsledku.

2.1.3 Delenie cesta

Hromada cesta, ktorý periodicky produkuje miesič je v tomto kroku rozsekané na menšie kúsky zodpovedajúce váhe cesta chlebu pred pečením. Pri pečení cesto prichádza o vodu, takže tento stroj musí nasekať kúsky cesta o trochu ťažšie, ako je výsledný produkt.

2.1.4 Tvarovanie cesta

V tomto kroku je kôpka cesta pretiahnutá cez stroj s 2 pásmi, ktoré sa postarajú o to, aby keď cesto zo stroju vyjde, bolo v guľatej forme

2.1.5 Kysnutie cesta

Cesto sa nechá kysnúť, aby droždie mohlo fermentovať cukry a vyprodukovať oxid uhličitý, ktorý spôsobí nadúvanie cesta.

2.1.6 Pečenie

Formované bochníky sa pečú v peci na presne stanovenú dobu a teplotu, aby sa dosiahlo správneho vzhľadu, textúry a chuti chleba. Pec však nie je dokonalá, a pri tomto kroku vzniká približne 10 – 12 % prepekov, ktoré už nesmú pokračovať ďalej.

2.1.7 Chladenie

Upečené bochníky chleba sa nechávajú chladiť v chladiacom boxe po určitú dobu, pokiaľ nie sú pripravené na kontrolu kvality. Teplota sa v tomto zariadení dá prispôbiť, takže výsledná doba chladnutia môže byť rôzna.

2.1.8 Kontrola kvality

Každý bochník musí prejsť kontrolou váhy, aby sa predišlo možnému okradnutiu zákazníka. Chlieb musí vážiť 500g, a ak toľko neváži, je vyradený. Vyradené kusy tvoria približne 1,2 – 2 % celkovej výroby.

2.1.9 Ukladanie do prepraviek

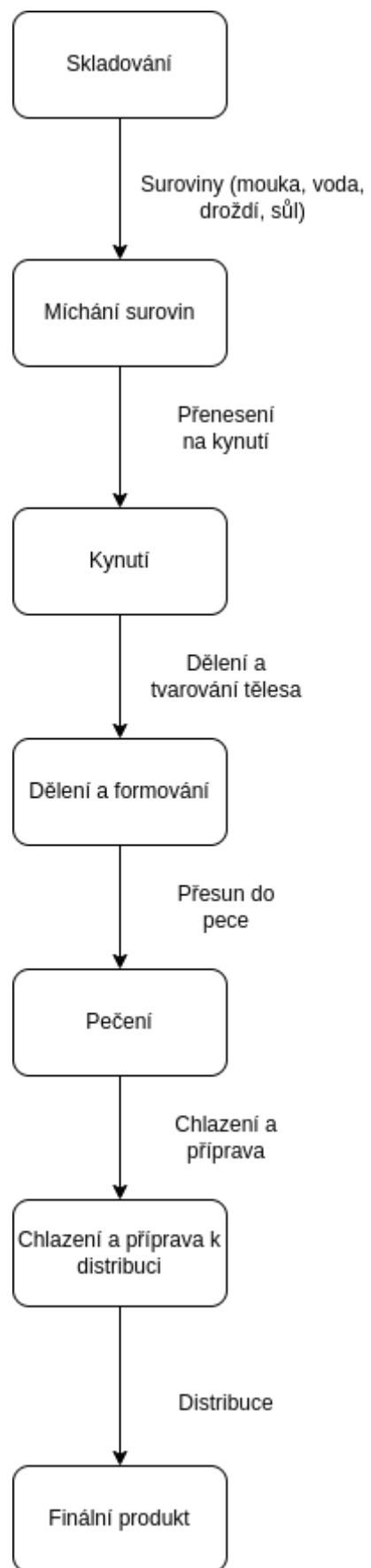
Chleby sú manuálne ukladané do prepraviek v predurčenej formácii. Každá prepravka musí obsahovať 7 chlebov.

2.2 PROCES ČISTENIA PREPRAVIEK

Každodenne sú do továrne nosené prepravky použité pri rozvážaní tovaru po okolitých prevádzkach. Tieto prepravky sú samozrejme špinavé, a preto musia prejsť umývačkou. Táto umývačka však nie je dokonalá, a niekedy sa môže stať že prepravka buď zostane špinavá aj po čistení, alebo sa v procese čistenia mechanicky poškodí.

Na to slúži kontrola prepraviek, ktorá prepravku buď vráti na začiatok procesu, alebo ju úplne vyradí z obehu a prenechá ju na recykláciu.

2.3 DIAGRAM VÝROBY



2.4 DÔLEŽITÉ DÁTA Z VÝROBY

2.4.1 Prietok surovín strojmi

Dáta z výroby sú pre našu simuláciu hlavné vo vzťahu hmotnosti s časom, a to konkrétne v prietoku strojov. Väčšina úkonov prebieha sériovo za sebou a modelujú sa teda hlavne zabratie liniek a časové oneskorenia vznikajúce medzi nimi. Jediná paralelizovaná časť vzniká pri nakladaní, už upečených, chlebov do vyčistených prepraviek. Tu sa stretávajú procesy výroby chleba a čistenia prepraviek.

Časť výroby	Prietok (kg/h)
Miesenie cesta	1000-1500
Delenie cesta	1200
Tvarovanie cesta	1200
Kysnutie cesta	1200/50min.
Pečenie	1000
Chladnutie	1500

2.4.2 Smeny

Výrobný proces prebieha od 16:00 do 12:00 nasledovného dňa, čo je dohromady 20 hodín.

Štvorhodinové okienko, ktoré vzniká, je vyhradené pre čistenie, sanitáciu, prípadne opravám chýb a ďalším provozným nutnostiam, potrebných pre úspešné započatie nasledujúceho výrobného cyklu.

Samostatné plánovanie smien pre jednotlivé časti prevádzky môže prispieť k synchronizácii a lepšej optimalizácii celého výrobného procesu, ale nie je to zaručené.

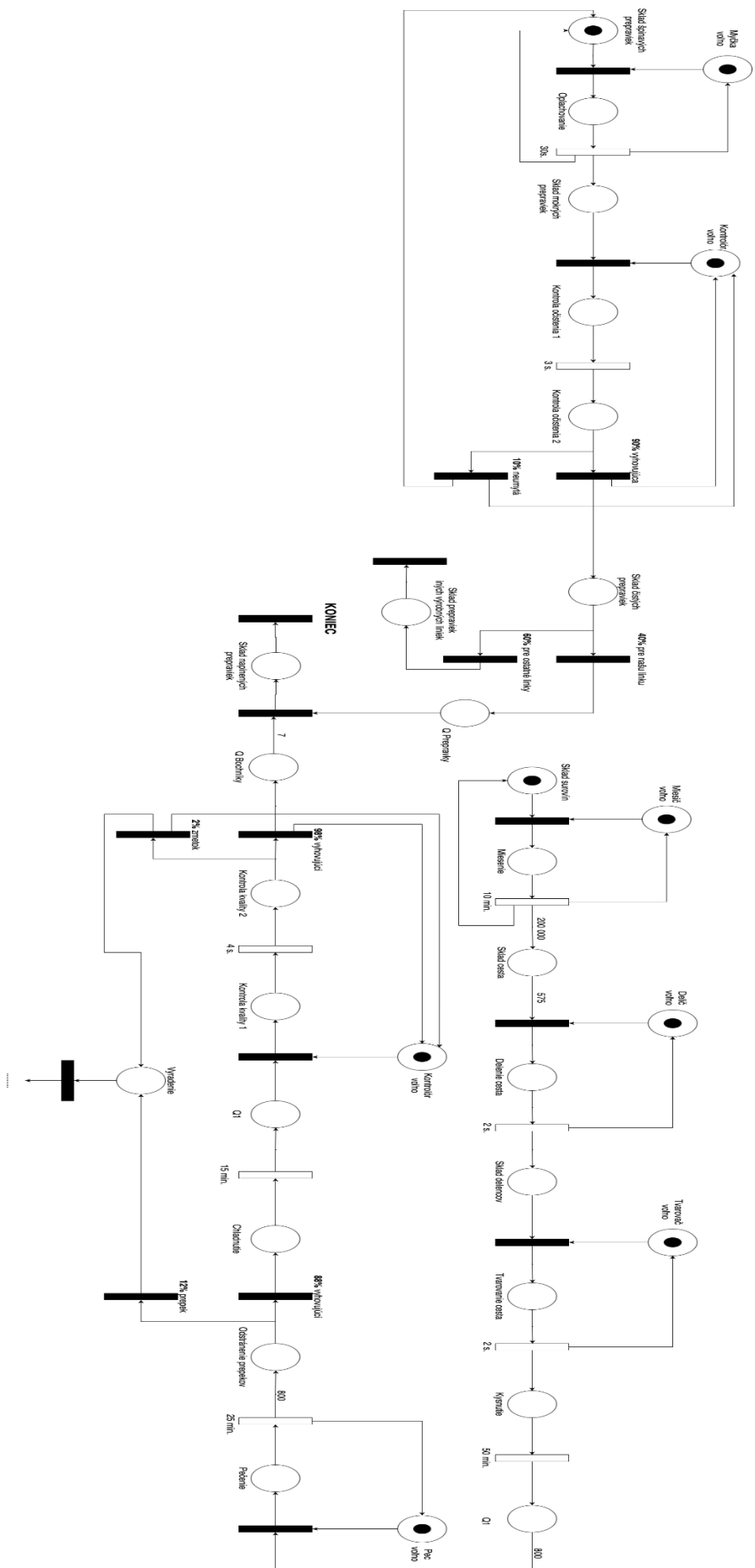
3 PETRIHO SIEŤ

Petriho sieť podrobne znázorňuje koncepciu výroby na čo najnižšej a najpodrobnejšej úrovni. Malo by z nej byť jasné ako jednotlivé procesy za sebou nasledujú. Zároveň by mala byť jasná časová náväznosť procesov, cesta transakcie celým procesom výroby.

Príchod transakcií sa deje cyklicky na prvých linkách výroby – miesič a umývačka. Tieto časti výroby sa od začiatku simulácie (výroby), nezastavujú. Týmto vytvárajú transakcie, ktoré potom, ovplyvnené časovými oneskoreniami jednotlivých úkonov, prechádzajú zvyškom systému až po naloženie chlebu do prepravky. Týmto krokom sa výrobný proces opúšťa.

Príchod transakcií je modelovaný týmto spôsobom kvôli absencií akýchkoľvek faktov o dodávaní jednotlivých surovín. Proces dodávania surovín je avšak vďaka veľkosti a dobe pôsobenia firmy optimalizovaný na vysokej úrovni.

Pre prehľadnosť nie sú v Petriho sieti modelované smeny, ktoré ale v simulačnom modeli implementované sú. Zmena je prirodzene časový interval dňa, kedy je linka v prevádzke, zostávajúci čas dňa linka nie je k dispozícii. (napr. smena dlhá 20 hodín – linka pracuje 20 hodín, potom 4 hodiny stojí). Koniec smeny zaberá linku s prioritou obsluhy.



4 IMPLEMENTÁCIA SIMULAČNÉHO MODELU

Simulačný model je implementovaný v jazyku C++. Tento programovací jazyk by nám síce stačil na samostatnú implementáciu, ale v našom konkrétnom prípade sme použili knižnicu SIMLIB[2].

Simulačný model sa odvíja od vyššie uvedenej Petriho siete. Beh programu vieme ovplyvniť jednoducho, a to parametrizáciou niektorých údajov o modeli. Vďaka tomuto vieme meniť chod simulačného modelu za účelom experimentácie.

4.1 POUŽITIE SIMULAČNÉHO MODELU

Pre každý údaj je v modeli nastavená určitá implicitná hodnota. Takto vieme program spustiť bez argumentov, ale ak chceme, môžeme pri spustení použiť nasledujúce vstupy

- **-h/-help** : nápoveda
- **(-t/-time) [dní]** : dĺžka behu simulácie v dňoch, implicitne 1 deň
- **-o** : plnohodnotný výpis zo simulácie, implicitne 0
- **-[linka/písmeno] [minúty]** : dĺžka smeny jednotlivých liniek, menovite: *miesic/a, delic/b, tvarovac/c, pec/d, kkvalita/e, mycka/f, kcistota/g*
- **-p [percento]** : percento zo všetkých umytých prepraviek ktoré je určené pre našu linku, implicitne 0,4 (percento musí patriť do intervalu <0,1>)
- **-v [kg]** : objem mesiča cesta, implicitne 200kg

Simulácia potom so zadanými parametrami spustí svoj beh.

Príklady spustenia (nezáleží na poradí argumentov):

```
./ims -h
```

```
./ims -v 230 -p 0.8
```

```
./ims -a 130 -mycka 1140
```

4.2 STRUČNÝ POPIS IMPLEMENTÁCIE

Implementácia modelu je pomerne priamočiara.

Procesy reprezentujú jednotlivé transakcie (Process), ktoré prechádzajú systémom a zaberajú linky (Facility), ktorými sú postupne obslužené a vytvárajú transakcie ďalšie, ktoré pokračujú svoju cestu výrobným procesom.

5 POPIS EXPERIMENTOV

Experimentácia a následovná optimalizácia už tak zabehnutého a, už pôvodne, optimalizovaného procesu nemusí byť vôbec jednoduchý proces. Sami sme si to počas implementovania simulačného modelu uvedomili, ale aj napriek tomu sme si nemohli nechať utiecť niekoľko spôsobov ako výrobu optimalizovať:

- Upraviť objem miesiča, a tak navýšiť využitie pece
- Navýšiť počet debničiek ktoré pôjdu k našej linke
- Urýchliť proces pečenia

Urýchliť proces pečenia sa avšak, bohužiaľ, nedá. Jediný spôsob ako tento problém vyriešiť, je navýšenie počtu pecí. Počet prepraviek je taktiež ťažké ovplyvniť, pretože tieto prepravy si musia deliť všetky výrobné linky. Aj napriek tomu sa v experimentálnej časti zameriam hlavne na prvé 2 body.

5.1 DOKUMENTÁCIA JEDNOTLIVÝCH EXPERIMENTOV

Experimenty boli prevádzkané menením vstupných parametrov, ktoré sú spomenuté v sekcii 4.1.

Doba behu systému bola po celú dobu experimentovania ponechaná na implicitnú hodnotu 1 deň.

5.1.1 Bežný prevoz výroby

Spustenie:

make

./ims -o

Pre nás podstatné údaje z výstupu:

Vytaženie pece: 0.944444

Konecny pocet vyrobenych chlebov: 30394

Konecny pocet vykonanych transakcii: 969

Na prvý pohľad si môžeme povšimnúť, že systém je obmedzený počtom prepraviek. Tento počet je avšak ťažké ovplyvniť, keďže prepravku musia putovať aj na iné výrobné linky, ako napríklad výroba rožkov.

5.1.2 Vzťah medzi počtom upečených chlebov a objemom miesiča

5.1.2.1 Dôvod experimentu

Dosiahnuť potenciál systému navýšením množstva cesta ktorý doňho vstupuje

5.1.2.2 Experiment



5.1.2.3 Záver experimentu

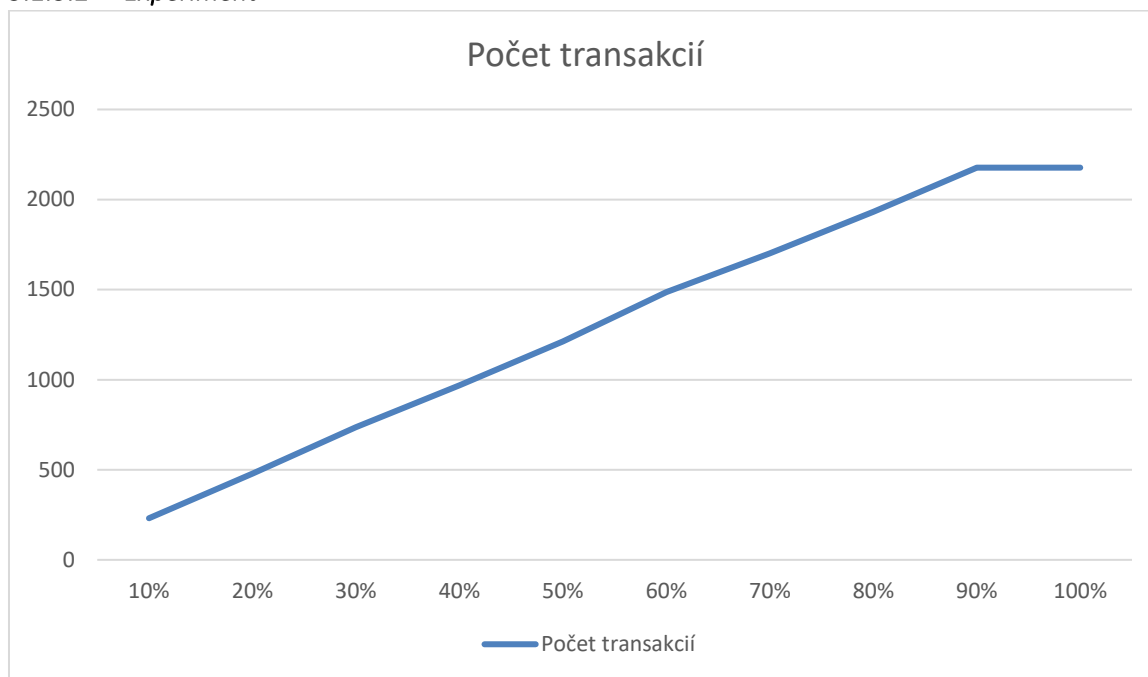
Ako si môžeme všimnúť, pôvodný objem je dosť efektívny, hlavne kvôli obmedzeniu zo strany pece. Napriek tomu je možné uskutočniť optimalizáciu, a to navýšením objemu miesiča o 40kg. V tomto objeme dosiahne miesič svoj maximálny potenciál.

5.1.3 Závislosť medzi počtom prepraviek a počtom transakcií

5.1.3.1 Dôvod experimentu

Zistiť maximálny potenciál systému ak sa zameriame čisto na transakcie.

5.1.3.2 Experiment



5.1.3.3 Záver experimentu

Ako sme si mohli všimnúť, pri dostupnosti prepraviek 90% sa nám zvyšovanie počtu transakcií ustálilo. Vďaka tomu môžeme povedať že optimálne riešenie problému s prepravkami je dokúpiť novú umývaciu stanicu a 10% z nej venovať produktu ktorý je buď rozmerovo menší, alebo len nepotrebuje toľko prepraviek.

6 ZÁVER PRÁCE

Výsledkom tohto projektu je diskretný model výrobného procesu chlebu a jeho nakladania do prepraviek, vytvorený na základe reálnych dát z výrobného prevozu firmy Zelená louka a.s. Model umožňuje nahliadnuť do funkčnosti výrobného procesu, zistiť pojem o závislostiach medzi jeho jednotlivými komponentami, a jeho následného optimalizovania.

Na základe znalostí získaných experimentami s vytvoreným modelom sme boli schopní poukázať na možné budúce vylepšenia výrobnéj linky. Na základe údajov, ktoré máme k dispozícii, však bohužiaľ nedokážeme určiť, čo všetko by takáto optimalizácia pre prevádzkovateľov výroby obnášala. Ale jedno vieme povedať, a to že výsledkom tejto práce je dobrý základ pre potencionálne zhodný model s realitou.

7 REFERENCIE

- [1] VŠE: Procesní řízení v potravinářském podniku, Vít Nohejl, BP, [online], 2014,
[vid. 2023-12-10]. Dostupné z:
https://vskp.vse.cz/60898_procesni_rizeni_vpotravinarskem_podniku

- [2] SIMLIB: dokumentácia knihovne SIMLIB/C++, [online],
[vid. 2023-12-10]. Dostupné z:
<https://www.fit.vutbr.cz/~peringer/SIMLIB/>

- [3] Zelená louka: stránky firmy Zelená louka a.s., [online], [vid. 2023-12-10].
Dostupné z:
<https://www.pekarnazelenalouka.cz/>