

Dokumentace k projektu do předmětu IMS

Průběh roku jednoho včelího úlu

Petr Matyáš <xmatya03@stud.fit.vutbr.cz>

František Koláček <xkolac12@stud.fit.vutbr.cz>

1. Úvod

Úkolem této práce bylo vytvořit systém modelující průběh jednoho roku včelího úlu. Účelem této práce je získat více informací o produkci medu a počtu včel v úlu během roku. Na základě toho modelu jsme provedli několik experimentů, které jsou popsány dále, například jsme experimentovali se vzdáleností potravy a povolením/zakázáním rojení.

1.1. Zdroje informací

Většinu informací jsme čerpali z webových stránek [1]-[4], které najdete v sekci Reference na konci dokumentace. Dále jsme čerpali z knih o včelách [5], také zmíněných v sekci Reference.

1.2. Validita modelu

Validitu modelu jsme kontrolovali při simulacích proti výsledkům, které jsme našli na webu nebo v knihách.

2. Rozbor tématu a použitých metod/technologií

2.1. Data

V modelu jsme použili náhodně generovaná data v rozsazích nalezených na webových stránkách [2]. Mimo to používáme i konstantní hodnoty podle reálných dat [2]. Všechny vstupní data lze upravit v konfiguračním modulu a lze tak snadno měnit vstupní parametry simulace.

2.1.1. Použité hodnoty

- Maximální rychlost létavky je 29 km/h a maximální vzdálenost při cestě za potravou 5 km [11]
- Při jedné cestě létavka donese cca 0.02684 ml medu ($1 \text{ ml} = 1.4 \text{ mg}$) [9]
- Matka klade v jarních měsících 1500 vajíček/den , v letních měsících maximálně 2000 vajíček/den [9]
- Při vypnutém rojení se rodí 99.5% larev dělnic a 0.5% larev trubců [5]
- Při zapnutém rojení se v červenci rodí 1% larev matek [2]
- V závislosti na tuhé zimě se úmrtnost včelstva pohybuje mezi $\frac{1}{5}$ až $\frac{1}{3}$ celkové populace [10]
- Včely v úlu spotřebují 5.86 g medu za den, krmičky 14.9 g medu za den [10]

2.2. Použité nástroje

Pro naprogramování modelu jsme použili jazyk C++ a knihovnu SIMLIB. Jazyk C++ je sice jeden z rychlejších jazyků pro zpracování dat, ale použití jazyku Perl5 by program značně zrychlilo [6]. K interpretování výsledků a vytvoření grafů jsme použili jazyky PHP a Javascript.

2.3. Původ použitých metod/technologií

2.3.1. Petriho síť

Jsou to orientované grafy, které obsahují místa, přechody a hrany. Poprvé byly formálně definovány v roce 1962 Carlem Adamem Petrim. [7]

2.3.2. SIMLIB

Simulační knihovna pro programovací jazyk C++. Autorem je Dr. Ing. Petr Peringer a další lidé z FIT VUT. [8]

3. Koncepce

3.1. Popis konceptuálního modelu

Hlavní jednotkou modelu je med, který včely dělnice produkují/nosí a všechny včely v úlu je konzumují. Při vytváření modelu jsme brali v úvahu různá fakta týkající se života včela a jejich činnosti. Některá fakta jsme shledali nutnými implementovat a zohledňovat v modelu (jmenovitě například počty kladených vajíček matkou, poměr všech rolí v úlu, množství přineseného medu při jednom letu apod.) a některá naopak naprosto zanedbat, protože přímo neovlivňují náš hlavní cíl a to sledovat produkci medu a schopnost přežití včelstva.

Při simulaci také uvažujeme následující zjednodušení:

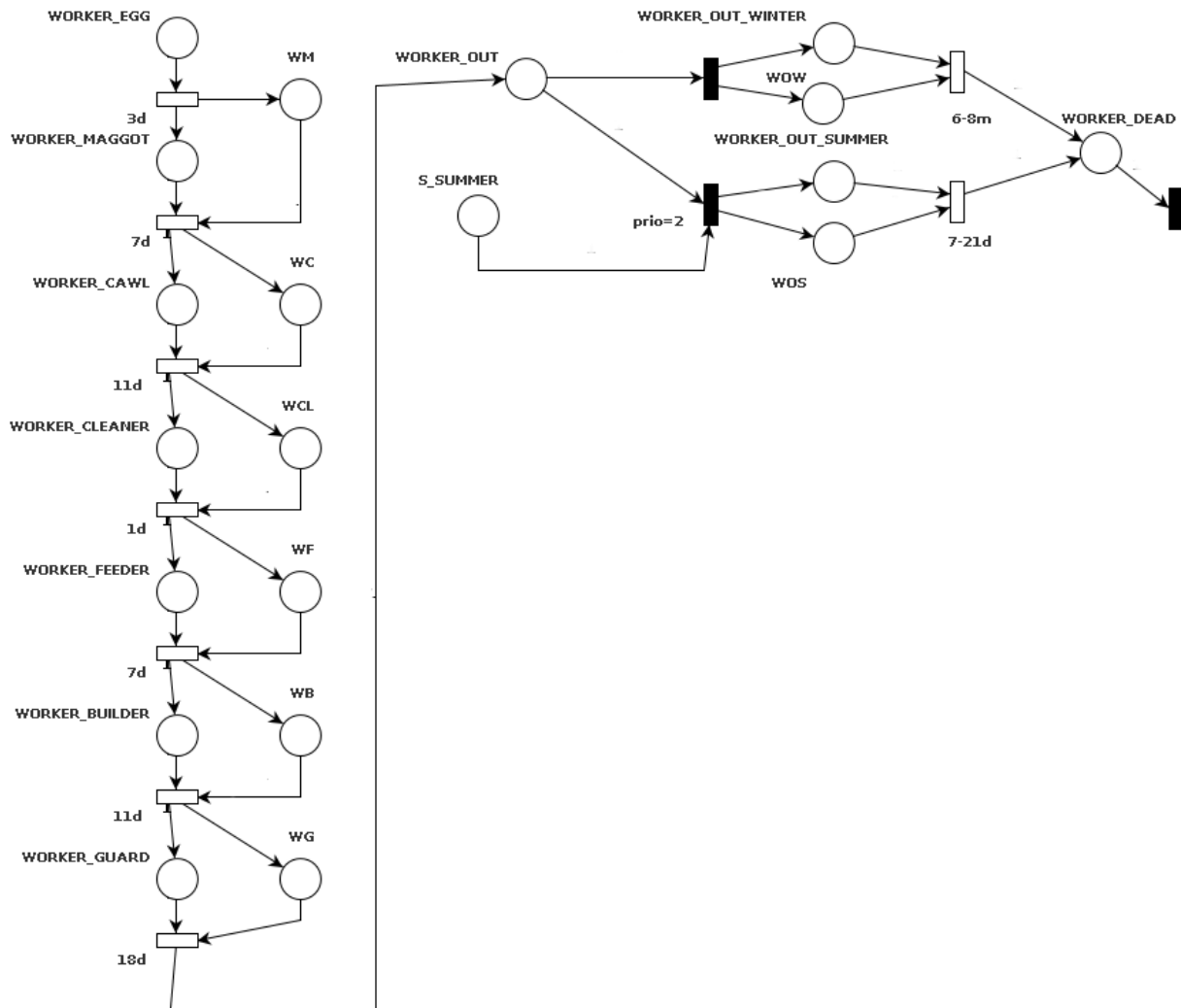
- Každý měsíc má 30 dní
- Jako simulační čas (krok simulace) je použita jedna hodina
- Den začíná ve 4:00 ráno a končí v 20:00 večer
- Včely jsou aktivní v měsících Březen - Říjen
- Přechod mezi rolemi včel se projevuje vždy na začátku dne
- Včely se krmí pouze jednou za den a to hned ráno
- Ze všech včel se krmí pouze stavitelky, ochránkyně a samotné krmičky
- Létavky se v letním období krmí při sběru nektaru (mimo úl) a v zimním období ze zásob shromážděnými v úle
- Zbytek včel / rolí je buďto v rámci zjednodušení krmen krmičkami a nebo není krmen vůbec
- Matka klade vajíčka s možností vylíhnutí královny jen pokud není rojení zabráněno a v opačném případě klade jen vajíčka, ze kterých se rodí dělnice a trubci

Jako vstup pro naši simulaci používáme koeficienty pro úhyn včel v zimním období (procentuální vyjádření), množství medu při startu experimentu, počet jednotlivých včel (rolí), dostupnost potravy (reprezentováno vzdáleností nutnou urazit pro nasbírání potravy) a také možnost simulovat včelařovu snahu zabránit rojení.

Výstupními hodnotami simulace jsou informace o vyprodukovaném a zkonsumovaném množství medu a také počty včel rozdělené dle rolí.

3.1.1. Dělnice

Každé vejce včely dělnice postupně prochází rolemi vajíčko, larva, kukla, čistička, krmička, stavitel, obránce a sběrač. Přejít do další role určuje stáří včely. Dokud není včela v roli sběrače není potřeba, pro naše potřeby, aby dělala cokoli kromě konzumace medu. Sběračky přežijí podle ročního období, pokud je zima, žijí náhodně mezi 6-ti až 8-mi měsíci. Pokud je léto, přežijí náhodně 7 až 21 dní. [2]



3.1.1 Životní cyklus včely dělnice zobrazený pomocí Petriho sítě. [7]

3.1.2. Matka

Prochází rolemi vajíčko, larva, kukla, připravená na páření, neoplozená matka, oplozená matka. Matek se může vyvíjet několik, ale pouze 1 se vyvine z kukly do matky připravené k páření, ostatní jsou usmrceny. Pokud se matce nepodaří spářit s trubci, klade pouze vajíčka, ze kterých se mohou vylíhnout pouze trubci (úl je tedy odsouzen k záhubě). Matka umírá v rozmezí 2 - 3 let.

3.1.3. Trubec

Prochází rolemi vajíčko, larva, kukla, trubec a trubec připravený na páření. Trubec se postupně vyvíjí v závislosti na jeho stáří. Pokud je připraven oploďuje matku aby mohla klást dělnice. V případě úspěšného oplození okamžitě umírá.

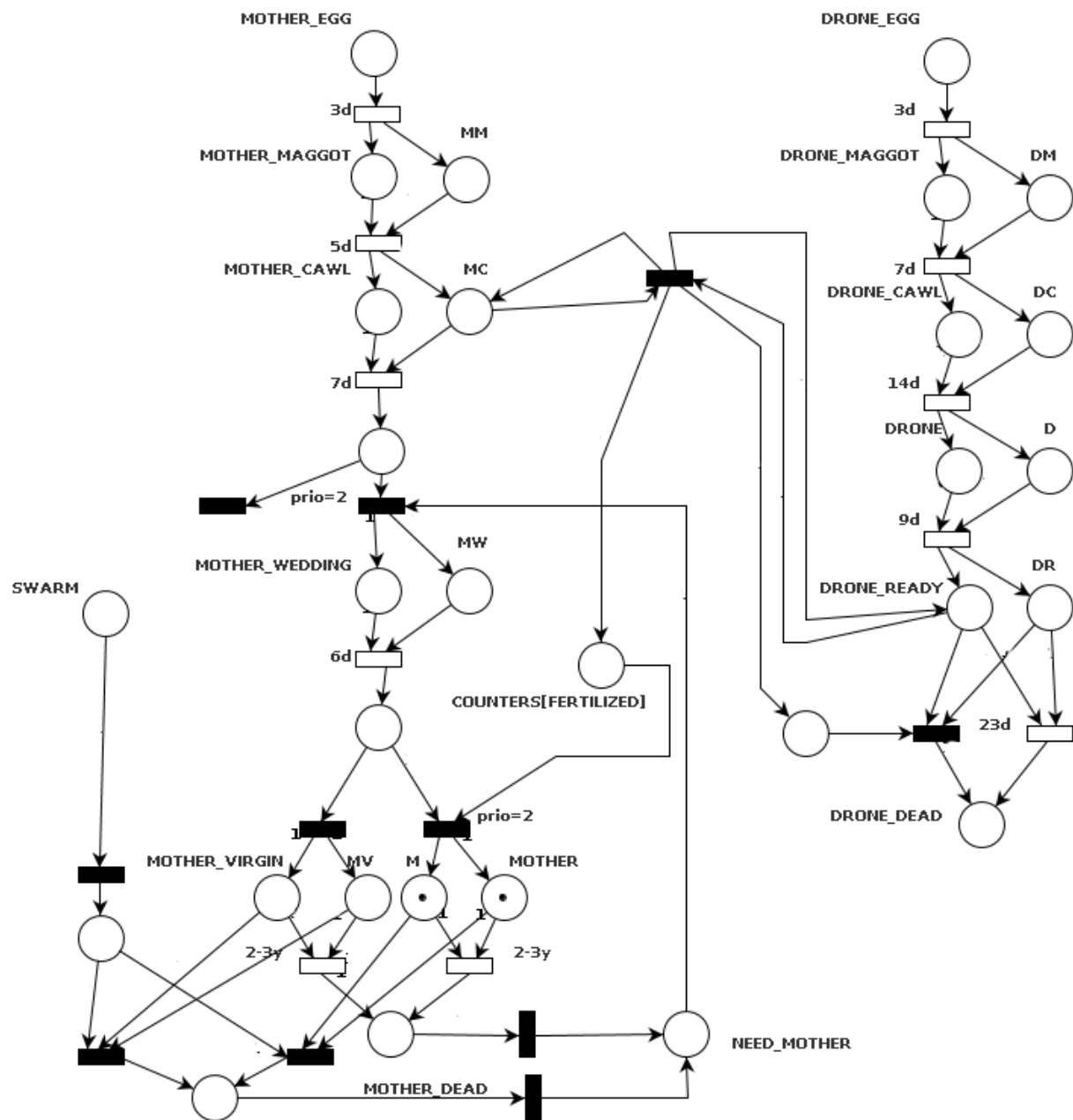
3.1.4. Průběh jednoho dne

Den začíná dle nastavení v konfiguračním modulu 4 hodinou ránní a konec dne je stanoven na 20. hodinu večerní. Den je simulován s časovým krokem 1 hodina. Med konzumují vybrané včely (viz výše) každý den první ránní hodinu a tato konzumace probíhá pouze jednou za den. Včela si také kontroluje pravidelně kontroluje své stáří (v létě přes den každou hodinu, v létě v noci každé 4 hodiny a v zimě jednou za den), zda-li je dostatečně stará na další vývoj (změnu role). Doba potřebná pro přechod mezi rolemi pro každou včelu je znázorněna v Petriho sítích 3.1.1 a 3.1.2.

3.1.5. Rojení

Při povoleném rojení matka klade i vajíčka, ze kterých se vylíhne další královna.

Při narození další (maximálně jedné) královny opouští původní matka úl s půlkou aktuální populace včel (uklizečky, krmičky, stavitelky, obránkyně a létavky).

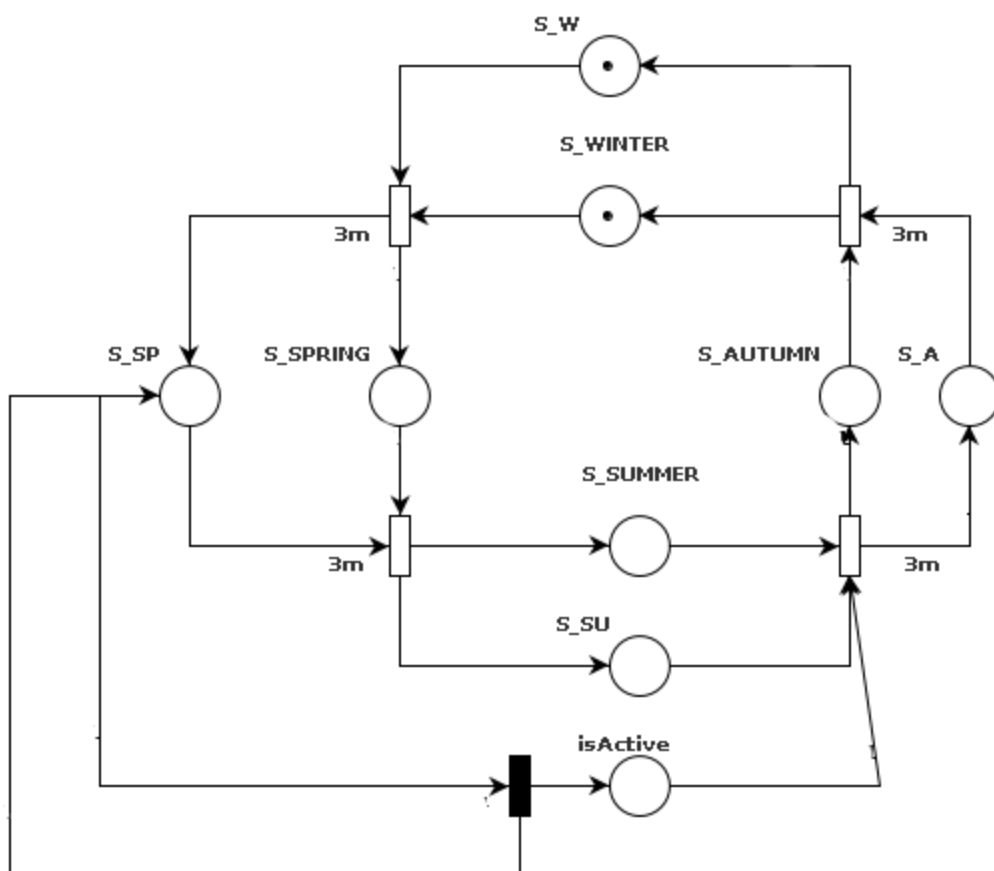


3.1.2. Životní cyklus matky a trubce zobrazený pomocí Petriho sítě. [7]

3.2. Implementace

3.2.1. Scheduler

Třída Scheduler (založena na třídě Event) je nádstavbou nad plánovačem knihovny SIMLIB. Určuje roční období, každých 6 měsíců změni stav v `isActive`, který určuje jestli se rodí zimní nebo letní včely a jestli dělnice sbírají med. Tato třída také má na starosti vypisování statistik za každý měsíc s informacemi o nasbíraném a spotřebovaném medu a počtu včel.



3.2.2. Bee

Třída Bee (založeno na třídě Process) reprezentuje všechny včely v úlu. Na základě vnitřního atributu `role` je v metodě `behavior()` rozlišováno, kterými kroky včela projde a co během dne/hodiny vykoná. Pomocná metoda `eat()` simuluje krmení včel a metoda `selectRole()` simuluje střídání rolí během života včely.

4. Architektura simulačního modelu

Simulátor je rozdělen do 4 modulů, hlavní (main.cc) volá postupně moduly s logikou, které používají hodnoty nastavené v konfiguračním modulu (config.cc a config.h).

Časování a tisk statistik jsou umístěné v modulu Scheduler (scheduler.cc a scheduler.h), kde se zjišťuje jaký je aktuálně měsíc a den a jaké je roční období. Každý měsíc se vytisknou počty včel, kolik medu vyprodukovali a spotřebovali a kolik bylo nakladeno vajíček.

Většina logiky je ale v modulu Bee (bee.cc a bee.h), kde se nastavuje role včely a její věk. Role včely (dělnice, trubec, matka) se určí pro jednotlivá vajíčka při jejich vytvoření. Tato vajíčka se podle věku vyvíjí dále. Pro všechny včely se jednou denně nastaví, že jsou hladové a spustí se jejich krmení. Také se ověřuje, zda-li je dostatek medu v zásobě a pokud není, včela zemře.

Pro včely dělnice, které sbírají med, se počítá šance, že jsou náhodně zabity. Pokud let pro nektar přežijí, určí se rychlost s jakou letí a tím i doba letu. Vypočítá se, kolik těchto letu je včela schopna zvládnout během hodiny a nakonec se přičte donesený med do zásoby v úlu.

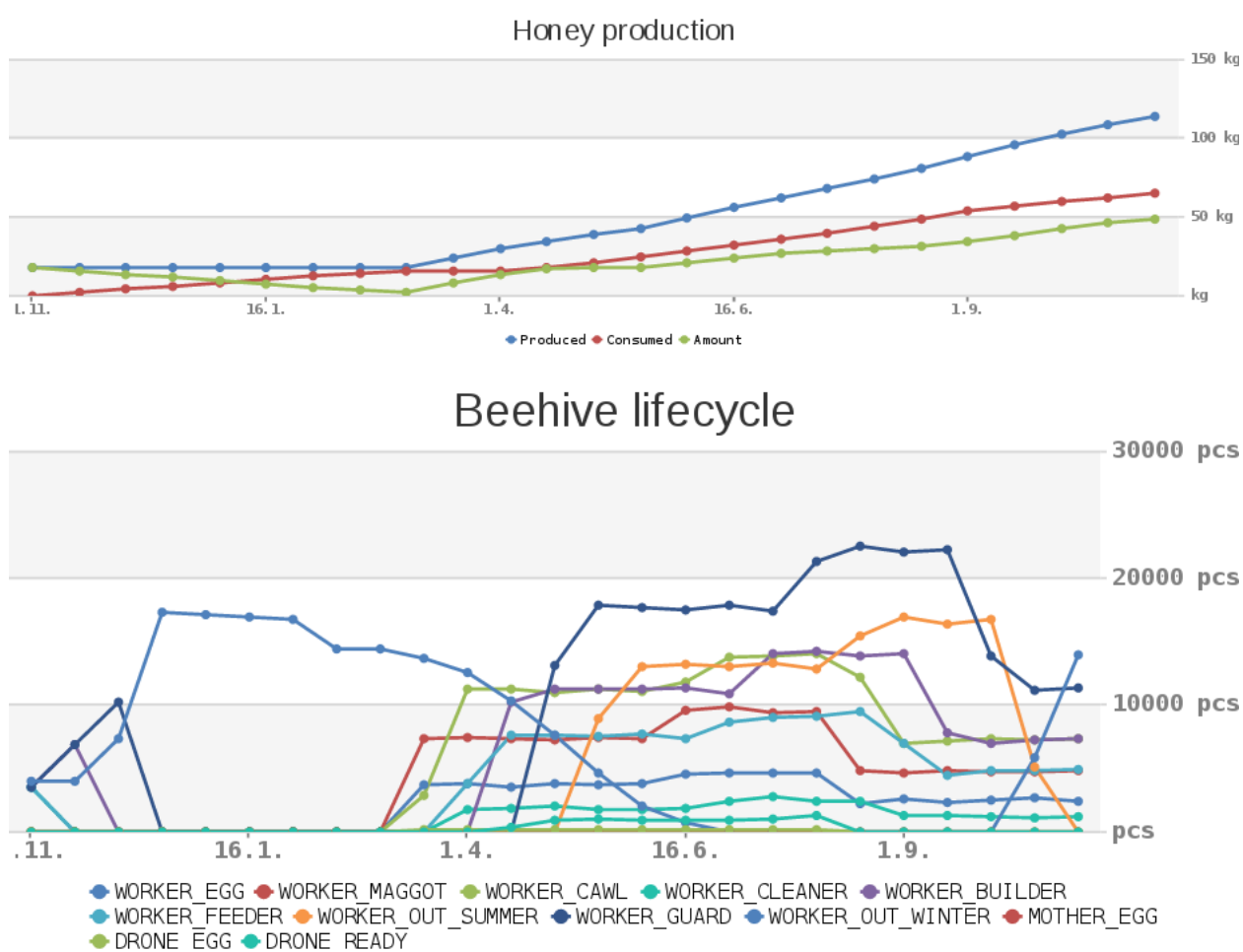
Matka naklade náhodný počet vajíček, upravený v závislosti na měsíci, nejvíce vajíček denně naklade od června do srpna. Pokud není matka oplodněná, klade pouze trubce a pokud ano, klade 5% trubců a 95% dělnic [1]. Pokud je povoleno rojení, je šance 1%, že se vytvoří vajíčko s matkou [4].

5. Podstata simulačních experimentů a jejich průběh

5.1. Rojení vypnuto, potrava je blízko, mírná zima

Včelař je pečlivý a zabráni rojení (rojení vypnuto), potrava je blízko (radius 0.5 km), mírná zima (úmrtnost 20%), vstupní med 18kg, začátek simulace 1. listopadu, vstupní počet včel (uklizečky, krmičky, stavitelky a obránkyně: 3500; sběračky: 4000).

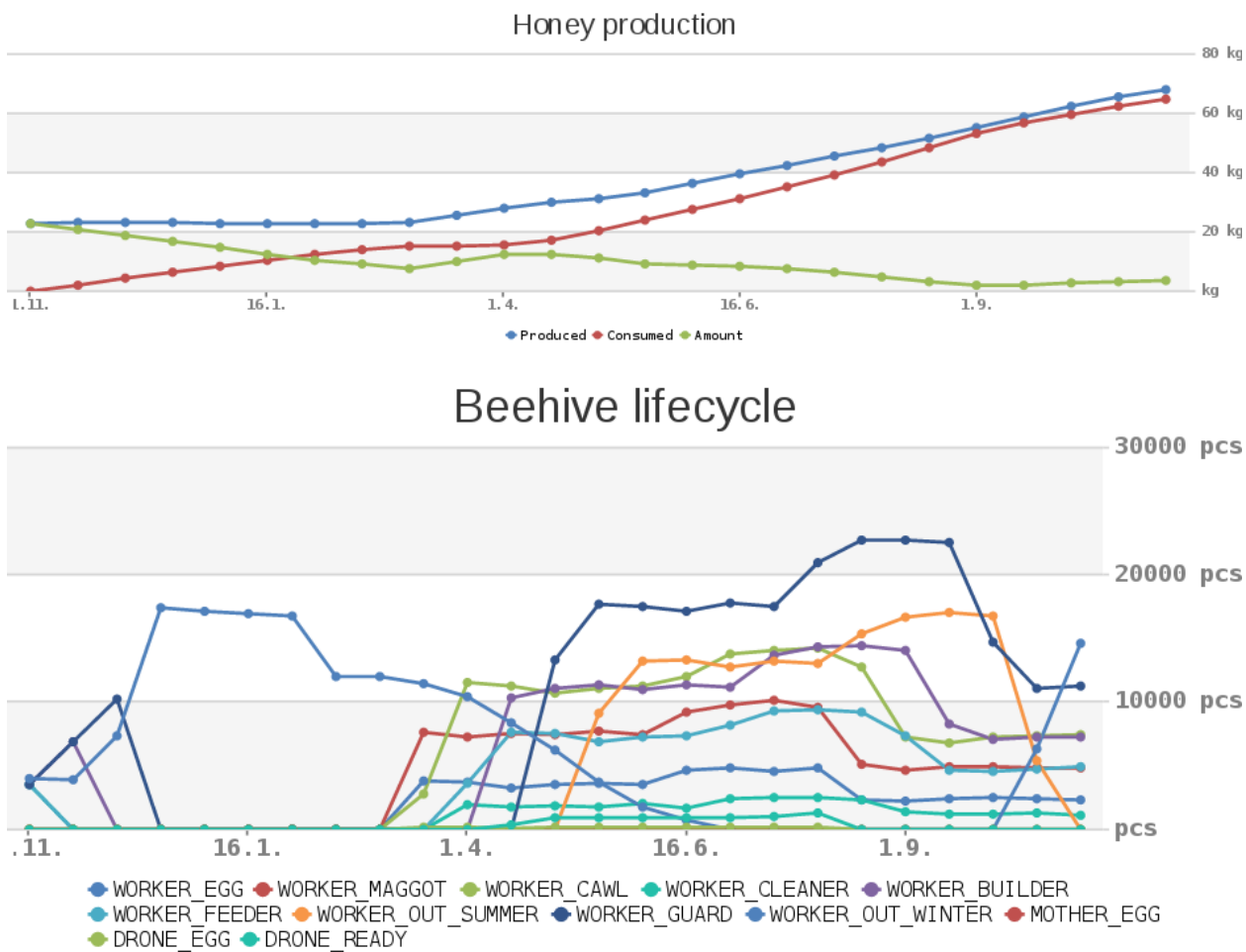
Výsledek: spotřeba medu: 65.1kg (consumed), produkce medu: 49.0kg (amount), počet včel na konci simulace: 33883, populace je schopna přežít další rok.



5.2. Rojení vypnuto, potrava je daleko, krutá zima

Včelař je pečlivý (rojení vypnuto), krutá zima (úmrtnost 33%), potrava daleko (radius 1.0km), přikrmováno na zimu, vstupní med 23kg, vstupní počet včel (uklizečky, krmičky, stavitelky a obránkyně: 3500; sběračky: 4000).

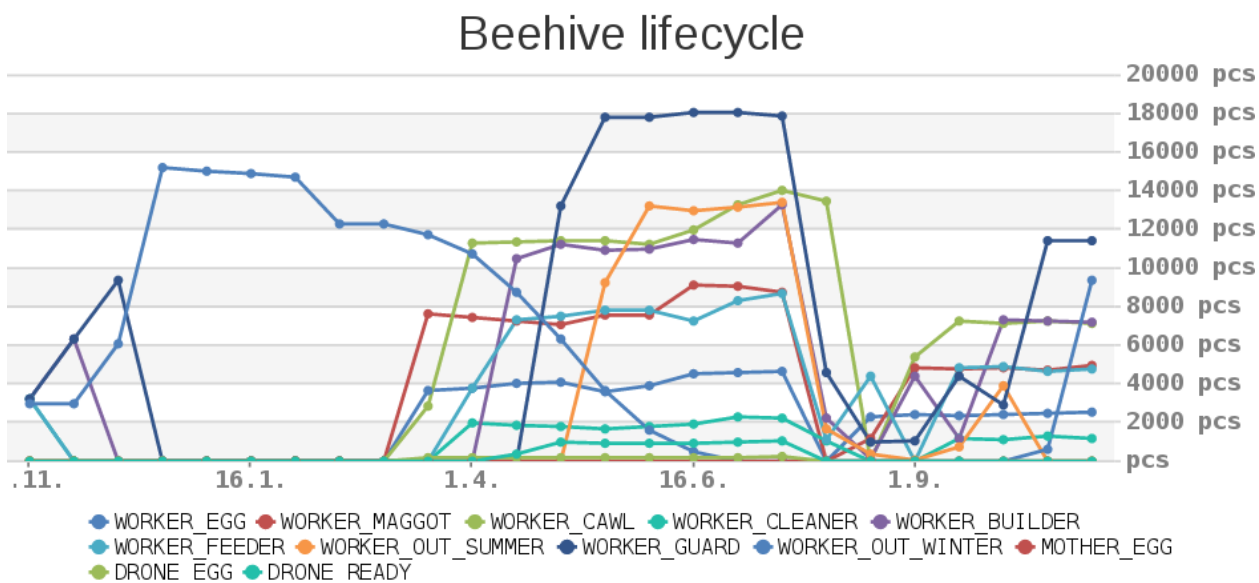
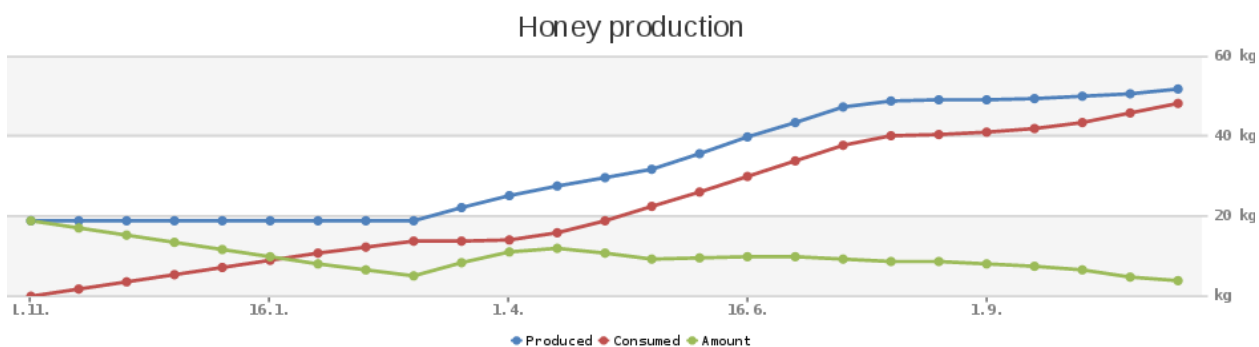
Výsledek: spotřeba medu: 64.6kg (consumed), produkce: 3.53kg (amount), počet včel na konci: 39265, včelstvo nepřežije bez přikrmování.



5.3. Rojení zapnuto, potrava je daleko, mírná zima

Rojení zapnuto, potrava je daleko (1km), průměrně mírná zima (úmrtnost 22%), počáteční stav včel (uklizečky, krmičky, stavitelky, ochránkyně: 3200; létavky: 3000), počáteční stav medu 19kg.

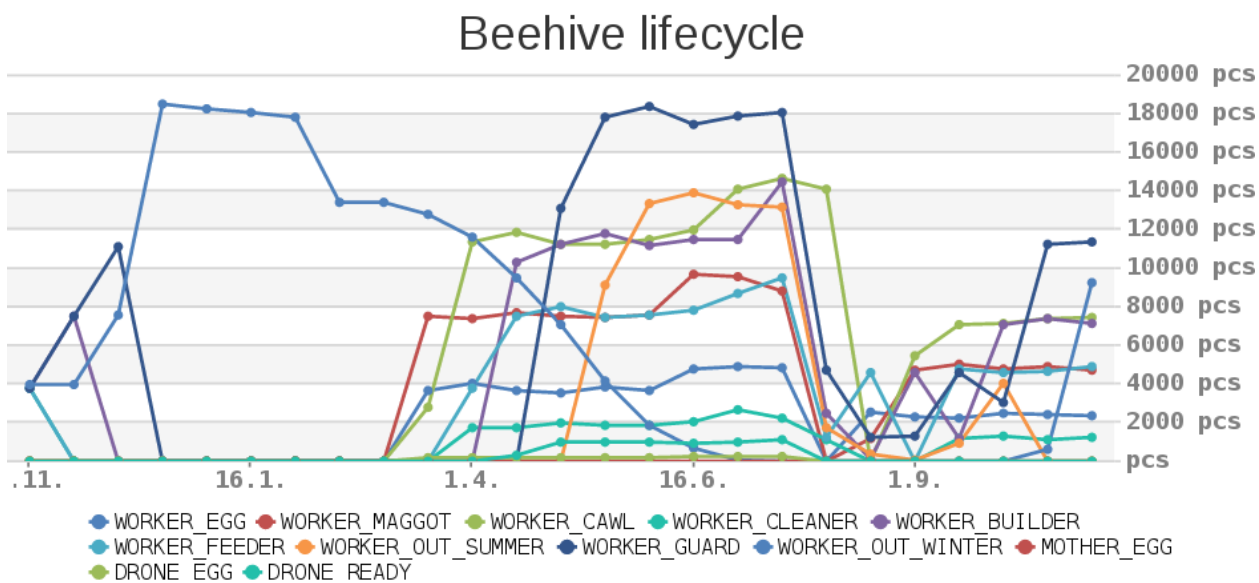
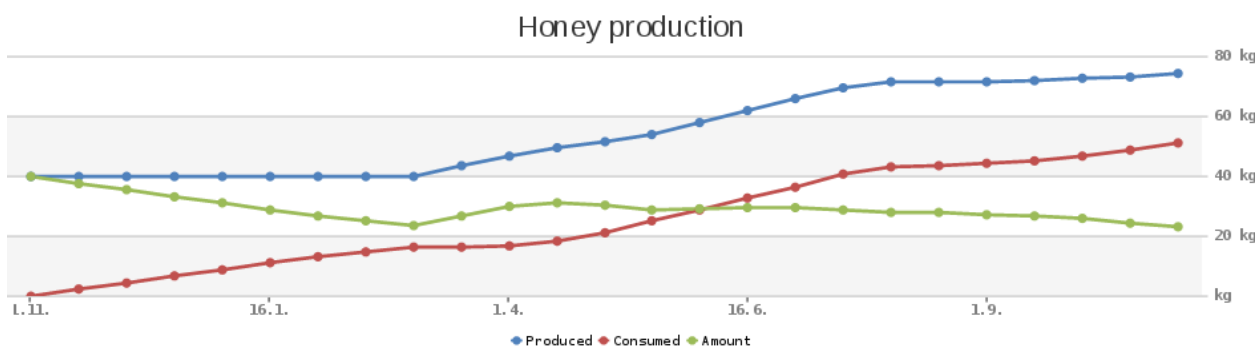
Výsledek: zkonzumováno medu: 48.1kg (consumed), vyrobeno na konci medu: 3.8kg (amount), počet včel na konci experimentu 33976, včelstvo nepřežije bez příkrmování.



5.4. Rojení zapnuto, potrava je středně daleko, tuhá zima

Rojení zapnuto, potrava je středně daleko (0.8km), tuhá zima (úmrtnost 30%), počáteční stav včel (uklizečky, krmičky, stavitelky, ochránkyně: 3800; létavky: 4000), počáteční stav medu 40kg.

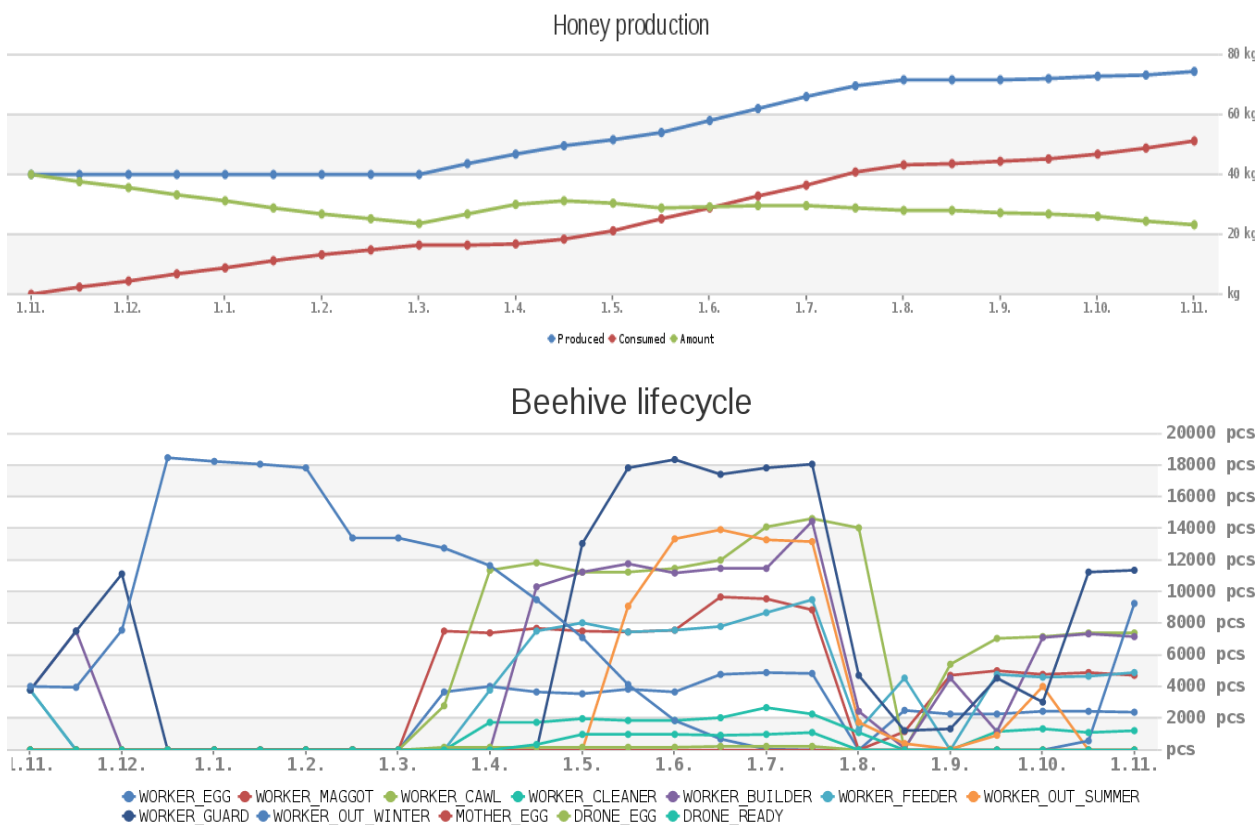
Výsledek: zkonzumováno medu: 51.3kg (consumed), vyrobeno na konci medu: 23.2kg (amount), počet včel na konci experimentu 33898, populace je schopna přežít další rok.



5.5. Rojení zapnuto, potrava je velice blízko, mírná zima

Rojení povoleno, mírná zima (úmrtnost 20%), zásoba medu 20kg, počet včel (uklizečky, krmičky, stavitelky, ochránkyň: 3200; létavky: 4000), potrava je velice blízko (0.3km).

Výsledek: zkonzumováno medu: 52.4kg (consumed), vyrobeno na konci medu: 22.3kg (amount), počet včel na konci 34497, populace je schopna přežít další rok.



6. Shrnutí simulačních experimentů a závěr

Podle experimentů jsme zjistili, že systém je velmi křehký a velmi ho ovlivňuje vzdálenost potravy od úlu. Další věcí, která má velký vliv je péče včelaře, jestli včelstvo dokrmuje přes zimu nebo ne. Pro přežití úlu přes zimu je potřeba aby zbylo alespoň 15-18kg medu [3], což splňují pouze experimenty 1, 4 a 5.

Z experimentů také vyplývá, že je výhodnější mít úly rozložené na větší ploše nebo kdekoli je hodně rostlin a tedy i potravy pro včely. Experimenty taktéž potvrzují, že rojení je nežádoucí vliv (aspoň co se týče produkce medu) a proto se mu snaží včelaři ve většině případů zabránit. Z experimentů je taktéž patrné, že silné včelstvo při dostatku medu (dokrmování před zimou) je schopno přežít i relativně krutou zimu, kdy zemře až $\frac{1}{3}$ celkové populace.

7. Reference

- [1] http://www.vcelarstvi.cz/files/bez_medu_to_nejde_2013/bmtn-text.pdf
- [2] http://vcely.euweb.cz/Central_O_vcelach.htm
- [3] <http://www.mojevcely.eu/>
- [4] www.domaci-vcelarstvi.cz
- [5] VESELÝ Vladimír a kolektiv: Včelařství, Praha: Brázda, 2003, ISBN 80-209-0320-8
- [6] <http://raid6.com.au/~onlyjob/posts/arena/>
- [7] <http://www.informatik.uni-hamburg.de/TGI/PetriNets/>
- [8] <http://www.fit.vutbr.cz/~peringer/SIMLIB/>
- [9] <http://www.vcelky.cz/matematika.htm>
- [10] http://www.psnv.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=59&Itemid=67
- [11] <http://vcelarstvi-chmelovi.webnode.cz/o-vcelkach/>