

Modelování a simulace

# **Vplyv rôznych vládných opatrení na prevádzku hotelových zariadení**

**Varianta: Ekonomika v době lockdownu a zotavení  
ekonomiky**

Emma Krompaščíková (xkromp00)

Samuel Oleksák (xoleks00)

Akademický rok: 2021/22

# 1 Úvod

V tejto práci skúmame vplyv rôznych vládnych opatrení proti šíreniu COVID-19 na cestovný ruch a to konkrétne na prevádzku hotelových zariadení, keďže cestovný ruch bol jeden z najviac COVID-om zasiahnutých odvetví ekonomiky. Samozrejme, česká vláda dopredu nevedela vážnosť pandémie a my projekt robíme s dostupnými informáciami za posledné dva roky, a teda chceme zistiť, aké dôležité bolo (a potenciálne v budúcnosti bude) čo najskôr preskúmať riziko spojené s pandemiou a zvoliť správne opatrenia, aby sa zbytočne finančne nezruinovali podniky.

## 1.1 Autori a významné zdroje

Autormi projektu sú Emma Krompaščíková a Samuel Oleksák, študenti Fakulty informatiky Vysokého učení technického v Brne<sup>1</sup>.

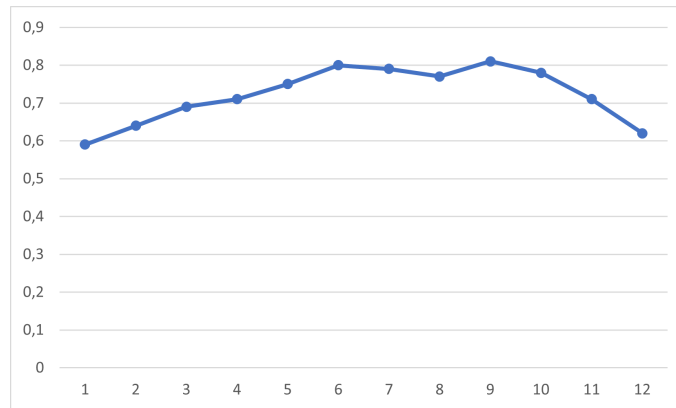
Štatistiky o COVID-19 sú získané z Github repozitára vedeckej publikácie *Our World in Data* [7]. Vládne opatrenia v Českej republike pre hotely v rôznych obdobiach počas rokov 2020 a 2021 boli extrahované z uznesení vlády Českej republiky [6, 5]. Celý súhrn opatrení týkajúcich sa hotelov je dostupný v priloženom súbore `priloha.pdf`.

## 1.2 Overenie validity modelu

Validitu modelu [strany 7, 37, 9] sme overili porovnaním výsledkov simulácie [strany 8, 33, 9] k očakávaným výsledkom za rok 2018. Experimenty sme vykonávali na trojhviezdičkovom hoteli zdokumentovanom v [10], ktorý má kapacitu 26 ľudí a priemernú cenu za osobu a noc 700 CZK, pri tvorbe modelu sme brali do úvahy iba náklady a výnosy z ubytovacej časti, reštauračnú sme do úvahy nebrali. Pred experimentovaním s modelom sme najprv spustili simuláciu pre rok 2018 (bez opatrení), pre ktorý reálny výnos bol dopredu známy z [11] - percentuálny podiel nákladov na ubytovacie časti bol 4,6% z celkovej sumy nákladov za rok 2018 (390 000 CZK), a podiel na ziskoch 8,2% (1 950 000 CZK), čo činí zisk 1 560 000 CZK za rok 2018 z ubytovacej časti hotela. Výsledok simulácie je v súbore `test1.dat`. Experimentom sme dostali podobný výsledok a to 1 180 000 CZK. Pre potreby simulácie predpokladáme, že ak by nenastala pandémia, záujem o ubytovanie v roku 2018, 2019, 2020 a 2021 bol podobný.

---

<sup>1</sup><https://www.fit.vut.cz/>

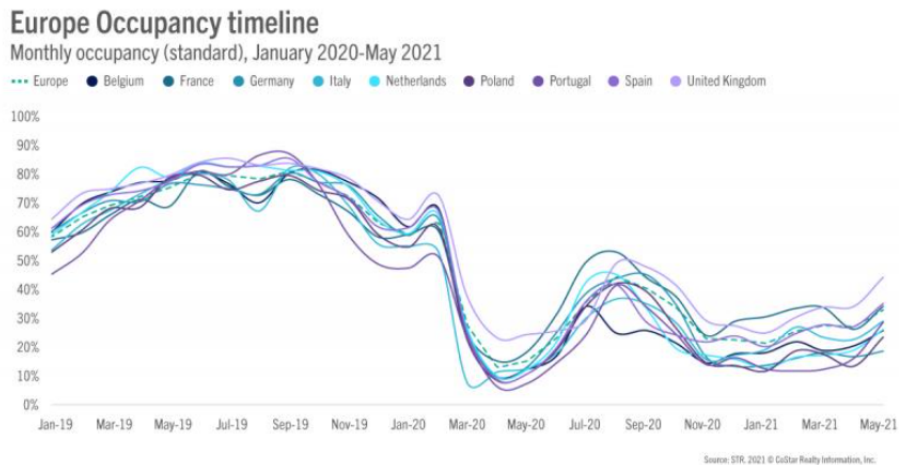


Obr. 1: Obsadenosť hotelov pre každý mesiac v roku 2019 - pred pandémiou[8]

Dáta o počte nakazených a zaočkovaných a reálne opatrenie v ČR sme získavali z dôveryhodných zdrojov (OWID, uznesenia vlády ČR). A taktiež dáta o modelovanom hoteli sme získali z diplomovej práce.

## 2 Rozbor témy a použitých metod

Cestovný ruch je celosvetovo jedným z najdôležitejších ekonomických sektorov. Zamestnáva každého desiateho človeka na svete, posilňuje ekonomiky a umožňuje krajinám prosperovať. Preto bolo také bolestivé vidieť, ako bol cestovný ruch zdevastovaný pandémiou COVID-19. Za prvých päť mesiacov tohto roka sa počet medzinárodných turistov znížil o viac ako polovicu a došlo k strate približne 320 miliárd dolárov na exporte z cestovného ruchu. Celkovo je celosvetovo ohrozených približne 120 miliónov priamych pracovných miest v cestovnom ruchu [1].



Obr. 2: Obsadenosť hotelov v období január 2020 - máj 2021 [8]

## 2.1 Popis použitých postupov pri vytváraní modelu

Systém hotelu modelujeme ako diskretný systém [strana 119, 9], pričom jeden krok systému reprezentuje jeden deň prevádzky. Keďže nás zaujíma iba koľko ľudí, ktorý deň príde alebo odíde, stačí nám modelovať súhrnne jeden deň ako jednu udalosť, počas ktorej sa aplikujú nové opatrenia na základe COVID-19 štatistík; hostia, ktorí dokončili pobyt odídu, noví hostia prídu (nezáleží nám v akom presnom čase prišli), do rozpočtu sa pripíšu peniaze zaplatené novými hosťami a odrátajú sa peniaze za prevádzku hotela na jeden deň.

Na simuláciu využívame knižnicu *SIMLIB*, z ktorej využívame predovšetkým triedu *Sampler* na periodické volanie udalostí, generovanie náhodných čísel podľa typických rozdelení [strana 87, 9] (*Uniform*, *Normal*, ...) a triedu *TStat* na sledovanie hodnôt premenných v čase. Na generovanie spustiteľných súborov používame nástroj *GNU Make*<sup>2</sup>. Tabuľkové dáta vstupujúce do simulácie sú uložené v súbore formátu CSV.

## 2.2 Popis pôvodu použitých metód a technológií

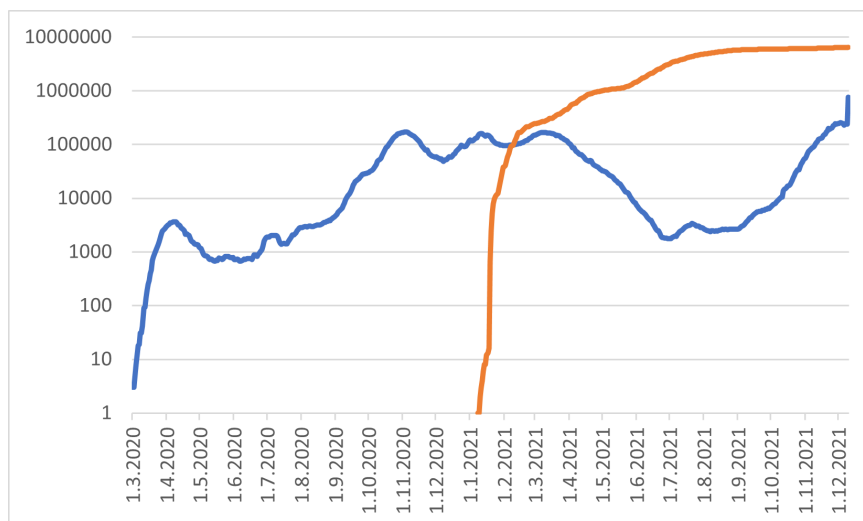
Pri modelovaní využívame znalosti z [9], knižnica *SIMLIB* je voľne dostupná<sup>3</sup> pod licenciou GNU LGPL<sup>4</sup>, pri práci so *SIMLIB-om* používame dokumentáciu ku

<sup>2</sup><https://www.gnu.org/software/make/>

<sup>3</sup><https://www.fit.vutbr.cz/~peringer/SIMLIB/>

<sup>4</sup><https://www.gnu.org/licenses/lgpl-3.0.html>

knižnici[3]. V archíve priložené C++ zdrojové súbory slúžiace na simuláciu boli vytvorené nami. Reálne opatrenia v ČR počas 2020 a 2021 pri experimentoch, ktoré ich využívajú získavame z uznesení vlády ČR, agregovaných v [6, 5]. Pri experimentoch, ktoré využívajú hypotetické opatrenia vychádzame z historických COVID-19 štatistík z [7]. Konkrétne veličiny pre dané hotely získavame z [10].



Obr. 3: Počet vtedy nakazených (14 dní od nakazenia) COVID-19 (modrá farba), kumulatívny počet plne zaočkovaných (červená farba) [7]

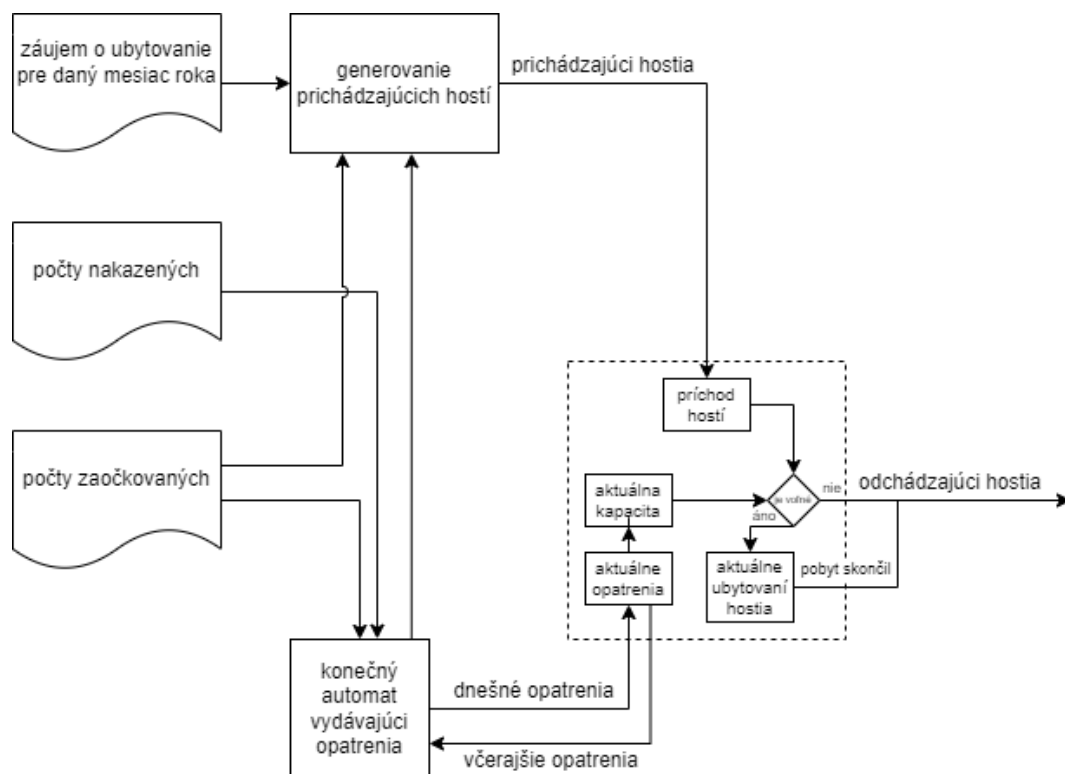
## 3 Konceptia

### 3.1 Popis konceptuálneho modelu

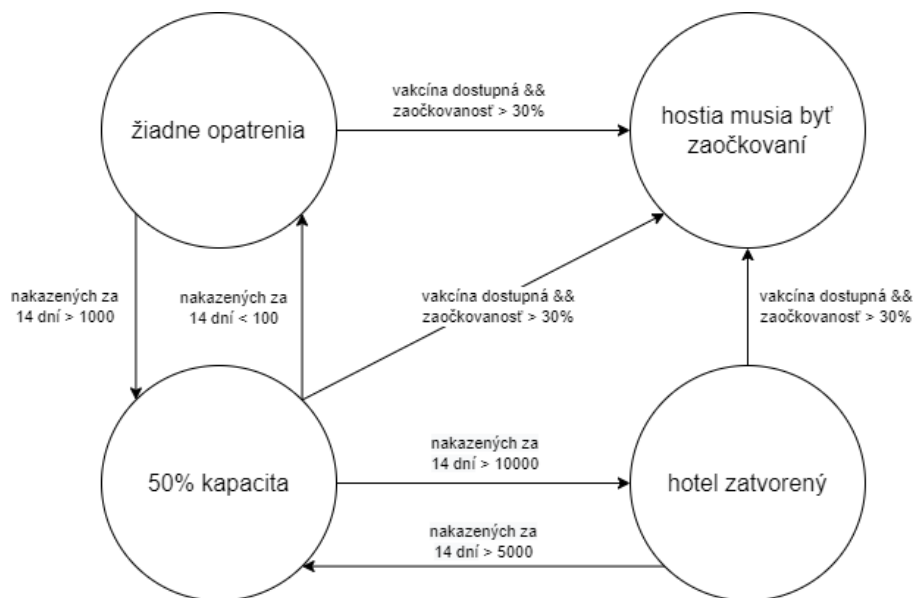
Projekt sa zaoberá prevádzkou hotelových zariadení mimo a počas pandémie COVID-19 a skúma vplyv rôznych opatrení na obsadenosť hotela a výnosy. Prevádzka hotela je diskretizovaná, pričom jeden krok simulácie zodpovedá jednému dňu prevádzky. Každý krok vyhodnotí počet odchádzajúcich a prichádzajúcich hostí, zisky a náklady hotela za daný deň. Tieto faktory sú ovplyvňované aktuálne platnými opatreniami na daný deň. Opatrenia sú modelované ako konečný automat, pričom jeho stavy reprezentujú súbor opatrení (napr. *hotely musia byť zatvorené* alebo *hostia musia byť očkovaní*) a prechody môžu byť realizované ubehnutím fixného počtu dní, aktuálnym počtom nakazených ai. Pri hypotetických opatreniach je implementovaná hysterezia (napr. vyše 10000 nakazených na zatvorenie, ale menej ako 5000 na otvorenie), aby sa opatrenia nemenili príliš rýchlo.

Pre jednoduchosť si hostia pobyt v hoteli nerezervujú dopredu, ale izbu obsadia až po ich príchode do hotelu. Taktiež sme za maximálnu dĺžku pobytu zvolili 14 dní. Hlavnú premennú, ktorú budeme v čase pri simulácii sledovať je peňažný zostatok daného hotelu.

### 3.2 Forma konceptuálneho modelu



Obr. 4: Schéma modelu hotelu



Obr. 5: Príklad konečného automatu modelujúceho opatrenia

## 4 Architektúra simulačného modelu

Simulačný model je implementovaný programom v jazyku C++ s pomocou knižnice *SIMLIB*. Jeden simulačný krok zodpovedá jednému dňu prevádzky hotelového zariadenia.

### 4.1 Mapovanie abstraktného modelu na simulačný

Každý krok simulačného modelu reprezentuje jeden deň fungovania hotelového zariadenia. Periodickú invokáciu funkcie `HotelDay`, ktorá reprezentuje hotelový deň, zabezpečuje trieda `Sampler`. Jeden beh funkcie `HotelDay` zahŕňa niekoľko krokov:

- **kontrola bankrotu** - kontroluje sa, či rozpočet hotelu neklesol pod hranicu bankrotu, čím by hotel skrachoval;
- **načítanie štatistík o COVID-19** - z CSV súborov sa pre daný deň načítajú štatistiky a počet nakazených a zaočkovaných;
- **aktualizovanie opatrení** - konečnému automatu reprezentujúcemu aktuálne opatrenia sa pošlú dnešné štatistiky a on vyhodnotí aké opatrenia daný deň budú platiť;

- **simulácia odchodu hostí** - hostia, ktorí daný deň majú odísť uvoľnia kapacitu,
- **simulácia príchodu nových hostí** - každý deň sa vygeneruje niekoľko skupín s niekoľkými ľuďmi, ktorí majú záujem sa ubytovať v hoteli, ak im to kapacita a opatrenia dovoľia;
- **vyrátanie ziskov a strát** - za daný deň sa z rozpočtu odrátajú straty a prirátajú zisky hotela;
- **aktualizácia štatistík.**

## 4.2 Spustenie simulačného programu

Program sa skompiluje príkazom `make`. Príklad s ukázkovými argumentami je spustiteľný príkazom `make run`. Spustením programu s prepínačom `-h` zobrazí nápovedu k programu.

Spustenie programu:

```
./hotel [-c <kapacita>] [-p <cena>] [-b <suma>] [-e <suma>] [-d <dni>] [-g
<suma>] [-o <súbor>] [-f]
-c kapacita hotela (maximálny počet hostí)
-p priemerná cena na host'a na noc
-b výška dlhu vedúca k bankrotu
-e denné náklady na prevádzku hotela
-d počet dní, ktoré sa majú simulovať od 1. marca 2020 (pri použití prepínača
-f je začiatočný dátum irelevantný)
-g denné náklady na jedného host'a
-o súbor na výstup simulácie (existujúci súbor bude prepísaný)
-f spustiť simuláciu bez nariadení (simulovanie obdobia pred COVID-19)
```

Všetky prepínače sú voliteľné, pri vynechaní sa použije predvolená hodnota.

## 4.3 Načítanie dát

Počet osôb nakazených COVID-19 a plne zaočkovaných proti nemu je pre každý deň od 1. marca 2020 do 9. decembra 2021 uložený v súboroch `infected.csv` a `vaccinated.csv`, odkiaľ sa pre každý deň simulácie načítavajú dáta (získané z [7]).

## 4.4 Definícia opatrení

Simulačný model rozpoznáva 5 druhov opatrení:



- `NO_RESTRICTIONS` - ubytovanie nie je obmedzené,
- `HALF_CAPACITY` - ubytovanie je obmedzené na polovicu kapacity (práve ubytovaní dokončia pobyt),
- `IMMUNIZATION_REQUIRED` - ubytovať sa môžu iba plne zaočkované osoby alebo osoby, ktoré prekonali COVID-19, kapacita nie je obmedzená,
- `HALF_CAPACITY_IMMUNIZATION_REQUIRED` - ubytovať sa môžu iba plne zaočkované osoby alebo osoby, ktoré prekonali COVID-19 a kapacita je obmedzená na polovicu,
- `CLOSED` - ubytovanie nie je možné (práve ubytovaní nad kapacitu dokončia pobyt).

Každý súbor opatrení je definovaný konečným automatom definovaným v jazyku C++ ako funkcia so signatúrou:

```
restriction applyRestrictions(restriction currentRestriction,
int newInfectedCount, int currentInfectedCount, int vaccinatedCount);
```

Konečný automat je vo funkcii implementovaný pomocou príkazu `switch`. Vytvorením nového súboru s implementáciou tejto funkcie je možné si dedefinovať novú sadu opatrení.

## 5 Podstata simulačných experimentov a ich priebeh

Najprv sme sa rozhodli simulovať prevádzku hotela pred pandémiou bez vládnych opatrení, aby sme validovali model oproti získaným dátam z roku 2019. Následne sme simulovali model s českými vládными nariadeniami, ktoré boli v platnosti v rokoch 2020 a 2021 a výsledok sme porovnávali s ozaistenými dátami z rokov 2020 a 2021. Simulačnými experimentami sme zisťovali vplyv rôznych hypotetických vládnych opatrení na rôzne hotely.

### 5.1 Postup experimentovania

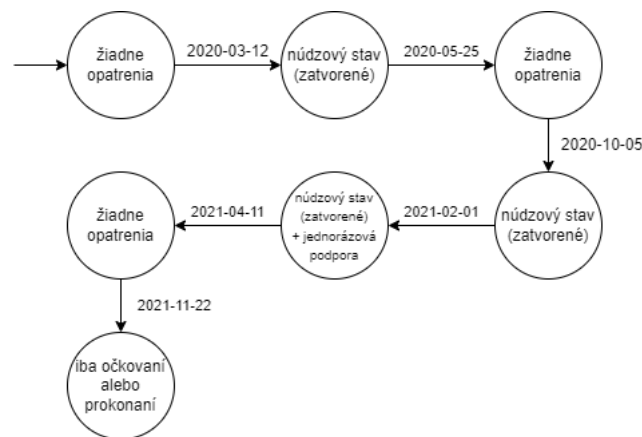
Pre každý simulačný experiment sme zostavili program s korešpondujúcou funkciou realizujúcou automat s opatreniami (riadok 13). Následne sme spustili príkaz `./hotel -c 26 -p 700 -e 2875 -g 0 -o expX.dat`, pričom jednotlivé parametre

sú parametre nami skúmaného hotelu. Výstup každého experimentu sa vypíše do súboru `expX.dat`, pričom `X` je číslo experimentu. Výsledný súbor, v ktorom je vypísaný stav hotela a pandémie pre každý deň a ďalšie zaujímavé štatistiky (napr. priemernú obsadenosť), sme skúmali.

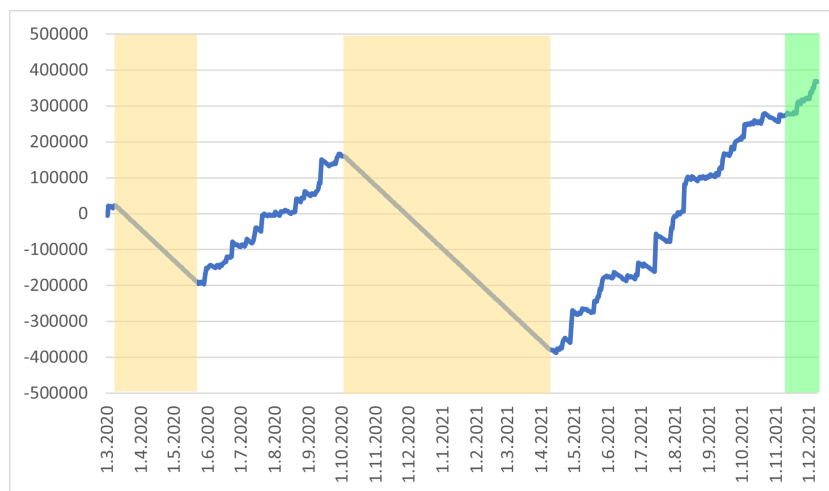
## 5.2 Dokumentácia jednotlivých experimentov

### 5.2.1 Experiment 1 - Výnosy pre roky 2020 a 2021 pre reálne opatrenia

V tomto experimente simulujeme 650 dní od dňa prvého nakazeného v Českej republike (1. marec 2021) až do (9. decembra 2021). Využívame ozajstné opatrenia v ČR pre toto obdobie.



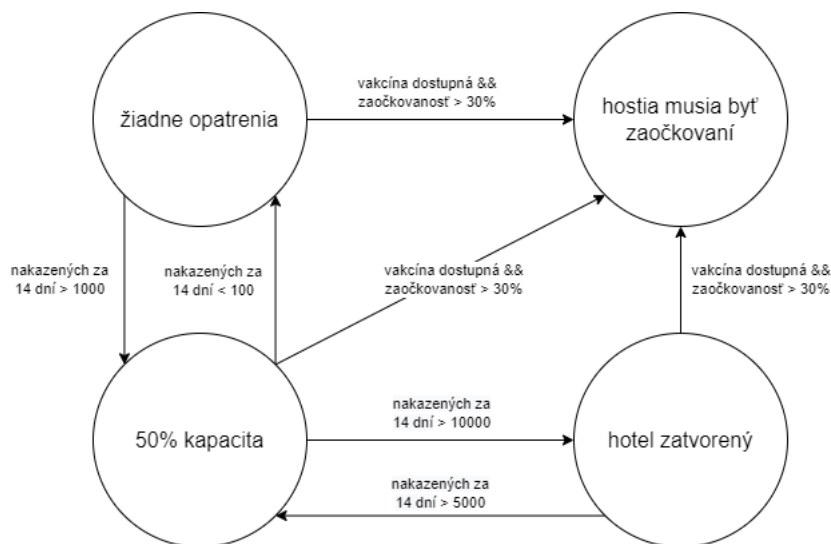
Obr. 6: Opatrenia v Českej republike v rokoch 2020 a 2021



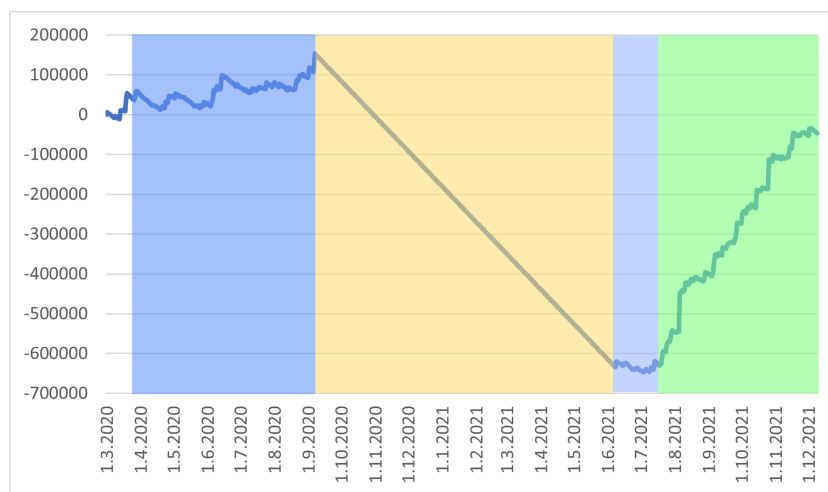
Obr. 7: Vývoj rozpočtu hotelu počas skúmaného obdobia, žltou farbou sú zvýraznené intervaly, kedy bol hotel uzavretý, zelenou farbou je vyznačený interval, kedy sa ubytovať môžu iba zaočkovaní alebo prekonaní

Oproti bežnému ročnému zisku hotelu 1 950 000 CZK je v tomto prípade za 650 dní (1,8 roka), zisk iba 366 000 CZK. To je rozdiel 1,3 milióna CZK prepočítané na rok a aj keď zohľadníme dotáciu, ktorú tento hotel dostal (260 000 CZK), tak sa jedná obrovský rozdiel oproti bežnému stavu. Hotel bol začiatkom mája 2021 v strate dokonca 400 000 CZK, čo je suma na potenciálny bankrot.

## 5.2.2 Experiment 2 - Výnosy pre roky 2020 a 2021 pre hypotetické opatrenia 1



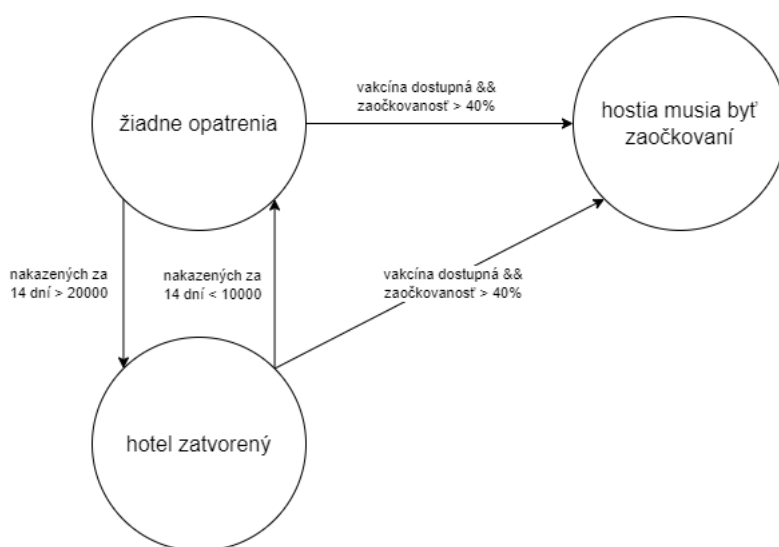
Obr. 8: Hypotetické opatrenia pre experiment 2



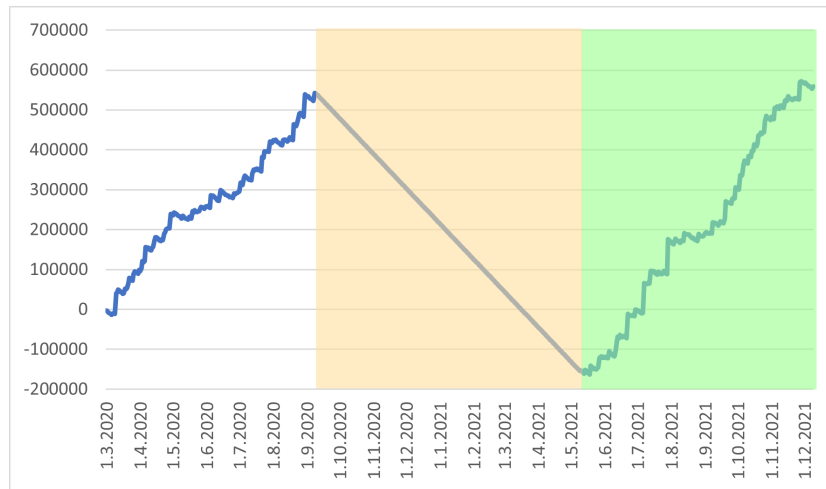
Obr. 9: Vývoj rozpočtu hotelu počas skúmaného obdobia, modrou farbou je označený interval, kedy bola kapacita hotelu obmedzená na polovicu, žltou farbou sú zvýraznené intervaly, kedy bol hotel uzavretý, zelenou farbou je vyznačený interval, kedy sa ubytovať môžu iba zaočkovaní alebo prekonaní

Tento model hypotetických opatrení je citlivý na počet nakazených a pri veľmi malom počte nakazených dá do platnosti opatrenie na zníženie kapacity na polovicu - toto opatrenie malo za následok stagnovanie ziskov hotelu - hotel zarobil iba málo viac ako stratil. Pri dosiahnutí zaočkovanosti aspoň 30%, sa otvorí hotel v režime pre imunizovaných a jeho zisk sa postupne zvyšuje s rastúcim počtom zaočkovaných. Aj napriek tomu hotel po 650 dňoch nebol rentabilný - jeho výnos za obdobie bol -49 000 CZK.

### 5.2.3 Experiment 3 - Výnosy pre roky 2020 a 2021 pre hypotetické opatrenia 2



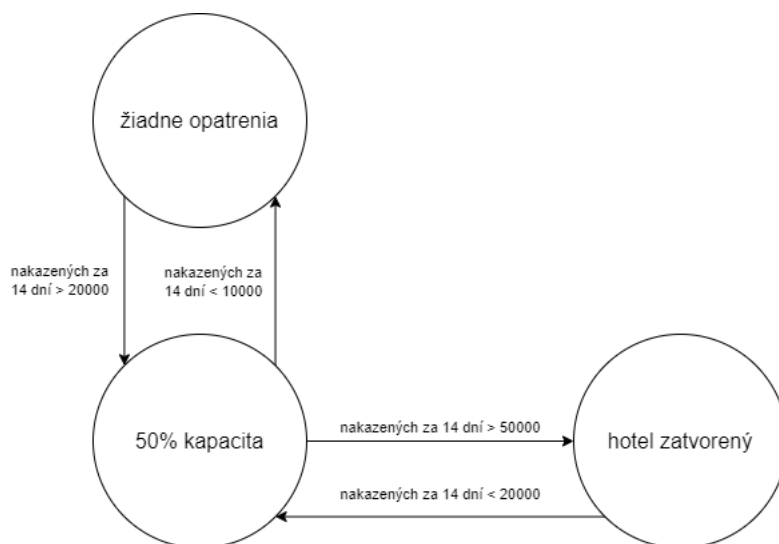
Obr. 10: Hypotetické opatrenia pre experiment 3



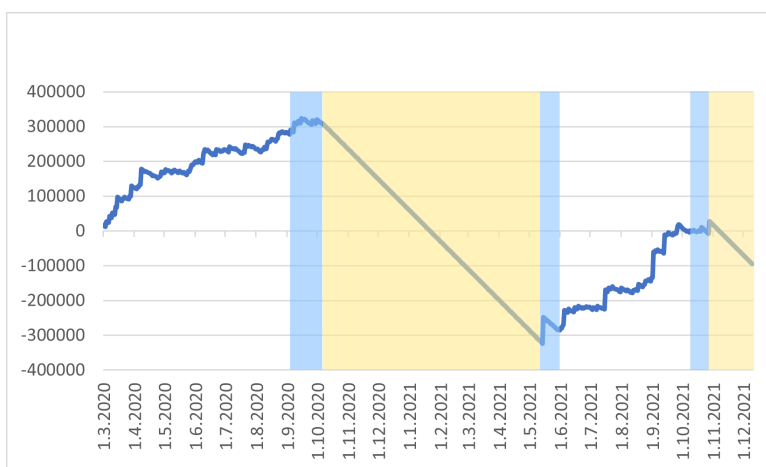
Obr. 11: Vývoj rozpočtu hotelu počas skúmaného obdobia, žltou farbou sú zvýraznené intervaly, kedy bol hotel uzavretý, zelenou farbou je vyznačený interval, kedy sa ubytovať môžu iba zaočkovaní alebo prekonaní

Tento model hypotetických opatrení neuvažuje možnosť obmedzenia kapacity (hotel je buď zatvorený alebo otvorený). Model simuluje opatrenia s vysokou hystereziou - na zatvorenie je potrebných veľmi veľa nakazených, ale na otvorenie hotela je potrebných naopak málo aktuálne nakazených a vidíme, že to malo za následok, že hotel bol dlhodobo uzavretý až 8 mesiacov, ale vďaka veľkému množstvu našetrených peňazí za obdobie pred uzavretím, dokázal sa hotel dostať do veľkého dlhu. Jeho výnos bol vyšší ako pri experimente 1 s reálnymi opatreniami - 556050 CZK.

#### 5.2.4 Experiment 4 - Výnosy pre roky 2020 a 2021 pre hypotetické opatrenia bez vakcíny



Obr. 12: Hypotetické opatrenia s nedostupnou vakcínou pre experiment 4



Obr. 13: Vývoj rozpočtu hotelu počas skúmaného obdobia, modrou farbou je označený interval, žltou farbou sú zvýraznené intervaly, kedy bol hotel uzavretý

V poslednom experimente sledujeme vývoj hotelu v prípade, že do úvahy neberieme očkovanie (v prípade, že by vakcína nebola dostupná), iba nakazený počet. Z

obr. 13 vidíme, že na konci roku 2021 smeruje rozpočet hotelu do mínusu a vzhľadom na aktuálny vývoj nakazených sa nezdá, že v blízkej budúcnosti sa tento hotel dostane z dlhu. Ku 9. decembru 2021 je jeho dlh 95 000 CZK.

### 5.3 Závěry experimentov

Vykonali sme 4 experimenty, každý s rovnakým hotelom s parametrami z [11]. Každý experiment mal inú sadu opatrení, pričom experiment 1 mal sadu opatrení rovnakú ako opatrenia v ČR v rokoch 2020 a 2021.

## 6 Záver

Testom pre rok 2018 a porovnaním s dátami z [11] sme overili validitu modelu. Experimentami sme zistili, že počas uzavretia trvajúceho niekoľko mesiacov, dokážu ich dlhy dosiahnuť veľmi veľkú sumu (pri malom 26-lôžkovom hoteli až 650 000 CZK) a to zvýrazňuje potrebu dotácií od štátu (dotácia od štátu v prvom štvrtroku 2021 pre tento hotel činila iba 260 000 CZK [6]). Zistili sme, že opatrenia majú veľký vplyv na prevádzku hotelov a v prípade budúcich hrozieb tohto odvetvia je dôležité čo najskôr preskúmať riziká, aby sa predišlo veľkým finančným stratám a krachom firiem.

## Zdroje

- [1] *"It is imperative that we rebuild the tourism sector"* — United Nations, online. URL: <https://www.un.org/en/coronavirus/it-imperative-we-rebuild-tourism-sector>.
- [2] *Obyvatelstvo* — ČSÚ, online. URL: [https://www.czso.cz/csu/czso/obyvatelstvo\\_lide](https://www.czso.cz/csu/czso/obyvatelstvo_lide).
- [3] *Popis simulační knihovny SIMLIB*, online. URL: <https://www.fit.vutbr.cz/~peringer/SIMLIB/doc/html-cz/>.
- [4] *Průběh pandemie covidu-19 v Česku*, online. URL: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Pr%C5%AFb%C4%9Bh\\_pandemie\\_covidu-19\\_v\\_%C4%8Cesku](https://cs.wikipedia.org/wiki/Pr%C5%AFb%C4%9Bh_pandemie_covidu-19_v_%C4%8Cesku).
- [5] *Vládní usnesení související s bojem proti epidemii*, online. URL: <https://web.kurzy.cz/vlada/cz/epidemie-koronaviru/dulezite-informace/prehled-vladnich-usneseni-od-vyhlaseni-nouzoveho-stavu-180608/>.



- [6] *Vládní usnesení související s bojem proti epidemii koronaviru - rok 2020*, online. URL: <https://web.kurzy.cz/vlada/cz/epidemie-koronaviru/dulezite-informace/vladni-usneseni-souvisejici-s-bojem-proti-epidemii-koronaviru---rok-2020-186999>.
- [7] *COVID-19 Dataset by Our World in Data*, online, dec. 2021. URL: <https://github.com/owid/covid-19-data/blob/master/public/data/owid-covid-data.csv>.
- [8] *Europe hotel occupancy update — STR*, online, júl 2021. URL: <https://str.com/whitepaper/europe-hotel-occupancy-update>.
- [9] H. M. Peringer P., *Prezentace: Modelování a simulace*, <https://www.fit.vutbr.cz/study/courses/IMS/public/prednasky/IMS.pdf>, 2021.
- [10] L. Pliska, “Dopad šíření onemocnění COVID-19 na výkonnost vybraného hotelu,” dipl. pr., Vysoká škola hotelová v Praze 8, spol. s r.o., 2021.
- [11] P. Kokinda, “Význam sledování vývoje nákladů jako předpoklad efektivnosti podnikání,” dipl. pr., Vysoká škola hotelová v Praze 8, spol. s r.o., máj 2013.