

# OPTIMIZACIJA POSTAVITVE POSTAJ S HRANO V MENZI

**Avtorici: Mojca Janušič in Tjaša Mulej**

Visoka šola za poslovne vede, Management in informatika (2. stopnja).

## **Povzetek**

*V članku bo predstavljena optimizacija postavitve postaj s hrano v menzi skozi simulacijo izdelanih modelov. Cilj preučevanja je ugotoviti najoptimalnejšo postavitev postaj s hrano in s tem skrajšati čas strank, ki ga porabijo za pot do blagajne in plačila hrane. V ta namen sta bila oblikovana dva simulacijska modela – prvi model ima postaje s hrano postavljene naključno, drugi model pa ima postaje s hrano postavljene po logičnem zaporedju prehranjevanja. Za modeliranje in prikaz simulacijskih modelov je bil uporabljen program AnyLogic. Po zaključeni simulaciji so bili pridobljeni podatki analizirani in pridobljen je bil odgovor na vprašanje »katera postavitev je optimalnejša?«.*

*Ključne besede: postaje s hrano, menza, simulacija, model, AnyLogic*

## **Uvod**

Obisk menze je najmnožičnejši ob času malic in kosil. Običajno imajo stranke na voljo omejen čas za malico, zato je pomembno, da v menzi ni čakalnih vrst, ki bi strankam podaljševale čas odsotnosti od dela ali drugih obveznosti. Čakalne vrste v menzi se potencialno generirajo na treh točkah in sicer pri priboru, postajah s hrano in na blagajnah. Poudarek je bil na optimizaciji postavitve postaj s hrano, saj stranka najprej izbira kaj bo jedla. Čas v jedilnici pri uživanju hrane ni bil obravnavan.

Čakalna vrsta se generira takrat, ko je potreba večja od zmožnosti ponudbe, le ta pa ima negativen vpliv na stranke. Matematična študija čakalnih linij ali čakalne vrste strank na storitev se imenuje Teorija čakalnih vrst (ang. Queue theory). S pomočjo zgrajenega modela je mogoče predvideti dolžine čakalnih vrst in čakalno dobo (Teorija čakalnih vrst - Queueing theory, 2022). Z oblikovanjem dveh simulacijskih modelov je bilo željeno ugotoviti najoptimalnejšo postavitev postaj s hrano v menzi. V ta namen je bil oblikovan model z naključno postavljenimi postajami s hrano in model, ki ima postavljene postaje s hrano po logičnem zaporedju prehranjevanja.

V nadaljevanju bo predstavljeno nekaj osnov o simulacijskem modeliranju ter za kaj se uporablja, metodologija dela, ki je bila uporabljena v simulaciji, postavljena hipoteza, 2D simulacijski model, opisane bodo razlike med modeloma menz in predstavljena bo časovna primerjava, ter končne ugotovitve.

## Simulacijsko modeliranje

Simulacija omogoča proučevanje resničnega procesa in s pomočjo modelov posnema delovanje realnih procesov ali sistemov. Model predstavlja ključna ravnanja in značilnosti izbranega procesa ali sistema, simulacija pa predstavlja, kako se le ta skozi čas spreminja glede na različne pogoje. Običajno so simulacije računalniško zasnovane in uporabljajo programski model s čimer zagotavljajo podporo za odločitve menedžerjem in inženirjem, prav tako pa se uporabljajo za namene usposabljanja. Simulacijske tehnike pomagajo razumeti in eksperimentirati, saj so modeli vizualni in interaktivni. Simulacijski sistemi vključujejo diskretno simulacijo dogodkov, simulacijo procesov in dinamično simulacijo (What is simulation? What does it mean? (Definition and Examples), 2022).

Kljajič, Bernik in Škraba (1999, str. 5) pravijo: »Simulacijo uporabljamo kadar je problem, ki ga rešujemo, kompleksen in ga ne moremo rešiti z drugimi metodami ali pa pri pojavih pri katerih ne smemo ali pa ne moremo neposredno pristopiti k izvajanju eksperimenta«.

Prednosti uporabe simulacij in modelov kot navajajo v spletnem članku Prednosti in slabosti modelov in simulacij (2022) so:

- ne poškodujemo opreme;
- ne ogrožamo ljudi;
- ni nam potrebno izdelati drage prototipe;
- čas pri izvajanju simulacije lahko poljubno pospešujemo ali upočasnjujemo;
- simulacije lahko izvajamo znova in znova;
- model lahko enostavno spreminjamo in zelo hitro ponovno preizkusimo.

Slabosti uporabe simulacij in modelov kot navajajo v spletnem članku Prednosti in slabosti modelov in simulacij (2022) so:

- rezultati so odvisni od tega, kako dober je model in koliko podatkov smo uporabili pri njegovi izdelavi;
- modeli in simulacije ne morejo nikoli popolnoma poustvariti resničnih situacij;
- model morda ne vključuje vseh možnih situacij;
- nakup strojne in programske opreme za izvajanje modelov in simulacij je drag;
- uporabniki modelov in simulacij morajo znati uporabljati strojno in programske opremo.

## Metodologija

Pred postavitvijo simulacijskih modelov je bila postavljena hipoteza, da je čas zadrževanja strank v menzi povezan s postavitvijo postaj s hrano. Za izvedbo meritev, sta bila pripravljena dva simulacijska modela. Prvi model je menza z naključno postavljenimi postajami s hrano, drugi model pa ima postaje s hrano postavljene v logičnem zaporedju prehranjevanja, kot so juha, glavna jed, solata in pijača, model je zasnovan na podlagi lastnih izkušenj in opazovanja v menzah v času malic. Velikost modela menze je določena na premer 25 metrov in v model so

vkjučene 4 postaje s hrano, tako je zagotovljena preglednost gibanja strank in omogočen je tudi vizualni pregled nad dogajanjem znotraj simulacijskega modela.

Izbrani problem, ki je glavni del simulacije, je čas strank, ki ga porabijo od prihoda v menzo do plačila na blagajni. Čas porabljen v jedilnici pri uživanju hrane ni obravnavan.

Čas simulacije v simulacijskem okolju je omejen na 60 minut, kar predstavlja 8 ur obratovanja menze v realnem času. Urnik prihoda strank je postavljen tako, da je vsakih 15 minut simulacije enako 2 uram realnega časa, na te intervale pa so predvidene različne frekvence prihodov strank (število strank na minuto simulacije). Zadnji interval v urniku prihoda strank je v simulaciji dolg le 2 minuti in je nastavljen na vrednost 0 strank na minuto simulacije, saj menza zadnjih 16 minut svojega obratovanja ne sprejema novih strank. Največ strank v menzah je v veliki večini v času malic oziroma kosila, kar v urniku prihoda stran predstavlja interval med 11:00 – 13:00 in 13:00 – 14:44 uro (glej tabelo 1).

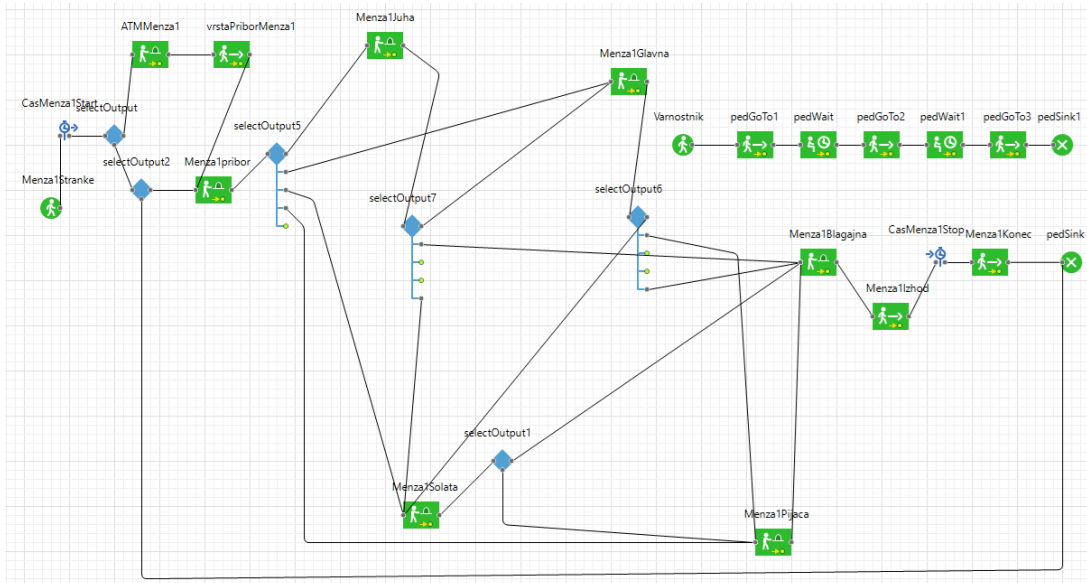
Tabela 11: Urnik s frekvenco prihoda strank na minuto simulacije (vir: lasten, 2022).

<b>Časovni interval</b>	<b>Število strank/min simulacije</b>
7:00 - 9:00	8
9:00 - 11:00	4
11:00 - 13:00	12
13:00 - 14:44	9
14:44 - 15:00	0

#### **Potek poti strank oziroma logika gibanja strank v simulacijskem modelu**

Za izdelavo procesa simulacije strank (glej sliko 1) je bila uporabljena knjižnica Pedestrian, ki je dostopna v programu Anylogic.

Slika 20: Prikaz logičnega dela obeh simulacij z uporabo elementov knjižnice Pedestrian (vir: lasten, 2022).



Oba modela menz sta postavljena na enakih pogojih, z enakimi verjetnostmi in urnikom, glavna razlika med njima je postavitve postaj s hrano. V nadaljevanju bo predstavljena logika za potjo strank, ki jo opravijo znotraj obeh modelov menz.

Prihod stranke, je pogojen z urnikom prihoda strank. Vsaka stranka ob prihodu, glede na logični izraz, ki izbere naključno verjetnost (angleško: probability), potuje na bankomat, v vrsto za pribor ali pa ne vstopi v menzo.

Verjetnosti oziroma odločanje stranke, je poustvarjeno z uporabo elementa »SelectOutPut«, kjer je predvideno, da mora biti naključno generirana verjetnost za odhod na bankomat enaka 0.2. Stranka pa bo uporabila bankomat le, ko je ta pogoj izpolnjen. V ostalih primerih se bo stranka premaknila na naslednjo odločitev, kjer izbira med vrsto za pribor in odhodom iz menze. Ta odločitev je prav tako vezana na omenjeni element »SelectOutPut«, s to razliko, da je verjetnost za odhod v vrsto za pribor postavljena na 0.85, kar pomeni, da se 85% strank odloči za menzo, 15% strank pa jih v menzo ne vstopi.

Nadaljevanje poti stranke se po prevzemu pribora določi z uporabo elementa »SelectOutPut«, kjer se stranka odloča za prvo jed. Nato je možnost izbire postavljena za vsako postajo s hrano in tako stranka potuje, glede na izbrane vrednosti proti blagajni in izhodu iz menze. V nadaljevanju so v Tabeli 2 prikazane verjetnosti, ki so postavljene za posameznimi postajami s hrano. Vrednosti v tabeli predstavljajo procent verjetnosti izbire poti. Izbira poti po solati se računa z naključnim (angleško: random) določanjem vrednosti in če je izbrana vrednost enaka 0.6, se stranka premakne na blagajno, drugače pot nadaljuje na postajo s pijačo.

Tabela 12: Verjetnosti izbire poti (vir: lasten, 2022).

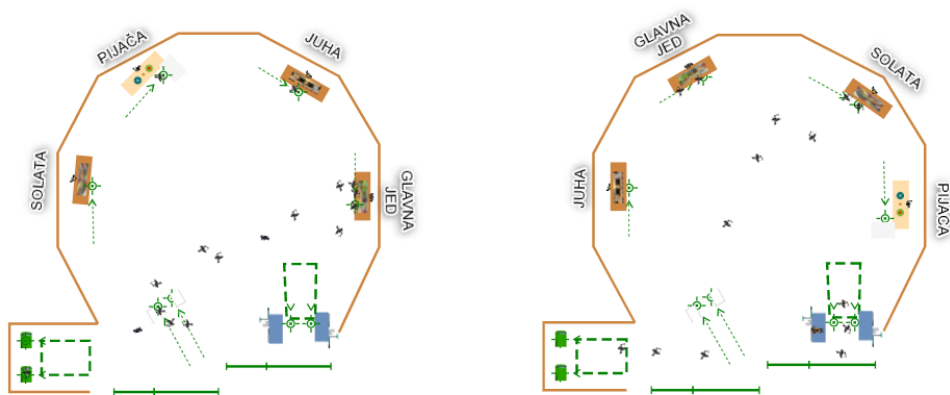
Pot stranke	Lokacija izbire	Po priboru	Po juhi	Po glavni jedi	Po solati	Po pijači
Juha		0.25	0.45			
Glavna jed		0.41				
Solata		0.22	0.40	0.25		
Pijača		0.07		0.25	0.4	
Blagajna			0.15	0.5	random (0.6)	1

Ob prihodu na blagajno se stranka postavi v območje pred blagajno in čaka na vrsto za plačilo. Po plačilu se po začrtani poti odpravi proti izhodu.

### Razlike med modeloma menz

Razlika med njima je v logični postavitvi postaj s hrano. Kot prikazuje spodnja slika (glej sliko 2) so v prvem modelu postaje s hrano postavljene naključno, v drugem modelu pa so postavljene po naslednjem logičnem vrstnem redu: juha, glavna jed, solata in pijača.

Slika 21: Simulacijska modela menz (vir: lasten, 2022).



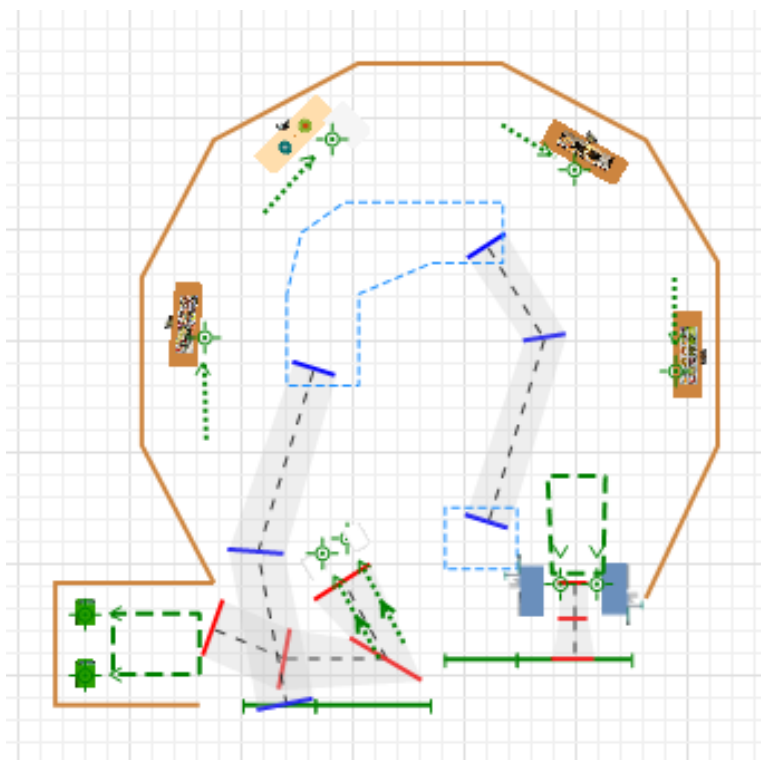
Naključna postavitev postaj s hrano

Logična postavitev postaj s hrano

### Potek poti varnostnika

Varnostnik predstavlja del simulacije, ki je sekundarnega pomena in časovno ni merjen. Varnostniki v simulaciji imajo začrtano pot po kateri se gibljejo, ter določeni dve območji za izvedbo nadzora. Slika 3 prikazuje potek poti varnostnika (modro označena pot) v simulaciji.

Slika 22: Potek poti varnostnika (vir: lasten, 2022).



Frekvenca prihoda varnostnikov je tako kot frekvenca prihodov strank (glej tabelo 3), povezana s časovnimi intervali menze, saj morajo varnostniki zaradi večjega števila strank v prostoru, večkrat izvajati nadzor reda in miru, kot v času, ko je strank manj.

Tabela 13: Urnik s frekvenco prihoda varnostnikov na minuto simulacije (vir: lasten, 2022).

Časovni interval	Število varnostnikov/min simulacije
7:00 - 9:00	1
9:00 - 11:00	0,5
11:00 - 13:00	2
13:00 - 14:44	0,5
14:44 - 15:00	0

## Rezultati in ugotovitve

Kot omenjeno, sta menzi identični v vsem le postavitvev postaj s hrano je spremenljivka, ki je bila v urejenem modelu menze spremenjena. S spremembo je bila preverjenahipoteza »čas zadrževanja strank v menzi je povezan s postavitvijo postaj s hrano«, ki je bila postavljena pred začetkom simuliranja.

Za merjenje časa v simulacijskem modelu sta bila uporabljena elementa knjižnice Anylogic »TimeMeasureStart« in »TimeMeasureEnd«. Čas se prične meriti ob prihodu pred strankino odločitvijo ali bo odšla na bankomat ali po прибор, merjenje časa pa se zaključi ob izhodu iz menze. Stranke, ki ne vstopijo v menzo niso zajete v merjenje časa. Čas strank se znotraj simulacije meri v sekundah, ki je bil preračunan v minute in opravljena je bila primerjava rezultatov (glej sliko 4).

Slika 23: Primeri pridobljenih meritev časa (levo: naključna postavitev postaj s hrano, desno: logična postavitev postaj s hrano) (vir: lasten, 2022).

Stranka	Čas iz sistema (s)	Čas (s)	Čas (min)
1	71.44868649823363	71,4486	1,19
2	78.80401304263408	78,8040	1,31
3	59.14198713937878	59,1419	0,99
4	84.33513276117742	84,3351	1,41
5	80.73168817638816	80,7316	1,35
6	125.91809179088659	125,9180	2,10
7	66.4264398782361	66,4264	1,11
8	106.632689447775	106,6326	1,78
9	100.40004120339307	100,4000	1,67
10	77.57432289593996	77,5743	1,29
11	82.81705093831022	82,8170	1,38
12	73.20272514019916	73,2027	1,22
13	65.56492166093796	65,5649	1,09
14	121.58184191759295	121,5818	2,03

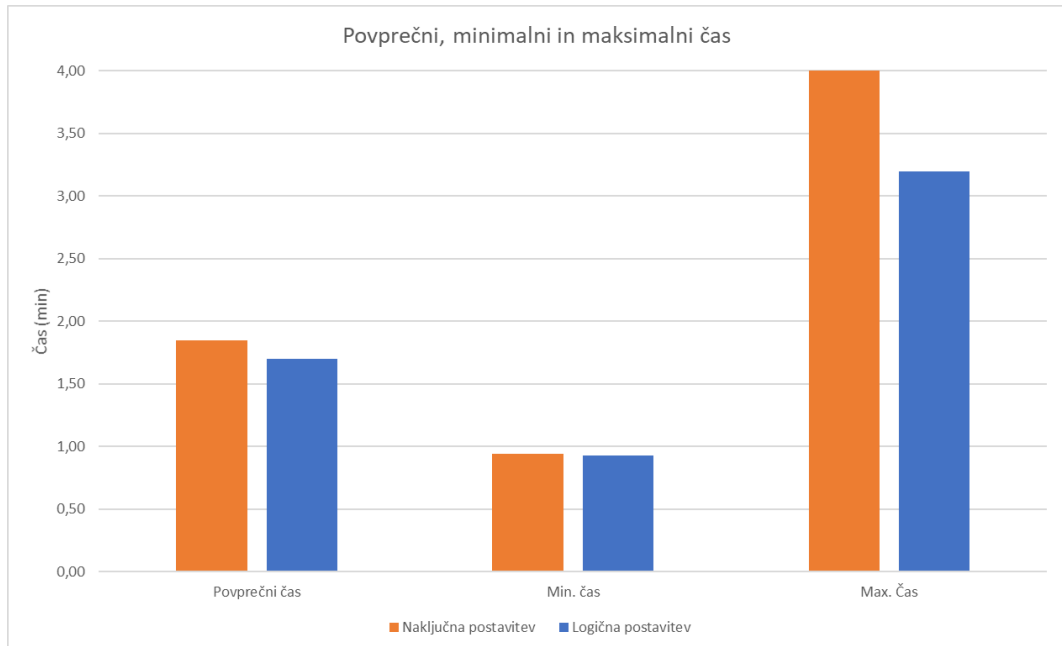
Stranka	Čas iz sistema (s)	Čas (s)	Čas (min)
1	76.1130817864383	76,1130	1,27
2	72.0478671468099	72,0478	1,20
3	70.46843672900205	70,4684	1,17
4	96.33422666965588	96,3342	1,61
5	110.10339449160415	110,1033	1,84
6	105.2356263698868	105,2356	1,75
7	102.28133102024745	102,2813	1,70
8	71.93108624455887	71,9310	1,20
9	80.55740299172729	80,5574	1,34
10	100.00185406912729	100,0018	1,67
11	170.74653690835999	170,7465	2,85
12	108.93385410807795	108,9338	1,82
13	86.00135860287139	86,0013	1,43
14	154.5066488401363	154,5066	2,58

Na podlagi vseh meritev je bil preračunan povprečni čas, ki ga stranka potrebuje, da opravi pot do blagajne, ter pridobljen minimalni in maksimalni čas poti v posameznem modelu menze (glej tabelo 4 in sliko 5).

Tabela 14: Povprečni, minimalni in maksimalni čas (vir: lasten, 2022).

	<b>Naključna postavitvev</b>	<b>Logična postavitvev</b>
Povprečni čas	1,85	1,70
Min. čas	0,94	0,93
Max. Čas	4,00	3,19

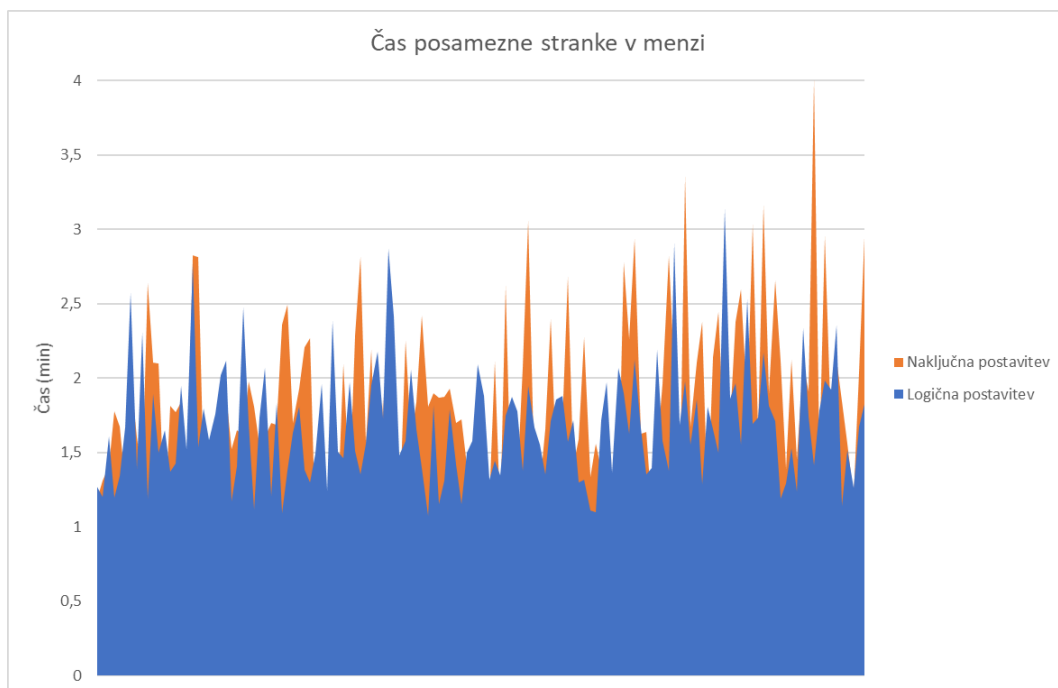
Slika 24: Povprečni, minimalni in maksimalni čas pri naključni postavitvi in pri logični postavitvi (vir: lasten, 2022).



V nadaljevanju je graf (glej sliko 6), ki prikazuje čas posamezne stranke v menzi in iz katerega je razvidna razlika v času med strankami, ki se gibljejo po menzi z naključno postavljenimi postajami, ter strankami v logično urejeni menzi.



Slika 25: Razlika v času za naključnih 118 strank (vir: lasten, 2022).



Izkazalo se je, da je postavljena hipoteza »čas zadrževanja strank v menzi je povezan s postavitvijo postaj s hrano« pravilna. S simulacijo je bilo ugotovljeno, da je čas, ki ga stranka potrebuje, da zapusti menzo z logično postavitvijo prehranjevanja, krajši. Razlog je povezan s tem, da se stranke ne gibljejo sem ter tja po prostoru, ampak se kontinuirano gibljejo samo v smeri izhoda. Na podlagi objektivnih meritev je bilo dokazano, da je postavitvev postaj s hrano ključnega pomena v menzah in njihova postavitvev vpliva na čas zadrževanja strank v menzi.

Simulacija urejene menze pa je pokazala tudi nepričakovan dogodek, saj so se stranke zaradi hitrejšega pretoka skozi menzo, dlje časa zadržale na blagajnah. Problem vrste na blagajni bi bil lahko odpravljen z dodatno blagajno in tako bi se čas zadrževanja strank še dodatno skrajšal.

## Zaključek

Zaključek pridobljen skozi simulacijski model je, da s pravilno postavitvijo postaj s hrano vplivamo na smer gibanja strank proti izhodu in s tem skrajšamo njihovo pot in posledično čas zadrževanja v menzi. Prav tako je bilo ugotovljeno, da je v primeru hitrejšega gibanja strank skozi menzo, treba zagotoviti tudi dovolj veliko število blagajn, da stranke ne izgubljajo časa v vrsti za plačilo.

Možnosti nadgradnje simulacijskega modela je veliko, simulacijski model bi lahko nadgradili z merilcem časa strank na blagajnah in opredelitvijo kriterijev, kdaj aktivirati dodatno blagajno. Tako bi se optimiziralo še število blagajn v času največjega navala. Lahko pa bi model menze točneje opredelili z opazovanji in meritvami na podobnih resničnih menzah, in s tako pridobljeni podatki iz simulacije točneje odražali sliko realnosti.

Uporaba simulacije kot pripomoček za reševanje pomembnih in kompleksnih problemov, sega daleč v zgodovino in se uporablja na različnih področjih, kot so ekonomija, industrija, vesolje, transport in drugo. V današnjem času, času tehnologije, bi se simulacij lahko poslužilo več podjetij, saj bi tako lažje reševali probleme, prav tako pa bi si s simulacijo lahko pomagali pri odločitvah in izboljšavah svojih procesov.

## Viri in literatura

Kljajić, M., Bernik, I., & Škraba, A. (1999). Dogodkovna simulacija sistemov. interno gradivo.

Prednosti in slabosti modelov in simulacij. (2022). Pridobljeno iz <https://anzeljg.github.io/rin2/book2/2303/index11.html>

Teorija čakalnih vrst - Queueing theory. (2022). Pridobljeno iz Wikislv: [https://wikislv.icu/wiki/queueing\\_theory](https://wikislv.icu/wiki/queueing_theory)

vir: lasten. (April 2022).

What is simulation? What does it mean? (Definition and Examples). (2022). Pridobljeno iz TWI-global: <https://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/faq-what-is-simulation>