



ITERATED LOCAL SEARCH

Računarska Inteligencija

Dušan Mirković 4007/23

Lena Fodulović 4006/23



Iterativna lokalna pretraga

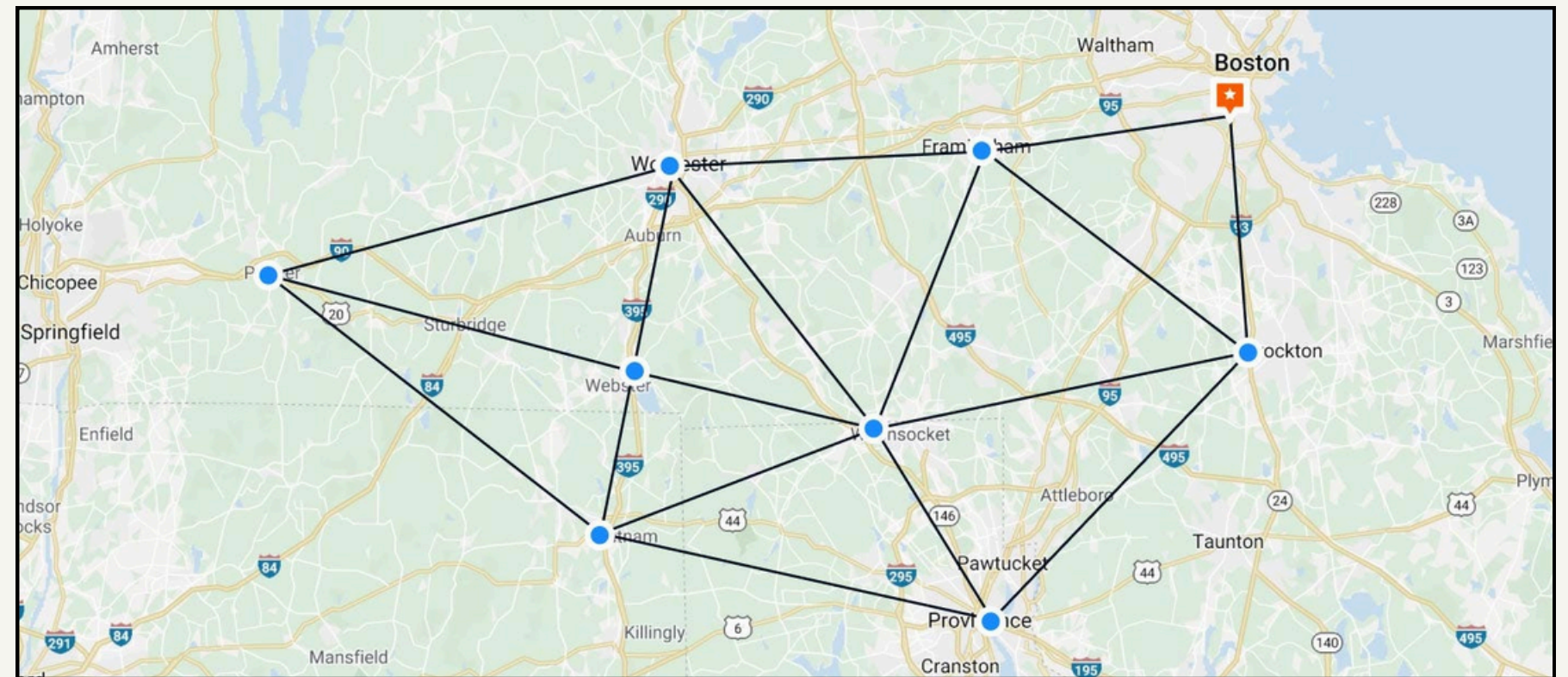
- *Metaheuristički* pristup za rešavanje kombinatornih optimizacionih problema
- Fokusira se na pretragu u podskupu rešenja koja su lokalno optimalna
- Kombinuje tri osnovne komponente:
 - lokalna pretraga
 - perturbacija
 - kriterijum prihvatanja rešenja

Pseudo kod ILS-a:

```
procedure Iterated Local Search
   $s_0 = \text{GenerateInitialSolution}$ 
   $s^* = \text{LocalSearch}(s_0)$ 
  repeat
     $s' = \text{Perturbation}(s^*, \text{history})$ 
     $s^{*'} = \text{LocalSearch}(s')$ 
     $s^* = \text{AcceptanceCriterion}(s^*, s^{*'}, \text{history})$ 
  until termination condition met
end
```

Problem trgovačkog putnika

- *Jedan od najpoznatijih kombinatornih optimizacionih problema*
- Potrebno je naći najkraći Hamiltonov ciklus
- NP-težak problem





Opis rešenja



- Implementacija i eksperimentalno ispitivanje ILS-a na TSP problemu
- Korišćena biblioteka **tsplib95** za učitavanje standardnih instanci
- Uticaj komponenti ILS-a na efikasnost rešavanja TSP-a
- Svako pokretanje algoritma ograničeno na 180 sekundi → omogućeno poređenje komponenti
- Rezultati upoređeni sa literaturom → potvrđena tačnost i efikasnost

Opis rešenja - funkcija cilja

- Ukupna dužina putanje koju trgovac mora da pređe
- Svaki grad se obilazi tačno jednom
- Putanja se završava u početnom gradu
- Minimizacija funkcije

$$f(s) = \sum_{i=1}^n d(s_i, s_{i+1}), s_{n+1} = s_1$$



Opis rešenja - komponente ILS-a



Lokalna pretraga

poboljšava dato
rešenje pronalaženjem
lokalnog minimuma u
okolini trenutnog



Petrurbacija

omogućava izlazak iz
lokalnog minimuma i
istraživanje novog
prostora rešenja

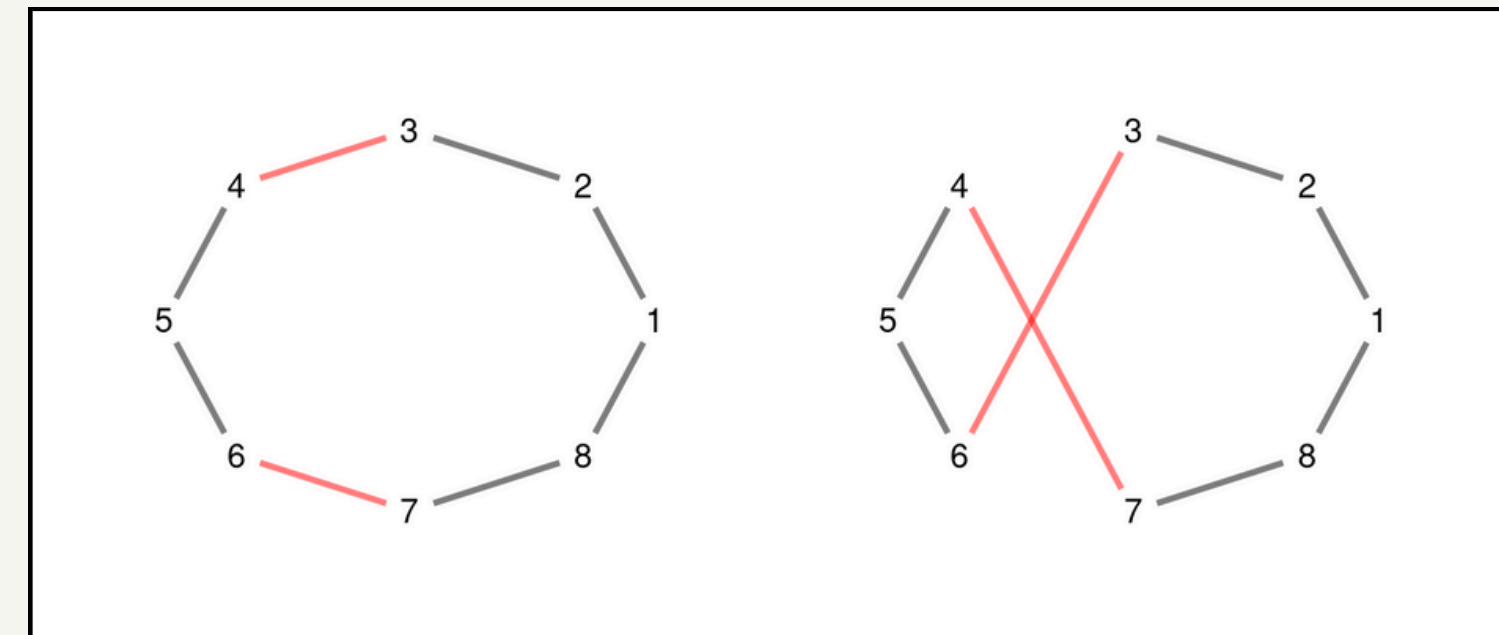
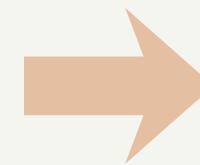


Kriterijum prihvatanja

određuje da li će novo
dobijeno rešenje
zameniti trenutno
najbolje rešenje

Opis rešenja - Lokalna pretraga

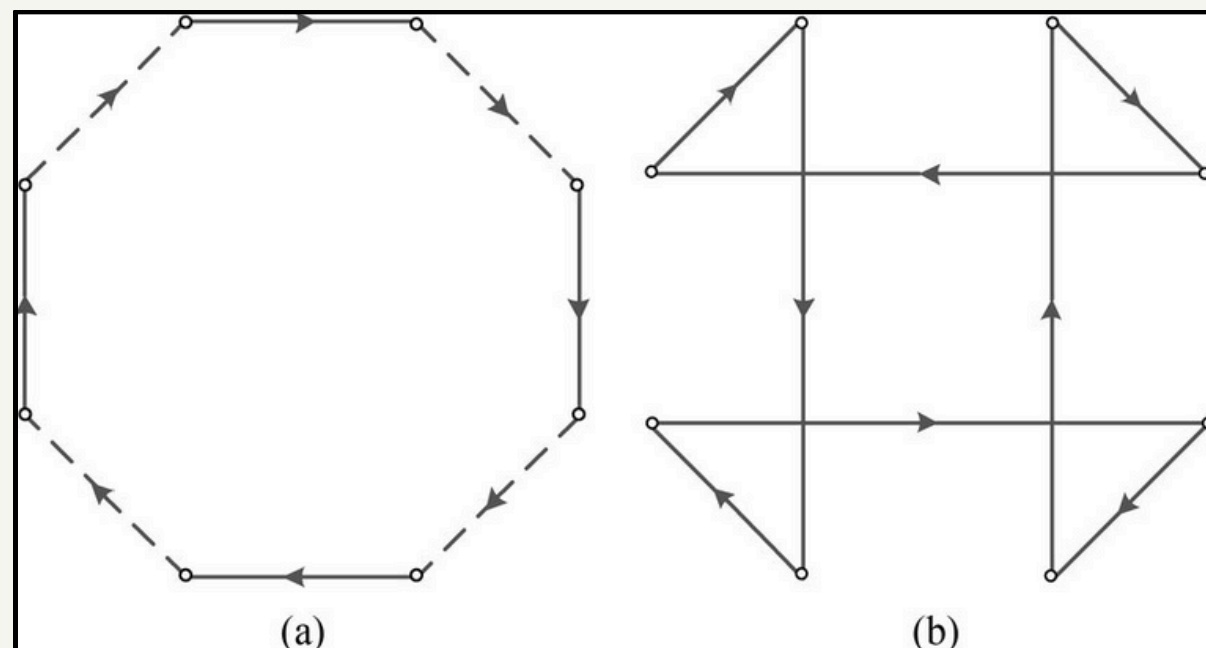
- Omogućava algoritmu da iterativno unapređuje početnu putanju
- Optimizacija: korišćenje liste k najbližih suseda za svaki grad → ubrzanje pretrage
- **2-opt metoda:**
 - Iterativno bira par grana u putanji
 - Obrće segment između njih
 - Zaustavlja se kada više nema poboljšanja



Opis rešenja - Perturbacija

Double bridge

- odvaja 4 segmenta putanje i menja njihov raspored
- Omogućava veće promene i izlazak iz lokalnog minimuma uz očuvanje strukture rešenja



Segment shuffle

- nasumično menja redosled dela putanje
- Uvodi manju raznovrsnost i omogućava finije istraživanje okoline trenutnog rešenja

A-B-C-D-E-F-G-H

A-B-D-E-C-F-G-H

Opis rešenja - Kriterijum prihvatanja

Single improvement

- novo rešenje se prihvata samo ako je bolje od trenutnog
- osigurava da se vrednost funkcije cilja nikada ne pogorša

Probabilistic acceptance

- novo rešenje se uvek prihvata ako je bolje od trenutnog
- ako je lošije, i dalje se može prihvatiti sa nekom verovatnoćom

```
diff = newFitness - currFitness
```

$$x = e^{-\frac{diff}{T}}$$

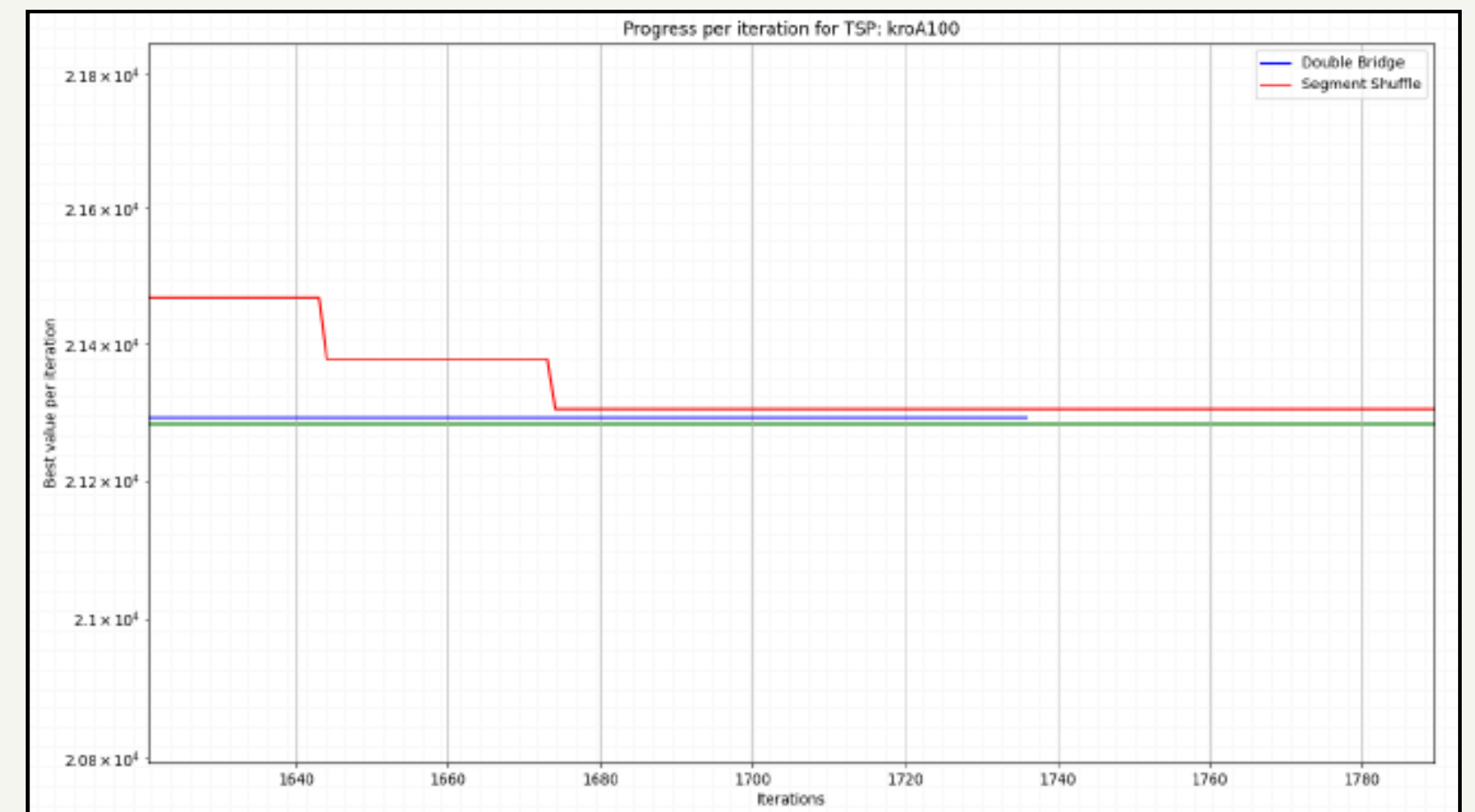
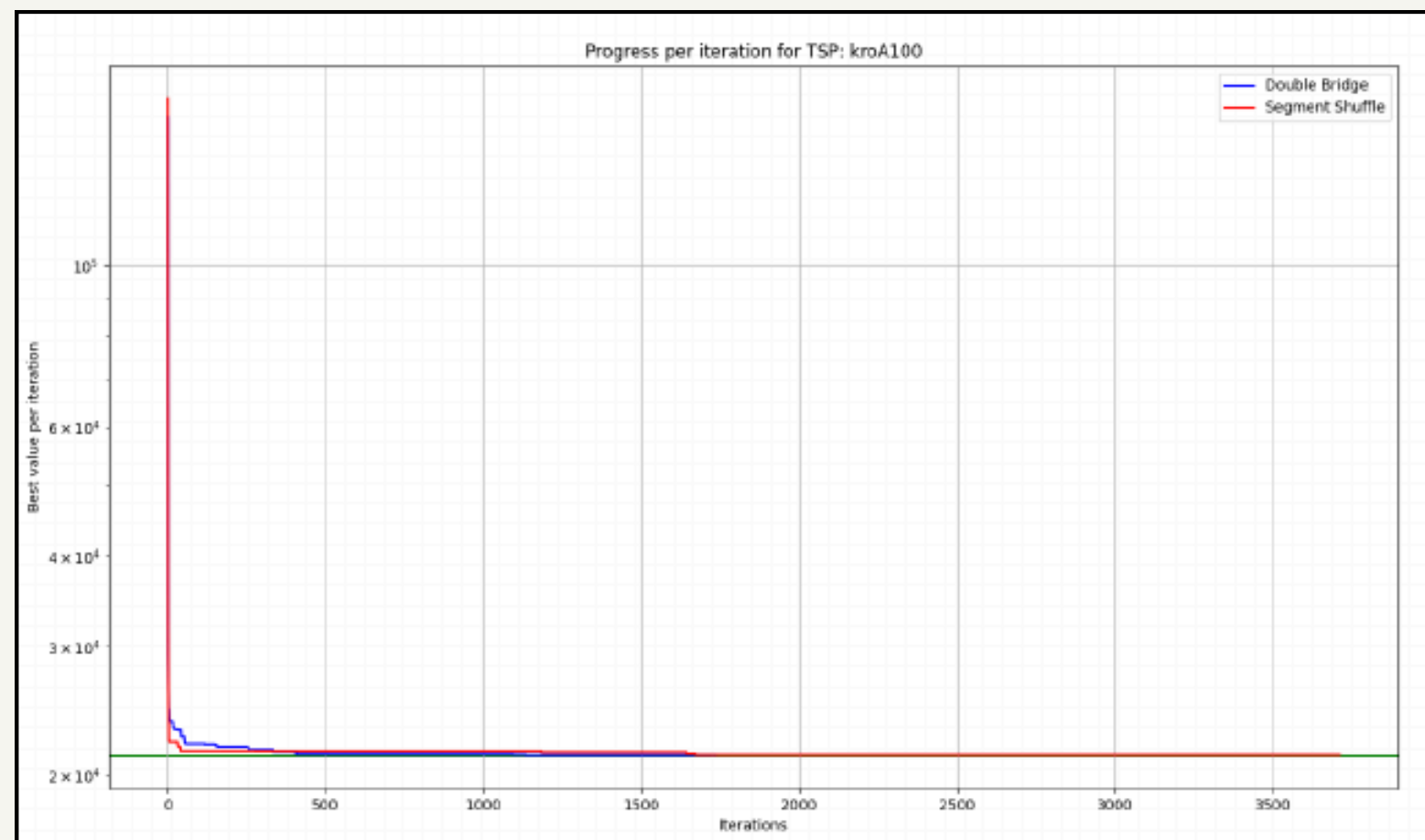
```
if random.random() < x:  
    return new
```

Rezultati eksperimenata

Problem kroA100 - 1

Lokalna pretraga	Perturbacija	Kriterijum prihvatanja rešenja
2-opt	Double-bridge	Single improvement
2-opt	Segment shuffle	Single improvement

kroA100	Double bridge	Segment shuffle	Optimalno rešenje
Greška	0.05	0.11	0.0
Broj iteracija	33923	15404	56186

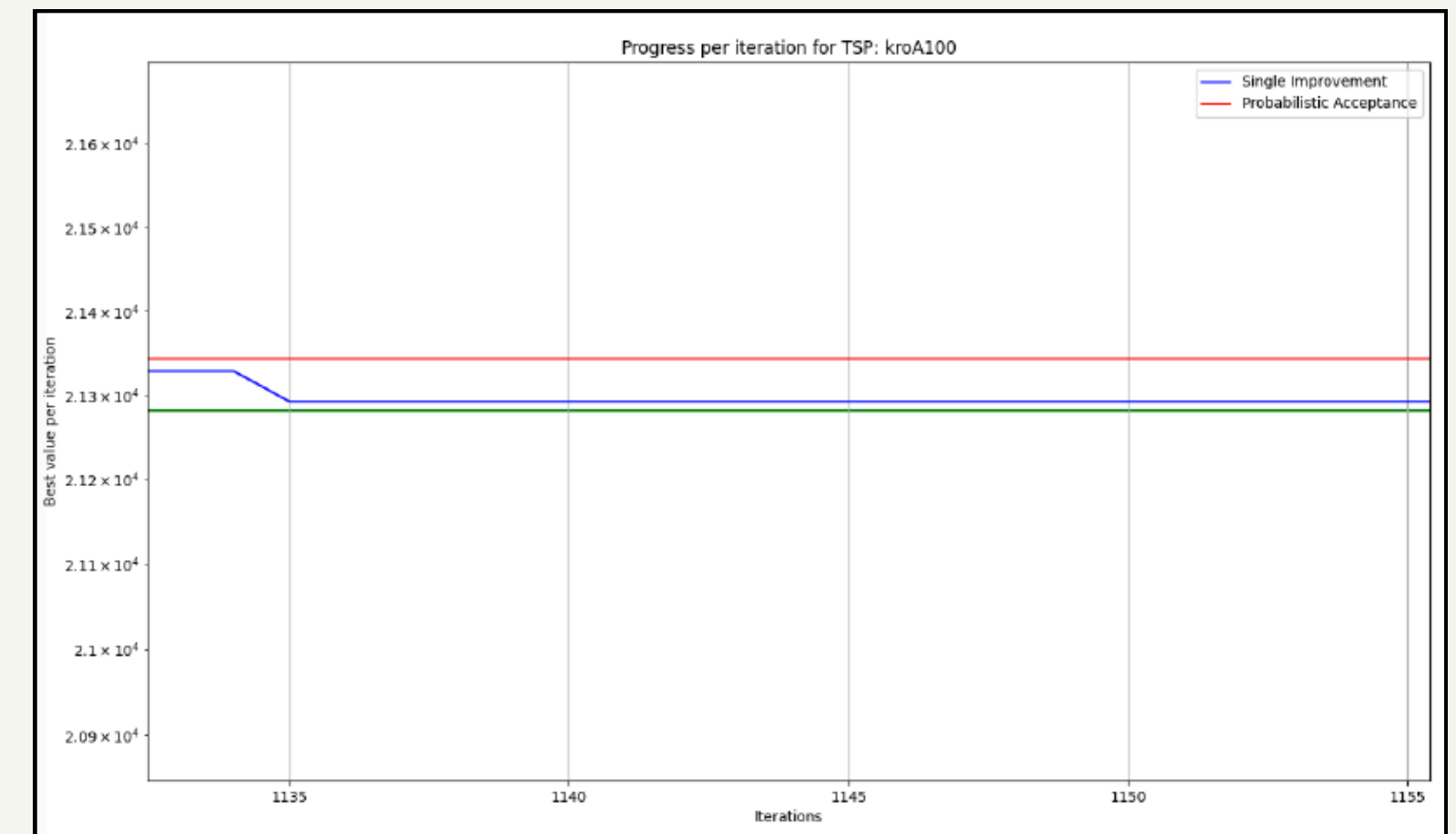
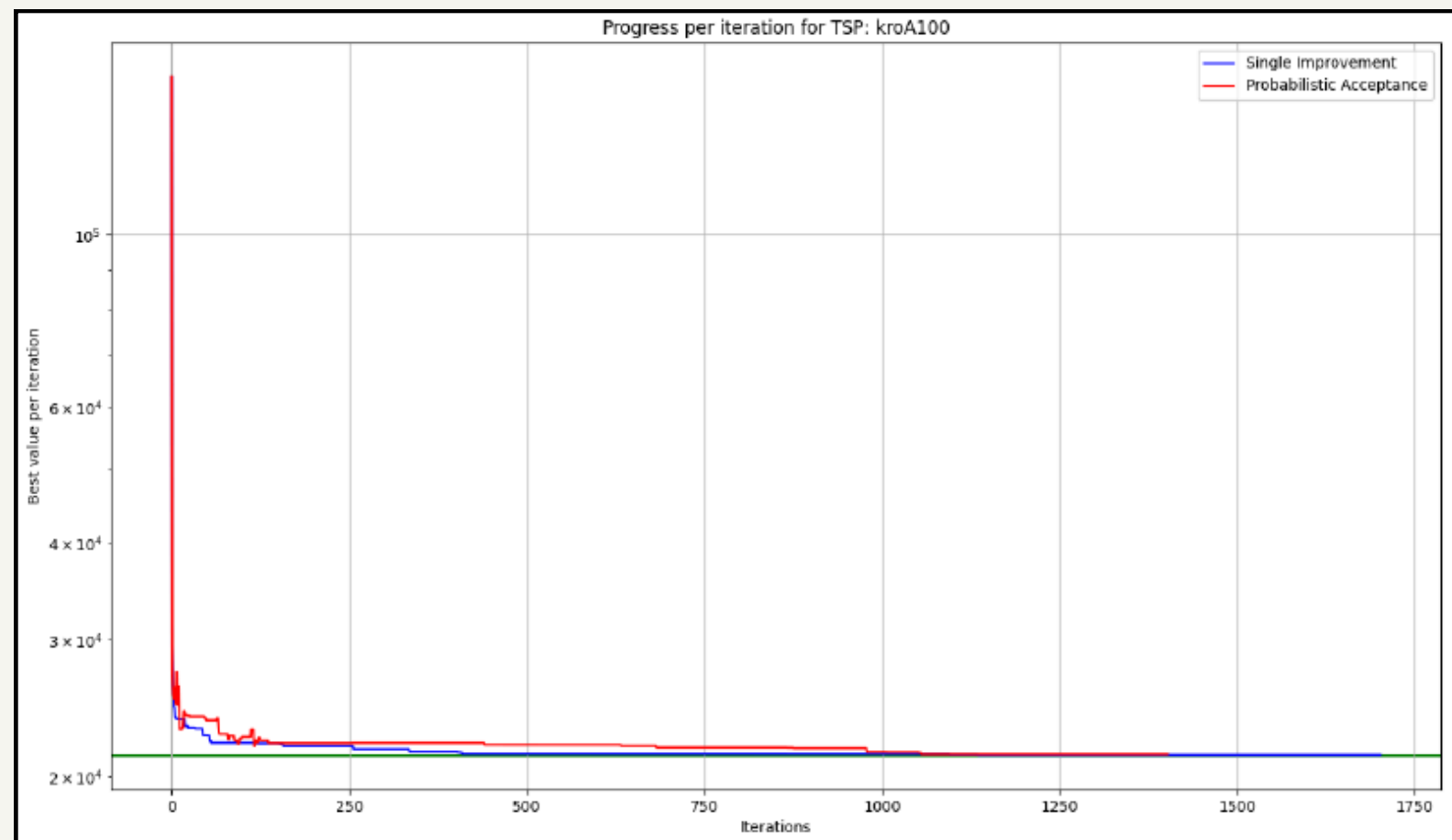


Rezultati eksperimenata

Problem kroA100 - 2

Lokalna pretraga	Perturbacija	Kriterijum prihvatanja rešenja
2-opt	Double-bridge	Single improvement
2-opt	Double-bridge	Probabilistic acceptance

kroA100	Single improvement	Probabilistic acceptance	Optimalno rešenje
Greška	0.05	0.29	0.0
Broj iteracija	33280	31613	56186

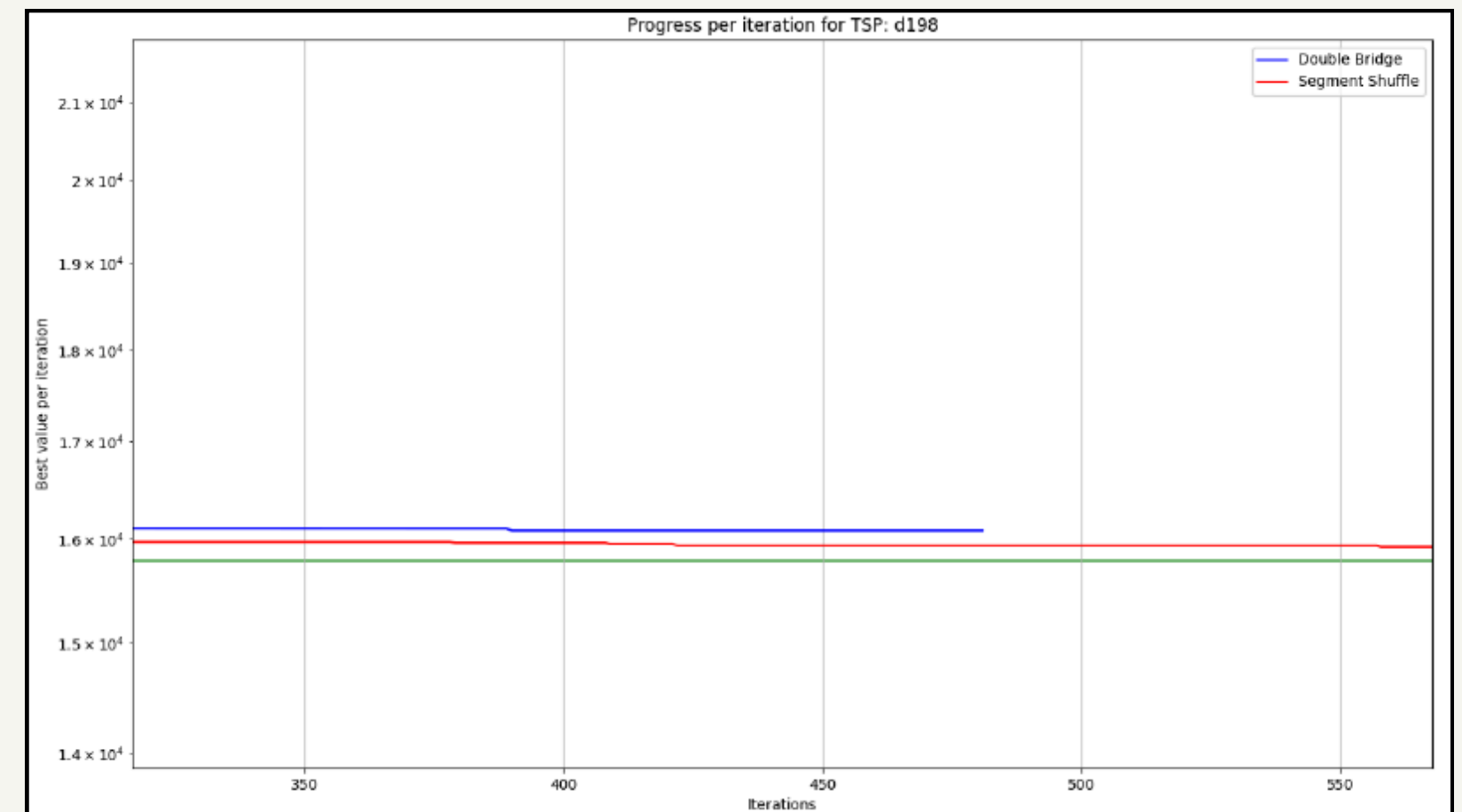
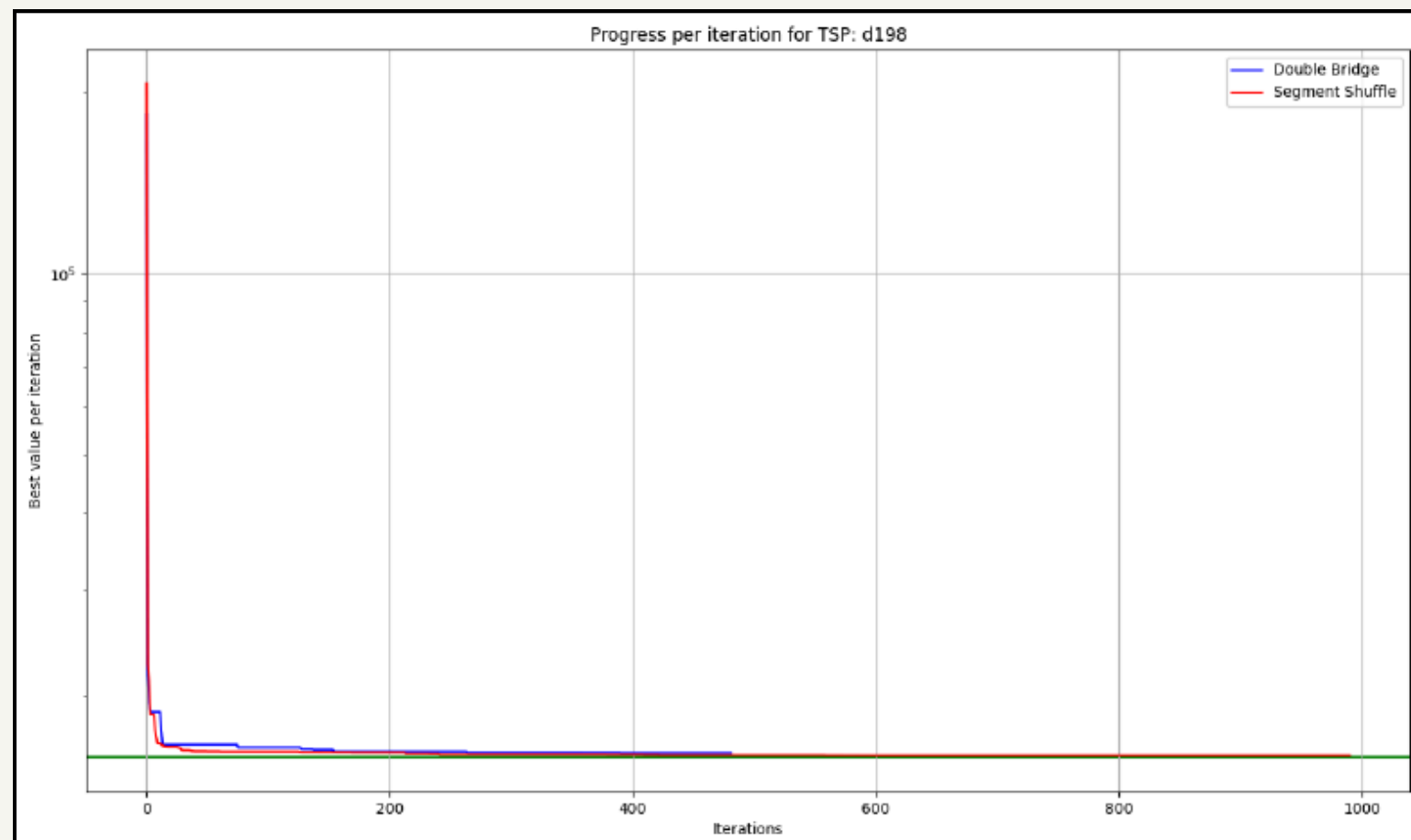


Rezultati eksperimenata

Problem d198 - 1

Lokalna pretraga	Perturbacija	Kriterijum prihvatanja rešenja
2-opt	Double-bridge	Single improvement
2-opt	Segment shuffle	Single improvement

d198	Double bridge	Segment shuffle	Optimalno rešenje
Greška	1.93	0.82	0.0
Broj iteracija	14003	8288	36849

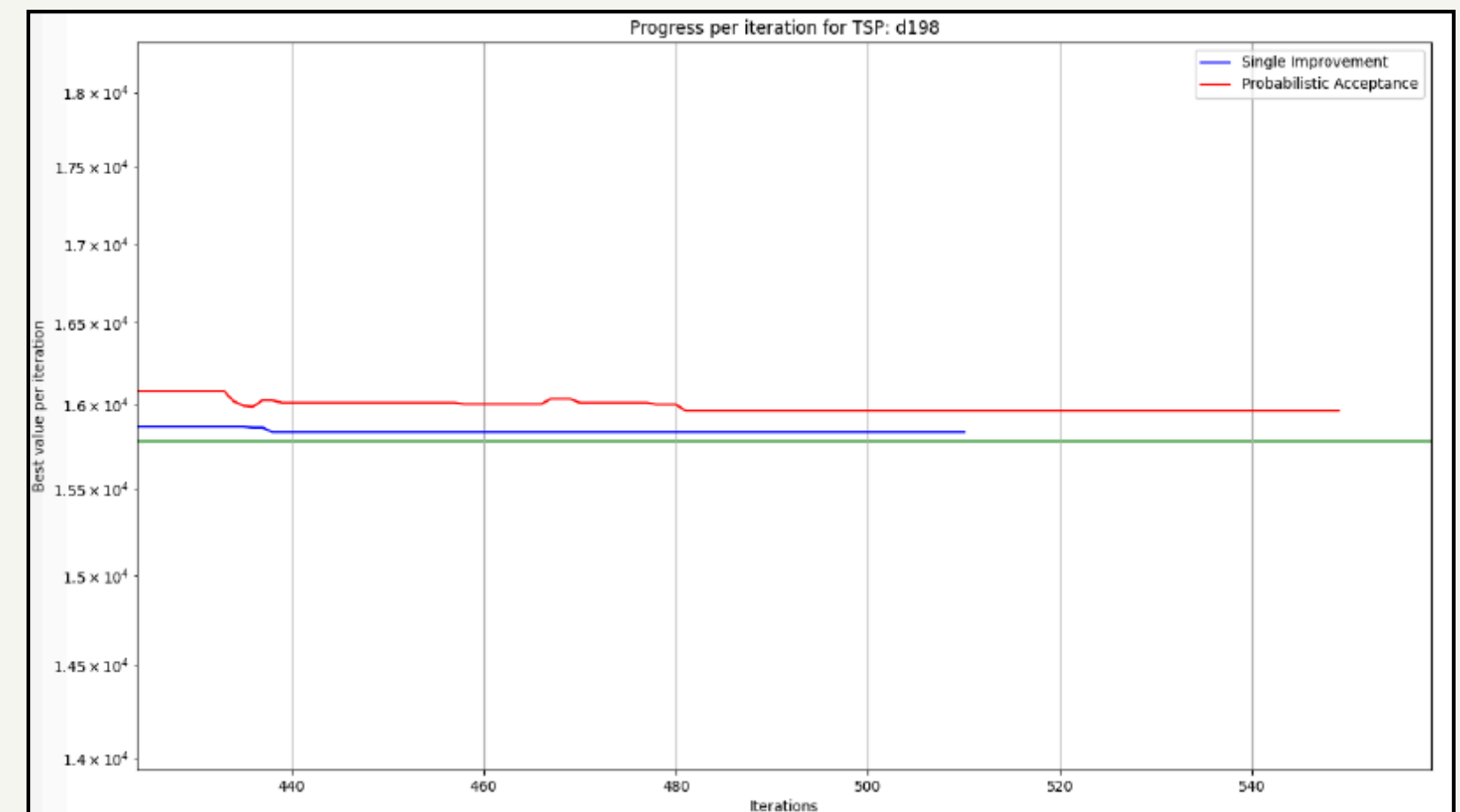
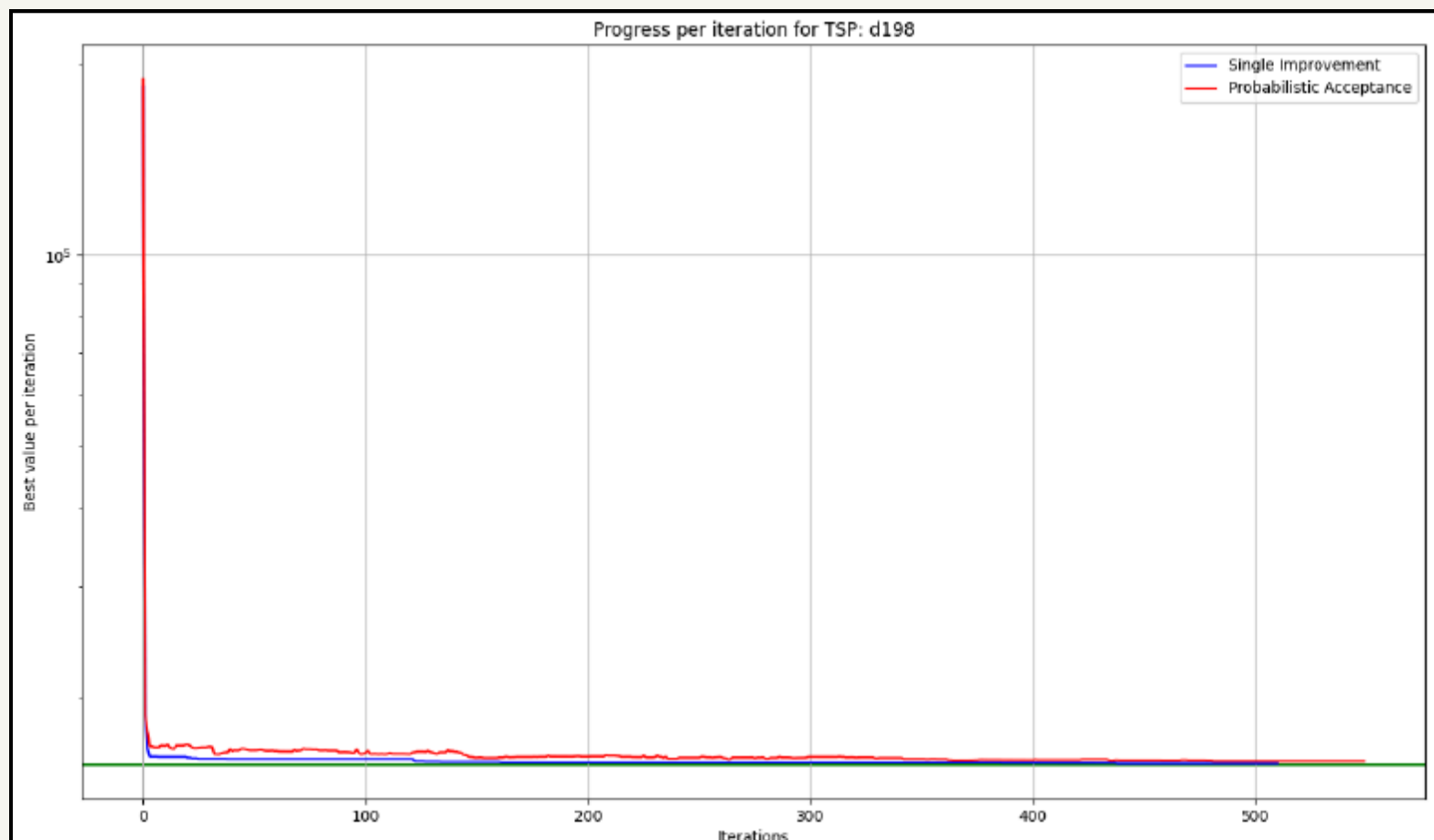


Rezultati eksperimenata

Problem d198 - 2

Lokalna pretraga	Perturbacija	Kriterijum prihvatanja rešenja
2-opt	Segment shuffle	Single improvement
2-opt	Segment shuffle	Probabilistic acceptance

d198	Single improvement	Probabilistic acceptance	Optimalno rešenje
Greška	0.34	1.14	0.0
Broj iteracija	5027	5656	36849

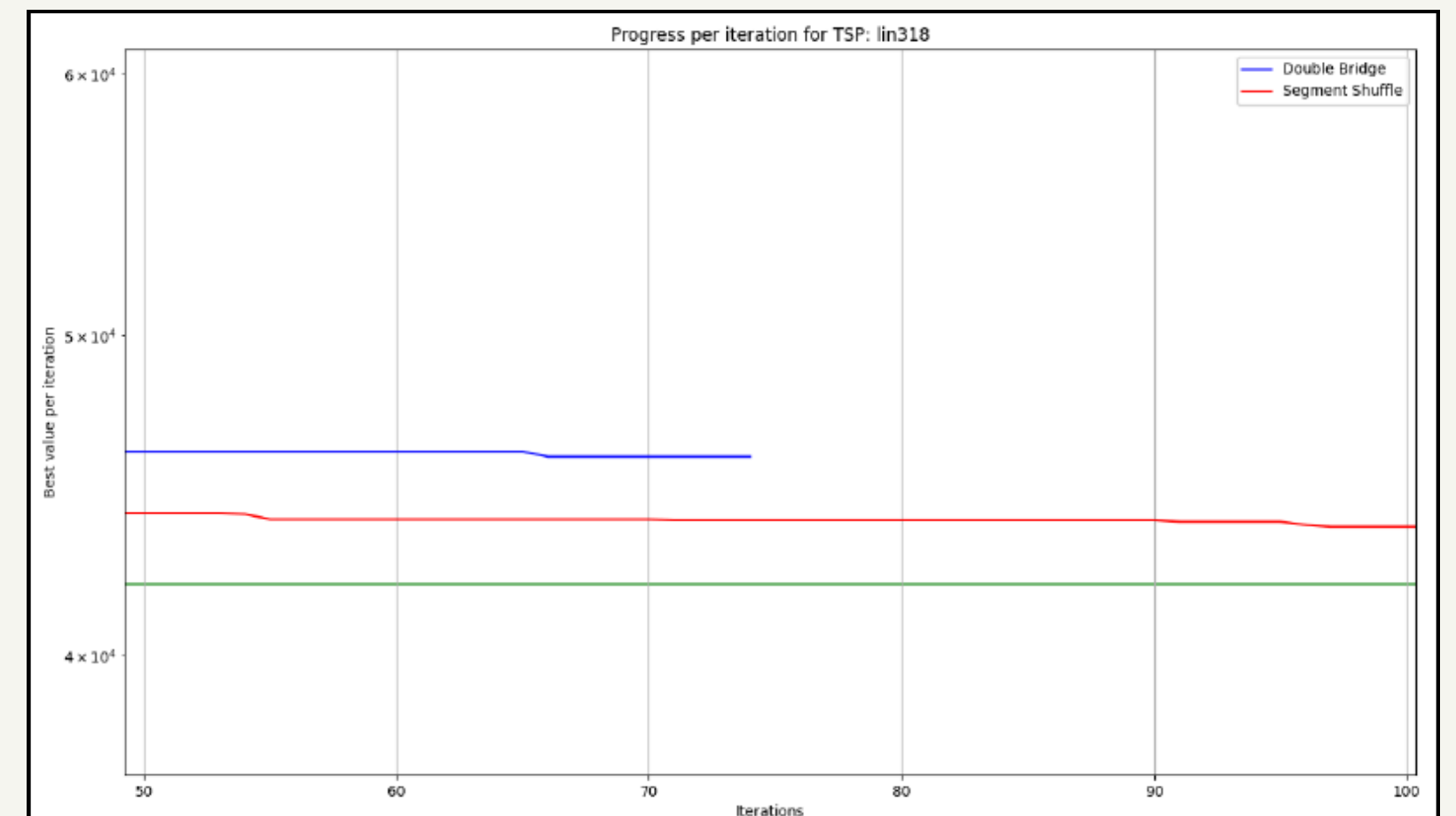
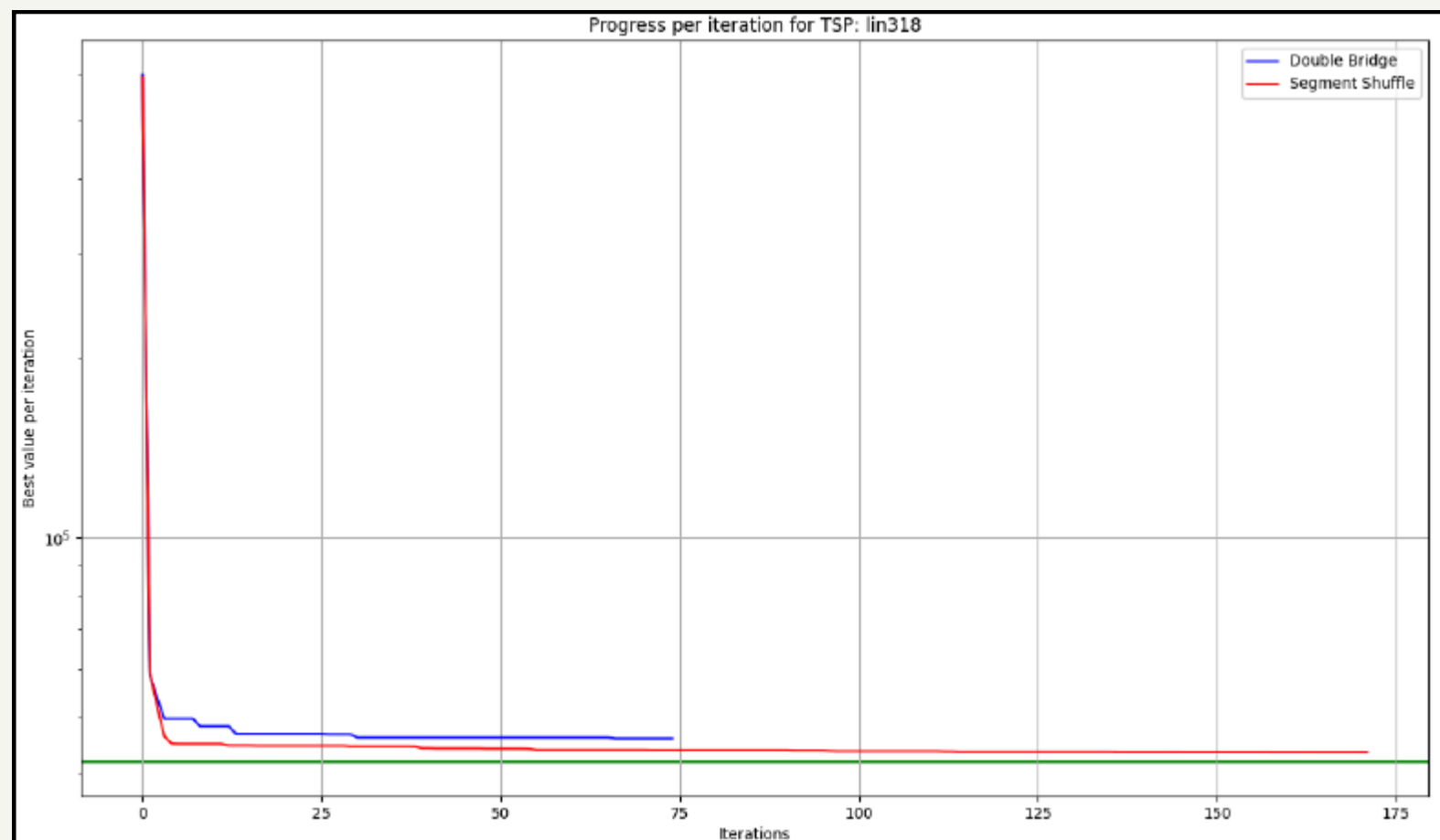


Rezultati eksperimenata

Problem lin318 - 1

Lokalna pretraga	Perturbacija	Kriterijum prihvatanja rešenja
2-opt	Double-bridge	Single improvement
2-opt	Segment shuffle	Single improvement

lin318	Double bridge	Segment shuffle	Optimalno rešenje
Greška	9.30	3.65	0.12
Broj iteracija	4950	4182	25540

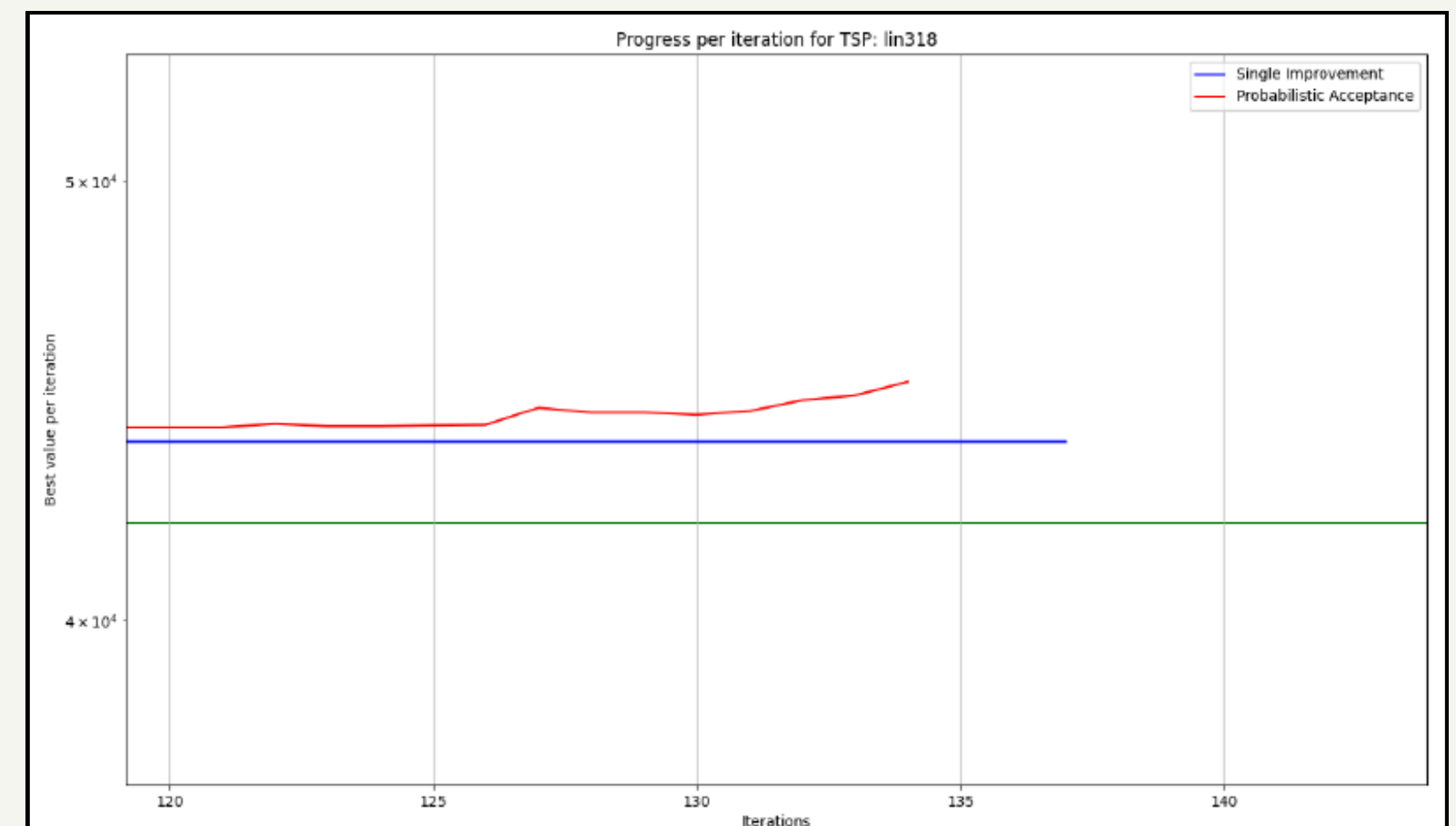
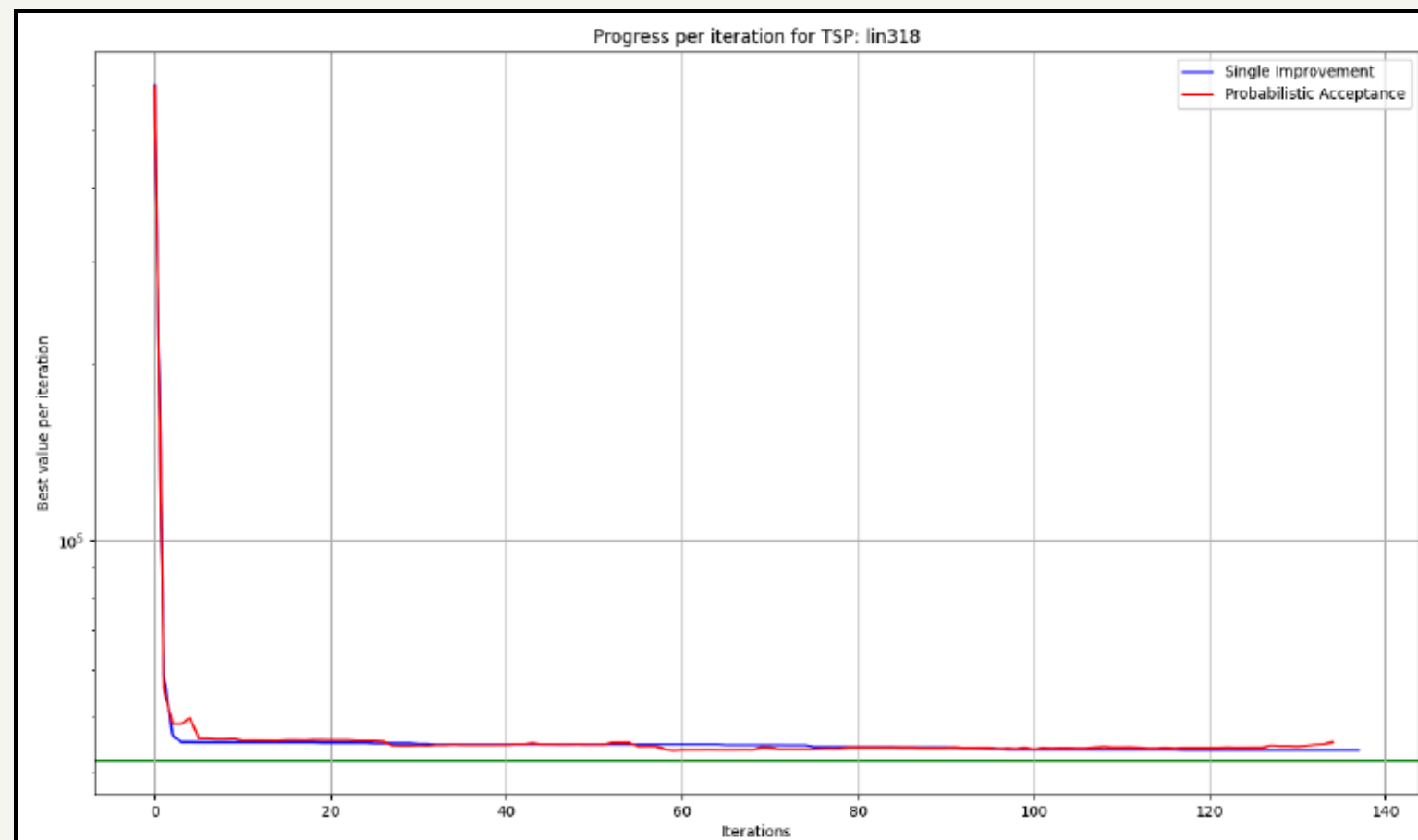


Rezultati eksperimenata

Problem lin318 - 2

Lokalna pretraga	Perturbacija	Kriterijum prihvatanja rešenja
2-opt	Segment shuffle	Single improvement
2-opt	Segment shuffle	Probabilistic acceptance

lin318	Single improvement	Probabilistic acceptance	Optimalno rešenje
Greška	4.02	4.23	0.12
Broj iteracija	3749	4152	25540

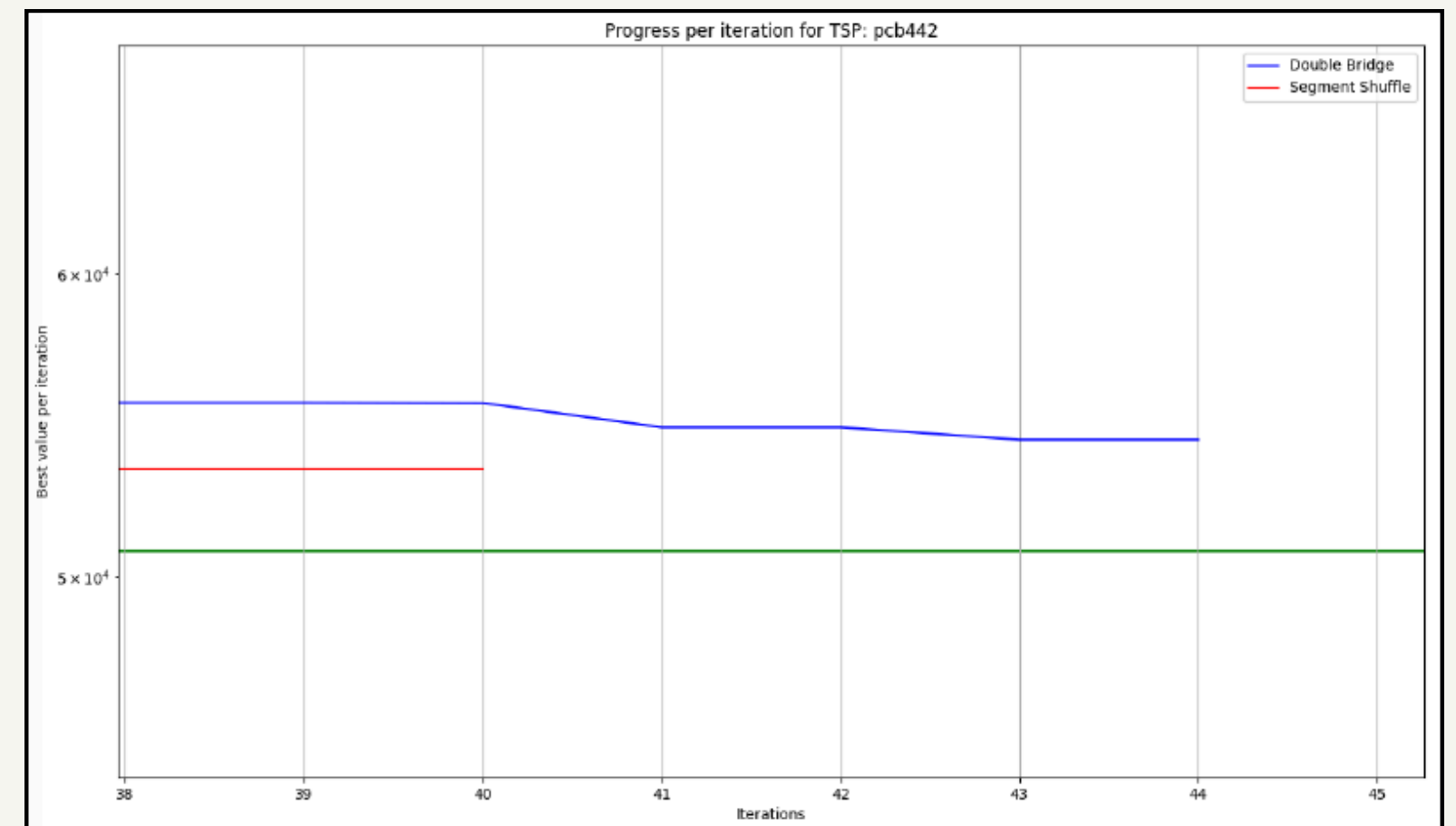
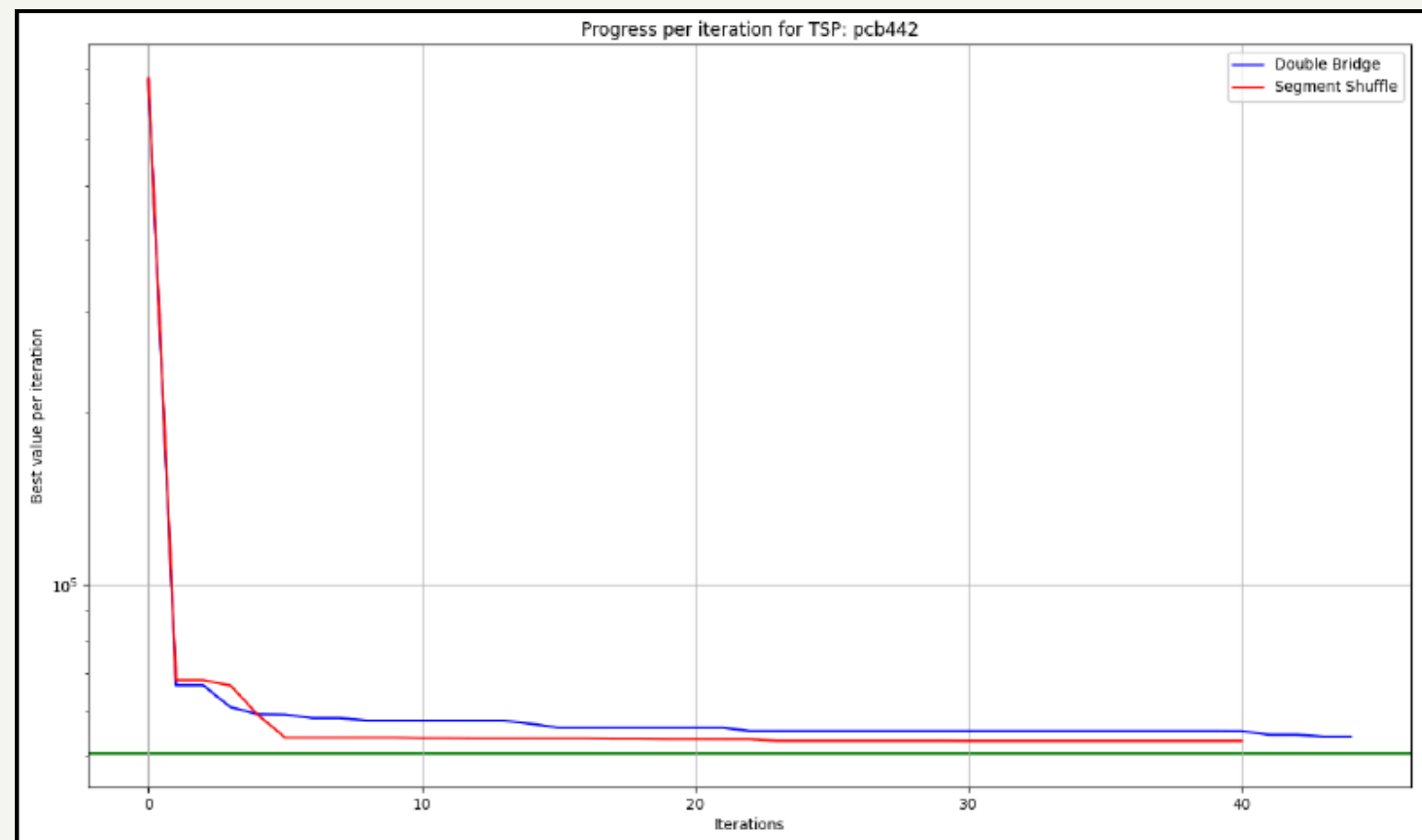


Rezultati eksperimenata

Problem pcb442 - 1

Lokalna pretraga	Perturbacija	Kriterijum prihvatanja rešenja
2-opt	Double-bridge	Single improvement
2-opt	Segment shuffle	Single improvement

pcb442	Double bridge	Segment shuffle	Optimalno rešenje
Greška	6.95	5.09	0.11
Broj iteracija	3925	3279	40509

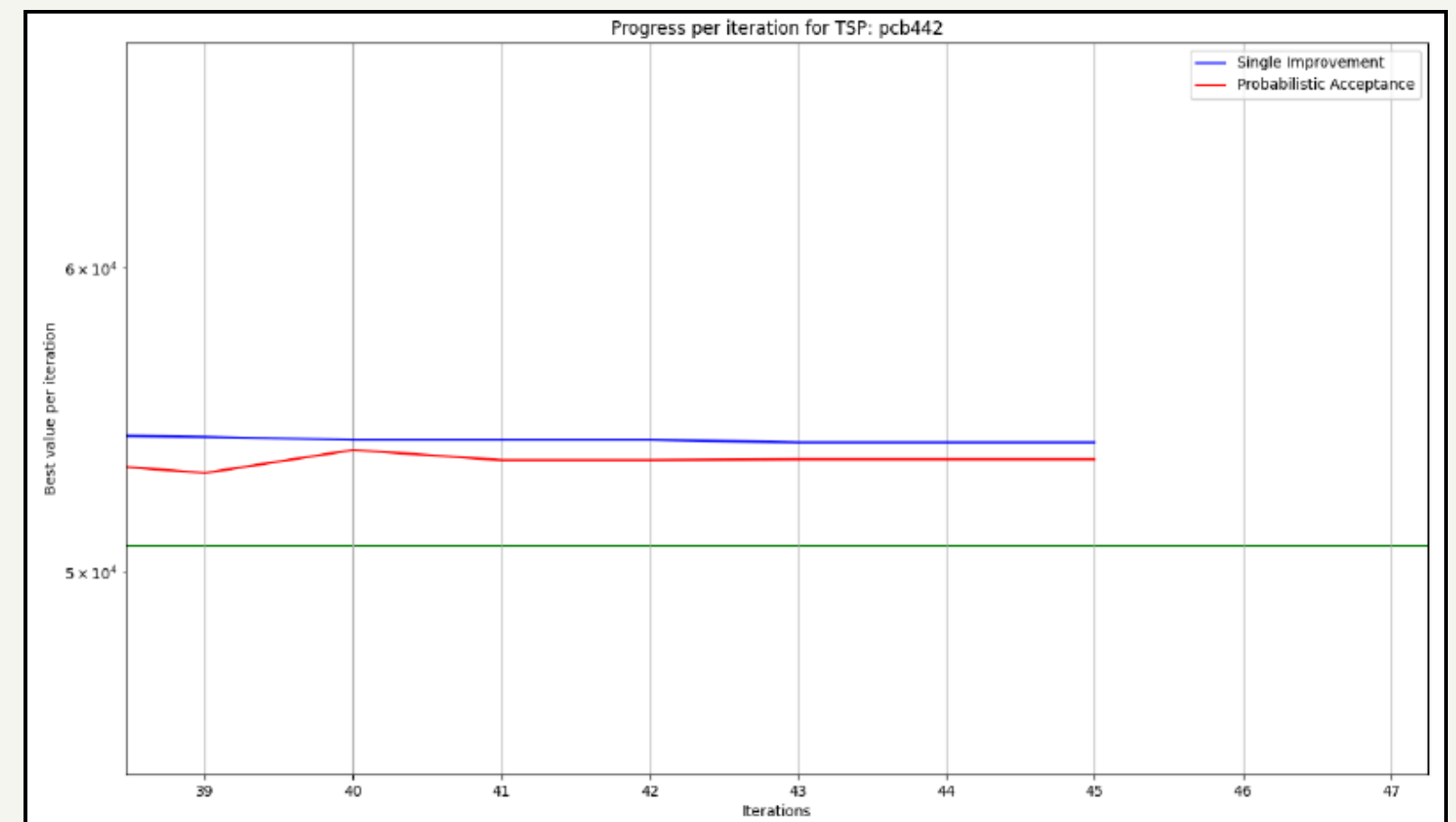
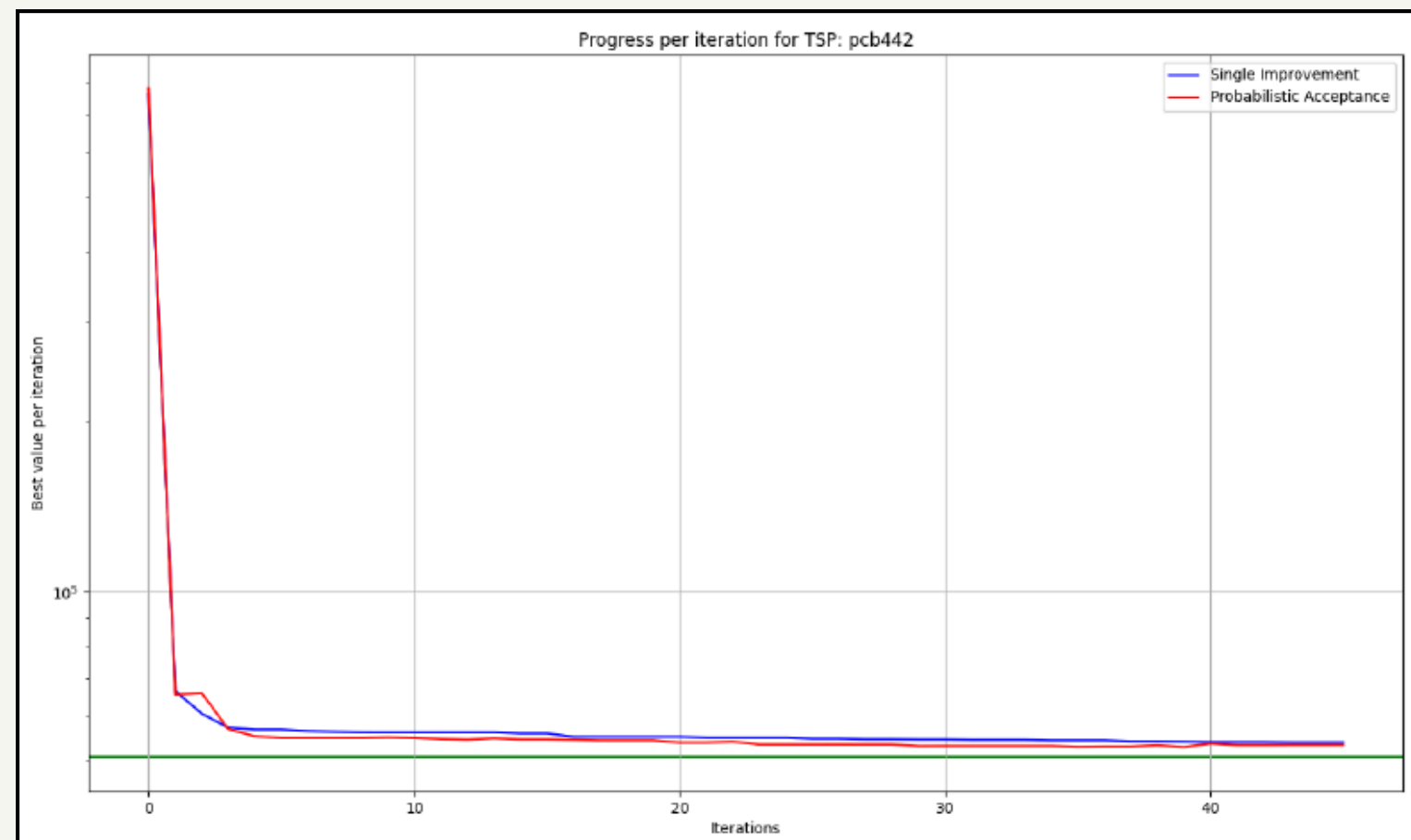


Rezultati eksperimenata

Problem pcb442 - 2

Lokalna pretraga	Perturbacija	Kriterijum prihvatanja rešenja
2-opt	Segment shuffle	Single improvement
2-opt	Segment shuffle	Probabilistic acceptance

pcb442	Single improvement	Probabilistic acceptance	Optimalno rešenje
Greška	6.42	4.47	0.11
Broj iteracija	3568	3807	40509



Rezultati eksperimenata

Problem rat783, t = 180s

#1

Lokalna pretraga	Perturbacija	Kriterijum prihvatanja rešenja
2-opt	Double-bridge	Single improvement
2-opt	Segment shuffle	Single improvement

rat783	Double bridge	Segment shuffle	Optimalno rešenje
Greška	87.05	176.73	0.12
Broj iteracija	3839	3663	21937

#2

Lokalna pretraga	Perturbacija	Kriterijum prihvatanja rešenja
2-opt	Segment shuffle	Single improvement
2-opt	Segment shuffle	Probabilistic acceptance

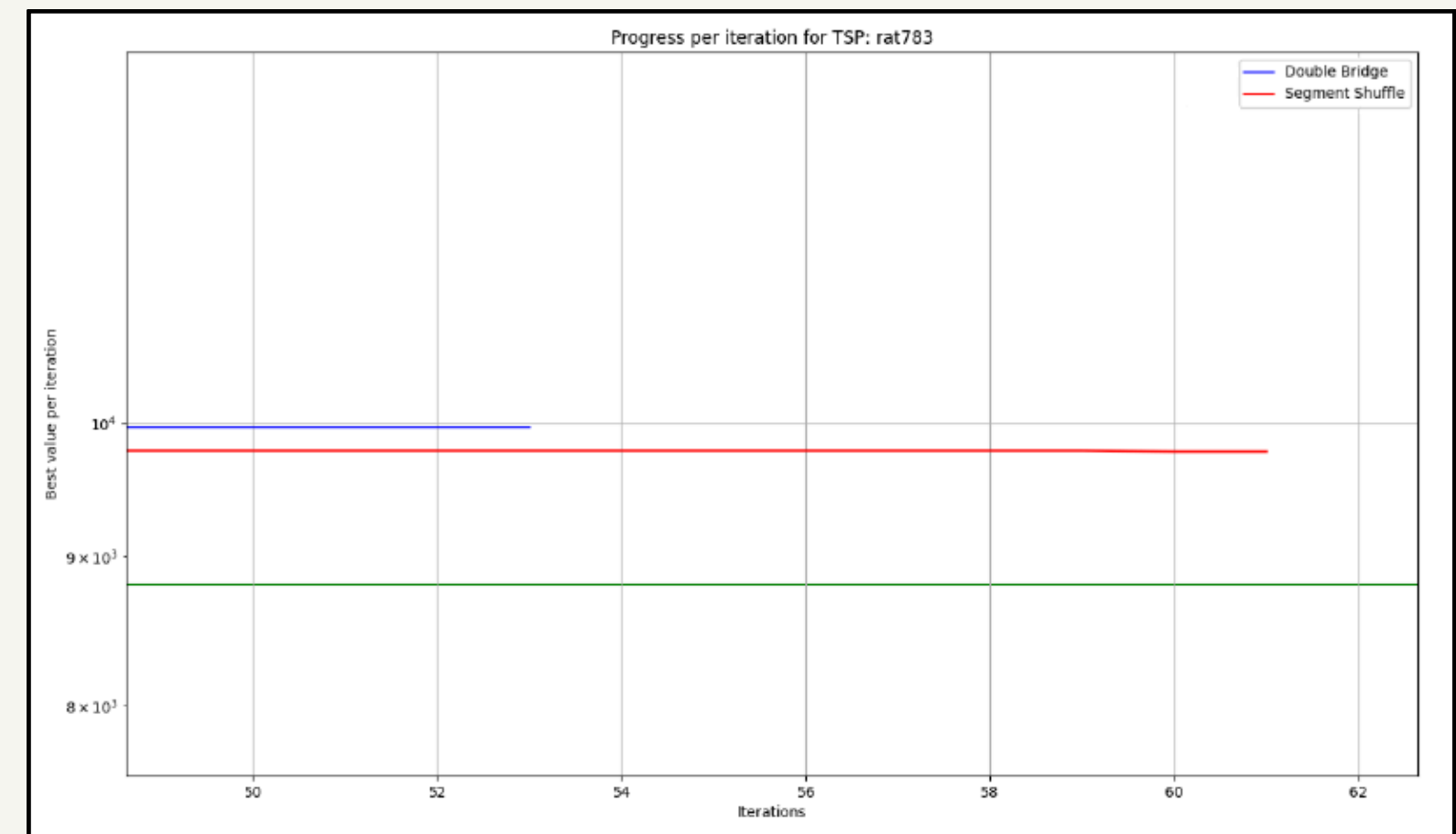
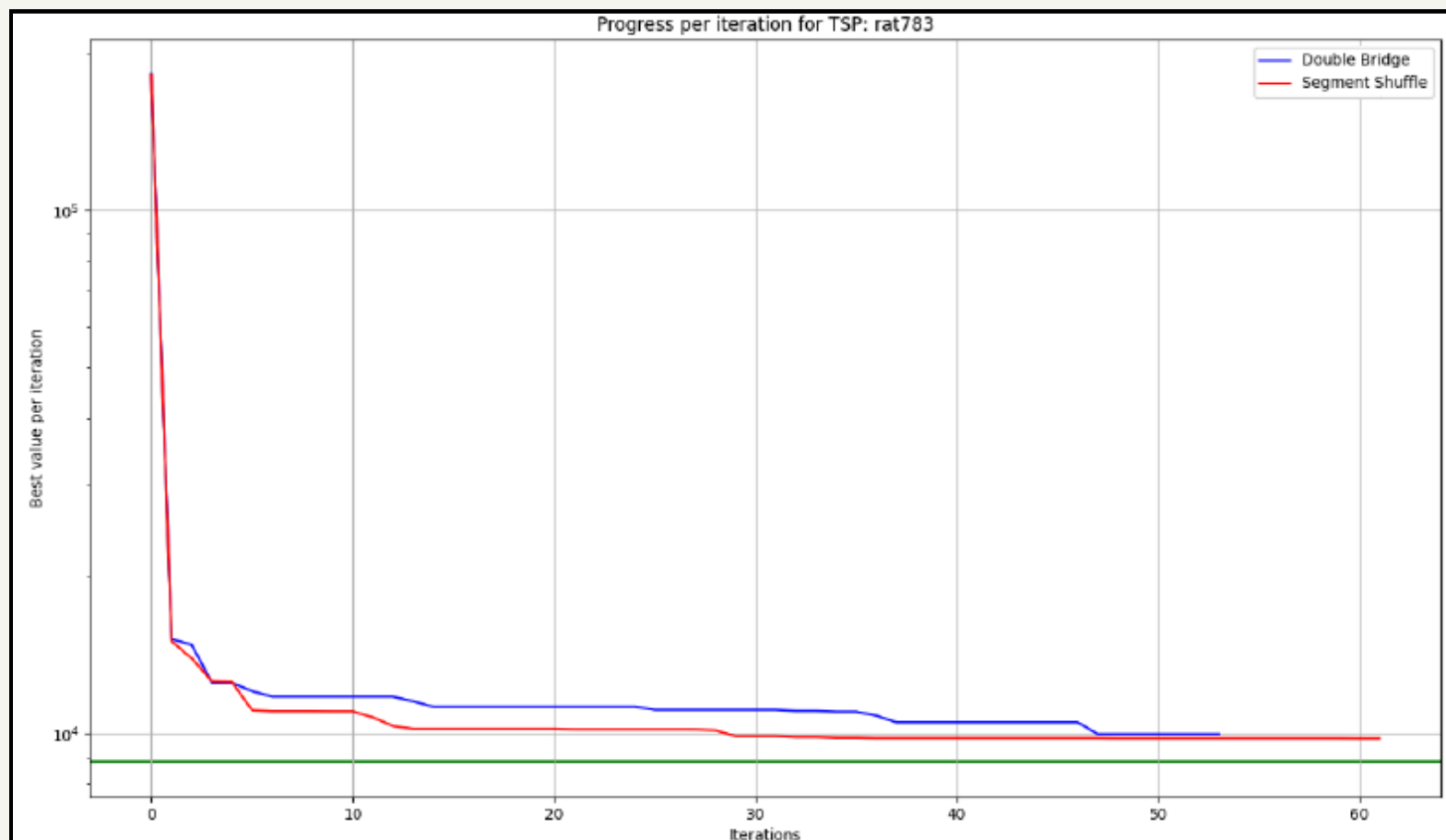
rat783	Single improvement	Probabilistic acceptance	Optimalno rešenje
Greška	82.59	172.29	0.12
Broj iteracija	3853	3674	21937

Rezultati eksperimenata

Problem rat783, $t = 300s - 1$

Lokalna pretraga	Perturbacija	Kriterijum prihvatanja rešenja
2-opt	Double-bridge	Single improvement
2-opt	Segment shuffle	Single improvement

rat783	Double bridge	Segment shuffle	Optimalno rešenje
Greška	13.21	11.06	0.12
Broj iteracija	6977	7061	21937

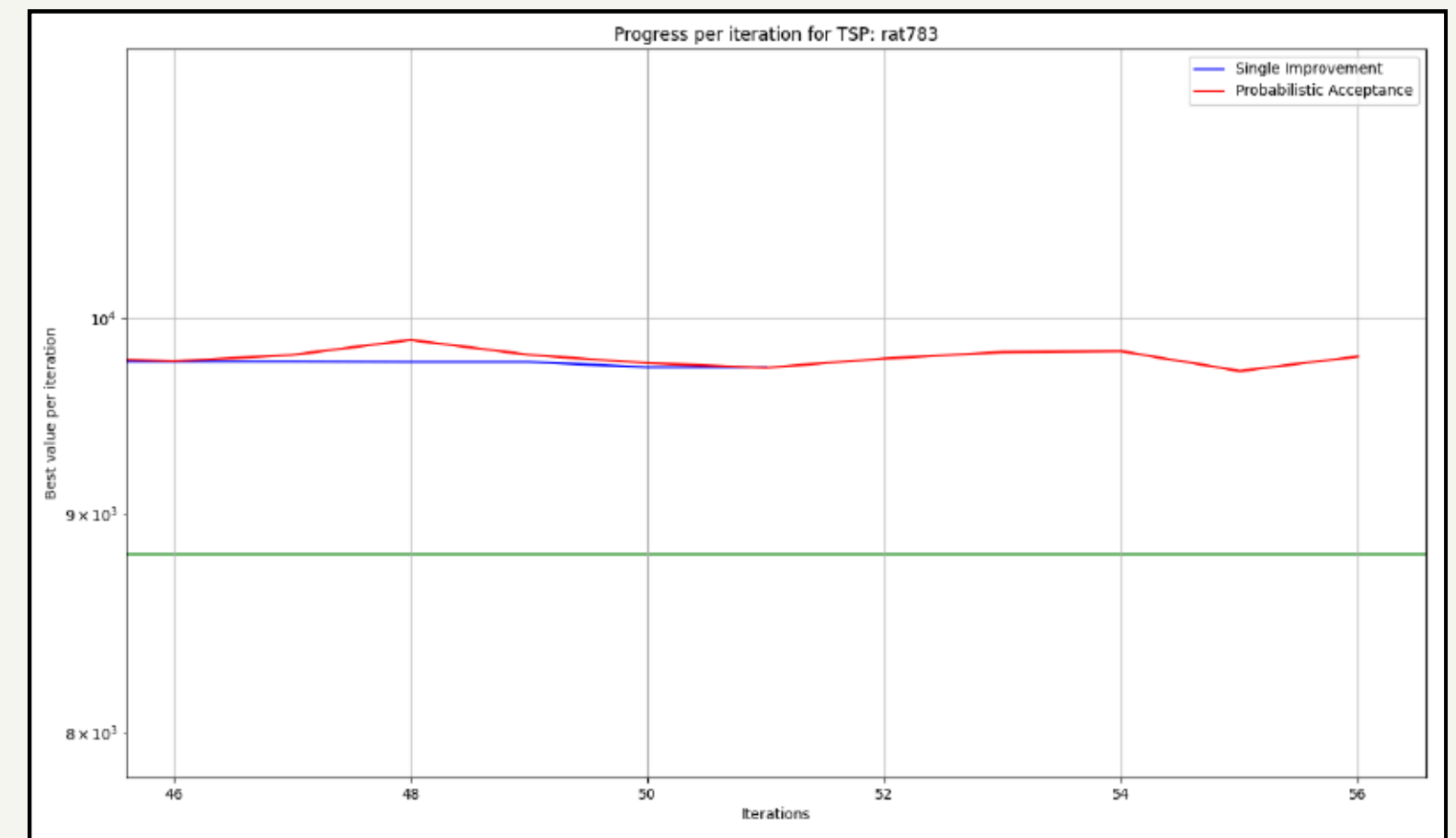
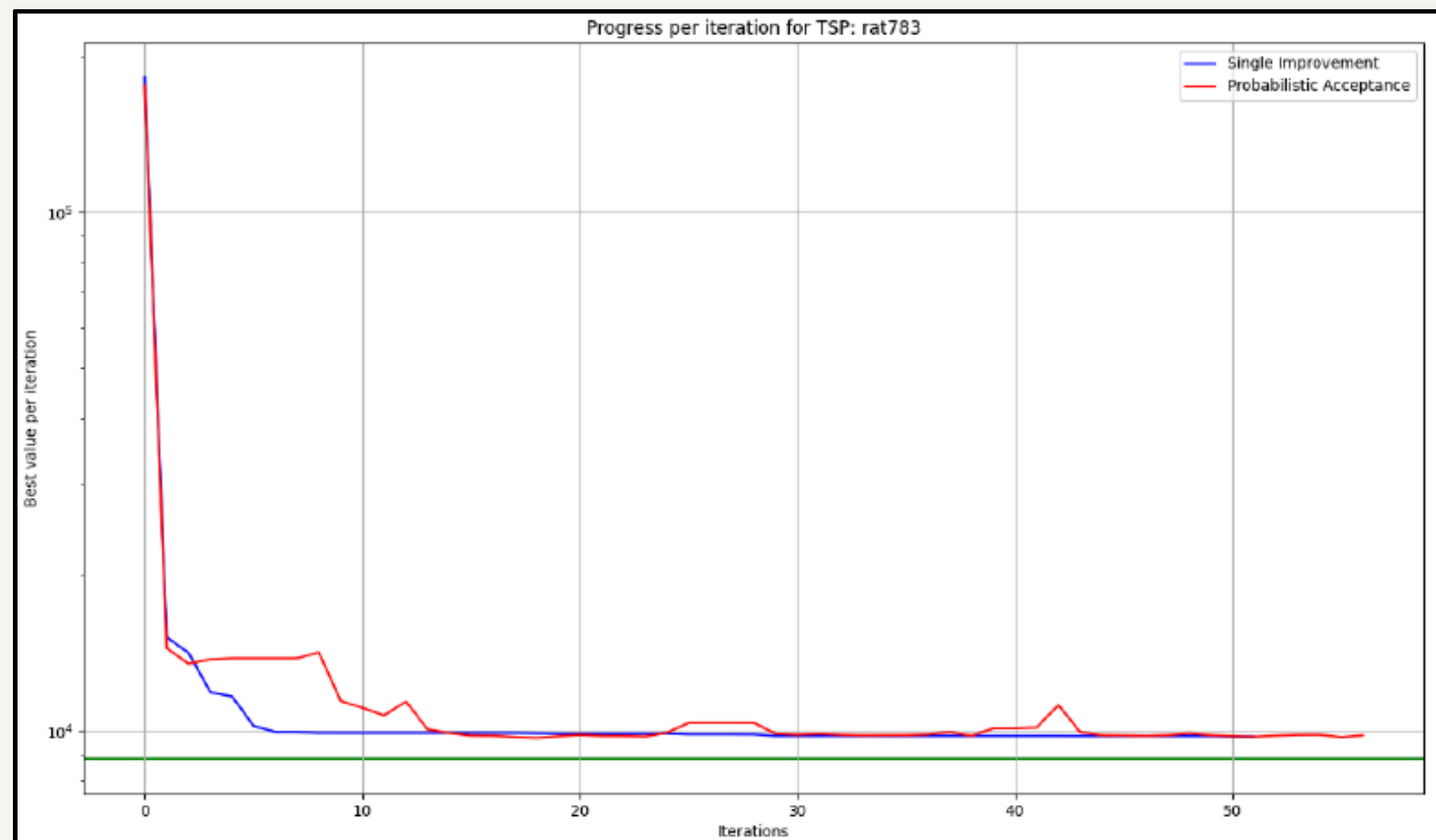


Rezultati eksperimenata

Problem rat783, t = 300s - 2

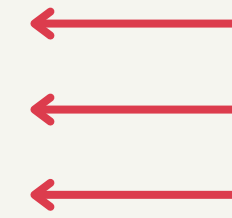
Lokalna pretraga	Perturbacija	Kriterijum prihvatanja rešenja
2-opt	Segment shuffle	Single improvement
2-opt	Segment shuffle	Probabilistic acceptance

rat783	Single improvement	Probabilistic acceptance	Optimalno rešenje
Greška	10.58	9.99	0.12
Broj iteracija	6920	7309	21937



Celokupni rezultati, t = 300s

Problem name	Best fitness	Optimal fitness	Duration (s)	Iterations	Error (%)
kroA100	21282	21282	300	25928	0.00
d198	15927	15780	300	15373	0.93
lin318	43370	42029	300	11196	3.19
pcb442	52821	50778	300	9267	4.02
rat783	9724	8806	300	8275	10.42
pr1002	290233	259045	300	9008	12.04
pcb1173	63426	56892	300	8807	11.48
d1291	59344	50801	300	8943	16.82
fl1577	66037	22249	300	9293	196.81
pr2392	1630873	378032	300	12541	331.41
pcb3038	782303	137694	300	14547	468.15
fl3795	1418953	28772	300	11491	4831.71
rl5915	13858939	565530	300	18145	2350.61
gr666	326074	294358	300	7325	10.77
hk48	11461	11461	300	98164	0.00
brazil58	25395	25395	300	81540	0.00
a280	2639	2579	300	12406	2.33
ali535	222728	202310	300	8083	10.09
bayg29	1610	1610	300	174946	0.00
u2152	243174	64253	300	11157	278.46





Hvala na pažnji!