

Metaheuristiky

Semestrálna práca

Vypracoval: Tomáš Staroň

Študijná skupina: 5ZII11

Obsah

[1. Úvod 3](#_Toc196250437)

[2. Popis aplikácie 3](#_Toc196250438)

[3. Architektúra aplikácie 4](#_Toc196250439)

[3.1 Hlavné komponenty 4](#_Toc196250440)

[3.2 Kľúčové služby 4](#_Toc196250441)

[4. Editor dopravnej siete 4](#_Toc196250442)

[4.1 Práca s uzlami 4](#_Toc196250443)

[4.2 Práca s hranami 5](#_Toc196250444)

[5. Import a export dát 5](#_Toc196250445)

[6. Generovanie náhodnej siete 6](#_Toc196250446)

[7. Clarke-Wright algoritmus 6](#_Toc196250447)

[7.2 Princíp algoritmu 6](#_Toc196250448)

[7.3 Implementácia 6](#_Toc196250449)

[8. Zobrazenie výsledkov 7](#_Toc196250450)

[9. Adresárová štruktúra projektu 8](#_Toc196250451)

[10. Kľúčové algoritmy a údajové štruktúry 8](#_Toc196250452)

[11. Používateľská príručka 9](#_Toc196250453)

[11.1 Vytvorenie dopravnej siete 9](#_Toc196250454)

[11.2 Editácia vlastností 9](#_Toc196250455)

[11.3 Práca so súbormi 10](#_Toc196250456)

[11.4 Generovanie náhodnej siete: 10](#_Toc196250457)

[11.5 Výpočet optimálnych trás 10](#_Toc196250458)

[12. Záver 10](#_Toc196250459)

# Úvod

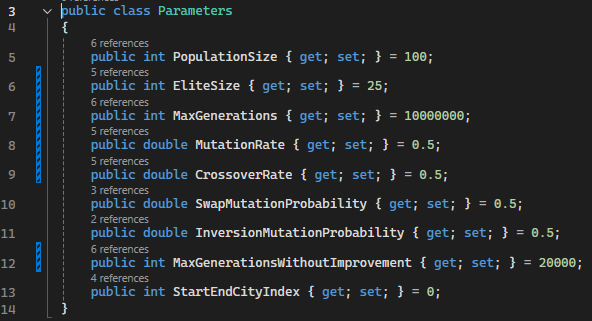
Semestrálna práca sa zameriava na riešenie úlohy obchodného cestujúceho (TSP) pomocou genetického algoritmu. Implementovaný algoritmus využíva elitnú stratégiu, kríženie typu Uniform Crossover (UX) a selekciu Baker's Stochastic Universal Selection (SUS), ktoré sú vhodné pre permutačné problémy ako TSP. Cieľom je nájsť čo najkratšiu trasu medzi mestami v Košickom kraji efektívne počas evolučného procesu.

V tejto kapitole si prejdeme implementáciu riešenia problému.

## Pomocné triedy

Trieda **Parameters:**

nastavuje parametre genetického algoritmu, ktoré sa používajú počas behu algoritmu.



Obrázok 1Parametre algoritmus v triede Parameters

Trieda **City** – ukladá informácie o danom meste ako je jeho ID, názov a kód.

Trieda **DataLoader –** Načíta vstupné údaje z textových súborov.

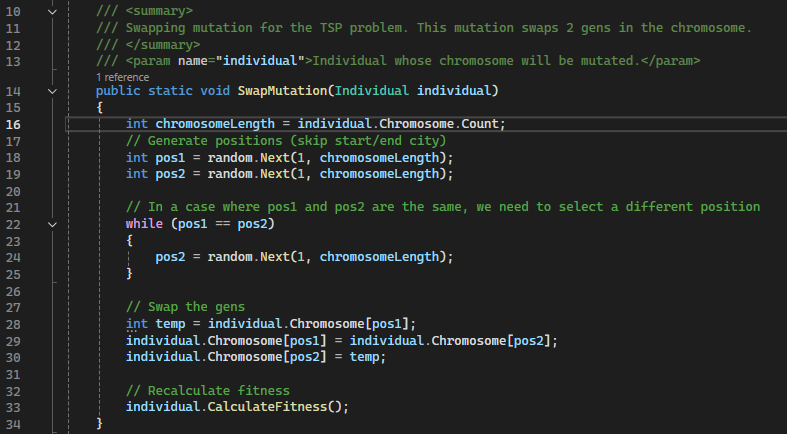
Trieda **Individual –** Ukladá chromozóm jedinca, fitness a taktiež pozná vzdialenosti medzi uzlami siete. Disponuje metódami Clone, CalculateFitness a ToString.

Trieda **Population –** Ukladá danú populáciu jedincov pre genetický algoritmus. Pamätá si najlepšieho jedinca s najlepším fitnessom. Disponuje metódami GetElite(vráti zoznam najlepších n jedincov podľa fitnessu), SortByFitness, AddIndividual a GetStatistics

## 2.2 Mutácia

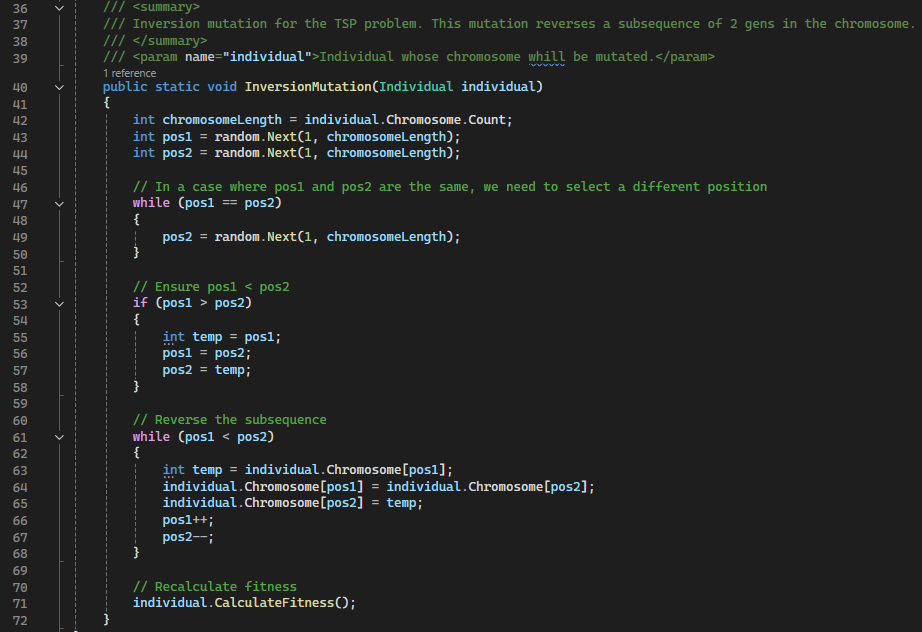
Nakoľko nebolo dané akú mutáciu máme používať v SP, rozhodol som sa použiť 2 typy mutácie.

* Náhodné výmeny 2 navštívených uzlov



Obrázok 2 Mutácia - výmena

* Inverzia poradia navštívených uzlov.



Obrázok 3 Mutácia - inverzia

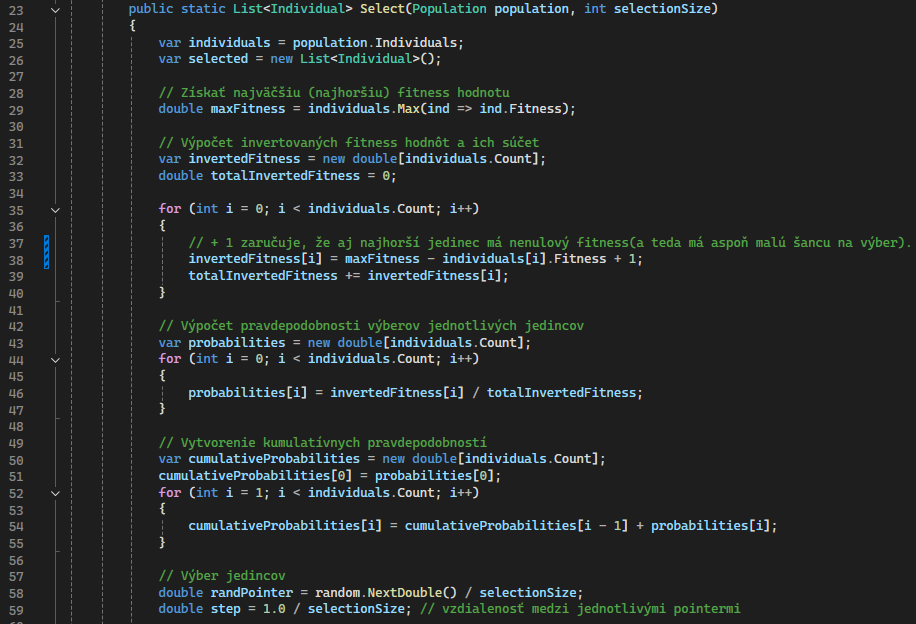
Celý algoritmus mutácií je implementovaný v triede **MutationTSP.**

## 2.2 Baker's Stochastic Universal Selection (SUS)

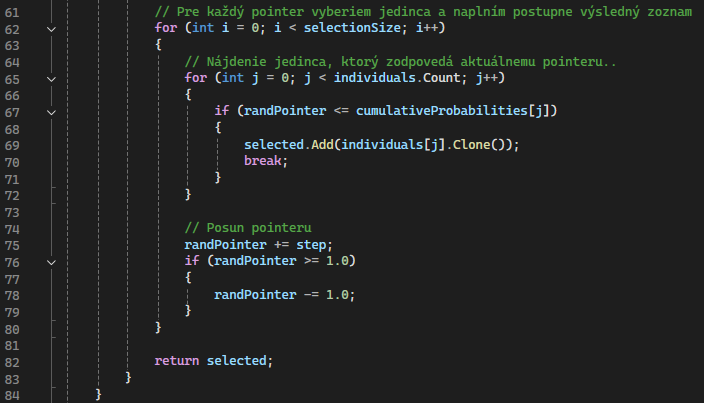
Baker's SUS je selekčný mechanizmus. V TSP je nižšia fitness hodnota lepšia, avšak SUS očakáva, že vyššia hodnota fitness znamená, že daný jedinec je lepší. implementoval som inverziu fitness hodnôt z dôvodov, že platí:

* Zvyšuje selektivitu výberu (lepší jedinci majú oveľa väčšiu šancu na výber)
* Zachovanie poradia jedincov (lepší jedinec má vyšší invertedFitness)
* Zabezpečuje dostatočný rozptyl pravdepodobností
* **Pri nepoužití tohto spôsobu (inverzie) som dostával omnoho horšie výsledky.**

Celý algoritmus je popísaný komentármi priamo v kóde, z tohto dôvodu prikladám snímky obrazovky kde je celý proces popísaný.



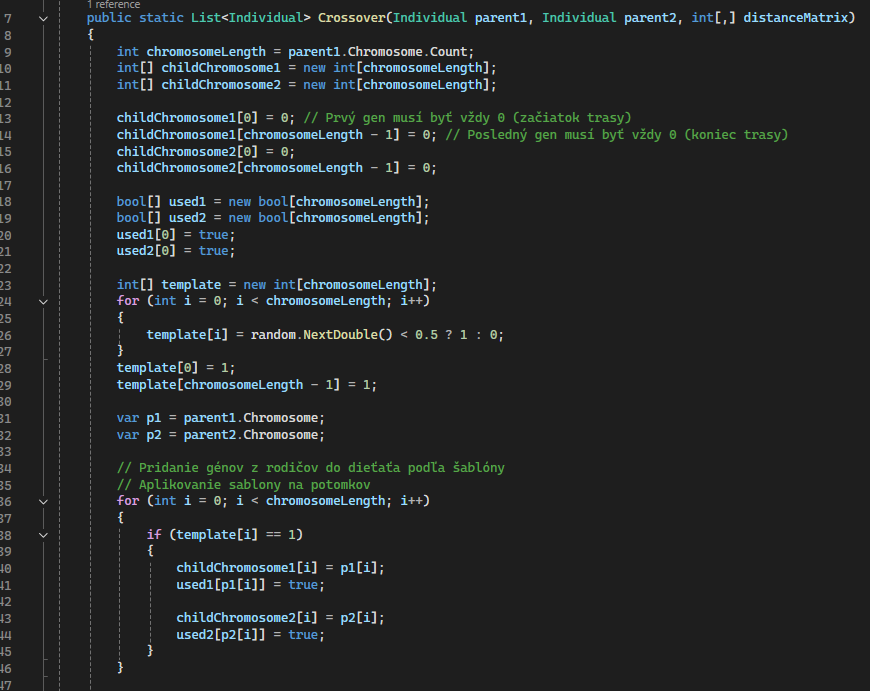
Obrázok 4 Selekcia Baker's SUS 1/2



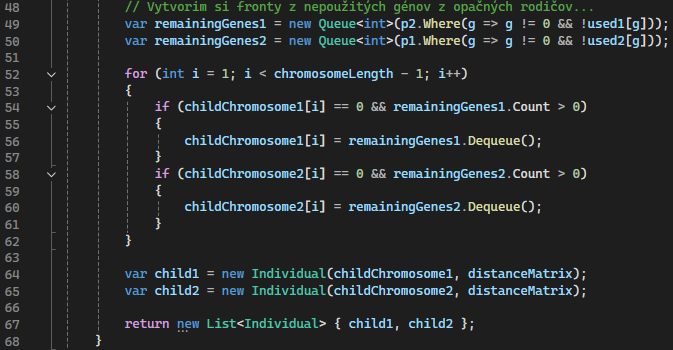
Obrázok 5 Selekcia Baker's SUS 2/2

## 2.2 Uniform Crossover (kríženie)

1. **Inicializácia potomkov** – Prvý a posledný gén v chromozóme je vždy 0, čo reprezentuje fixný začiatok a koniec trasy (napr. v prípade TSP).
2. **Generovanie šablóny (template)** – Pre každý gén sa náhodne rozhodne, či sa vezme od parent1 alebo parent2. Prvý a posledný gén sú však vždy nastavené na stredisko (zachovanie začiatku/konca).
3. **Aplikácia šablóny** – Gén zodpovedajúci hodnote 1 v šablóne sa kopíruje z príslušného rodiča do dieťaťa.
4. **Doplnenie zvyšných génov** – Génové pozície s hodnotou 0 sú doplnené z druhého rodiča, pričom sa zabezpečí, že každý gén (mesto) sa vyskytne len raz.
5. **Vytvorenie nových jedincov** – Na záver sa z hotových chromozómov vytvoria dvaja potomkovia pomocou konštruktora Individual.



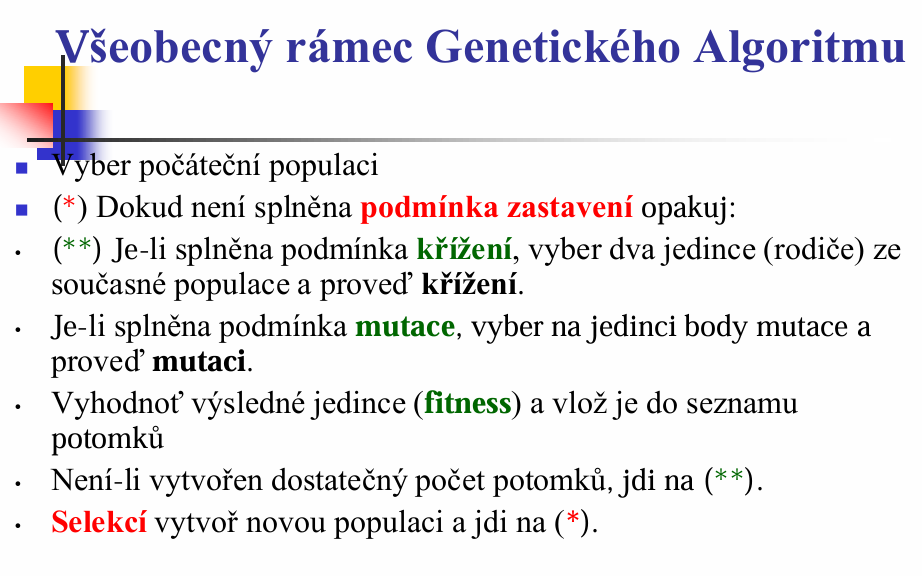
Obrázok 6 Unifrom crossover 1/2



Obrázok 7 Unifrom crossover 2/2

# Hlavný chod programu

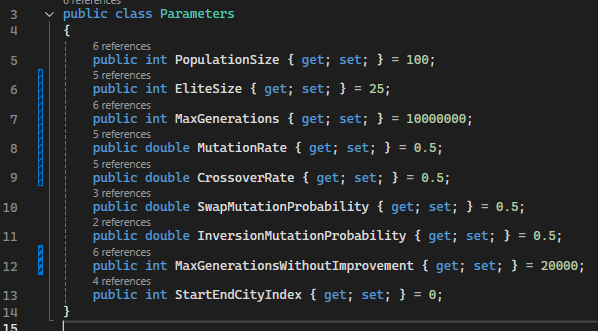
Hlavný chod programu zabezpečuje trieda **GeneticAlgorithm**. Navrhnutý bol podľa prednášok, preto prikladám snímok obrazovky kde je popísané všeobecné fungovanie genetického algoritmu.

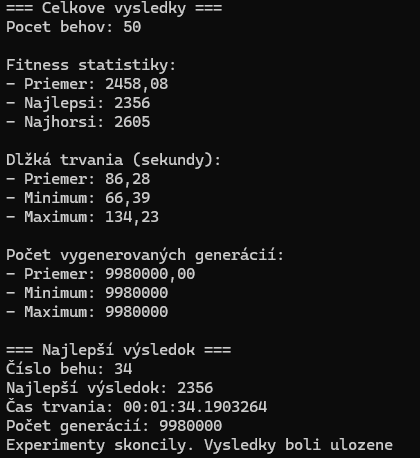


Obrázok 8 Všeobecný rámec Genetického Algoritmu

# Výsledky

Genetický algoritmus sme na cestnej sieti spustili viacej krát s rôznymi parametrami, nižšie je už uvedené nastavenie + výsledky pre najlepší beh.





Najlepší beh programu

Číslo behu: 34

Najlepší výsledok: 2356

Dobra trvania: 00:01:34.1903264

Počet generácií: 9980000

**Najlepšia trasa:**

**Začiatok: Bohúňovo (ID: 1)**

1. Čoltovo (ID: 2)

2. Gemerská Panica (ID: 3)

3. Bretka (ID: 445)

4. Bohúňovo (ID: 1)

5. Meliata (ID: 444)

6. Gemerská Hôrka (ID: 443)

7. Silica (ID: 97)

8. Slavec (ID: 98)

9. Ardovo (ID: 440)

10. Kečovo (ID: 442)

11. Dlhá Ves (ID: 441)

12. Silická Brezová (ID: 104)

13. Plešivec (ID: 7)

14. Pašková (ID: 30)

15. Kunova Teplica (ID: 29)

16. Gočaltovo (ID: 28)

17. Rozložná (ID: 27)

18. Štítnik (ID: 26)

19. Ochtiná (ID: 22)

20. Čierna Lehota (ID: 25)

21. Slavošovce (ID: 24)

22. Rochovce (ID: 23)

23. Roštár (ID: 20)

24. Koceľovce (ID: 19)

25. Slavoška (ID: 18)

26. Markuška (ID: 17)

27. Brdárka (ID: 15)

28. Hanková (ID: 16)

29. Petrovo (ID: 21)

30. Nižná Slaná (ID: 13)

31. Kobeliarovo (ID: 14)

32. Henckovce (ID: 32)

33. Gemerská Poloma (ID: 79)

34. Betliar (ID: 83)

35. Rakovnica (ID: 102)

36. Rožňavské Bystré (ID: 103)

37. Honce (ID: 31)

38. Rudná (ID: 101)

39. Rožňava (ID: 85)

40. Čučma (ID: 86)

41. Krásnohorské Podhradie (ID: 84)

42. Úhorná (ID: 82)

43. Pača (ID: 87)

44. Kružná (ID: 100)

45. Brzotín (ID: 99)

46. Jovice (ID: 88)

47. Krásnohorská Dlhá Lúka (ID: 89)

48. Drnava (ID: 90)

49. Kováčová (ID: 91)

50. Bôrka (ID: 93)

51. Lúčka (ID: 92)

52. Lipovník (ID: 446)

53. Jablonov nad Turňou (ID: 94)

54. Silická Jablonica (ID: 96)

55. Hrušov (ID: 95)

56. Hrhov (ID: 122)

57. Dvorníky - Včeláre (ID: 106)

58. Zádiel (ID: 107)

59. Žarnov (ID: 113)

60. Janík (ID: 115)

61. Peder (ID: 114)

62. Turnianska Nová Ves (ID: 112)

63. Chorváty (ID: 110)

64. Hosťovce (ID: 111)

65. Turňa nad Bodvou (ID: 105)

66. Hačava (ID: 109)

67. Háj (ID: 108)

68. Drienovec (ID: 116)

69. Moldava nad Bodvou (ID: 200)

70. Debraď (ID: 203)

71. Poproč (ID: 120)

72. Jasov (ID: 119)

73. Medzev (ID: 118)

74. Vyšný Medzev (ID: 124)

75. Štós (ID: 117)

76. Smolník (ID: 80)

77. Smolnícka Huta (ID: 81)

78. Mníšek nad Hnilcom (ID: 71)

79. Helcmanovce (ID: 70)

80. Švedlár (ID: 72)

81. Stará Voda (ID: 73)

82. Henclová (ID: 78)

83. Nálepkovo (ID: 74)

84. Závadka (ID: 76)

85. Hnilčík (ID: 75)

86. Hnilec (ID: 77)

87. Mlynky (ID: 6)

88. Dedinky (ID: 5)

89. Dobšiná (ID: 8)

90. Gočovo (ID: 12)

91. Vlachovo (ID: 11)

92. Vyšná Slaná (ID: 9)

93. Rejdová (ID: 10)

94. Stratená (ID: 4)

95. Betlanovce (ID: 33)

96. Hrabušice (ID: 34)

97. Letanovce (ID: 35)

98. Spišské Tomášovce (ID: 36)

99. Arnutovce (ID: 448)

100. Smižany (ID: 37)

101. Iliašovce (ID: 123)

102. Teplička (ID: 44)

103. Spišská Nová Ves (ID: 38)

104. Harichovce (ID: 39)

105. Danišovce (ID: 42)

106. Lieskovany (ID: 43)

107. Markušovce (ID: 41)

108. Matejovce (ID: 45)

109. Poráč (ID: 48)

110. Rudňany (ID: 47)

111. Odorín (ID: 40)

112. Chrasť nad Hornádom (ID: 46)

113. Jamník (ID: 49)

114. Spišský Hrušov (ID: 51)

115. Vítkovce (ID: 50)

116. Hincovce (ID: 52)

117. Bystrany (ID: 53)

118. Olcnava (ID: 54)

119. Spišské Vlachy (ID: 55)

120. Oľšavka (ID: 57)

121. Žehra (ID: 56)

122. Vojkovce (ID: 59)

123. Slatvina (ID: 58)

124. Kaľava (ID: 64)

125. Kolinovce (ID: 447)

126. Krompachy (ID: 63)

127. Slovinky (ID: 65)

128. Richnava (ID: 60)

129. Kluknava (ID: 62)

130. Hrišovce (ID: 61)

131. Margecany (ID: 125)

132. Jaklovce (ID: 67)

133. Gelnica (ID: 68)

134. Prakovce (ID: 69)

135. Žakarovce (ID: 66)

136. Veľký Folkmar (ID: 218)

137. Kojšov (ID: 121)

138. Opátka (ID: 219)

139. Košická Belá (ID: 220)

140. Košice - Džungľa (ID: 450)

141. Košice - Ťahanovce (ID: 452)

142. Košice - Sídlisko Ťahanovce (ID: 451)

143. Košice - Dargovských hrdinov (ID: 154)

144. Košice - Košická Nová Ves (ID: 155)

145. Košice - Sever (ID: 229)

146. Košice - Kavečany (ID: 453)

147. Družstevná pri Hornáde (ID: 221)

148. Sokoľ (ID: 225)

149. Trebejov (ID: 224)

150. Veľká Lodina (ID: 226)

151. Malá Lodina (ID: 227)

152. Kysak (ID: 222)

153. Obišovce (ID: 223)

154. Budimír (ID: 135)

155. Kráľovce (ID: 132)

156. Chrastné (ID: 134)

157. Vajkovce (ID: 133)

158. Beniakovce (ID: 136)

159. Hrašovík (ID: 139)

160. Rozhanovce (ID: 138)

161. Košické Oľšany (ID: 140)

162. Ďurďošík (ID: 141)

163. Trsťany (ID: 142)

164. Bidovce (ID: 145)

165. Nižná Kamenica (ID: 152)

166. Vyšná Kamenica (ID: 151)

167. Herľany (ID: 148)

168. Rankovce (ID: 147)

169. Mudrovce (ID: 150)

170. Vtáčkovce (ID: 129)

171. Ploské (ID: 130)

172. Nová Polhora (ID: 131)

173. Bunetice (ID: 127)

174. Opiná (ID: 126)

175. Kecerovský Lipovec (ID: 149)

176. Čižatice (ID: 137)

177. Kecerovce (ID: 128)

178. Boliarov (ID: 146)

179. Bačkovík (ID: 143)

180. Čakanovce (ID: 144)

181. Košický Klečenov (ID: 231)

182. Dargov (ID: 232)

183. Bačkov (ID: 233)

184. Stankovce (ID: 236)

185. Kravany (ID: 235)

186. Višňov (ID: 234)

187. Parchovany (ID: 237)

188. Dvorianky (ID: 238)

189. Vojčice (ID: 241)

190. Trhovište (ID: 304)

191. Bánovce nad Ondavou (ID: 300)

192. Ložín (ID: 299)

193. Laškovce (ID: 303)

194. Michalovce (ID: 310)

195. Suché (ID: 316)

196. Lesné (ID: 360)

197. Nacina Ves (ID: 354)

198. Petrovce nad Laborcom (ID: 357)

199. Voľa (ID: 355)

200. Pusté Čemerné (ID: 361)

201. Strážske (ID: 351)

202. Staré (ID: 352)

203. Oreské (ID: 353)

204. Zbudza (ID: 356)

205. Trnava pri Laborci (ID: 358)

206. Klokočov (ID: 436)

207. Kaluža (ID: 437)

208. Vinné (ID: 359)

209. Lastomír (ID: 309)

210. Sliepkovce (ID: 308)

211. Vojany (ID: 285)

212. Beša (ID: 283)

213. Ižkovce (ID: 284)

214. Krišovská Liesková (ID: 381)

215. Veľké Kapušany (ID: 373)

216. Čičarovce (ID: 286)

217. Kapušianske Kľačany (ID: 374)

218. Ruská (ID: 375)

219. Ptrukša (ID: 377)

220. Veľké Slemence (ID: 376)

221. Budince (ID: 378)

222. Maťovské Vojkovce (ID: 380)

223. Čierne Pole (ID: 379)

224. Pavlovce nad Uhom (ID: 382)

225. Vysoká nad Uhom (ID: 388)

226. Bajany (ID: 383)

227. Lekárovce (ID: 384)

228. Bežovce (ID: 387)

229. Pinkovce (ID: 385)

230. Záhor (ID: 386)

231. Tašuľa (ID: 389)

232. Jenkovce (ID: 390)

233. Nižné Nemecké (ID: 391)

234. Vyšné Nemecké (ID: 392)

235. Husák (ID: 411)

236. Sejkov (ID: 394)

237. Krčava (ID: 393)

238. Orechová (ID: 410)

239. Vojnatina (ID: 407)

240. Priekopa (ID: 413)

241. Petrovce (ID: 409)

242. Koromľa (ID: 408)

243. Kolibabovce (ID: 412)

244. Porúbka (ID: 414)

245. Tibava (ID: 406)

246. Koňuš (ID: 422)

247. Inovce (ID: 426)

248. Beňatina (ID: 425)

249. Podhoroď (ID: 424)

250. Ruská Bystrá (ID: 428)

251. Ruský Hrabovec (ID: 427)

252. Choňkovce (ID: 421)

253. Hlivištia (ID: 423)

254. Baškovce (ID: 415)

255. Horňa (ID: 460)

256. Ruskovce (ID: 420)

257. Jasenov (ID: 429)

258. Poruba pod Vihorlatom (ID: 433)

259. Jovsa (ID: 434)

260. Kusín (ID: 435)

261. Vyšná Rybnica (ID: 430)

262. Remetské Hámre (ID: 432)

263. Vyšné Remety (ID: 431)

264. Úbrež (ID: 419)

265. Nižná Rybnica (ID: 405)

266. Sobrance (ID: 398)

267. Ostrov (ID: 397)

268. Porostov (ID: 396)

269. Kristy (ID: 395)

270. Svätuš (ID: 399)

271. Blatná Polianka (ID: 400)

272. Bunkovce (ID: 402)

273. Blatné Remety (ID: 401)

274. Blatné Revištia (ID: 403)

275. Veľké Revištia (ID: 404)

276. Fekišovce (ID: 418)

277. Závadka (ID: 416)

278. Hnojné (ID: 417)

279. Lúčky (ID: 318)

280. Hažín (ID: 319)

281. Zalužice (ID: 317)

282. Čečehov (ID: 320)

283. Jastrabie pri Michalovciach (ID: 321)

284. Iňačovce (ID: 322)

285. Zemplínska Široká (ID: 323)

286. Senné (ID: 324)

287. Palín (ID: 325)

288. Stretava (ID: 289)

289. Stretavka (ID: 288)

290. Drahňov (ID: 287)

291. Budkovce (ID: 293)

292. Slavkovce (ID: 292)

293. Zemplínske Kopčany (ID: 291)

294. Malé Raškovce (ID: 290)

295. Veľké Raškovce (ID: 281)

296. Oborín (ID: 280)

297. Petrikovce (ID: 282)

298. Malčice (ID: 278)

299. Markovce (ID: 279)

300. Kačanov (ID: 297)

301. Bracovce (ID: 298)

302. Falkušovce (ID: 296)

303. Dúbravka (ID: 294)

304. Hatalov (ID: 295)

305. Žbince (ID: 301)

306. Vrbnica (ID: 302)

307. Šamudovce (ID: 305)

308. Krásnovce (ID: 306)

309. Pozdišovce (ID: 307)

310. Rakovec nad Ondavou (ID: 315)

311. Moravany (ID: 314)

312. Tušická Nová Ves (ID: 312)

313. Tušice (ID: 313)

314. Horovce (ID: 311)

315. Hriadky (ID: 239)

316. Sečovce (ID: 240)

317. Nový Ruskov (ID: 264)

318. Trebišov (ID: 262)

319. Plechotice (ID: 263)

320. Čeľovce (ID: 259)

321. Egreš (ID: 260)

322. Zemplínska Teplica (ID: 246)

323. Veľké Ozorovce (ID: 245)

324. Malé Ozorovce (ID: 243)

325. Zbehňov (ID: 242)

326. Trnávka (ID: 244)

327. Svinica (ID: 153)

328. Ďurkov (ID: 168)

329. Olšovany (ID: 167)

330. Vyšný Čaj (ID: 163)

331. Sady nad Torysou (ID: 158)

332. Košická Polianka (ID: 159)

333. Košice - Krásna (ID: 160)

334. Košice - Nad jazerom (ID: 455)

335. Košice - Vyšné Opátske (ID: 456)

336. Košice - Staré Mesto (ID: 156)

337. Košice - Juh (ID: 157)

338. Košice - Luník IX (ID: 212)

339. Košice - Západ (ID: 189)

340. Košice - Sídlisko KVP (ID: 457)

341. Košice - Myslava (ID: 213)

342. Baška (ID: 211)

343. Nižný Klátov (ID: 215)

344. Vyšný Klátov (ID: 216)

345. Hýľov (ID: 214)

346. Zlatá Idka (ID: 217)

347. Rudník (ID: 204)

348. Nováčany (ID: 205)

349. Hodkovce (ID: 206)

350. Šemša (ID: 207)

351. Malá Ida (ID: 208)

352. Bukovec (ID: 210)

353. Košice - Lorinčík (ID: 458)

354. Košice - Pereš (ID: 209)

355. Košice - Poľov (ID: 459)

356. Košice - Šaca (ID: 193)

357. Cestice (ID: 197)

358. Čečejovce (ID: 198)

359. Paňovce (ID: 202)

360. Mokrance (ID: 199)

361. Veľká Ida (ID: 188)

362. Komárovce (ID: 196)

363. Buzica (ID: 195)

364. Rešica (ID: 201)

365. Nižný Lánec (ID: 194)

366. Perín - Chym (ID: 187)

367. Milhosť (ID: 186)

368. Kechnec (ID: 185)

369. Seňa (ID: 183)

370. Belža (ID: 184)

371. Haniska (ID: 192)

372. Sokoľany (ID: 191)

373. Bočiar (ID: 190)

374. Košice - Šebastovce (ID: 454)

375. Košice - Barca (ID: 228)

376. Valaliky (ID: 178)

377. Kokšov - Bakša (ID: 179)

378. Geča (ID: 177)

379. Čaňa (ID: 176)

380. Gyňov (ID: 180)

381. Skároš (ID: 182)

382. Ždaňa (ID: 175)

383. Trstené pri Hornáde (ID: 181)

384. Nižná Myšľa (ID: 174)

385. Nižná Hutka (ID: 161)

386. Vyšná Hutka (ID: 162)

387. Vyšná Myšľa (ID: 173)

388. Nižný Čaj (ID: 449)

389. Ruskov (ID: 166)

390. Blažice (ID: 165)

391. Bohdanovce (ID: 164)

392. Rákoš (ID: 169)

393. Slančík (ID: 230)

394. Nový Salaš (ID: 171)

395. Slanská Huta (ID: 172)

396. Slanec (ID: 170)

397. Slanské Nové Mesto (ID: 247)

398. Kalša (ID: 248)

399. Slivník (ID: 249)

400. Kuzmice (ID: 250)

401. Brezina (ID: 251)

402. Byšta (ID: 253)

403. Kazimír (ID: 252)

404. Michaľany (ID: 254)

405. Lastovce (ID: 255)

406. Nižný Žipov (ID: 258)

407. Stanča (ID: 261)

408. Zemplínska Nová Ves (ID: 257)

409. Zemplínsky Branč (ID: 275)

410. Kožuchov (ID: 276)

411. Zemplínske Hradište (ID: 277)

412. Kašov (ID: 269)

413. Novosad (ID: 268)

414. Kysta (ID: 267)

415. Hrčeľ (ID: 266)

416. Veľaty (ID: 256)

417. Luhyňa (ID: 265)

418. Čerhov (ID: 328)

419. Veľká Tŕňa (ID: 439)

420. Malá Tŕňa (ID: 329)

421. Slovenské Nové Mesto (ID: 333)

422. Borša (ID: 332)

423. Brehov (ID: 272)

424. Sirník (ID: 273)

425. Hraň (ID: 274)

426. Zemplínske Jastrabie (ID: 270)

427. Cejkov (ID: 271)

428. Černochov (ID: 330)

429. Bara (ID: 331)

430. Ladmovce (ID: 335)

431. Zemplín (ID: 336)

432. Viničky (ID: 334)

433. Klin nad Bodrogom (ID: 341)

434. Streda nad Bodrogom (ID: 347)

435. Malý Kamenec (ID: 343)

436. Veľký Kamenec (ID: 342)

437. Strážne (ID: 344)

438. Veľký Horeš (ID: 345)

439. Malý Horeš (ID: 346)

440. Vojka (ID: 438)

441. Svätuše (ID: 338)

442. Svätá Mária (ID: 339)

443. Somotor (ID: 340)

444. Rad (ID: 350)

445. Svinice (ID: 337)

446. Zatín (ID: 349)

447. Boľ (ID: 348)

448. Soľnička (ID: 326)

449. Poľany (ID: 327)

450. Leles (ID: 365)

451. Pribeník (ID: 363)

452. Kráľovský Chlmec (ID: 362)

453. Bačka (ID: 364)

454. Dobrá (ID: 366)

455. Biel (ID: 367)

456. Veľké Trakany (ID: 369)

457. Malé Trakany (ID: 370)

458. Čierna nad Tisou (ID: 368)

459. Čierna (ID: 371)

460. Boťany (ID: 372)

**Koniec: Bohúňovo (ID: 1)**