



აზიის განვითარების ბანკი

ააიპ თბილისის განვითარების ფონდი

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება

და სატრანსპორტო მოდელის განახლება

ხელშეკრულების № .: LCIP/C/QCBS/09-2023

სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

25 მაისი, 2026 წელი

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

კვლევის შინაარსი

აკრონიმები და აბრევიატურები.....	1
1. შესავალი	3
1.1. პროექტის მიზნები	4
1.2. კვლევის მასშტაბი	5
2. მოდელის ზონირების სისტემა	7
2.1. ზოგადი ინფორმაცია თბილისისა და საპროექტო არეალის შესახებ	7
2.2. საპროექტო არეალის გაფართოება	9
2.3. ცვლილებები სატრანსპორტო ანალიზის ზონების (TAZ) საზღვრებში	11
3. სოციალურ-ეკონომიკური მონაცემების შეგროვება.....	30
3.1. მოსახლეობის ანალიზი	30
3.2. მოსახლეობის განაწილება ასაკობრივი ჯგუფების მიხედვით.....	45
3.3. სამუშაო ადგილების გადანაწილება.....	47
3.4. საბავშვო ბაღები	52
3.5. სკოლები	55
3.6. უნივერსიტეტები და კოლეჯები	58
4. სატრანსპორტო სისტემის მონაცემები.....	62
4.1. ტრანსპორტის კლასიფიკაცია.....	62
4.2. საგზაო ქსელი.....	64
4.3. საზოგადოებრივი ტრანსპორტის ქსელი.....	97
4.4. ქსელის შემოწმება	126
5. მოთხოვნის მოდელის მეთოდოლოგია	127
5.1. მოთხოვნის სეგმენტები	130
5.2. მგზავრობების გენერირება	139
5.3. განაწილება	144
5.4. სატრანსპორტო საშუალების არჩევა.....	153
5.5. გარე მგზავრობები.....	168
5.6. სატვირთო ავტომობილების მატრიცა.....	178
6. გადანაწილების ეტაპი	181
6.1. მატრიცების კომბინირება	181
6.2. მატრიცების გადანაწილება.....	184
7. მოდელის კალიბრაცია და ვალიდაცია.....	187
7.1. სატრანსპორტო ნაკადების მოცულობა	187
7.2. მგზავრთა ნაკადები	197
7.3. სატრანსპორტო საშუალებების სიჩქარის მონაცემები	198

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

7.4. სტატისტიკური ინდიკატორები.....	204
7.5. სიჩქარეების ვალიდაცია.....	208
8. მოდელირების შედეგები	210
9. ლიმიტაციები და რეკომენდაციები.....	214
10. დანართი	216
10.1.TAZ-ების მიხედვით მოსახლეობის რაოდენობის გამოთვლის მაგალითი 2025 წლის მოდელისთვის.....	216
10.2.მოსახლეობის ნამატის გამოთვლა.....	223

სურათები

სურათი 1. ქალაქის ადმინისტრაციულ რაიონებად დაყოფის ილუსტრაცია	8
სურათი 2. ქალაქის TAZ-ებად დაყოფა, 2022 წ.....	9
სურათი 3. მოდელირების განახლებული არეალი.....	10
სურათი 4. ზონა 5801-ის საზღვრების ცვლილება.....	12
სურათი 5. ზონა 5102-ის საზღვრების ცვლილება.....	13
სურათი 6. ზონა 4803-ის საზღვრების ცვლილება.....	14
სურათი 7. ზონა 4406 -ის საზღვრების ცვლილება.....	15
სურათი 8. ზონა 5802 -ის საზღვრების ცვლილება.....	16
სურათი 9. ზონა 1701 -ის საზღვრების ცვლილება.....	17
სურათი 10. ვაკის რაიონში TAZ-ების საზღვრების ცვლილება.....	18
სურათი 11. საბურთალოს რაიონში TAZ-ების საზღვრების ცვლილება.....	19
სურათი 12. ნუცუბიდის ფერდობის TAZ-ების საზღვრების ცვლილება	20
სურათი 13. დიდი დიდმის TAZ-ების საზღვრების ცვლილება.....	21
სურათი 14. ჟვანია-შატერაშვილის ქუჩების TAZ-ების საზღვრების ცვლილება	22
სურათი 15. სოფელ დიდმის TAZ-ების საზღვრების ცვლილება.....	23
სურათი 16. ჯიქიას ქუჩის TAZ-ების საზღვრების ცვლილება	24
სურათი 17. ბაგების TAZ-ების საზღვრების ცვლილება	25
სურათი 18. იპოდრომის მიმდებარედ TAZ-ების საზღვრების ცვლილება.....	26
სურათი 19. ჰუალინგის TAZ-ების საზღვრების ცვლილება	27
სურათი 20. განახლებული TAZ-ები.....	28
სურათი 21:ტრანსპორტის ანალიზის გარე ზონები	29
სურათი 22. ცვლილებები ვაკის რაიონის მოსახლეობის რაოდენობაში	33
სურათი 23. ცვლილებები საბურთალოს რაიონის მოსახლეობის რაოდენობაში.....	34
სურათი 24. ცვლილებები ნუცუბიდის ფერდობის მოსახლეობის რაოდენობაში	35
სურათი 25. ცვლილებები დიდი დიდმის მოსახლეობის რაოდენობაში	36
სურათი 26. ცვლილებები ჟვანიას ქუჩა-შატერაშვილის ქუჩა მოსახლეობის რაოდენობაში	37
სურათი 27. ცვლილებები სოფელ დიდმის მოსახლეობის რაოდენობაში.....	38
სურათი 28. ცვლილებები ჯიქიას ქუჩის მოსახლეობის რაოდენობაში.....	39
სურათი 29. ცვლილებები ბაგების მოსახლეობის რაოდენობაში.....	40
სურათი 30. ცვლილებები იპოდრომის მოსახლეობის რაოდენობაში	41
სურათი 31. ცვლილებები ჰუალინგის მოსახლეობის რაოდენობაში	42
სურათი 32. მოსახლეობის განაწილება ახალი სატრანსპორტო ანალიზის ზონების მიხედვით.....	43
სურათი 33. მოსახლეობის გადანაწილება თბილისის განახლებულ სატრანსპორტო მოდელში.....	44
სურათი 34. სატრანსპორტო ანალიზის ზონებში მოსახლეობის ასაკობრივი ჯგუფების მიხედვით განაწილების ამონაწერი	46
სურათი 35. სამუშაო ადგილების განაწილება ახალი TAZ-ების მიხედვით 2025 წელი	48

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

სურათი 36.. სამუშაო ადგილების განაწილება ახალი TAZ-ების მიხედვით თბილისში	49
სურათი 37. მოდელში მომსახურების სექტორის სამუშაო ადგილების განაწილება ახალი TAZ-ების მიხედვით.....	50
სურათი 38. მოდელში სამუშაო ადგილების განაწილება ახალი TAZ-ების მიხედვით	51
სურათი 39. საბავშვო ბაღების მდებარეობები	52
სურათი 40. საბავშვო ბაღებში ადგილების რაოდენობის განაწილება TAZ-ების მიხედვით.....	54
სურათი 41. სკოლების ადგილმდებარეობები	56
სურათი 42. სკოლებში ადგილების რაოდენობის განაწილება TAZ-ების მიხედვით.....	57
სურათი 43. უნივერსიტეტებისა და პროფესიული კოლეჯების ადგილმდებარეობები.....	59
სურათი 44. უნივერსიტეტებსა და პროფესიულ კოლეჯებში არსებული ადგილების განაწილება	60
სურათი 45. TAZ-ებისთვის ინდივიდუალურად განსაზღვრული პარამეტრები (UDAs).....	61
სურათი 46. სატრანსპორტო სიტემების ჩამონათვალი PTV Visum-ში.....	64
სურათი 47. კავშირი ტრანსპორტის სისტემებს, გადაადგილების რეჟიმებსა და მოთხოვნის სეგმენტებს შორის	64
სურათი 48. 2022 წლის თბილისის სატრანსპორტო მოდელში გამოყენებული მონაკვეთების ტიპების მაგალითი.....	66
სურათი 49. მონაკვეთები, რომლებზეც მოძრაობა ნებადართულია მხოლოდ ავტობუსებისა და მიკროავტობუსებისთვის (მინიმუმ ერთი მიმართულებით) - თბილისის სატრანსპორტო მოდელი, 2022	67
სურათი 50. თბილისის 2022 წლის სატრანსპორტო მოდელის საგზაო ქსელის ფრაგმენტი, რომელიც ასახავს მოდელის ქსელში არსებულ ხარვეზებს	68
სურათი 51. მარცხნივ მოხვევა კოტე მარჯანიშვილის ქუჩიდან გიორგი ჩიტაიას ქუჩისკენ	69
სურათი 52. საგზაო ქსელი OSM-ის მიხედვით	70
სურათი 53. საგზაო ქსელის (OSM) მონაკვეთების ტიპების ჩამონათვალის ფრაგმენტი	71
სურათი 54. გეოკადასტრის თანამგზავრული ფოტოების გამოყენება საგზაო ქსელის გადასამოწმებლად	72
სურათი 55. საგზაო ქსელის გადამოწმება საკადასტრო მონაცემების გამოყენებით.....	73
სურათი 56. 2022 წლის თბილისის სატრანსპორტო მოდელში მონაკვეთების კლასიფიკაციის კონცეფცია	74
სურათი 57. 2022 წლის თბილისის სატრანსპორტო მოდელში არსებული გზის მონაკვეთების (მახასიათებლებით) ჩამონათვალი	75
სურათი 58. საგზაო ქსელის ფრაგმენტში მონაკვეთების ტიპების შედარება	76
სურათი 59. საკადასტრო მონაცემების გამოყენება საგზაო ქსელის გადასამოწმებლად.....	77
სურათი 60. საგზაო ქსელის კვანძები OSM-დან მონაცემთა ექსპორტის შედეგად	78
სურათი 61. შუქნიშნით რეგულირებული კვანძები გადამოწმდა TUDA-ს მიერ მოწოდებული მონაცემების საფუძველზე.	79
სურათი 62. ორმხრივი დათმობის ტიპის კვანძები	80
სურათი 63. გია რომელაშვილისა და ჩარგლის ქუჩების გადაკვეთაზე არსებული წრიული გზა	81
სურათი 64. დაშვებული მოხვევების გადამოწმება Waze-ის მონაცემების გამოყენებით - ზურაბ ანჯაფარიძის ქუჩისა და ვაჟა-ფშაველას გამზირის გადაკვეთის მაგალითი	83
სურათი 65. განახლებულ მოდელში გადამოწმებული საგზაო ქსელის ილუსტრაცია.....	83
სურათი 66. საგზაო ქსელზე მოძრაობის ზოლების რაოდენობა	84
სურათი 67. სატრანსპორტო მოდელში მთავარი კვანძების მდებარეობა	91
სურათი 68. მთავარი კვანძის ილუსტრაცია სატრანსპორტო მოდელში	92
სურათი 69. მოხვევის სტანდარტების პარამეტრები	95
სურათი 70. შუქნიშნით რეგულირებულ კვანძზე მოხვევასთან დაკავშირებული დაყოვნების მაგალითი	95
სურათი 71. მთავარ კვანძზე მოხვევის დაყოვნების მაგალითი (მარცხნივ წარმოდგენილია მთავარი კვანძი; მარჯვნივ - მთავარი მოხვევის მანევრები).....	96
სურათი 72. M302 მარშრუტის ნაწილი თბილისის სატრანსპორტო მოდელში.....	97
სურათი 73. მოწოდებული GTFS მონაცემები	98
სურათი 74. PTV Visum-ში GTFS მონაცემების იპროტირების პროცესი.....	99
სურათი 75. GTFS მონაცემების იპროტირების შედეგი (1-ლი საფეხური)	99
სურათი 76. საზოგადოებრივი ტრანსპორტის (PuT) ქსელის მონაცემების საგზაო ქსელთან დაკავშირების პროცესის კონფიგურაცია	100
სურათი 77. GTFS მონაცემები იმპორტის მეორე ეტაპზე.....	101
სურათი 78. №17 ავტობუსის მარშრუტის მიმართულებები PTV Visum-ში	103

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

სურათი 79. TTC-ის მონაცემების გამოყენება ტრაექტორიისა და გაჩერებების გადასამოწმებლად.....	104
სურათი 80. TransitWand-ის მონაცემების გამოყენებით ტრაექტორიებისა და გაჩერების წერტილების გადამოწმების ილუსტრაცია	106
სურათი 81. მონაცემები მცხეთის, წეროვანისა და საგურამოს ქალაქგარე ავტობუსების მარშრუტების შესახებ, რომლებიც მოწოდებულია ამავე მარშრუტებზე მომუშავე მძღოლების მიერ	107
სურათი 82. TransitWand-ის მონაცემების გამოყენების ილუსტრაცია ტრაექტორიისა და გაჩერებების გადასამოწმებლად	108
სურათი 83. TransitWand-ის მონაცემების გამოყენების ილუსტრაცია მიკროავტობუსის ტრაექტორიის (სადგურის მოედანი - ძველი ბაზარი (ბათუმის ქ.) და გაჩერებების დასადგენად (ვინაიდან არ არსებობდა მონაცემები, რომელიც გამოყენებულ იქნებოდა გადასამოწმებლად)	110
სურათი 84. აგრეგირებული საზოგადოებრივი ტრანსპორტის მარშრუტები	111
სურათი 85. ქალაქგარე ავტობუსების მარშრუტები გამარჯვების, ვაჟიანის, მარტყოფისა და ნორიოს მიმართულებით.....	112
სურათი 86. TTC მონაცემების გამოყენება მარშრუტების მიმართულებების განრიგების დადგენის მიზნით	113
სურათი 87. მარშრუტის მიმართულების განრიგების შეყვანა მოდელში	114
სურათი 88. სატრანსპორტო საშუალებების ერთეულები რუსთავი-თბილისის №021 მარშრუტისთვის (სპორტის სასახლე).....	115
სურათი 89. მეტროს, ფუნიკულიორისა და საბაგირო გზების მარშრუტების ილუსტრაცია მოდელში ...	116
სურათი 90. საზოგადოებრივი ტრანსპორტის (PuT) მარშრუტების ქსელი თბილისის სატრანსპორტო მოდელში.....	117
სურათი 91. საზოგადოებრივი ტრანსპორტის (PuT) მარშრუტების რაოდენობა საგზაო ქსელზე.....	118
სურათი 92. PTV Visum-ში გაჩერებების იერარქიული სტრუქტურა	119
სურათი 93. მგზავრთა გადაჯდომა გაჩერებებს შორის	120
სურათი 94. გადაჯდომის დრო შოთა შალიკაშვილის სახელობის ხიდის გაჩერებაზე PTV Visum-ში.....	121
სურათი 95. საზოგადოებრივი ტრანსპორტის გაჩერებების განლაგება თბილისის მოდელში	122
სურათი 96. პირველი ტიპის შემაერთებლებისათვის ნებადართული სატრანსპორტო სისტემების მაგალითი.....	124
სურათი 97. PrT მაკავშირებლების განლაგება PTV Visum-ში	125
სურათი 98. საზოგადოებრივი ტრანსპორტის მაკავშირებლები PTV Visum-ში	125
სურათი 99. ქსელის შემოწმება სატრანსპორტო მოდელში	126
სურათი 100. სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელირების პროცესის თანმიმდევრობა.....	129
სურათი 101. მგზავრობათა საერთო განაწილება მათი განხორციელების დროის მიხედვით (30-წუთიანი ინტერვალებით).	131
სურათი 102. მგზავრობების საწყისი და დანიშნულების პუნქტების მატრიცა დილის მოკლე პიკის პერიოდისთვის (დაყოფილი ავტომობილის ხელმისაწვდომობის მიხედვით).	132
სურათი 103. მგზავრობათა განაწილება დილის საათებში მათი განხორციელების დროის მიხედვით (10-წუთიანი ინტერვალებით).	133
სურათი 104. მგზავრობათა განაწილება ტრანსპორტის სახეობების მიხედვით „დილის პიკის“ პერიოდში (დაყოფილი ავტომობილის ფლობისა და ხელმისაწვდომობის მიხედვით).	134
სურათი 105. მგზავრობების საწყისი და დანიშნულების პუნქტების (O-D) მატრიცა დილის პიკის პერიოდისთვის (დაყოფილი ავტომობილის ხელმისაწვდომობის მიხედვით).	135
სურათი 106. მოთხოვნის სტრატეგიის განაწილება ტრანსპორტის სახეობების მიხედვით (დაყოფილი ავტომობილის ხელმისაწვდომობის მიხედვით)	137
სურათი 107. მოთხოვნის სტრატეგიის საბოლოო განაწილება.	138
სურათი 108. მგზავრთა მოთხოვნის მოდელის კონფიგურაციის ფანჯარა PTV Visum-ში.	139
სურათი 109. მგზავრობის წარმოქმნა-მიზიდვის კოეფიციენტები PTV Visum-ში (თბილისის სამგზავრო ნაკადების გენერაცია_CA).	143
სურათი 110. წარმოქმნილი და მიზიდული მგზავრობების მოცულობის მაგალითი „სახლი-სამსახური_CA“ (HW_CA) მოთხოვნის სტრატისთვის.	144
სურათი 111. მგზავრობების განაწილების პროცედურის პარამეტრები.....	150
სურათი 112. მგზავრობების განაწილების ეტაპზე გაანგარიშებული კორესპონდენციის მატრიცების ჩამონათვალი (ამონაწერი).....	151

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

სურათი 113. რეალური და მოდელირებული მგზავრობების განაწილების შედარება ხანგრძლივობის მიხედვით.....	151
სურათი 114. მგზავრობების (უმაღლესი ნაკადები) განაწილება ქალაქის რაიონებს შორის.....	152
სურათი 115 - დროის ღირებულების (VoT) მაჩვენებლები მოთხოვნის სტრატეგიისთვის.....	159
სურათი 116. სრული დანახარჯის (GC) გამოთვლა ტრანსპორტის თითოეული სახეობისთვის	163
სურათი 117. სრული დანახარჯების (GC) ილუსტრაცია ავტომობილისთვის.....	163
სურათი 118. ინდივიდუალურად განსაზღვრული მახასიათებლების (UDA) მეშვეობით დადგენილი სარგებლიანობის ფუნქციის მნიშვნელობის მაგალითი.....	166
სურათი 119. სატრანსპორტო სახეობის არჩევის გასაანგარიშებელი პროცედურები	166
სურათი 120. სარგებლიანობის ფუნქციის ფორმულის მაგალითი ტრანსპორტის სახეობის არჩევისას...	166
სურათი 121. ამონარიდი ტრანსპორტის სახეობის არჩევის (Mode Choice) ეტაპზე გამოთვლილი მატრიცების სიიდან.....	167
სურათი 122. ტრანსპორტის სახეობების წილობრივი განაწილების შედეგები.....	168
სურათი 123. ინდივიდუალურად განსაზღვრული პარამეტრები (UDA) გარე ზონებისთვის.....	170
სურათი 124. გარე ზონების სატრანსპორტო ნაკადების გამოთვლის ეტაპები.....	171
სურათი 125. ამონარიდი თბილისის აეროპორტის მგზავრთა ბრუნვის მონაცემებიდან.....	173
სურათი 126. ამონარიდი თბილისის ავტოსადგურებიდან საქალაქთაშორისო მგზავრობების შესახებ მონაცემთა ბაზიდან.....	174
სურათი 127. თბილისის აეროპორტის, რკინიგზის სადგურისა და ავტოსადგურების საპროგნოზო მგზავრთა ბრუნვა.	176
სურათი 128. ქალაქგარე მგზავრობების გამოთვლების მაგალითი „გორის ზონისთვის“.....	177
სურათი 129. ამონარიდი მოძრაობის ინტენსივობის მონაცემებისა და სატვირთო ავტომობილების (GV) წილის გამოთვლებიდან.....	178
სურათი 130. PTV Visum-ში სატვირთო ავტომობილების (GV) საბაზისო მატრიცის გამოთვლის პროცედურა	179
სურათი 131. სატვირთო ტრანსპორტის მატრიცის კორექტირების პროცესი.....	179
სურათი 132. სატვირთო ავტომობილების (GV) მატრიცის კორექტირების პროცედურის კონფიგურაციის პროცესი.....	180
სურათი 133. პროცედურების ერთობლიობა, რომელიც სხვადასხვა ტიპის მგზავრობის მონაცემებს ერთიან მატრიცაში აჯამებს	181
სურათი 134. მოთხოვნის სტრატეგიის მიხედვით ფეხით მოსიარულეთა მატრიცების შეჯამებისა და პიკური საათის კოეფიციენტის გამოყენების მაგალითი	182
სურათი 135. გარე გადაადგილებების მატრიცის მოდელში ინტეგრირების მაგალითი	183
სურათი 136. მოთხოვნის სეგმენტების მატრიცები ქსელში გადასატანად	183
სურათი 137. მსუბუქი ავტომობილების ქსელზე განაწილების პროცედურის კონფიგურაცია	184
სურათი 138. დატვირთვის პროცედურის პარამეტრები ველოსიპედისთვის.....	185
სურათი 139. საზოგადოებრივი ტრანსპორტის გადანაწილების პროცედურის კონფიგურაცია.....	186
სურათი 140. სააგენტოს (TUDA) მიერ მოწოდებული სატრანსპორტო ნაკადების მონაცემების ნიმუში ..	187
სურათი 141. ინდივიდუალურად განსაზღვრული პარამეტრების (UDA) მაგალითი აღმრიცხველი პუნქტებისთვის.....	189
სურათი 142. საველე კვლევების შედეგად განსაზღვრული აღმრიცხველი პუნქტების მდებარეობა	190
სურათი 143. დეტექტორით აღრიცხული საგზაო ნაკადების მონაცემების ნიმუში.....	191
სურათი 144. დეტექტორებით აღჭურვილი აღმრიცხველი პუნქტების ინდივიდუალურად განსაზღვრული პარამეტრების (UDA) მაგალითი	192
სურათი 145. დეტექტორების მონაცემებზე დაფუძნებული აღმრიცხველი პუნქტების მდებარეობა.....	193
სურათი 146. საპროექტო არეალის შესასვლელებში არსებული საგზაო ნაკადების ინტენსივობის ნიმუში.	194
სურათი 147. საპროექტო არეალის შესასვლელებში არსებული აღმრიცხველი პუნქტების ინდივიდუალურად განსაზღვრული პარამეტრების (UDA) მაგალითი	195
სურათი 148. საპროექტო არეალის შესასვლელებში არსებული აღმრიცხველი პუნქტების განლაგება	196
სურათი 149. დილის პიკის საათის (08:30 - 09:30) მგზავრთა ნაკადების მაგალითი მარშრუტების მიხედვით (ორივე მიმართულებით).....	197
სურათი 150. მგზავრთა ნაკადების მოცულობის მაგალითი მეტროს სადგურებზე	198

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

სურათი 151.. საგზაო ქსელის საანალიზო სეგმენტები.....	200
სურათი 152. საშუალო სიჩქარისა და მგზავრობის დროის მონაცემების მაგალითი	201
სურათი 153. სატრანსპორტო მოდელში საკონტროლო კვებებისთვის (screenlines) განსაზღვრული სიჩქარის მაჩვენებლები	202
სურათი 154. საშუალო სიჩქარისა და მგზავრობის საშუალო დროის მონაცემების ამონარიდი საზოგადოებრივი ტრანსპორტის ხაზის მარშრუტების სიიდან	203
სურათი 155.. მსუბუქი ავტომობილების (Car) ნაკადების განაწილების ანალიზის დიაგრამა.....	206
სურათი 156. სატვირთო ავტომობილების (GV) ნაკადების განაწილების ანალიზის დიაგრამა.....	206
სურათი 157. საზოგადოებრივი ტრანსპორტის (PuT) ნაკადების განაწილების ანალიზის დიაგრამა.....	207
სურათი 158. სატრანსპორტო ნაკადების რუკა	210
სურათი 159. გამტარუნარიანობის რუკა.....	211
სურათი 160. მგზავრობა ნაკადების რუკა	212
სურათი 161. მეტროს მგზავრობა ნაკადების რუკა.....	213
სურათი 162 - TAZ-ების ნუმერაცია და საზღვრები 2022 და 2025 წლების მოდელებში	217
სურათი 163 - მოსახლეობის რაოდენობის ცვლილება TAZ-ის უცვლელი საზღვრების პირობებში	218
სურათი 164 - TAZ-ის საზღვრების ცვლილება 2025 წლის მოდელში.....	219
სურათი 165. მოსახლეობის გადანაწილება ახალ TAZ-ებს შორის განაშენიანების სტრუქტურის მიხედვით	220
სურათი 166. TAZ-ების ნუმერაცია და საზღვრები 2022 და 2025 წლის მოდელებში.....	221
სურათი 167. მოსახლეობის რაოდენობის ცვლილება ახალი განაშენიანების გათვალისწინებით.	222
სურათი 168. მოსახლეობის რაოდენობა დიდი დიდიმის არეალში 2014 და 2025 წლის მოდელების მიხედვით	224

ცხრილები

ცხრილი 1. ტრანსპორტის კლასიფიკაცია თბილისის სატრანსპორტო მოდელში.....	63
ცხრილი 2. მოდელში გამოყენებული საგზაო მონაკვეთების ტიპების ნიმუში	86
ცხრილი 3. კვანძების კლასიფიკაცია სატრანსპორტო მოძრაობის რეგულირების ტიპის მიხედვით.....	91
ცხრილი 4. გზაჯვარედინებზე სხვადასხვა ტიპის მოხვევისთვის განსაზღვრული დაყოვნების დროის კლასიფიკაცია.....	92
ცხრილი 5. საზოგადოებრივი ტრანსპორტის მარშრუტის სტრუქტურის მაგალითი	102
ცხრილი 6. სატრანსპორტო საშუალებების ერთეულების ჩამონათვალი.....	114
ცხრილი 7. რესპონდენტთა მგზავრობების დაჯგუფება მიზნობრივი წყვილების მიხედვით.....	136
ცხრილი 8. მგზავრობათა წარმოქმნის სოციალურ-ეკონომიკური მონაცემები	140
ცხრილი 9. მგზავრობების განაწილება პირდაპირი მანძილით მოთხოვნის სტრატისთვის	147
ცხრილი 10. კომბინირებული ფუნქციის პარამეტრები	149
ცხრილი 11. დროის ღირებულების შეფასება საათობრივი ანაზღაურების (ხელფასის განაკვეთის) პროპორციულად.....	155
ცხრილი 12. საშუალო საათობრივი ანაზღაურება მომხმარებელთა სხვადასხვა ჯგუფისთვის (აშშ დოლარი/სთ).....	156
ცხრილი 13. . დროის ღირებულება (VoT) ტრანსპორტის სხვადასხვა სახეობისა და აქტივობის ტიპების მიხედვით.....	158
ცხრილი 14. სატრანსპორტო საშუალების არჩევის პარამეტრები	165
ცხრილი 15. გარე ზონების ჩამოსვლისა და გამგზავრების მაჩვენებლები	169
ცხრილი 16. თბილისის აეროპორტისა და თბილისის რკინიგზის სადგურის მგზავრობა ბრუნვის საპროგნოზო მაჩვენებლები დილის პიკის საათისთვის	173
ცხრილი 17. თბილისის ავტოსადგურების საპროგნოზო მგზავრობა ბრუნვა	175
ცხრილი 18. GEH ინდექსის მნიშვნელობები	204
ცხრილი 19. სატრანსპორტო ნაკადების განაწილების (Traffic Assignment) ხარისხის მაჩვენებლები	208
ცხრილი 20. მგზავრობის საშუალო სიჩქარეების შეფასება სატრანსპორტო საშუალების მიხედვით.....	209

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

აკრონიმები და აბრევიატურები

ADB	აზიის განვითარების ბანკი
AMDC	დამატებითი საველე სამუშაოები მონაცემთა შესაგროვებლად
API	აპლიკაციის პროგრამული სამუშაო გარემო/ინტერფეისი
CA	ავტომობილზე ხელმისაწვდომობა
GC	სრული დანახარჯი
GIS	გეოინფორმაციული სისტემები
GV	სატვირთო ავტომობილი
GTFS	საზოგადოებრივი ტრანსპორტის მონაცემთა ერთიანი ფორმატი
HHS	შინამეურნეობების კვლევა
IVT	ტრანსპორტში ყოფნის დრო
LRT	მსუბუქრელსიანი ტრანსპორტი
MRS	სამარშრუტო ტაქსი
NCA	ავტომობილზე ხელმისაწვდომობის არქონა
OD	გამგზავრების ადგილი-დანიშნულების ადგილი
OSM	OpenStreetMap
PCU	მსუბუქი ავტომობილის ერთეული
PED	ფეხით მოსიარულე
PrT	კერძო ტრანსპორტი
PuT	საზოგადოებრივი ტრანსპორტი
SUB	მეტრო
SUMP	მდგრადი ურბანული მობილობის გეგმა
TAZ	ტრანსპორტის ანალიზის ზონა
ToR	ტექნიკური დავალება

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

TUDA	თბილისის ტრანსპორტისა და ურბანული განვითარების სააგენტო
UDA	ინდივიდუალურად განსაზღვრული პარამეტრი
VOC	ავტომობილის საექსპლუატაციო ხარჯები
VoT	დროის ღირებულება

2. შესავალი

პროექტი „ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება“ ფინანსდება და ხორციელდება აზიის განვითარების ბანკის (ADB) მიერ, თბილისის მერიასთან (TCH), აღმასრულებელ სააგენტოსთან (EA), თბილისის განვითარების ფონდთან (TDF) და განმახორციელებელ სააგენტოსთან (IA) ერთად, თბილისის ტრანსპორტისა და ურბანული განვითარების სააგენტოს (TUDA) მეშვეობით. პროექტის ფარგლებში შეგროვებული მონაცემებით განისაზღვრა მაცხოვრებელთა მობილობის ჩვევები და განახლდა სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელი თბილისის სატრანსპორტო მომსახურების გაუმჯობესებისა და მდგრადი ურბანული სატრანსპორტო ქსელის განვითარების მიზნით.

2024 წლის ივლისიდან, შესაბამისი ხელშეკრულებით გათვალისწინებული საპროექტო დავალება განსახორციელებლად გადაეცა კონსორციუმს, რომელსაც ხელმძღვანელობს Lattanzio KIBS და რომელშიც ასევე შედის REDAS Engineering და ACT Global (შემდგომში - „კონსორციუმი“). ხელშეკრულების ძალაში შესვლისა და ხელშეკრულების ამოქმედების თარიღად განისაზღვრა 2024 წლის 1 ივლისი.

პროექტის ძირითადი მიზნებია:

- **2016 წელს ჩატარებული შინამეურნეობების კვლევის განახლება**, რაც ხელს შეუწყობს თბილისის მოსახლეობის მობილობის ჩვევების შესახებ უახლესი ინფორმაციის მიღებას (ამოცანა N1);
- **დამატებით მონაცემთა შეგროვება** საზოგადოებრივ ტრანსპორტში გამოკითხვებით, რაც ახლად შემუშავებული *მდგრადი ურბანული მობილობის გეგმით* (SUMP) შესაძლებელს გახდის დადგენილი მობილობის მართვის პოლიტიკის შეფასებასა და შესაძლო განხორციელებას (ამოცანა N2);
- **თბილისის სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლება** (ამოცანა N3);
- **დამკვეთის ტექნიკური პერსონალის კვალიფიკაციის ამაღლებისა და პროფესიული განვითარების მიზნით**, სხვადასხვა სასწავლო აქტივობების დაგეგმვა და განხორციელება (ამოცანა N4).

წინამდებარე დოკუმენტი ასახავს **თბილისის სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის** (Tbilisi Transport Demand Model) განახლების პროცესს და მომზადებულია მე-3 ამოცანის შესაბამისად. აღნიშნული ეტაპის ფარგლებში, მოდელი გადაიხედა პროექტის მსვლელობისას მოპოვებული

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

ახალი მონაცემების საფუძველზე, რაც მოიცავს: 2024 წლის შინამეურნეობების კვლევას (HHS), მგზავრთა ნაკადების შესწავლასა და სხვა სატრანსპორტო თუ სოციალურ-ეკონომიკურ მონაცემთა ერთობლიობას.

განახლებული მოდელი ასახავს თბილისში არსებული საგზაო მოძრაობისა და მობილობის მიმდინარე დინამიკას, რაც მყარ ანალიტიკურ საფუძველს ქმნის მომავალი სატრანსპორტო სტრატეგიის შესამუშავებლად.

იგი წარმოადგენს ანალიტიკური მიზნებისათვის გამოსაყენებელ ძირითად ინსტრუმენტს მობილობის არსებული მახასიათებლების შესასწავლად, სატრანსპორტო პოლიტიკის ზეგავლენის შესაფასებლად და განვითარებისა თუ ინფრასტრუქტურული სხვადასხვა სცენარის პირობებში სამომავლო მოთხოვნის პროგნოზირებისთვის.

მოდელის ადრეული ვერსიები შემუშავდა და დაიხვეწა რამდენიმე კვლევის ფარგლებში, ესენია: 2011 წლის მსუბუქრელსიანი ტრანსპორტის (LRT) ტექნიკურ-ეკონომიკური დასაბუთება, 2019 წლის ავტობუსების ქსელის რესტრუქტურისაციის კვლევა და 2020 წლის მდგრადი ურბანული მობილობის გეგმა (SUMP).

2.1. პროექტის მიზნები

თბილისის სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ძირითად მიზანს წარმოადგენდა მგზავრობის მოთხოვნისა და მიწოდების ზუსტი და საიმედო მოდელირება, რაც უზრუნველყოფდა მის სრულ შესაბამისობას არსებულ სოციალურ-ეკონომიკურ პარამეტრებთან და საგზაო ქსელის პირობებთან. განახლებული მოდელი ქმნის მყარ რაოდენობრივ საფუძველს სატრანსპორტო პოლიტიკის განსაზღვრის, საინვესტიციო სცენარების ანალიზისა და ინფრასტრუქტურული პროექტების ეფექტიანობის შესაფასებლად.

კერძოდ, მოდელის განახლების მიზანია:

- ზუსტად ასახოს საგზაო და საზოგადოებრივი ტრანსპორტის ქსელების, მათ შორის განახლებული მომსახურების მახასიათებლები;
- მგზავრობათა გენერაციის, მიმართულებათა განაწილების, ტრანსპორტის სახეობების არჩევისა და ნაკადების ქსელზე განაწილების ეტაპებისათვის უზრუნველყოს დაზუსტებული და დადასტურებული მონაცემების მიწოდება;

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

- თბილისის ტრანსპორტისა და ურბანული განვითარების სააგენტოს (TUDA) მიმდინარე და სამომავლო დაგეგმარების პროცესში მოდელმა შეასრულოს გადაწყვეტილების მიმღები დამხმარე ინსტრუმენტის ფუნქცია.

2.2. კვლევის მასშტაბი

ტექნიკური დავალების (ToR) შესაბამისად, აღნიშნული ეტაპი მოიცავდა თბილისის არსებული სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლებას 2024 წელს შეგროვებული უახლესი მონაცემების საფუძველზე, სადაც ძირითადი ყურადღება დილის პიკურ საათზე (08:30-09:30 სთ) გამახვილდებოდა. აღნიშნული ინტერვალის არჩევა განაპირობა მოდელის წინა ვერსიებთან სრული თავსებადობის შენარჩუნების საჭიროებამ და იმ ფაქტმა, რომ ტექნიკური დავალების მოთხოვნების შესაბამისად ჩატარებული ძირითადი საველე კვლევები სწორედ ამ პერიოდს მოიცავდა. ხსენებული მიდგომა იძლევა შეგროვებული მონაცემების მაქსიმალურად ეფექტიანად გამოყენების შესაძლებლობას. ამ პროცესში განხორციელდა შემდეგი ძირითადი აქტივობები:

- ზონირების სისტემის განახლება: პროექტის ჩარჩო-დოკუმენტის შესაბამისად, შემუშავდა ახალი ზონალური სტრუქტურა. იმ შემთხვევებში, როდესაც განახლებული ზონირება სცდებოდა წინა მოდელის საზღვრებს, განხორციელდა საგზაო ქსელის შესახებ დამატებითი მონაცემების შეგროვება და ინტეგრირება; კერძოდ, დაზუსტდა ზოლების რაოდენობა და მათი მიმართულებები, სიჩქარის შეზღუდვები და ქსელის სხვა რელევანტური მახასიათებლები.
- საზოგადოებრივი ტრანსპორტის კოდირება: განხორციელდა საზოგადოებრივი ტრანსპორტის მარშრუტებისა და გაჩერებების დეტალური კოდირება. მოდელში თითოეული ავტობუსისა და მიკროავტობუსის მარშრუტი წარმოდგენილია, როგორც დამოუკიდებელი სატრანსპორტო ხაზი.
- მოდელის განახლება, კალიბრაცია და ვალიდაცია: 2024 წლის შინამეურნეობების კვლევისა (HHS) და სხვა მონაცემთა ბაზების საფუძველზე განხორციელდა სატრანსპორტო მოდელის განახლება, ხელახალი კალიბრაცია და ვალიდაცია მოდელის სიზუსტის უზრუნველსაყოფად, რათა იგი მაქსიმალურად შეესაბამებოდეს მგზავრთა ფაქტობრივ ქცევასა და საგზაო ქსელის რეალურ გამტარუნარიანობას.

ამ ეტაპის ძირითად შედეგს წარმოადგენს PTV Visum-ის პროგრამულ გარემოში მომზადებული, სრულად განახლებული და გადამოწმებული სატრანსპორტო მოდელი. წარმოდგენილ

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

მოდელთან ერთად წარდგენილია წინამდებარე ტექნიკური ანგარიში, რომელშიც დეტალურად არის გაწერილი კალიბრაციის მეთოდოლოგია და მიღებული შედეგები.

3. მოდელის ზონირების სისტემა

ამ თავში განხილულია თბილისის განახლებული სატრანსპორტო მოდელის ზონირების სისტემის შემუშავებისა და დახვეწის პროცესი. ტექნიკური დავალების (ToR) მოთხოვნების შესაბამისად, ზონირების სისტემა გადაიხედა და გაფართოვდა 2022 წლის ბაზისურ მოდელზე, შინამეურნეობების კვლევის (HHS) შედეგებსა და პროექტის მიმდინარეობისას მოპოვებულ სხვა სივრცით თუ სოციალურ-ეკონომიკურ მონაცემებზე დაყრდნობით.

საჭიროების შემთხვევაში, არსებული ზონები უფრო მცირე ერთეულებად დაიყო ან დაკორექტირდა. ეს ცვლილება მიზნად ისახავდა მგზავრობის დაწყებისა და მიზნობრივი დანიშნულების მგზავრობების, ახლად განაშენიანებული უბნებისა და 2016 წლის შინამეურნეობების კვლევის (HHS) შემდეგ მიწათსარგებლობისა თუ მოსახლეობის განაწილების კუთხით მომხდარი მნიშვნელოვანი ცვლილებების უფრო ზუსტ ასახვას. განსაკუთრებული ყურადღება დაეთმო იმ დასახლებებსა და მეზობელ მუნიციპალიტეტებს, სადაც განაშენიანების ინტენსივობა ან დემოგრაფიული სურათი საგრძნობლად შეიცვალა.

შესაბამისად, განახლებული ზონირების სისტემა უზრუნველყოფს სატრანსპორტო მოთხოვნის უფრო ზუსტ ასახვას, რაც ზრდის მოდელის კალიბრაციის საიმედოობასა და საპროგნოზო მაჩვენებლების სისწორეს.

3.1. ზოგადი ინფორმაცია თბილისისა და საპროექტო არეალის შესახებ

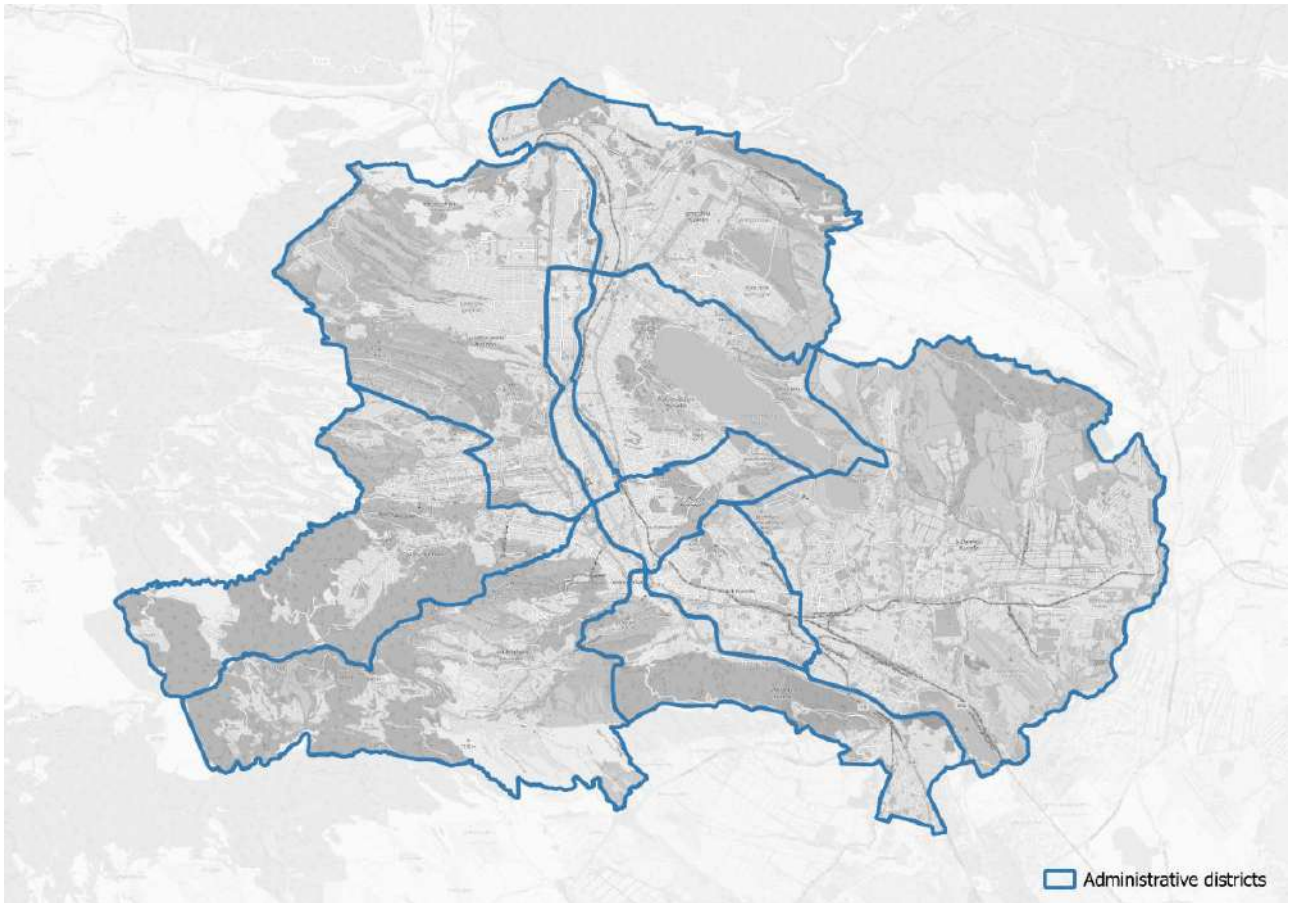
ისტორიულად თბილისი კავკასიის რეგიონის პოლიტიკურ, კულტურულ და ეკონომიკურ ცენტრს წარმოადგენს. ქალაქის სტრატეგიული მნიშვნელობა განპირობებულია მისი გეოპოლიტიკური მდებარეობით - იგი ევროპისა და აზიის დამაკავშირებელი ძირითადი სატრანსპორტო დერეფნების კვეთაზე მდებარეობს.

ადმინისტრაციულად თბილისი იყოფა 10 რაიონად (სურათი 1):

- გლდანის
- საბურთალოს
- ნაძალადევის
- დიდუბის
- ვაკის
- მთაწმინდა

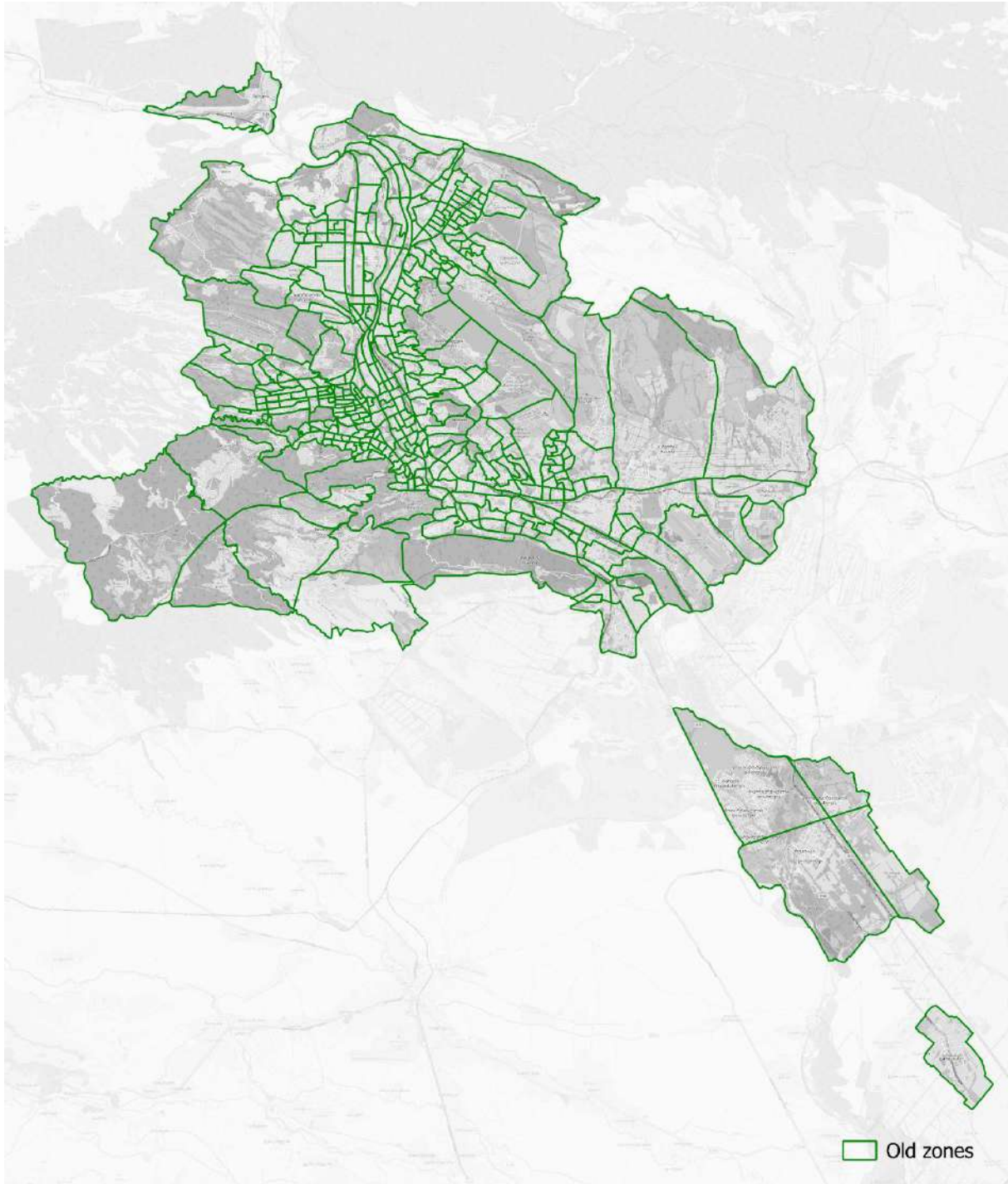
ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

- ჩუღურეთი
- ისანი
- კრწანისი
- სამგორი



სურათი 1. ქალაქის ადმინისტრაციულ რაიონებად დაყოფის ილუსტრაცია

2022 წლის სატრანსპორტო მოდელში თბილისის, რუსთავის, გარდაბნისა და მცხეთის ტერიტორია 398 სატრანსპორტო ანალიზის ზონად (TAZ) იყო დაყოფილი, რაც მოდელის სტრუქტურულ საფუძველს წარმოადგენდა (სურათი 2).



სურათი 2. ქალაქის TAZ-ებად დაყოფა, 2022 წ

3.2. საპროექტო არეალის გაფართოება

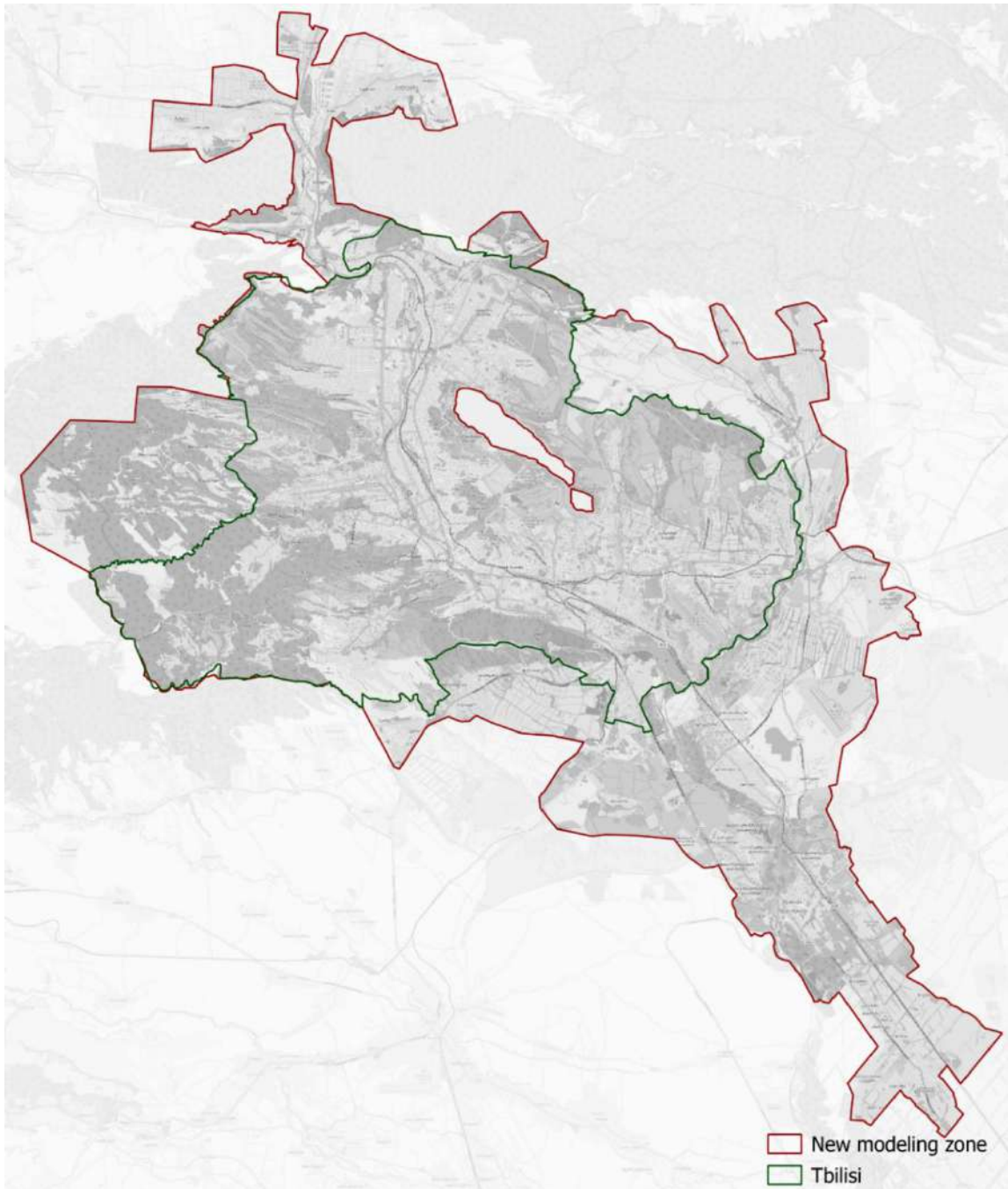
სატრანსპორტო მოდელის განახლების ტექნიკურ დავალებაში (ToR) გათვალისწინებული იყო საპროექტო არეალის გაფართოება. გაფართოებულ ზონაში მოექცა შემდეგი დასახლებები:

- **დასავლეთი:** მუხაწყარო, ნაფეტვრები, მსხალდიდი, ბევრეთი, ნახშირგორა, წყლულეთი.

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

- **ჩრდილო-დასავლეთი:** მუხათგვერდი, საგურამო, ნატახტარი, წეროვანი (დევენილთა დასახლება);
- **ჩრდილო-აღმოსავლეთი / აღმოსავლეთი:** ნორო, მარტყოფი, ვაზიანი;
- **სამხრეთი:** კუმისი, ყარაჯალარი.

მოდელირების არეალის გაფართოების შემდეგ მიღებული კონფიგურაცია წარმოდგენილია მე-3 სურათზე.



სურათი 3. მოდელირების განახლებული არეალი

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

საჭირო გახდა თბილისის სატრანსპორტო ანალიზის ზონების (TAZ) გადახედვა და მიზნობრივი კორექტირება. ტექნიკური დავალებით (ToR) განსაზღვრული იყო ქვემოთ ჩამოთვლილი ზონების გადახედვა ურბანული განვითარებისა და განაშენიანების ნიმუშებში ცვლილებების, აგრეთვე მიწათსარგებლობის შესაძლო განაწილებების გამო.

- ვაკე (მიკროზონები: 5801, 5605, 5604, 5603, 5602, 5601, 5807, 0101, 0102, 0103, 0104, 0105, 0201, 0202, 0205, 0504);
- საბურთალო (მიკროზონები: 4705, 4704, 4703, 4701, 5401, 5407, 5406, 5405, 5404, 5403, 5402, 5203, 5201, 5204, 5205, 5102, 5104, 5101, 5106, 5301, 5302, 5304, 5305, 5306, 5501, 5502, 5503, 5504, 5702, 5701, 5703, 4903, 4904, 5001, 5002, 5003, 5004, 5005, 5006, 5007);
- ნუცუბიდის ფერდობი (მიკროზონები: 4901, 4803, 4802, 4801, 4805, 4804);
- დიდი დიღომი (მიკროზონები: 4407, 4406, 4405, 4404, 4403, 4402, 4401);
- ჟვანიას ქუჩა - შატერაშვილის ქუჩა (მიკროზონები: 0203, 0204, 0301);
- სოფელი დიღომი (მიკროზონები: 4607, 4606, 4409);
- ჯიქიას ქუჩა (მიკროზონები: 4902, 4905);
- ბაგები (მიკროზონები: 5802, 5803);
- იპოდრომი (მიკროზონები: 5103, 5105, 5106, 5303, 5505);
- ჰუალინგი (მიკროზონები: 1701).

სატრანსპორტო ანალიზის ზონების (TAZ) საზღვრების დადგენა ეფუძნება არსებული ქუჩების ქსელის სტრუქტურასა და ბუნებრივ გეოგრაფიულ ნიშნულებს, მათ შორის მდინარეების, ტბების, პარკებისა და ტყის მასივების გამოყენებით. თითოეული ზონა, როგორც წესი, მოიცავს განვითარების მხრივ ერთგვაროვან ტერიტორიებს. სატრანსპორტო ანალიზის ზონების (TAZ) საზღვრების დადგენისას ასევე გათვალისწინებულია მოდელირების არეალის ადმინისტრაციული დაყოფა. მეთოდოლოგიურად დაუშვებელია სატრანსპორტო ზონების საზღვრების გადაკვეთა შენობების კონტურებთან, რადგან აღნიშნულმა შესაძლოა გამოიწვიოს ცდომილებები სოციალურ-ეკონომიკური მონაცემების სტატისტიკაში.

3.3. ცვლილებები სატრანსპორტო ანალიზის ზონების (TAZ) საზღვრებში

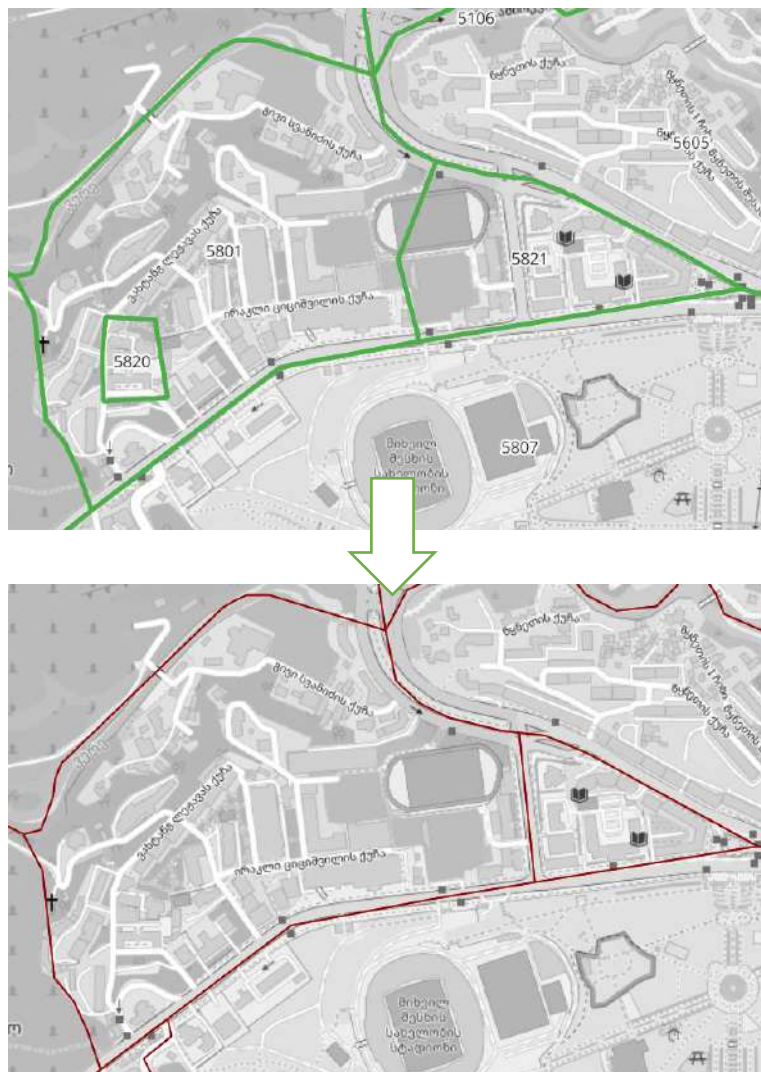
ქვემოთ დეტალურად არის განხილული აღნიშნული ზონების (TAZ) ცვლილებასთან დაკავშირებული რამდენიმე ძირითადი ასპექტი.

- TAZ 5801

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

მოდელის წინა ვერსიის ფარგლებში, აღნიშნულ ზონაში TAZ 5820 მოიცავდა უნივერსიტეტს, ხოლო მისი საზღვარი TAZ 5821-თან გადიოდა არსებული შენობებისა და საფეხბურთო მოედნის გასწვრივ. საგანმანათლებლო ან სამედიცინო დაწესებულებების ცალკე ანკლავებად გამოყოფა ართულებს ზონებს შორის გადაადგილებას სატრანსპორტო განაწილების ეტაპზე მოდელირების პროცესში, განსაკუთრებით იმ შემთხვევაში, როდესაც ზონას არ გააჩნია განსაზღვრული საგზაო ქსელის გრაფა. გარდა ამისა, შენობების ან მაღალი მიზიდულობის მქონე ობიექტების რამდენიმე ზონად დაყოფა ართულებს სოციალურ-ეკონომიკური მონაცემების შეგროვებას, რაც პოტენციურად შეიძლება აისახოს მოდელის სიზუსტეზე (სურათი 4).

ზონირების კორექტირება მოიცავდა ანკლავის გაუქმებას და მიმდებარე TAZ-ში უნივერსიტეტის ინტეგრირებას. TAZ 5821-თან საზღვარი შეიცვალა უახლოესი მისასვლელი გზის მიხედვით.

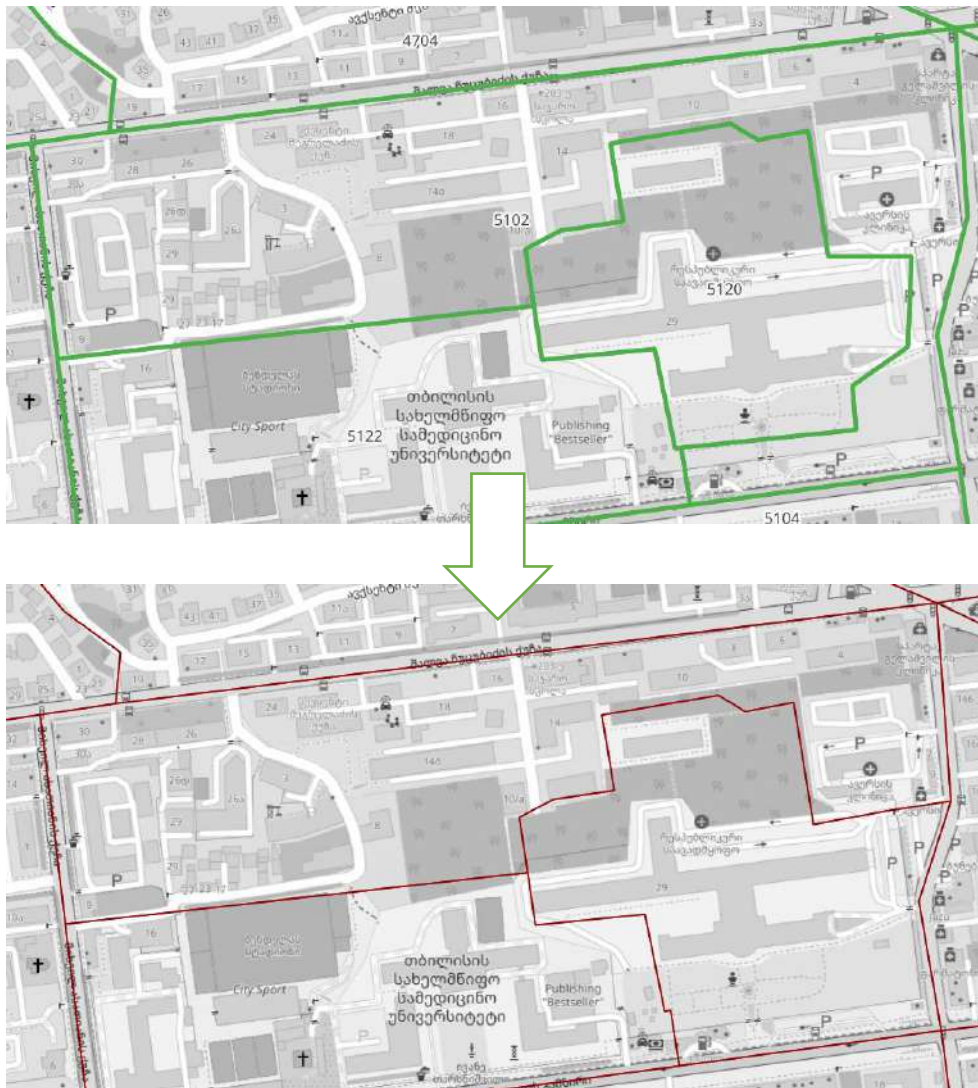


სურათი 4. ზონა 5801-ის საზღვრების ცვლილება

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

- TAZ 5102

აღნიშნულ ზონაში აღმოსავლეთ მხარეს არსებობდა შევიწროებული მონაკვეთი, რის შედეგადაც საავადმყოფო ზონის ძირითადი ნაწილიდან იყო გამოყოფილი და განთავსებული იყო ცალკე TAZ-ში (სურათი 5). ამ შემთხვევაში, ზონირების გადახედვა ითვალისწინებდა აღნიშნული შევიწროებული მონაკვეთის აღმოფხვრას ვიწრო კორიდორისა და TAZ 5102-ის სამხრეთი ნაწილის ინტეგრირებით იმ მიმდებარე ზონაში, სადაც საავადმყოფოა განთავსებული.

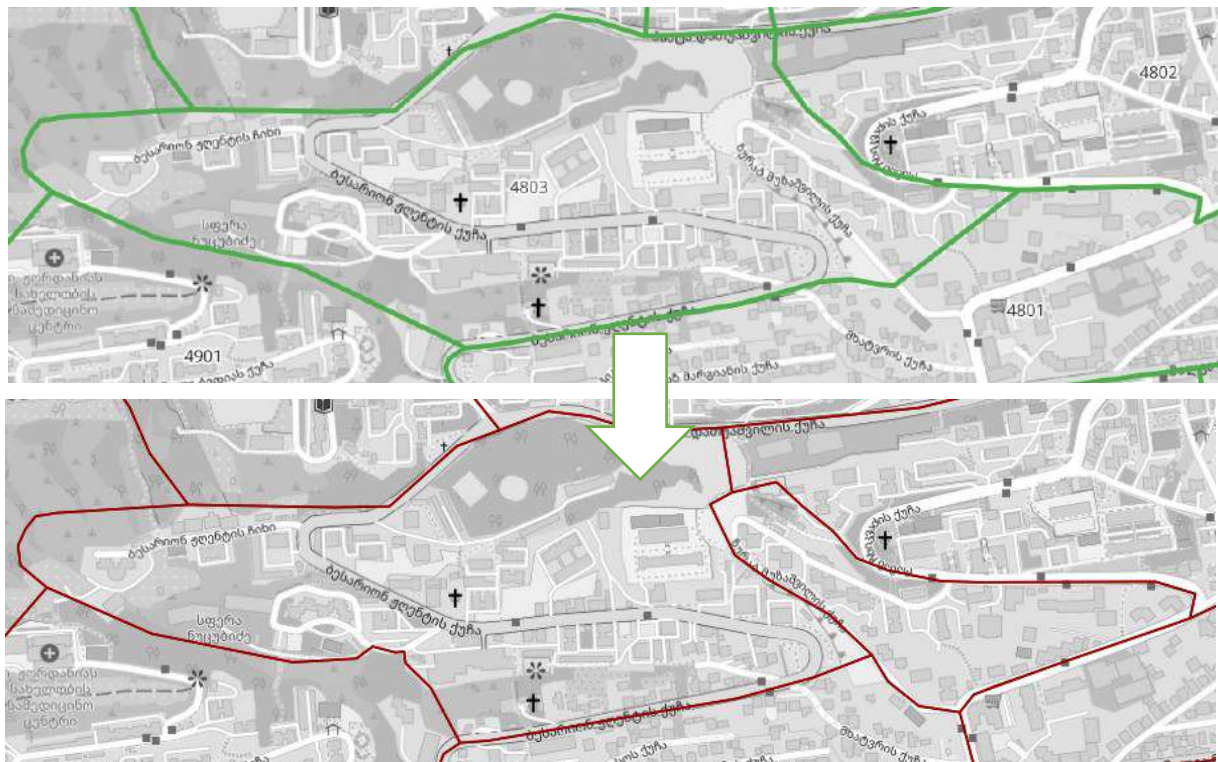


სურათი 5. ზონა 5102-ის საზღვრების ცვლილება

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

- TAZ 4803

ამ ზონის აღმოსავლეთი საზღვარი გადიოდა განაშენიანებულ ტერიტორიაზე, რაც შესაძლოა უარყოფითად აისახებოდეს სოციალურ-ეკონომიკური მონაცემების შეგროვების სიზუსტეზე და, შესაბამისად, სატრანსპორტო მოდელის გამოთვლების სანდოობაზე (სურათი 6). აღნიშნულ შემთხვევაში, ზონირების კორექტირება ითვალისწინებდა TAZ 4803-ის ზომის შემცირებას, მისი საზღვრების ქუჩებისა და ბუნებრივი ნიშნულების გასწვრივ გაყოლებას და აღმოსავლეთით განაშენიანებული ნაწილის ცალკე სატრანსპორტო ანალიზის ზონად გამოყოფას.



სურათი 6. ზონა 4803-ის საზღვრების ცვლილება

- TAZ 4406

აღნიშნულ ზონას ჰქონდა წაგრძელებული ფორმა, მოიცავდა სხვადასხვა ფუნქციის მქონე შენობებს და მისი საზღვრები კვეთდა არსებულ შენობებს (სურათი 7). აღნიშნულ შემთხვევაში, ზონირების გადახედვა მოითხოვდა სატრანსპორტო ანალიზის ზონის (TAZ) ხელახალ დაგეგმვას, რომელიც ეფუძნებოდა შენობათა ტიპების კლასიფიკაციას და სრულად შეესაბამებოდა სატრანსპორტო ანალიზის ზონის (TAZ) საზღვრების დადგენის მოქმედ წესებს.

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

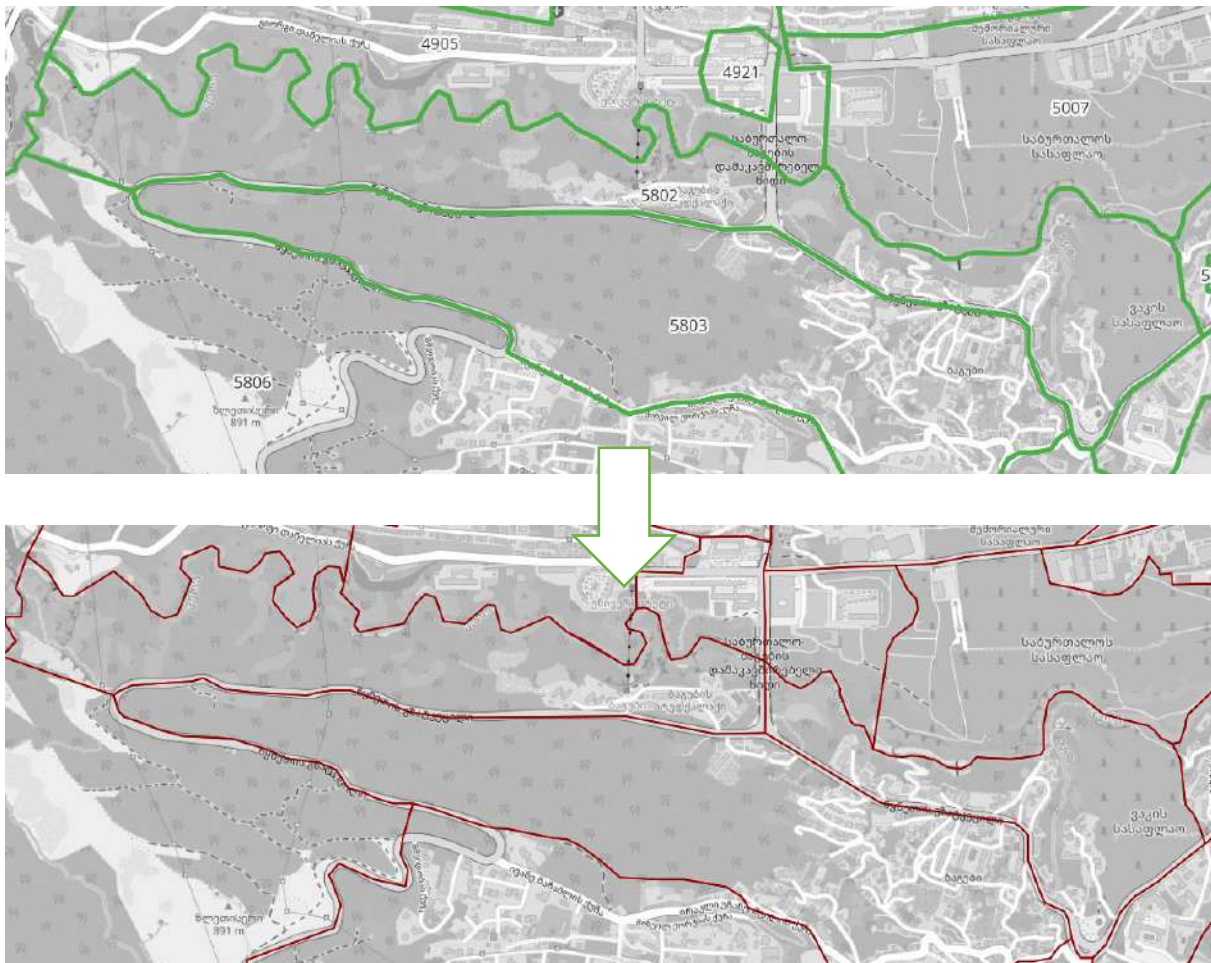


სურათი 7. ზონა 4406 -ის საზღვრების ცვლილება

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

- TAZ 5802

აღნიშნული ზონა გამოირჩეოდა ჭარბად წაგრძელებული გეომეტრიით, რომლის ცენტროიდიც განთავსებული იყო ზონის ვიწრო მონაკვეთში.ეს გარემოება ართულებდა მოდელში შემაერთებლების სწორ განთავსებას, რაც, თავის მხრივ, უარყოფითად აისახებოდა სოციალურ-ეკონომიკური მონაცემების აგრეგაციის სანდოობაზე და სატრანსპორტო ნაკადების განაწილებაზე მოდელის გაანგარიშების პროცესში. აღნიშნული პრობლემების აღმოსაფხვრელად ტერიტორია დაიყო ორ დამოუკიდებელ სატრანსპორტო ანალიზის ზონად (სურათი 8).



სურათი 8. ზონა 5802 -ის საზღვრების ცვლილება

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

- TAZ 1701

აღნიშნული ზონა ზომით საკმაოდ დიდი იყო და მოიცავდა ურბანული განაშენიანების მრავალფეროვან ტიპებს. სოციალურ-ეკონომიკური მონაცემების შეგროვების ხარისხის გაუმჯობესებისა და სატრანსპორტო მოდელის გამოთვლების სიზუსტის გაზრდის მიზნით, ზონა დაიყო რამდენიმე მცირე სატრანსპორტო ანალიზის ზონად, სატრანსპორტო დაგეგმვისთვის დადგენილი ზონირების სახელმძღვანელო პრინციპების შესაბამისად (სურათი 9).

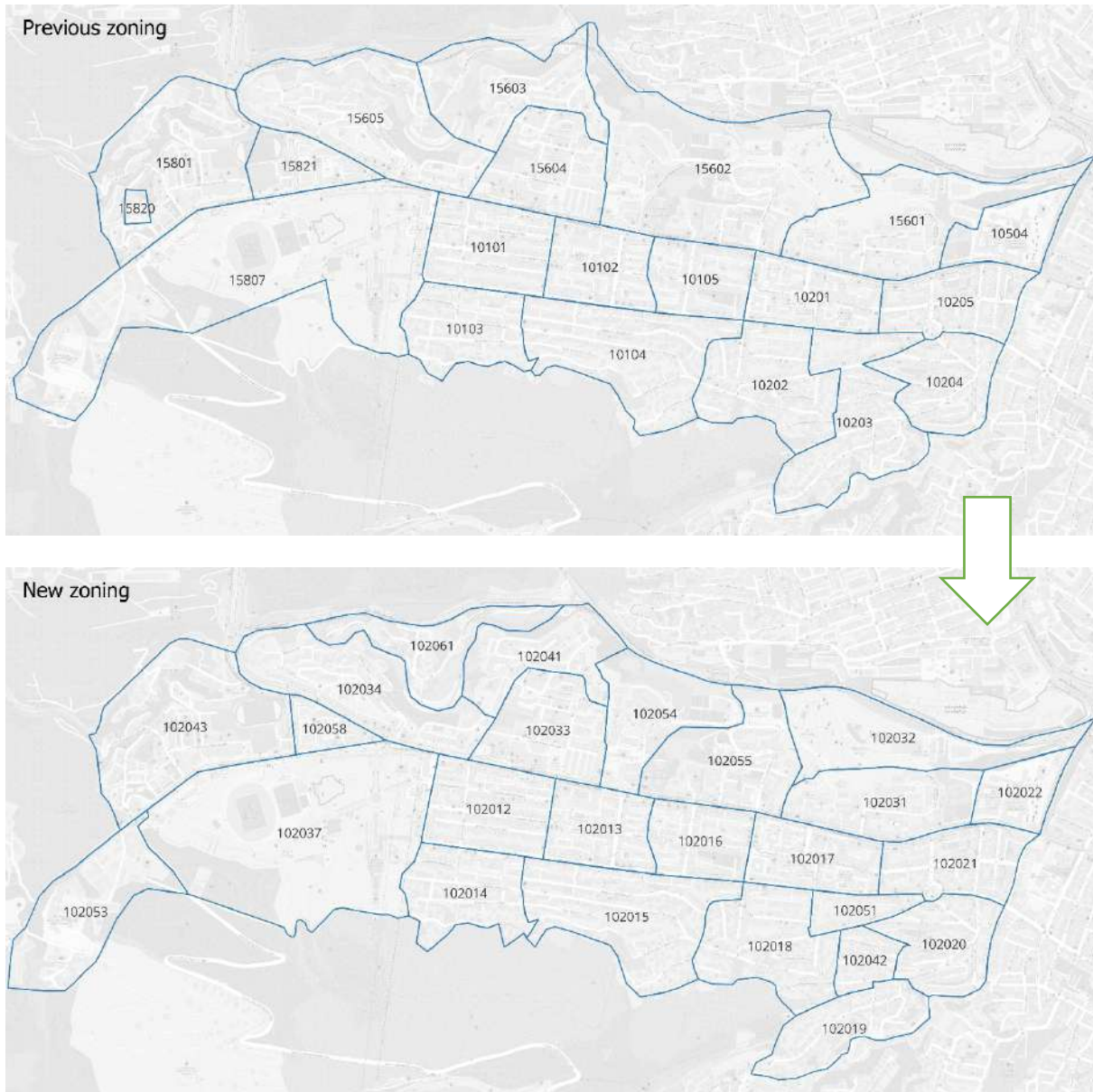


სურათი 9. ზონა 1701 -ის საზღვრების ცვლილება

ყველა ზემოთ აღნიშნული სატრანსპორტო ანალიზის ზონა (TAZ) გადამუშავდა/შეფასდა ერთი და იგივე პრინციპის საფუძველზე. გარდა ამისა, დეტალურად შემოწმდა სხვა ზონებიც, რათა მათ საზღვრებს შენობების კონტურები არ გადაეკვეთა.

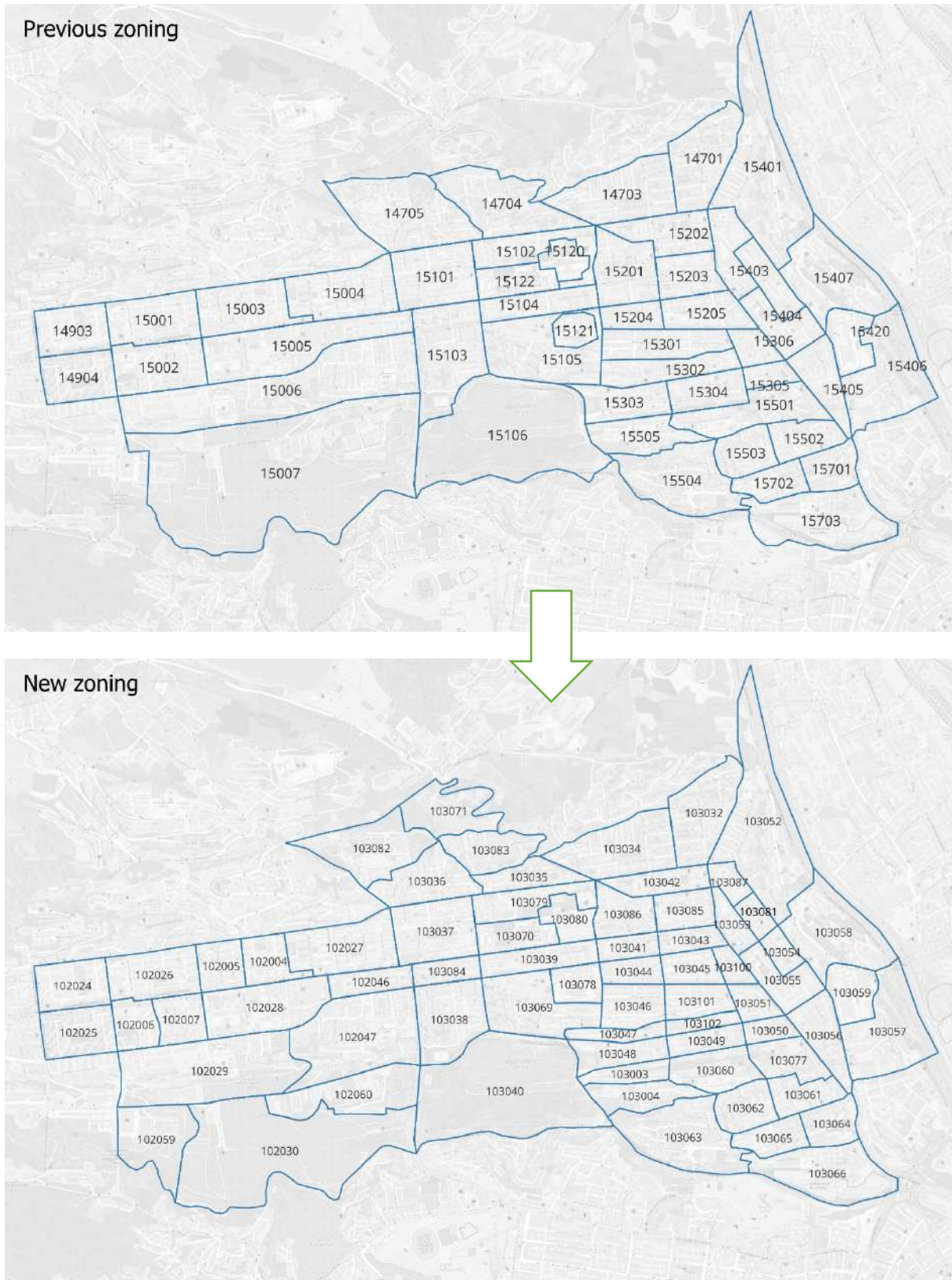
შედეგად, ტექნიკური დავალების (ToR) მოთხოვნების შესაბამისად, სატრანსპორტო ზონირება გადამუშავდა/შეფასდა თბილისის შემდეგ არეალებში: ვაკის რაიონი, საბურთალოს რაიონი, ნუცუბიძის პლატო, დიდი დილომი, ჟვანიას ქუჩიდან შატერაშვილის ქუჩამდე მონაკვეთი, სოფელი დილომი, ჯიქიას ქუჩა, ბაგები, იპოდრომი და ჰუალინგის დასახლება (სურათი 10 - სურათი 19).

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში



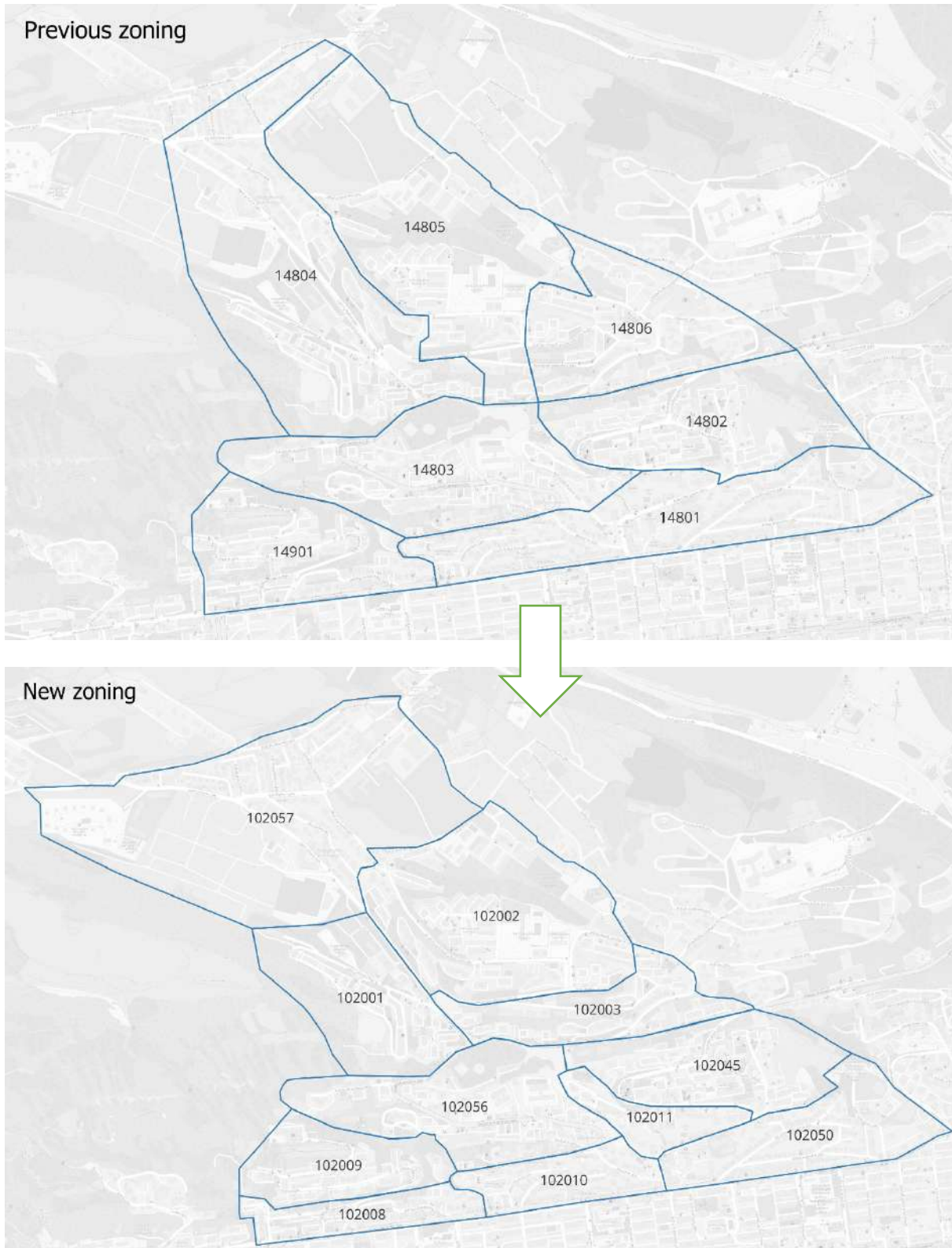
სურათი 10. ვაკის რაიონში TAZ-ების საზღვრების ცვლილება

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში



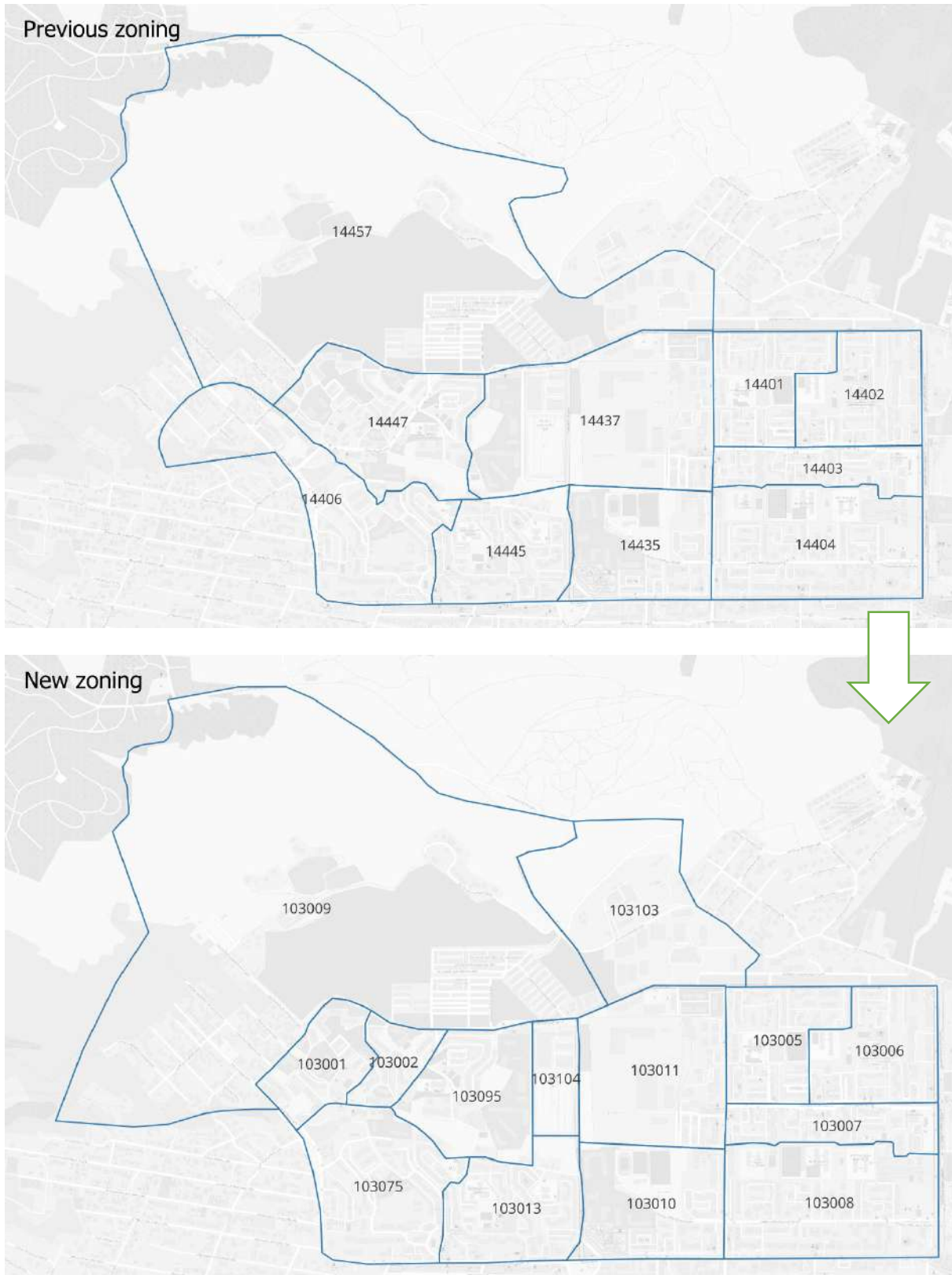
სურათი 11. საბურთალოს რაიონში TAZ-ების საზღვრების ცვლილება

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში



სურათი 12. ნუცუბიდის ფერდობის TAZ-ების საზღვრების ცვლილება

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში



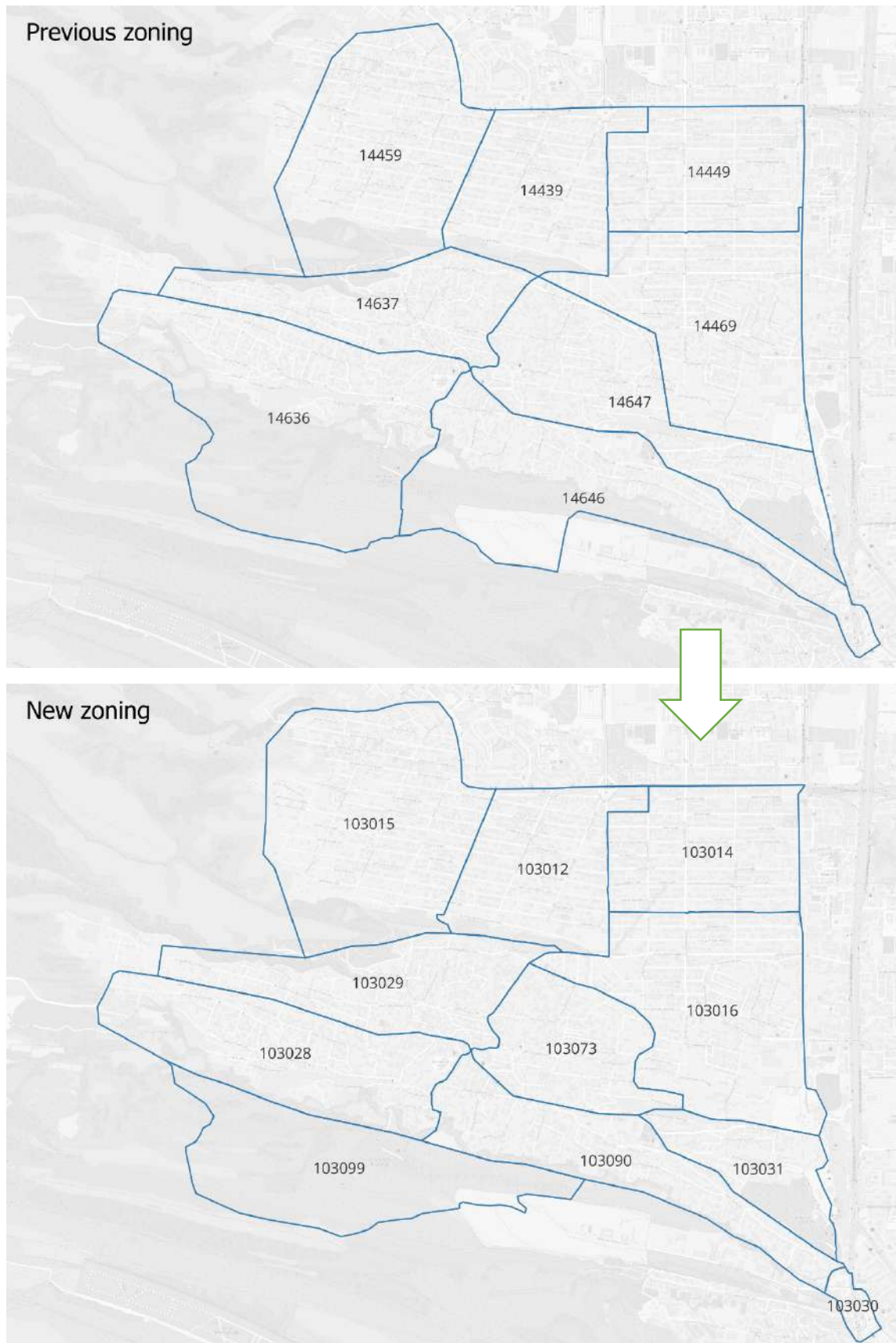
სურათი 13. დიდი დიდბის TAZ-ების საზღვრების ცვლილება

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში



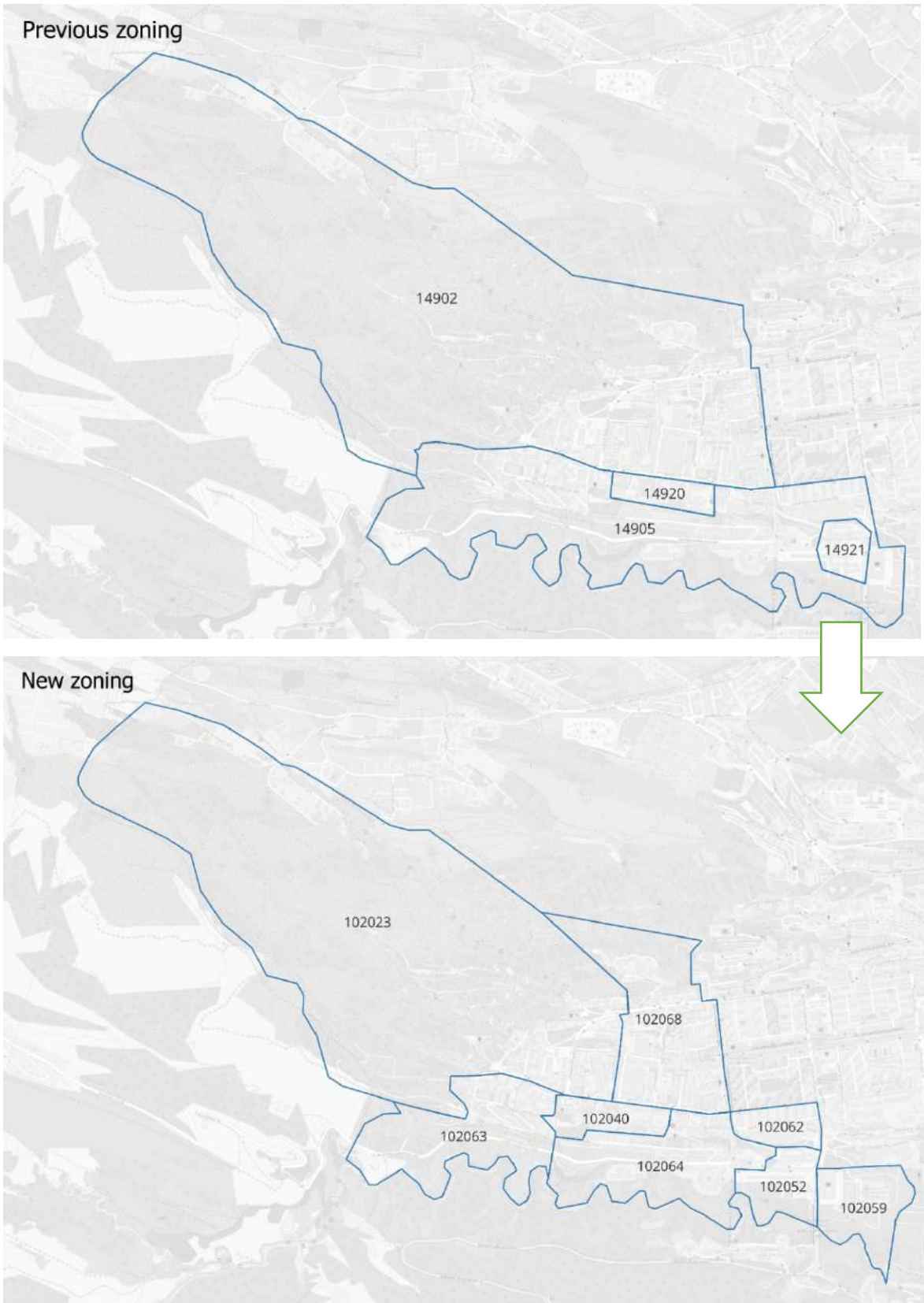
სურათი 14. ჟვანია-შატბერაშვილის ქუჩების TAZ-ების საზღვრების ცვლილება

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში



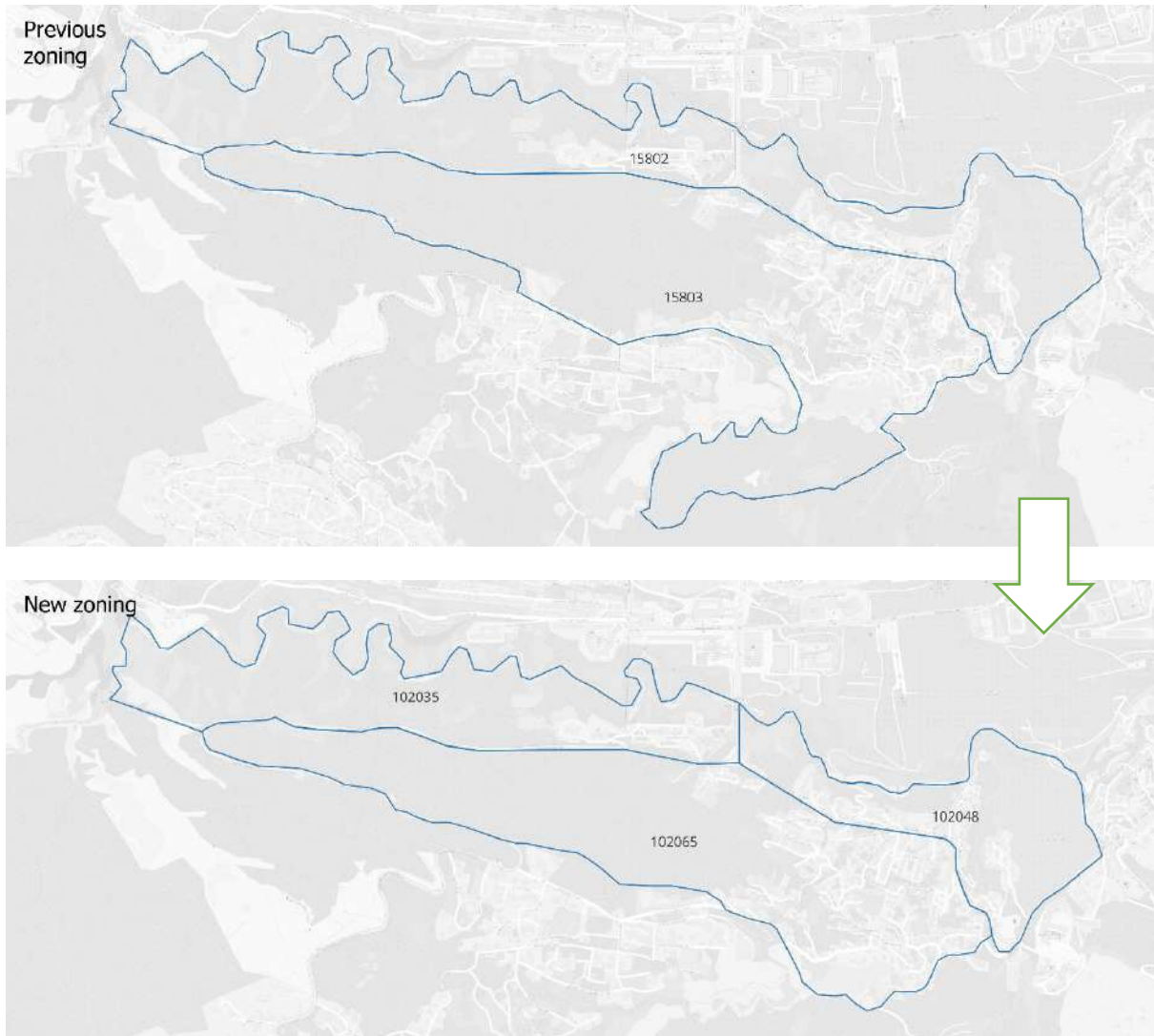
სურათი 15. სოფელ დიღმის TAZ-ების საზღვრების ცვლილება

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში



სურათი 16. კიკიას ქუჩის TAZ-ების საზღვრების ცვლილება

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში



სურათი 17. ბაგების TAZ-ების საზღვრების ცვლილება

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში



სურათი 18. იკოდრომის მიმდებარედ TAZ-ების საზღვრების ცვლილება

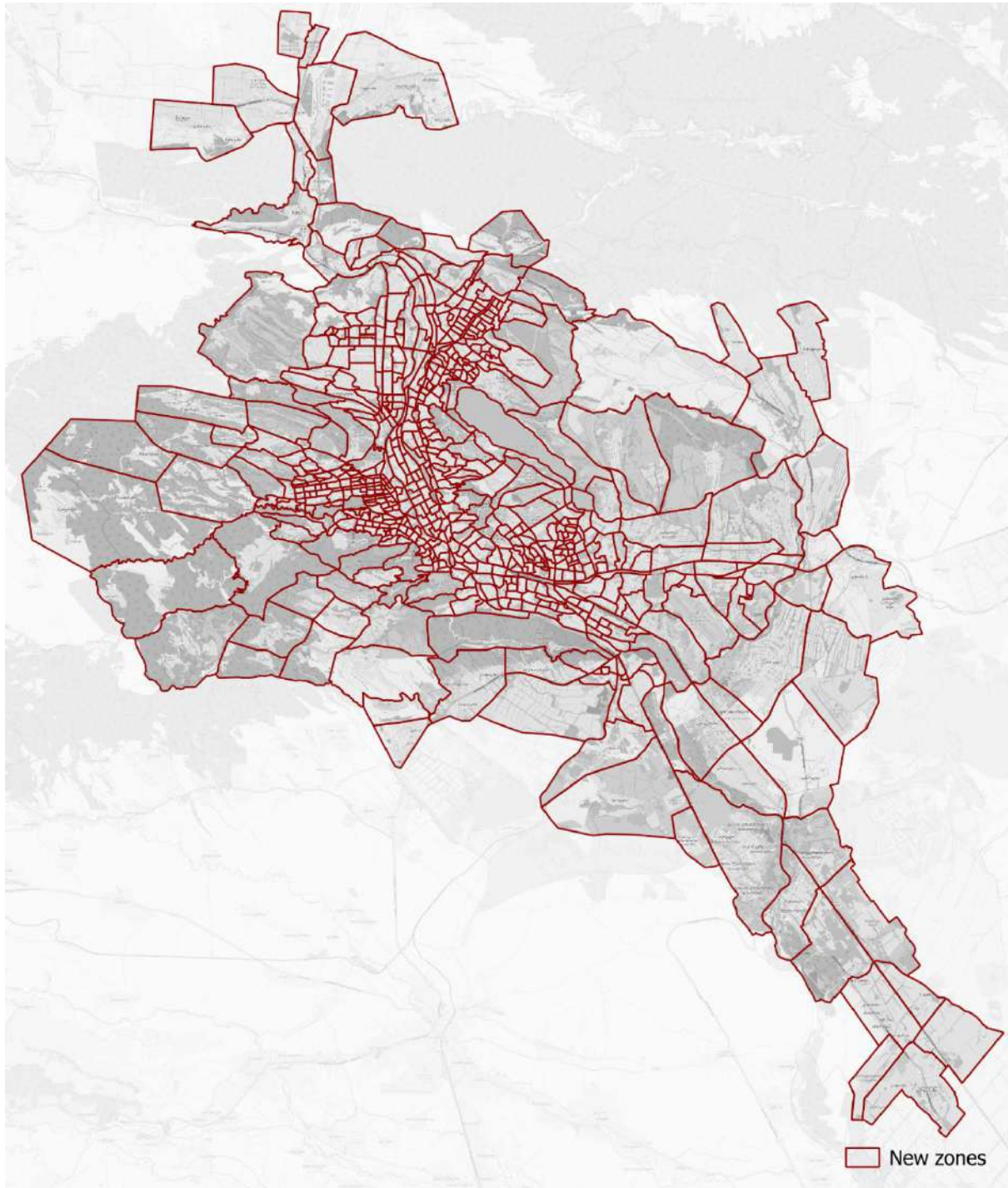
ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში



სურათი 19. ჰუალინგის TAZ-ების საზღვრების ცვლილება

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

განხორციელებული კომპლექსური რევიზიისა და კორექტირების შედეგად, განახლებული სატრანსპორტო მოდელი ამჟამად 666 სატრანსპორტო ანალიზის ზონას (TAZ) აერთიანებს (სურათი 20).

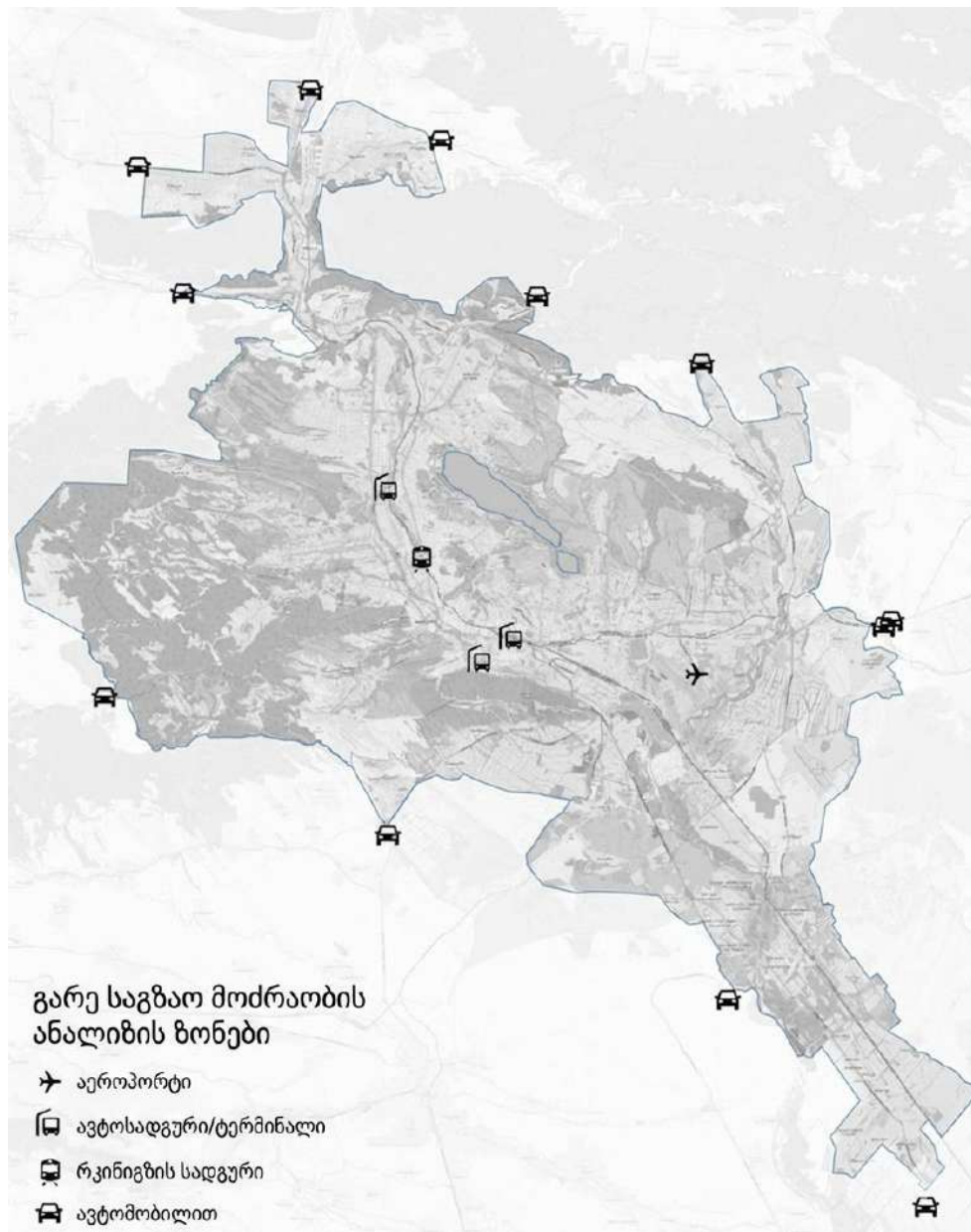


სურათი 20. განახლებული TAZ-ები

დამატებით, განახლებული მოდელი მოიცავს 17 გარე ტრანსპორტის ანალიზის ზონას (TAZ), მათ შორის 12 საავტომობილო ზონას, 3 ავტოსადგურს, 1 რკინიგზის სადგურს და 1 აეროპორტს. აღნიშნული ზონები განლაგებულია მოდელის არეალის პერიფერიაზე და წარმოადგენს სატრანსპორტო ნაკადების მოდელის საზღვრებში არსებულ შესვლა-გასვლის წერტილებს.

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

მოდელში ისინი წარმოდგენილია ცენტროიდების სახით და ასრულებენ დამაკავშირებელი რგოლის ფუნქციას კვლევის არეალსა და მის საზღვრებს გარეთ მდებარე ფართო სატრანსპორტო სისტემას შორის. ამ შემთხვევაში, გარე სატრანსპორტო ანალიზის ზონები (TAZ) არ შემოიფარგლება მხოლოდ გეოგრაფიული საზღვრებით, მათში ასევე შედის ავტობუსის ტერმინალები, აეროპორტი და რკინიგზის სადგურები, რადგან აღნიშნული ობიექტებიც წარმოადგენს ტრანსპორტისა და მგზავრთა ნაკადების შესვლა-გასვლის წერტილებს. გარე TAZ-ების რუკა წარმოდგენილია 21-ე სურათზე. შედეგად, მოდელში სატრანსპორტო ანალიზის ზონების (TAZ) საერთო რაოდენობა შეადგენს 683-ს.



სურათი 21: ტრანსპორტის ანალიზის გარე ზონები

4. სოციალურ-ეკონომიკური მონაცემების შეგროვება

სატრანსპორტო მოდელის დამუშავების მომდევნო ეტაპი დაკავშირებულია შესაბამისი სოციალურ-ეკონომიკური მონაცემების შეგროვებასთან. მოდელისათვის საჭირო იყო შემდეგი მაჩვენებლები:

- მოსახლეობის საერთო რაოდენობა
- მოსახლეობა ასაკობრივი ჯგუფების მიხედვით (0-5, 6-18, 19-24, 18-64, 65 და მეტი)
- სამუშაო ადგილების რაოდენობა
- სამუშაო ადგილების რაოდენობა მომსახურების სექტორში
- ადგილების რაოდენობა საბავშვო ბაღებში
- ადგილების რაოდენობა სკოლებში
- ადგილების რაოდენობა უმაღლეს საგანმანათლებლო დაწესებულებებში (უნივერსიტეტები და კოლეჯები)

4.1. მოსახლეობის ანალიზი

საქართველოში მოსახლეობის საყოველთაო აღწერა ხანგრძლივი პერიოდის განმავლობაში არ ჩატარებულა, ხოლო 2025 წლის აღწერის შედეგები ამ ეტაპზე კვლავ დამუშავების პროცესშია. შესაბამისად, მისამართების მიხედვით განახლებული მოსახლეობის მონაცემებზე წვდომა არ იყო შესაძლებელი. აღნიშნული გარემოებების გათვალისწინებით, მოდელის ფორმირებისას გამოყენებულ იქნა შემდეგი დაშვებები:

მოდელის განახლების ფარგლებში, თითოეული სატრანსპორტო ანალიზის ზონისთვის (TAZ) მოსახლეობის რაოდენობის განსაზღვრის მიზნით, საბაზისო წყაროდ 2022 წლის მოდელის მონაცემები იქნა გამოყენებული. აღნიშნული მონაცემების საფუძველზე დადგინდა თითოეული ზონის პროპორციული ხვედრითი წილი მოსახლეობის საერთო რაოდენობაში. შემდგომ ეტაპზე საქართველოს სტატისტიკის ოფიციალური პორტალიდან მიღებულ იქნა 2025 წლის მოსახლეობის განახლებული საერთო მაჩვენებელი, რომელიც გადანაწილდა სატრანსპორტო ანალიზის ზონებზე (TAZ) იმავე პროპორციული წილების შესაბამისად¹. მოცემული მეთოდოლოგიით მოხდა მოსახლეობის განახლებული რაოდენობის დიფერენცირება თითოეული სატრანსპორტო ზონისთვის.

¹ <https://www.geostat.ge/en/modules/categories/316/population-and-demography>

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

იმ შემთხვევებში, როდესაც 2024 წლის მოდელის სატრანსპორტო ანალიზის ზონების (TAZ) სტრუქტურა განსხვავდებოდა 2022 წლის მოდელისგან, შესაბამის ზონებში განხორციელდა მოსახლეობის ხელახალი განაწილება. კერძოდ, 2022 წლის ზონალურ სტრუქტურაზე დაყრდნობით პროგნოზირებული 2025 წლის მოსახლეობის მაჩვენებლები ახლად ფორმირებულ ზონებს შორის განაწილდა ფაქტობრივი საცხოვრებელი განაშენიანების სიმჭიდროვის პროპორციულად.

იმ სატრანსპორტო ანალიზის ზონებში (TAZ), რომელთა საზღვრები სრულად შეესაბამებოდა 2022 წლის ზონირების სისტემას, ხელახლა გამოთვლილი მოსახლეობის რაოდენობა გადატანილ იქნა პირდაპირ, დამატებითი შიდა გადანაწილების გარეშე. მოსახლეობის საწყისი განაწილების შემდეგ, ყველა სატრანსპორტო ანალიზის ზონა (TAZ) ინდივიდუალურად გადაიხედა, რათა შემოწმებულიყო მოსახლეობის რაოდენობის შესაბამისობა არსებული საცხოვრებელი შენობების სიმჭიდროვესთან და შენობების ტიპთან. საჭიროების შემთხვევაში განხორციელდა მცირე კორექტირებები, რათა მინიჭებული მოსახლეობის რაოდენობა შესაბამისობაში ყოფილიყო არსებული შენობების რეალურ მოცულობასა და მახასიათებლებთან.

მოსახლეობის აღნიშნული მაჩვენებლები საჭიროებდა ჰარმონიზაციას განახლებულ ზონირების სქემასთან, რათა შენარჩუნებულიყო მონაცემთა სივრცითი სიზუსტე.

- იმ ზონებში, რომელთა საზღვრები სრულად შეესაბამებოდა წინა მოდელის ზონირებას, მოსახლეობის განახლებული რაოდენობა პირდაპირ იქნა ინტეგრირებული.
- იმ ახალი ზონებისათვის, რომლებიც წინა მოდელის სტრუქტურას არ ემთხვეოდა, საჭირო გახდა დამატებითი ექსპერტული შეფასება. მოსახლეობის ზუსტი პროპორციით გადანაწილებისას გათვალისწინებულ იქნა შენობების ტიპი, მათი რაოდენობა, სართულების რაოდენობა და განაშენიანების სიმჭიდროვე, რათა მოსახლეობის რაოდენობა პროპორციულად გადანაწილებულიყო.

გამოთვლის მაგალითი წარმოდგენილია დანართში 10.1.

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

ქალაქის გარეუბნებში მოსახლეობის შეფასება განხორციელდა ღია წყაროებიდან ხელმისაწვდომ მონაცემებზე დაყრდნობით². თუმცა, აღნიშნული მონაცემები სრულად სანდოდ ვერ ჩაითვლებოდა, რადგან ისინი სხვადასხვა წლით თარიღდებოდა - ნაწილი 2014 წლით, ნაწილი კი - 2019 წლით.

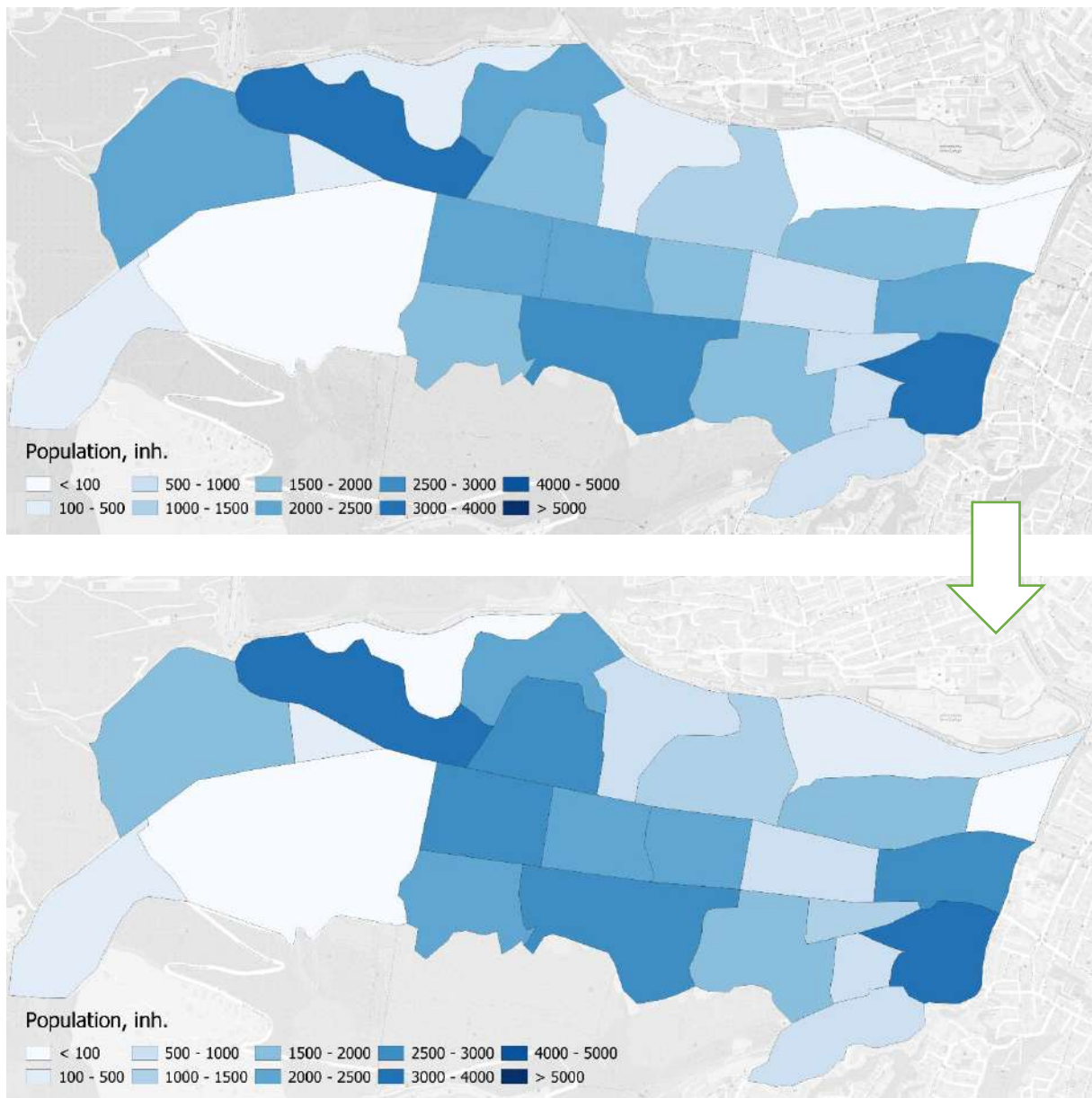
ამავდროულად, 2014 წლის ინფორმაცია მოსახლეობის რაოდენობაზე მიღებულ იქნა საქართველოს სტატისტიკის ეროვნული სამსახურიდან.

ტექნიკური დავალების (ToR) შესაბამისად, განსაკუთრებული ყურადღება დაეთმო იმ არეალებს, სადაც განაშენიანების მასშტაბისა ან ტიპის ცვლილებას მოსახლეობის ზრდა შეიძლება გამოეწვია. განხილვისთვის შერჩეული სატრანსპორტო ანალიზის ზონების (TAZ) ჩამონათვალი წარმოდგენილია ანგარიშის 2.2 ქვეთავში. ქვემოთ მოცემულია აღნიშნულ არეალებში მოსახლეობის ცვლილებების უფრო დეტალური ანალიზი. აღნიშნული მონაცემები ასახავს 2025 წელს განახლებული მოდელით დათვლილ მოსახლეობის პროგნოზირებულ ზრდას 2014 წლის მონაცემებთან შედარებით.

²მაგალითად: https://web.archive.org/web/20190302090626/http://www.geostat.ge/cms/site_images/files/georgian/census/2014/01_mosaxleobis%20ricxovnoba%20administraciul-teritoriuli%20erTeulebis%20da%20sgesis%20mixedviT.xls and the data from 2014 official census <https://www.geostat.ge/index.php/ka>

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

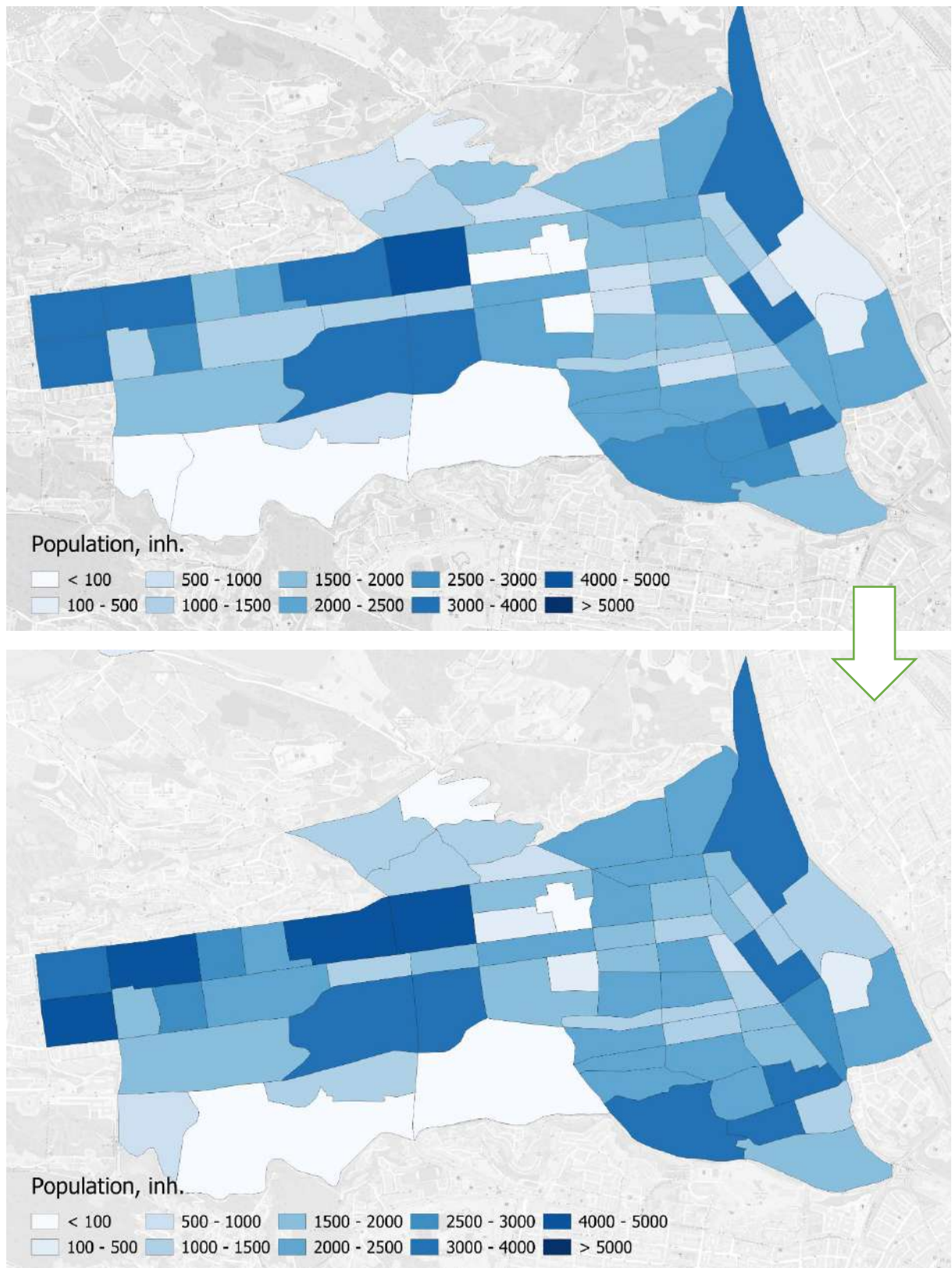
• ვაკის რაიონი (სურათი 22). მოსახლეობის რაოდენობა 2014 წელს იყო 33991. მოსახლეობის რაოდენობა 2025 წელს არის 38417. რიცხოზრდის ზრდა დაანგარიშებულია, რომ არის 13.0%.



სურათი 22. ცვლილებები ვაკის რაიონის მოსახლეობის რაოდენობაში

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

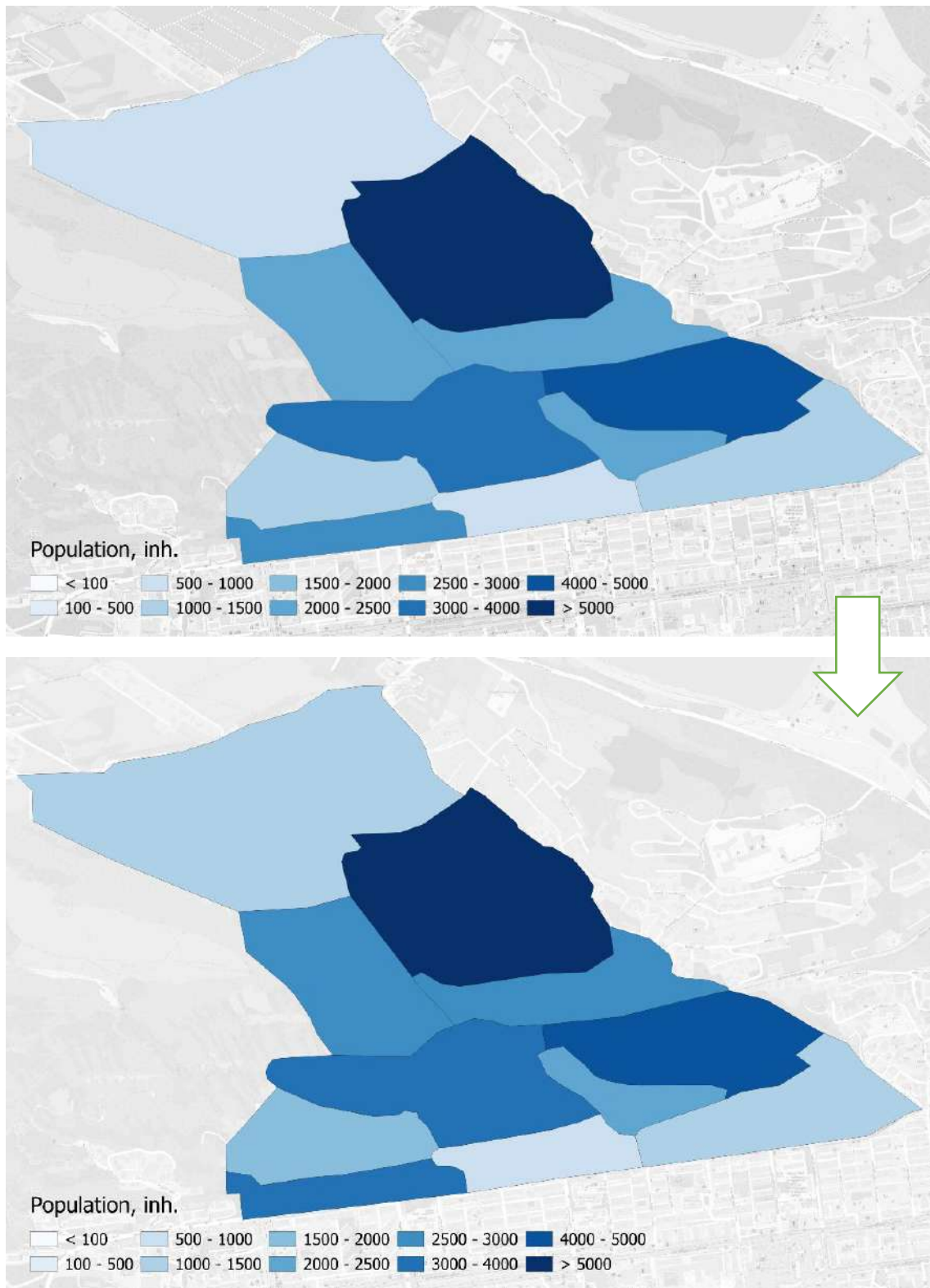
- საბურთალოს რაიონი (სურათი 23). მოსახლეობის რაოდენობა 2014 წელს იყო 116072. მოსახლეობის რაოდენობა 2025 წელს არის 134866. შესაბამისად, ზრდა არის 16.2%.



სურათი 23. ცვლილებები საბურთალოს რაიონის მოსახლეობის რაოდენობაში

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

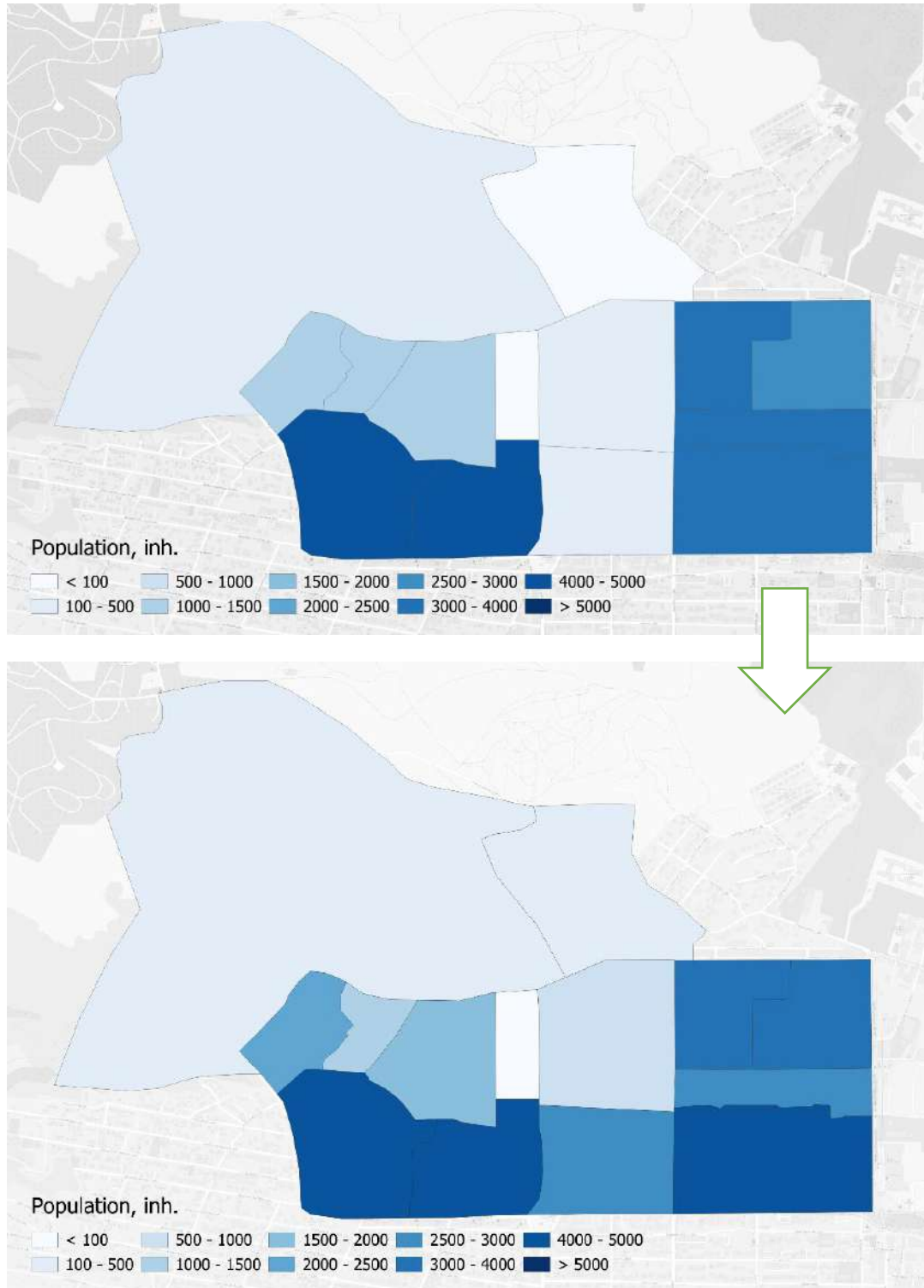
- ნუცუბიძის ფერდობი (სურათი 24). 2014 წელს მოსახლეობის რაოდენობა იყო 27105, ხოლო 2025 წელს არის 31045. ზრდა 14.5%-ს წარმოადგენს.



სურათი 24. ცვლილებები ნუცუბიძის ფერდობის მოსახლეობის რაოდენობაში

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

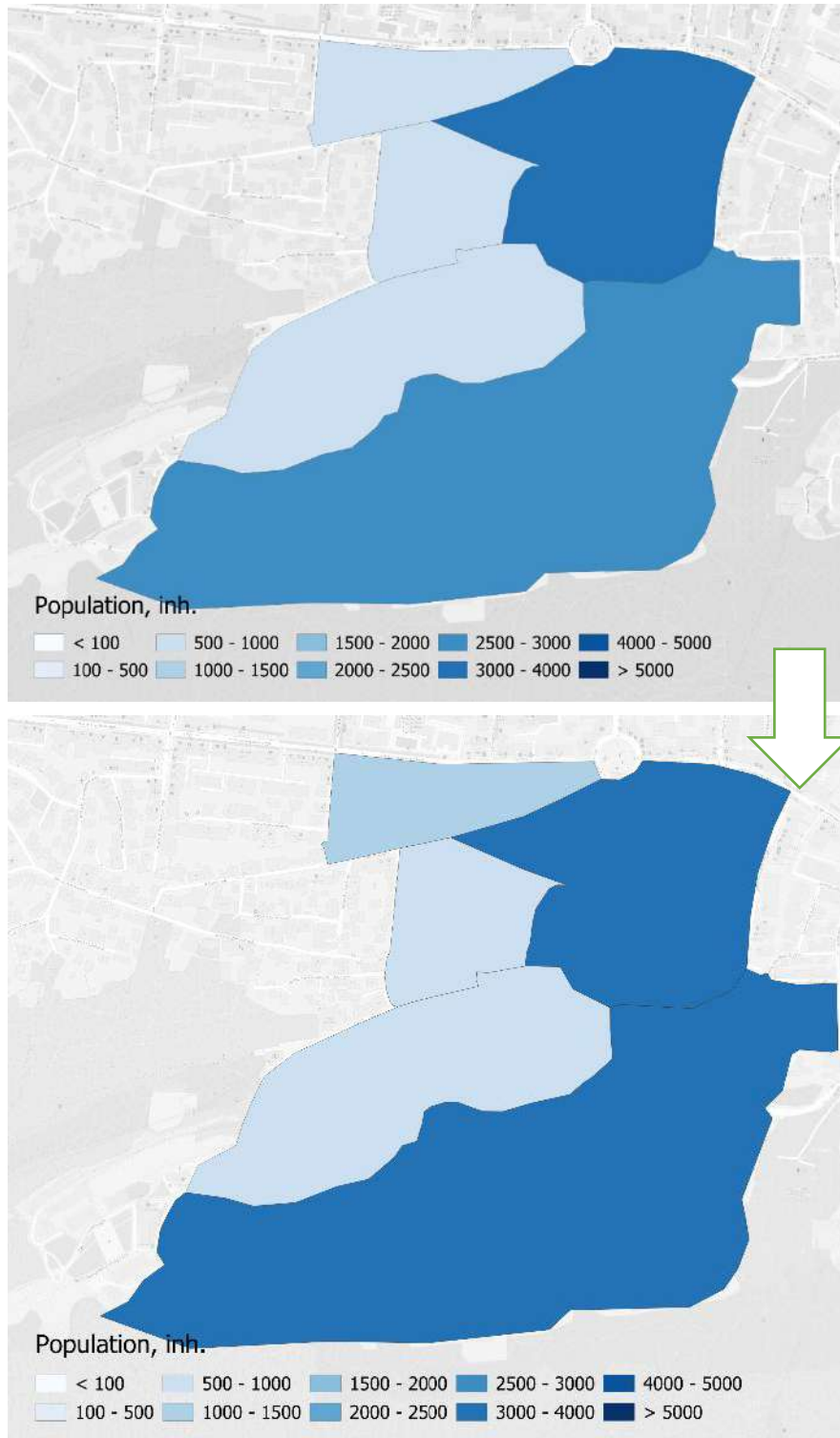
დიდი დილში (სურათი 25). მოსახლეობის რაოდენობა 2014 წელს იყო 26368. მოსახლეობის რაოდენობა 2025 წელს არის 32168. შესაბამისად, ზრდა არის 22.0%. გამოთვლის მაგალითი წარმოდგენილია დანართში 10.2



სურათი 25. ცვლილებები დიდი დილის მოსახლეობის რაოდენობაში

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

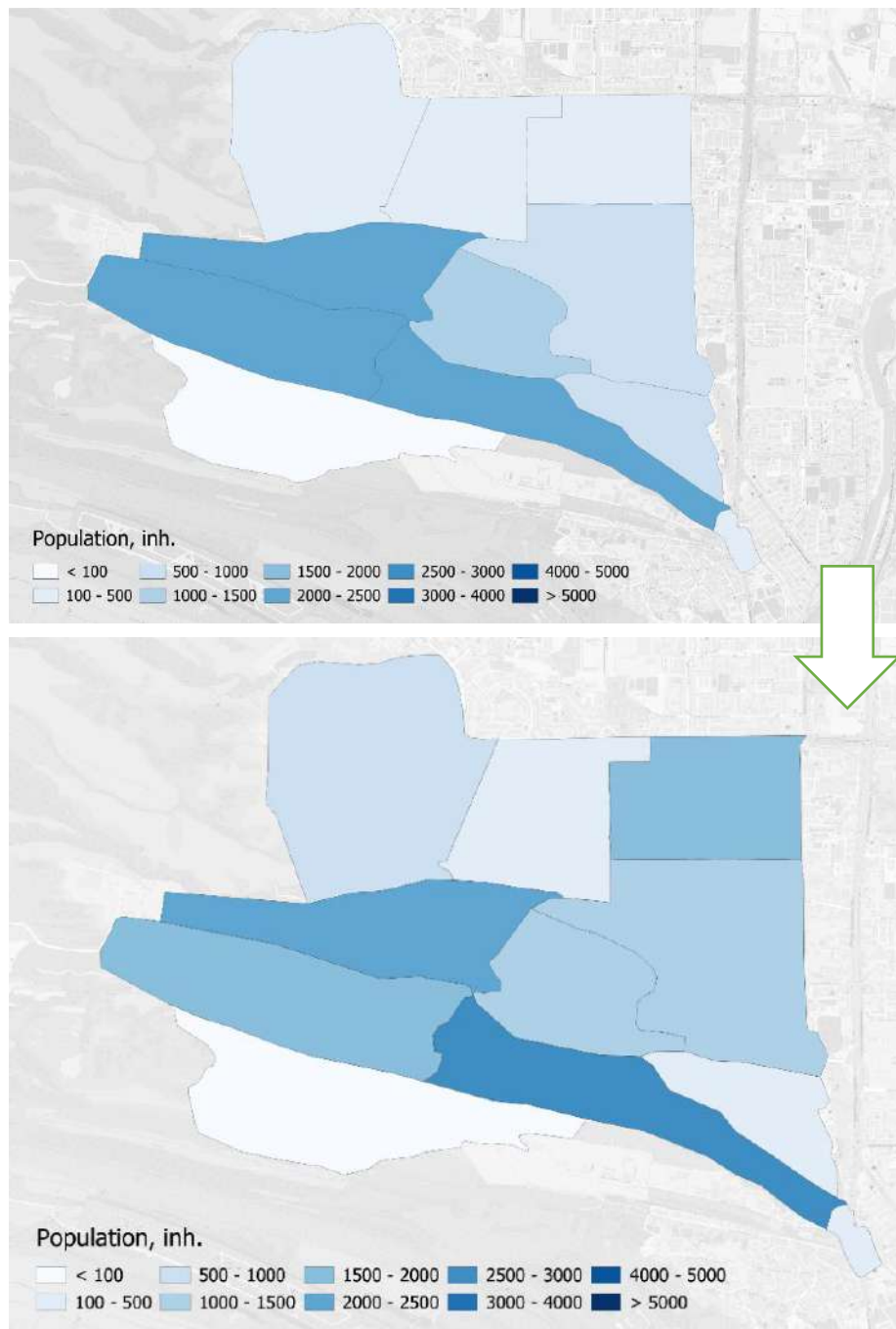
- ჟვანიას ქუჩა - შატბერაშვილის ქუჩა (სურათი 26). მოსახლეობის რაოდენობა 2014 წელს იყო 7799. 2025 წელს მოსახლეობის რაოდენობა არის 9093. ზრდა 16.6%-ს წარმოადგენს.



სურათი 26. ცვლილებები ჟვანიას ქუჩა-შატბერაშვილის ქუჩა მოსახლეობის რაოდენობაში

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

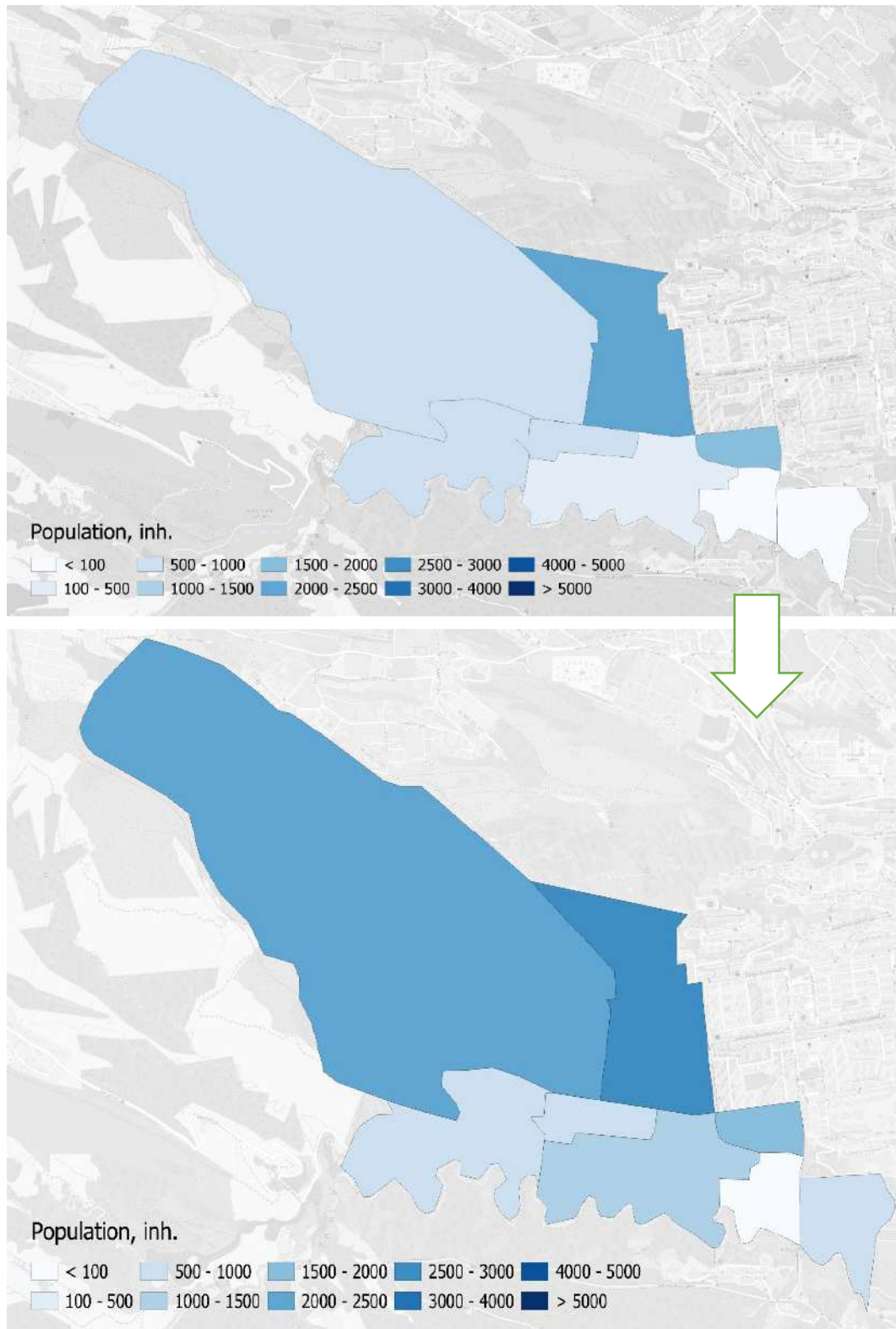
- სოფელი დიღომი (სურათი 27). მოსახლეობის რაოდენობა 2014 წელს იყო 10039. 2025 წელს რაოდენობამ 13168 შეადგინა. შესაბამისად, ზრდა იყო 31.2%. სოფელი დიღომი წარმოადგენს ქალაქის ფარგლებში მდებარე ტერიტორიას, სადაც გამოკვეთილად დომინირებს დაბალ სართულიანი საცხოვრებელი სახლები. იგი ჩრდილოეთით ესაზღვრება დიდ დიღომს, სამხრეთით - მთიან მასივს, ხოლო აღმოსავლეთით - დიღმის მასივს.



სურათი 27. ცვლილებები სოფელ დიღომის მოსახლეობის რაოდენობაში

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

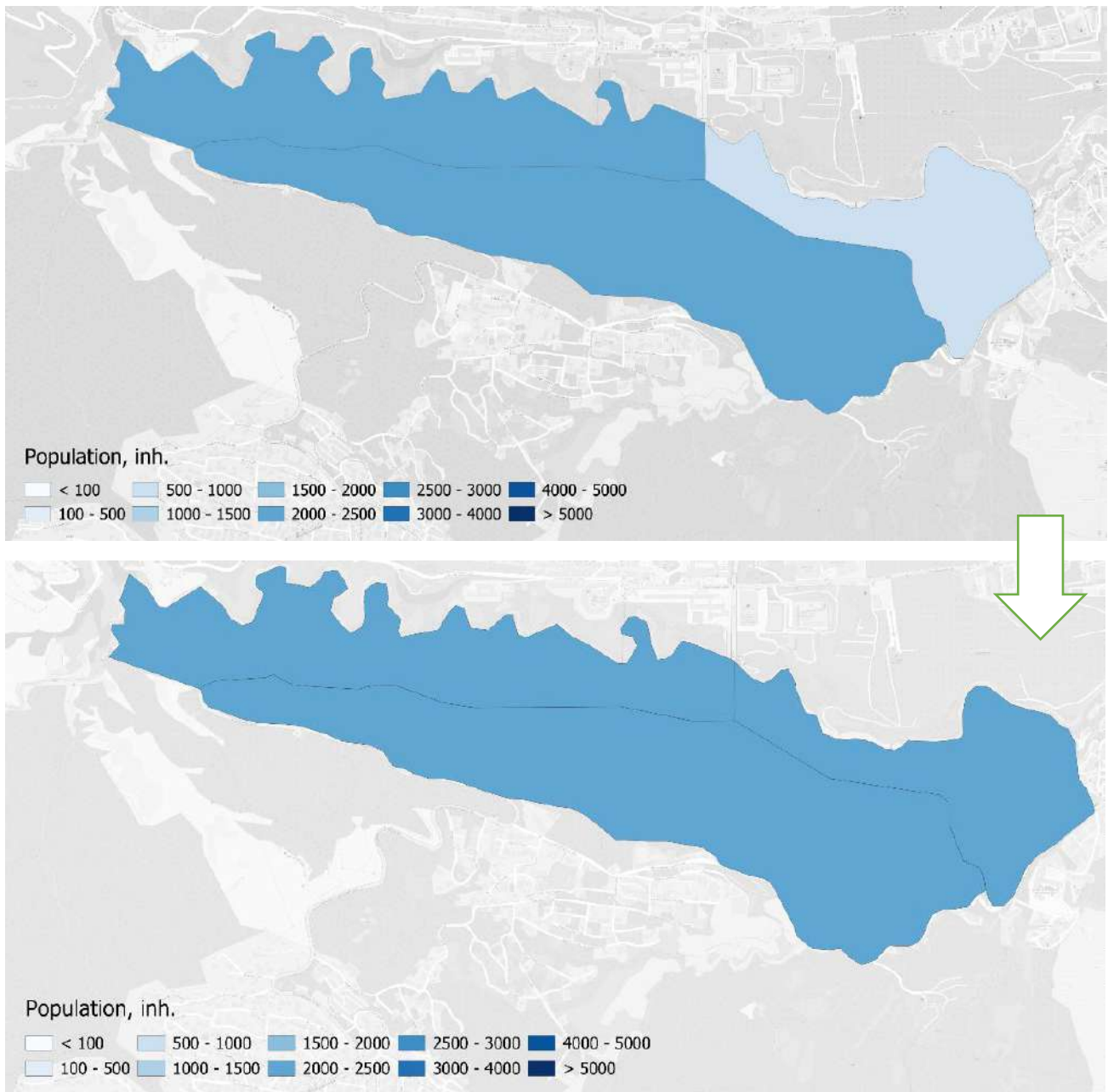
- ჯიქიას ქუჩა (სურათი 28). მოსახლეობის რაოდენობა 2014 წელს იყო 6367. მოსახლეობის რაოდენობა 2025 წელს არის 9521. ზრდამ 49.5% შეადგინა.



სურათი 28. ცვლილებები ჯიქიას ქუჩის მოსახლეობის რაოდენობაში

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

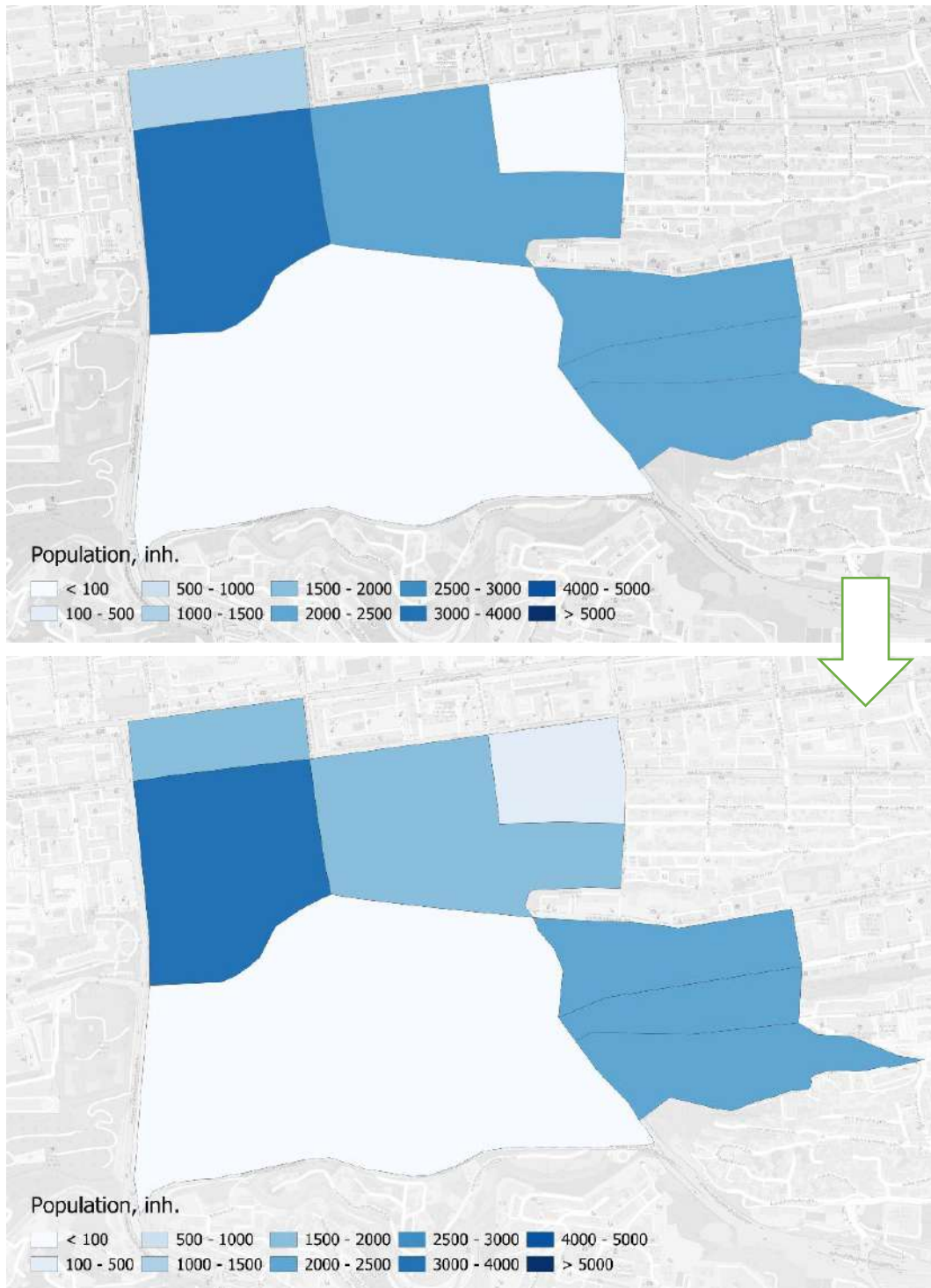
- ბაგები (სურათი 29). მოსახლეობის რაოდენობა 2014 წელს იყო 4866. 2025 წელს მოსახლეობის რაოდენობამ 6118 შეადგინა, შესაბამისად გვაქვს 25.7% ზრდა.



სურათი 29. ცვლილებები ბაგების მოსახლეობის რაოდენობაში

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

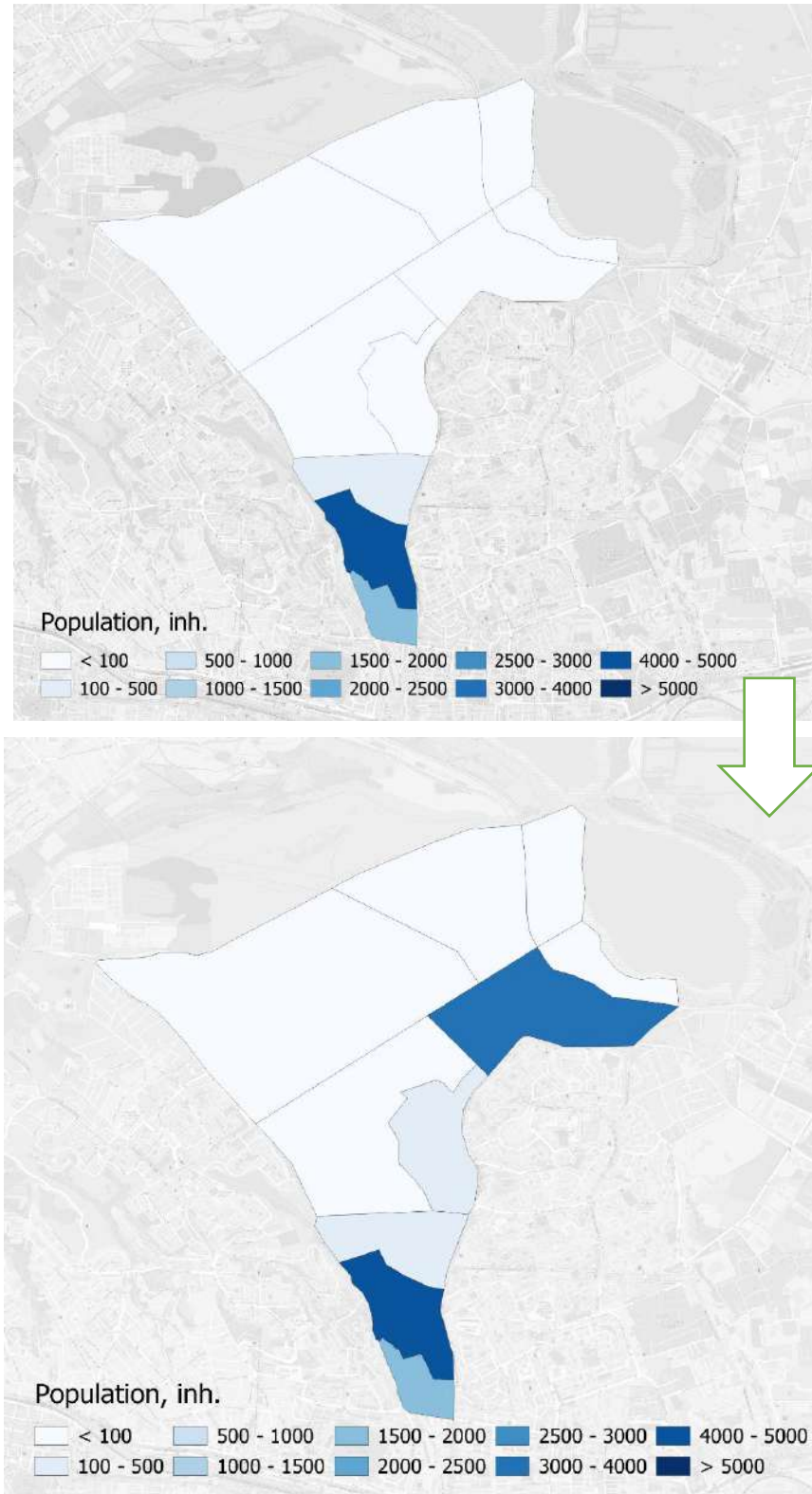
- იპოდრომი (სურათი 30). მოსახლეობის რაოდენობა 2014 წელს იყო 13040. მოსახლეობის რაოდენობა 2025 წელს არის 14482. ზრდა 11.1%-ს წარმოადგენს.



სურათი 30. ცვლილებები იპოდრომის მოსახლეობის რაოდენობაში

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

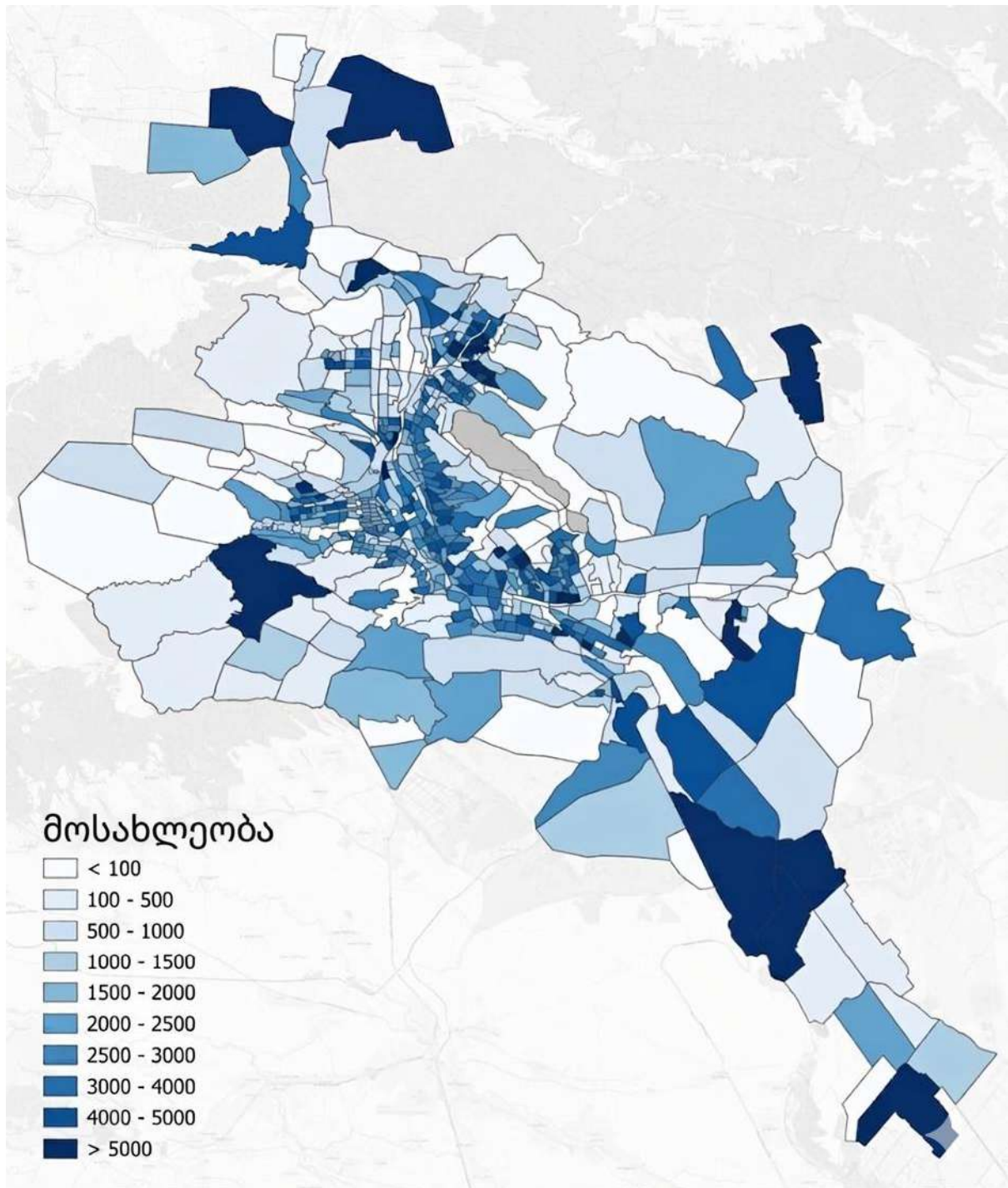
- ჰუალინგის დასახლება (სურათი 31). მოსახლეობის რაოდენობა 2014 წელს იყო 6181. მოსახლეობის რაოდენობა 2025 წელს არის 10675. რიცხოვნობა ზრდამ 72.7% შეადგინა.



სურათი 31. ცვლილებები ჰუალინგის მოსახლეობის რაოდენობაში

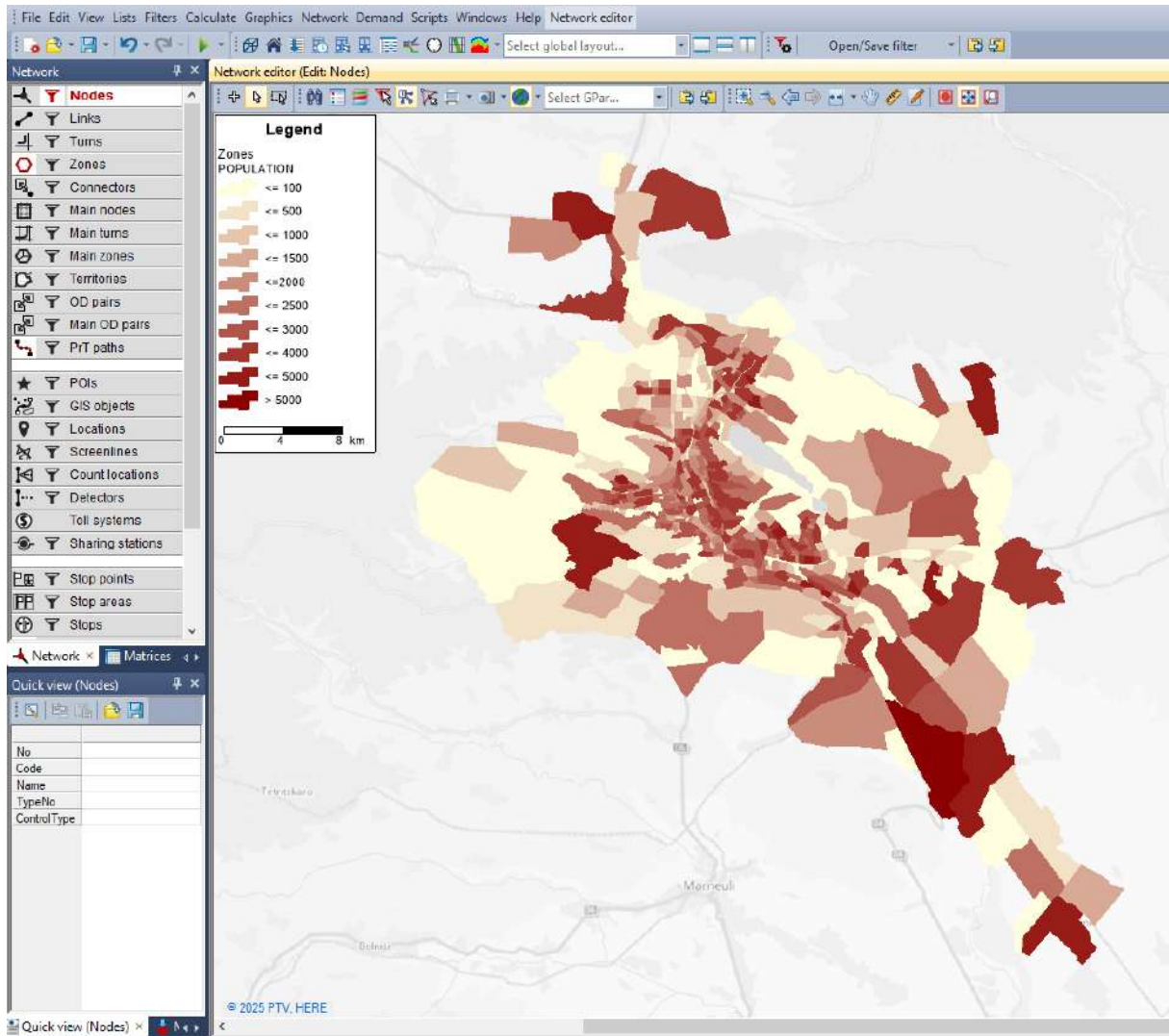
ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

ამჟამად, მოდელირების არეალში ახალი სატრანსპორტო ანალიზის ზონების (TAZ) მიხედვით მოსახლეობის განაწილება ნაჩვენებია სურათზე 32. აღნიშნული მონაცემები შეტანილია და გამოყენებულია თბილისის განახლებულ სატრანსპორტო მოდელში, რაც ასახულია სურათზე 33.



სურათი 32. მოსახლეობის განაწილება ახალი სატრანსპორტო ანალიზის ზონების მიხედვით

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში



სურათი 33. მოსახლეობის გადანაწილება თბილისის განახლებულ სატრანსპორტო მოდელში

4.2. მოსახლეობის განაწილება ასაკობრივი ჯგუფების მიხედვით

სატრანსპორტო მოდელის მაღალი სიზუსტით შემუშავებისთვის აუცილებელია კონკრეტული ასაკობრივი ჯგუფების გათვალისწინება, რადგან თითოეულ მათგანს განსხვავებული გადაადგილების ქცევა და მგზავრობის საჭიროებები ახასიათებს (სურათი 34).

- 0 - 5 წელი - სკოლამდელი ასაკის ბავშვები;
- 6 - 18 წელი - სკოლის მოსწავლეები;
- 19 - წელი - სტუდენტები;
- 18 - წელი - შრომისუნარიანი მოსახლეობა;
- 65 წელს ზევით - პენსიონერები.

რადგან მოსახლეობის ბოლო აღწერის მონაცემები მოძველებულია, თბილისისა და მისი გარეუბნებისათვის ასაკობრივი ჯგუფების მიხედვით სანდო მოსახლეობის მონაცემების მიღება შეუძლებელი იყო. ამ პრობლემის გადასაჭრელად გამოყენებულ იქნა ეროვნული დონის დემოგრაფიული სტატისტიკა, რომლის საფუძველზეც განისაზღვრა თითოეული ასაკობრივი ჯგუფის წილი მოსახლეობის საერთო რაოდენობასთან მიმართებით. შემდგომში აღნიშნული პროცენტული მაჩვენებლები გამოყენებულ იქნა კოეფიციენტების სახით, რათა თითოეული სატრანსპორტო ანალიზის ზონისათვის (TAZ) შეფასებულიყო მოსახლეობის განაწილება ასაკობრივი ჯგუფების მიხედვით.

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

List (Zones)						
Select list layout...						
Number: 681	No	POPULATION_0_5	POPULATION_18_64	POPULATION_19_24	POPULATION_6_18	POPULATION_OVER_65
1	1	201	1757	201	488	481
2	2	466	4079	468	1133	1116
3	3	204	1785	205	496	489
4	4	13	115	13	32	31
5	5	149	1308	150	363	358
6	6	7	64	7	17	18
7	7	187	1638	187	454	449
8	8	208	1819	209	505	498
9	9	732	6333	725	1758	1732
10	10	497	4355	498	1209	1191
11	11	185	1621	186	450	444
12	12	210	1842	211	512	504
13	13	289	2529	290	702	692
14	14	214	1876	215	521	513
15	15	290	2540	291	706	695
16	16	332	2905	333	807	795
17	17	156	1364	156	379	373
18	18	173	1518	174	421	415
19	19	287	2511	288	697	687
20	20	286	2507	287	696	686
21	21	473	4144	475	1151	1134
22	22	123	1076	123	299	295
23	23	539	4722	541	1311	1292
24	24	258	2259	259	628	618
25	25	248	2172	249	603	594
26	26	205	1796	206	499	492
27	27	726	6361	728	1766	1740
28	28	148	1297	149	360	355
29	29	311	2720	312	755	744
30	30	218	1906	219	529	522
31	31	225	1973	226	548	540
32	32	214	1874	215	521	513
33	33	354	3100	355	861	848
34	34	424	3710	426	1030	1015
35	35	245	2147	246	596	588
36	36	214	1874	215	520	513
37	37	71	617	71	171	169
38	38	202	1771	203	492	485
39	39	290	2540	291	706	695
40	40	141	1231	141	342	337
41	41	182	1593	183	442	436
42	42	302	2044	234	568	559
43	43	265	2317	266	644	634
44	44	146	1281	147	356	351
45	45	153	1338	153	372	366
46	46	220	1929	221	536	528
47	47	107	937	107	260	256
48	48	294	2571	295	714	704
49	49	214	1872	215	520	512
50	50	185	1618	186	449	443

სურათი 34. სატრანსპორტო ანალიზის ზონებში მოსახლეობის ასაკობრივი ჯგუფების მიხედვით განაწილების ამონაწერი

4.3. სამუშაო ადგილების გადანაწილება

სამუშაო ადგილების განსაზღვრისა და მათი TAZ-ების მიხედვით განაწილების პროცესი გამოირჩეოდა მაღალი კომპლექსურობით, რის შედეგადაც საჭირო გახდა გარკვეული მეთოდოლოგიური დაშვებების შემუშავება.

სამუშაო ადგილების რაოდენობა განისაზღვრა მოსახლეობის მაჩვენებელთან მიმართებით. სტატისტიკის ეროვნული სამსახურის (საქსტატი) პორტალის მონაცემებით³, საქართველოს მთლიანი მოსახლეობა 3,704,500 ადამიანს შეადგენს, ხოლო სამუშაო ძალა 1,633,600 ადამიანს მოიცავს. ამ მონაცემებზე დაყრდნობით, თბილისისა და მისი შემოგარენისთვის დადგინდა სამუშაო ძალის მოსახლეობასთან შეფარდების კოეფიციენტი. მიღებული მაჩვენებელი სატრანსპორტო ზონების მიხედვით მოსახლეობის რაოდენობაზე განვრცობის შედეგად, თითოეული ზონისთვის სამუშაო ძალის საპროგნოზო მოცულობა დაზუსტდა.

შემდგომ ეტაპზე, სამუშაო ადგილების ეკონომიკურ სეგმენტებს შორის (რომლებიც გაერთიანდა მრეწველობისა და მომსახურების ჯგუფებში) გადანაწილების მიზნით, გამოყენებულ იქნა საქართველოს ეკონომიკისა და მდგრადი განვითარების სამინისტროს შრომის ბაზრის ანალიზის მონაცემები⁴. აღნიშნული კვლევა იძლევა სამუშაო ძალის პროპორციულ განაწილებას ეკონომიკური საქმიანობის სხვადასხვა სფეროს მიხედვით. მიღებული კოეფიციენტების გამოყენებით, სამუშაო ძალის საერთო რაოდენობაზე დაყრდნობით, განისაზღვრა სხვადასხვა ეკონომიკურ სექტორში დასაქმებულთა სავარაუდო მაჩვენებლები.

დასკვნით ეტაპზე, ეკონომიკური საქმიანობის თითოეული სფეროსთვის განსაზღვრული სამუშაო ადგილების საერთო რაოდენობა გადანაწილდა TAZ-ებში. პროცესი დაეფუძნა თითოეულ ზონაში არსებული სამრეწველო და მომსახურების სექტორის ობიექტების რაოდენობასა და მასშტაბებს. აღნიშნული ინფორმაცია ძირითადად მიღებულ იქნა **Open Street Map (OSM)** სერვისიდან⁵, რასაც დაემატა მონაცემები კომპანიების ოფიციალური ვებგვერდებიდან და სხვა ღია წყაროებიდან. იმ შემთხვევებში, როდესაც საჯარო მონაცემები არასრული იყო, შეფასების პროცესში ჩაერთნენ ადგილობრივი ექსპერტები, რომლებმაც მსხვილი დამსაქმებლებისა და რეგიონული ეკონომიკური პირობების ცოდნაზე დაყრდნობით შეასწორეს მონაცემები.

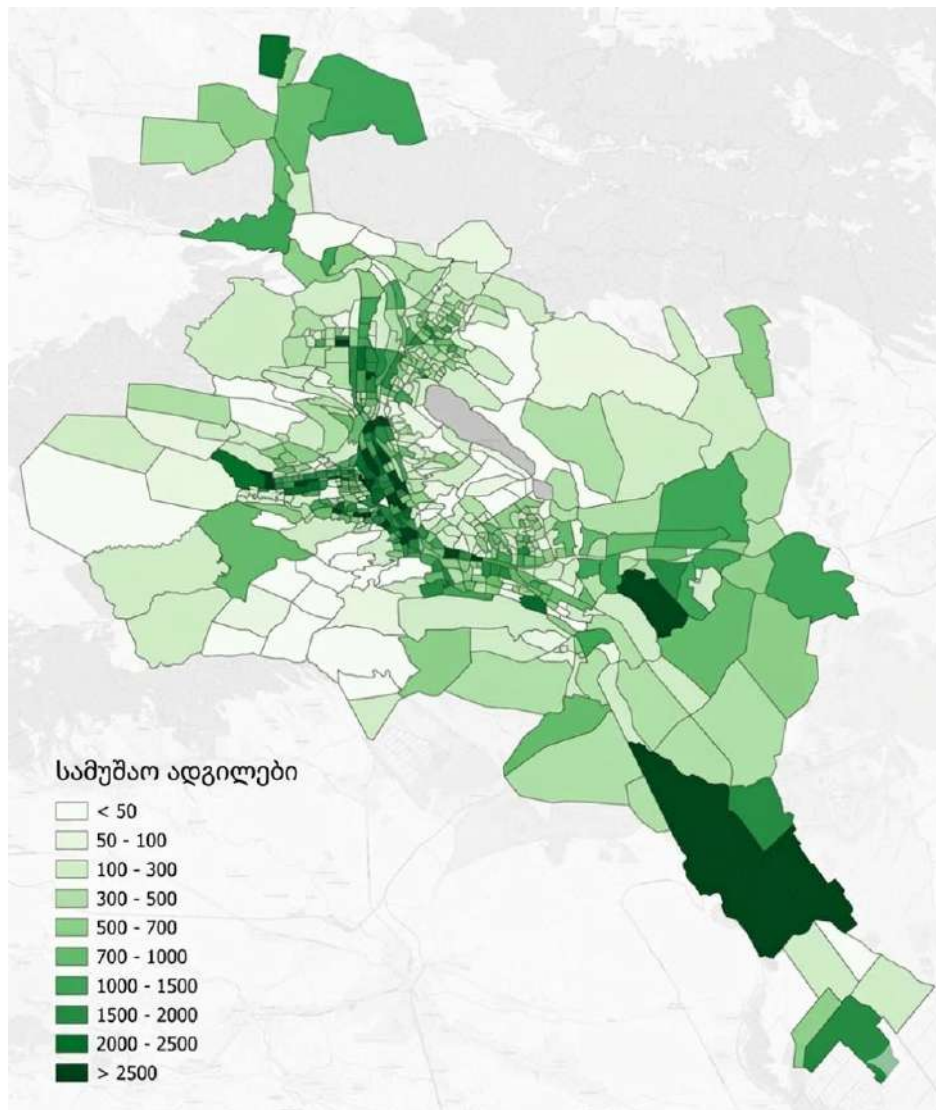
³ <https://www.geostat.ge/ka/modules/categories/316/mosakhleoba-da-demografia>

⁴ <https://www.geostat.ge/ka/modules/categories/683/dasakmeba-umushevroba>

⁵ <https://www.openstreetmap.org/>

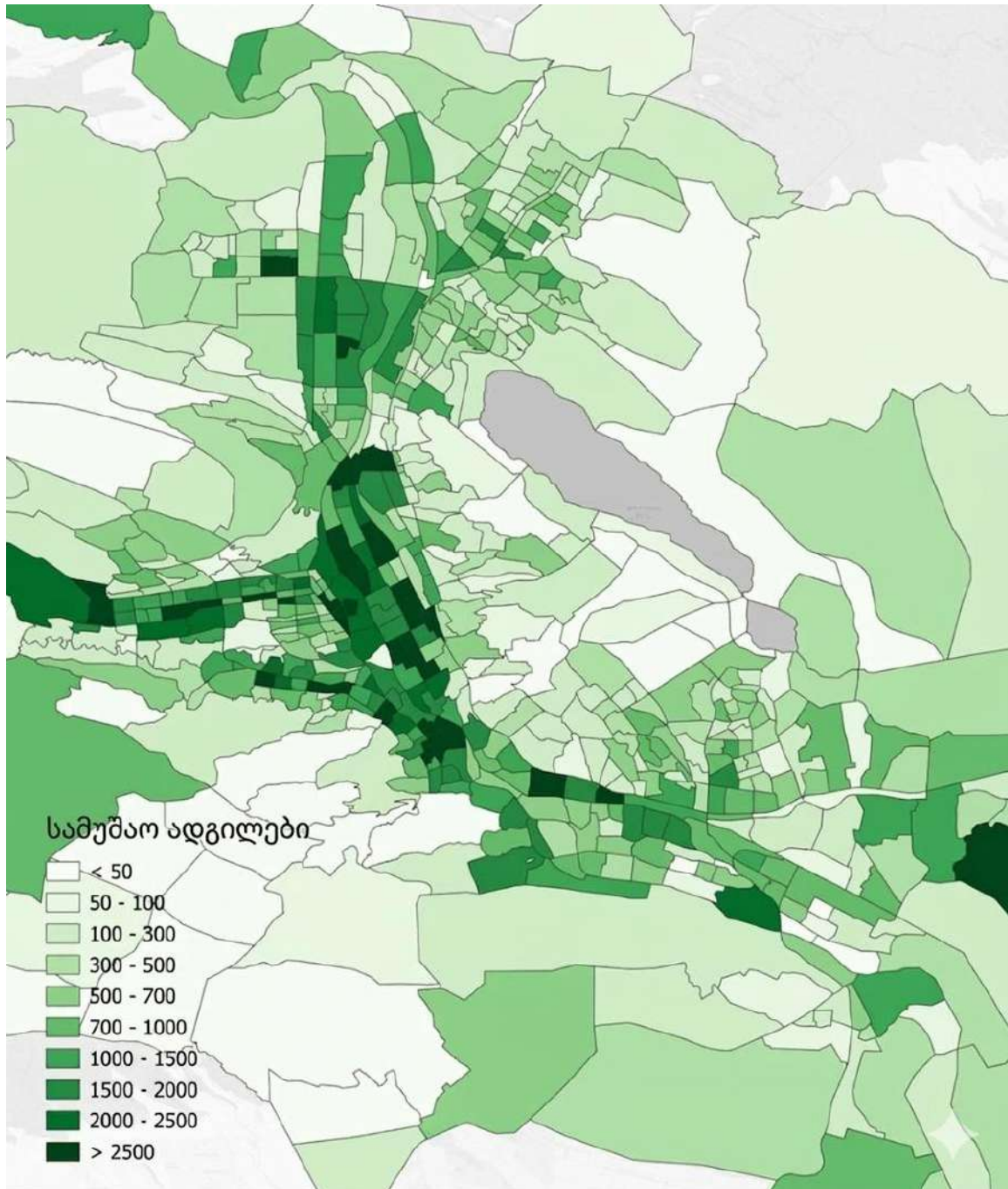
ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

სამუშაო ადგილების საბოლოო განაწილება სატრანსპორტო მოდელის არეალში წარმოდგენილია სურათებზე 35 და 36. აღსანიშნავია, რომ დასაქმების საერთო მაჩვენებელი ორ ძირითად ჯგუფად იყოფა: მრეწველობა და მომსახურების სექტორი. მრეწველობის სექტორი მოიცავს სამუშაო ადგილებს სოფლის მეურნეობის, მოპოვებითი და დამამუშავებელი მრეწველობის, ელექტროენერგიის, წყლისა და გაზის მომარაგების, მშენებლობისა და სხვა მსგავს სფეროებში. მომსახურების სექტორი (სერვისი): აერთიანებს ყველა სხვა სამუშაო ადგილს, მათ შორის ვაჭრობას, ადმინისტრაციულ მართვას, განათლებას, მედიცინას, მომსახურე პერსონალს, დაცვას, ტრანსპორტსა და ლოგისტიკას, საფოსტო, კულტურულ თუ ფინანსურ საქმიანობას. მომსახურების სექტორში სამუშაო ადგილების რაოდენობრივი განაწილება ნაჩვენებია სურათზე 37, ხოლო აღნიშნული მონაცემების ასახვა სატრანსპორტო მოდელში წარმოდგენილია სურათზე 38.



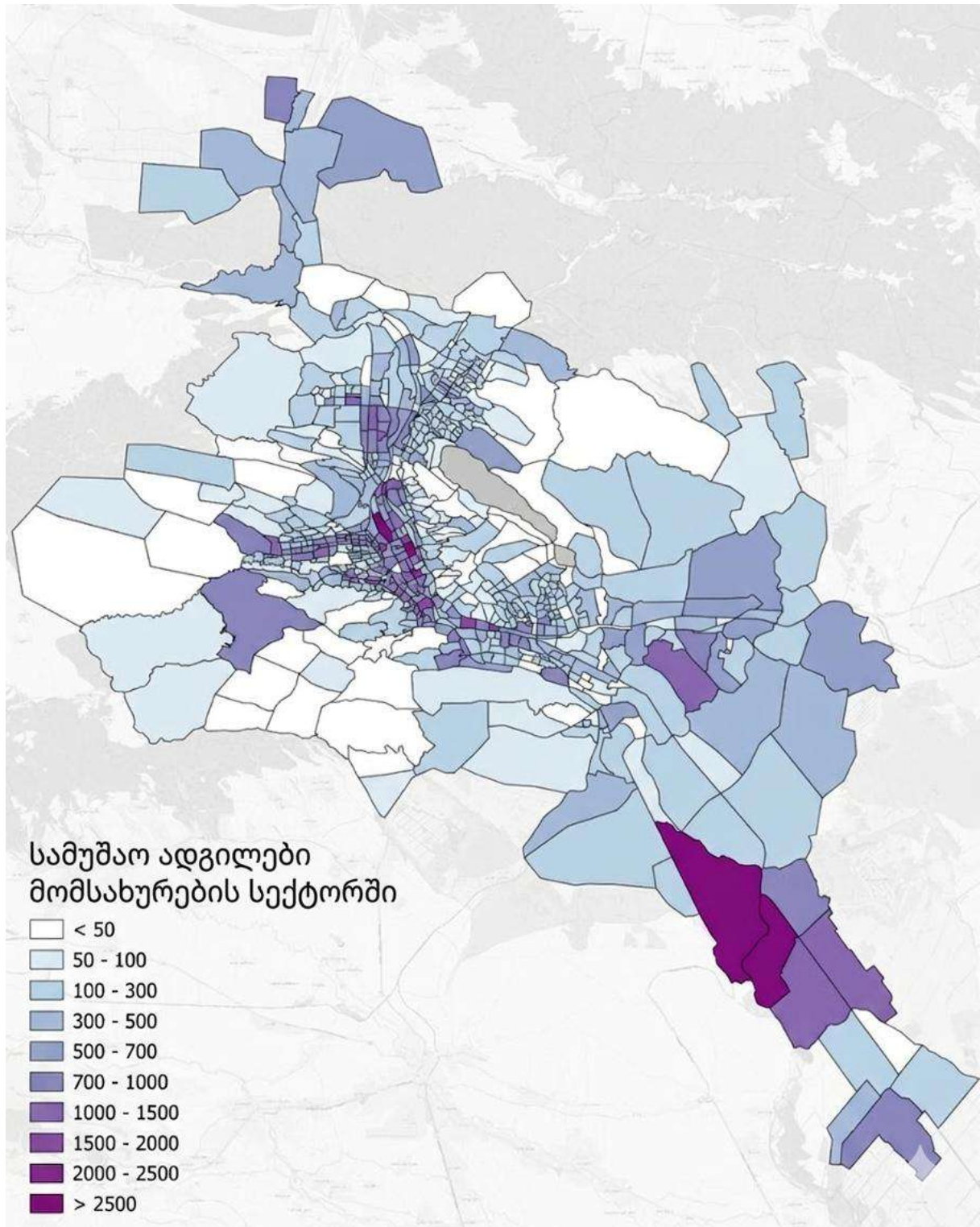
სურათი 35. სამუშაო ადგილების განაწილება ახალი TAZ-ების მიხედვით 2025 წელი

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში



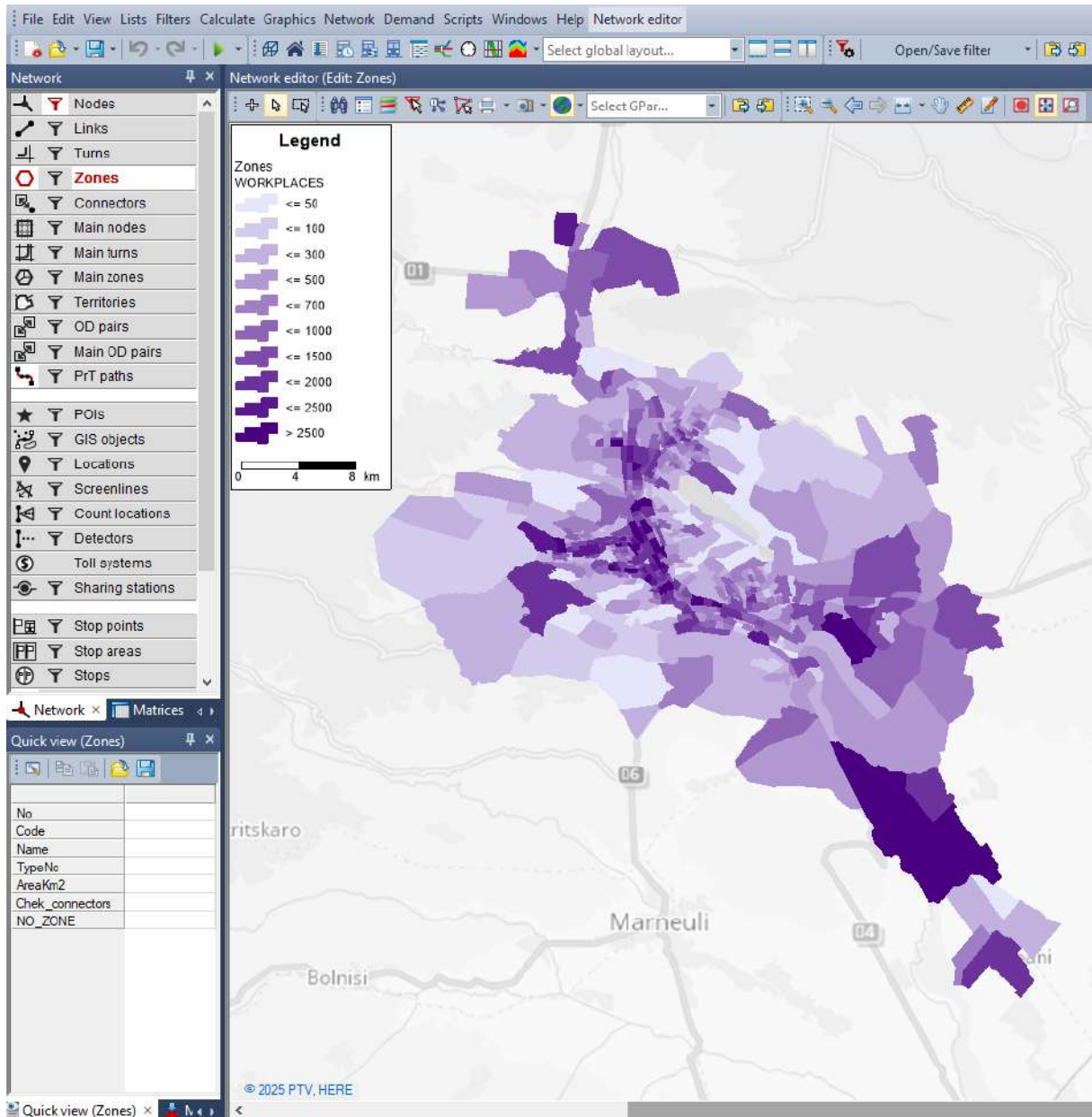
სურათი 36.. სამუშაო ადგილების განაწილება ახალი TAZ-ების მიხედვით თბილისში

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში



სურათი 37. მოდელში მომსახურების სექტორის სამუშაო ადგილების განაწილება ახალი TAZ-ების მიხედვით

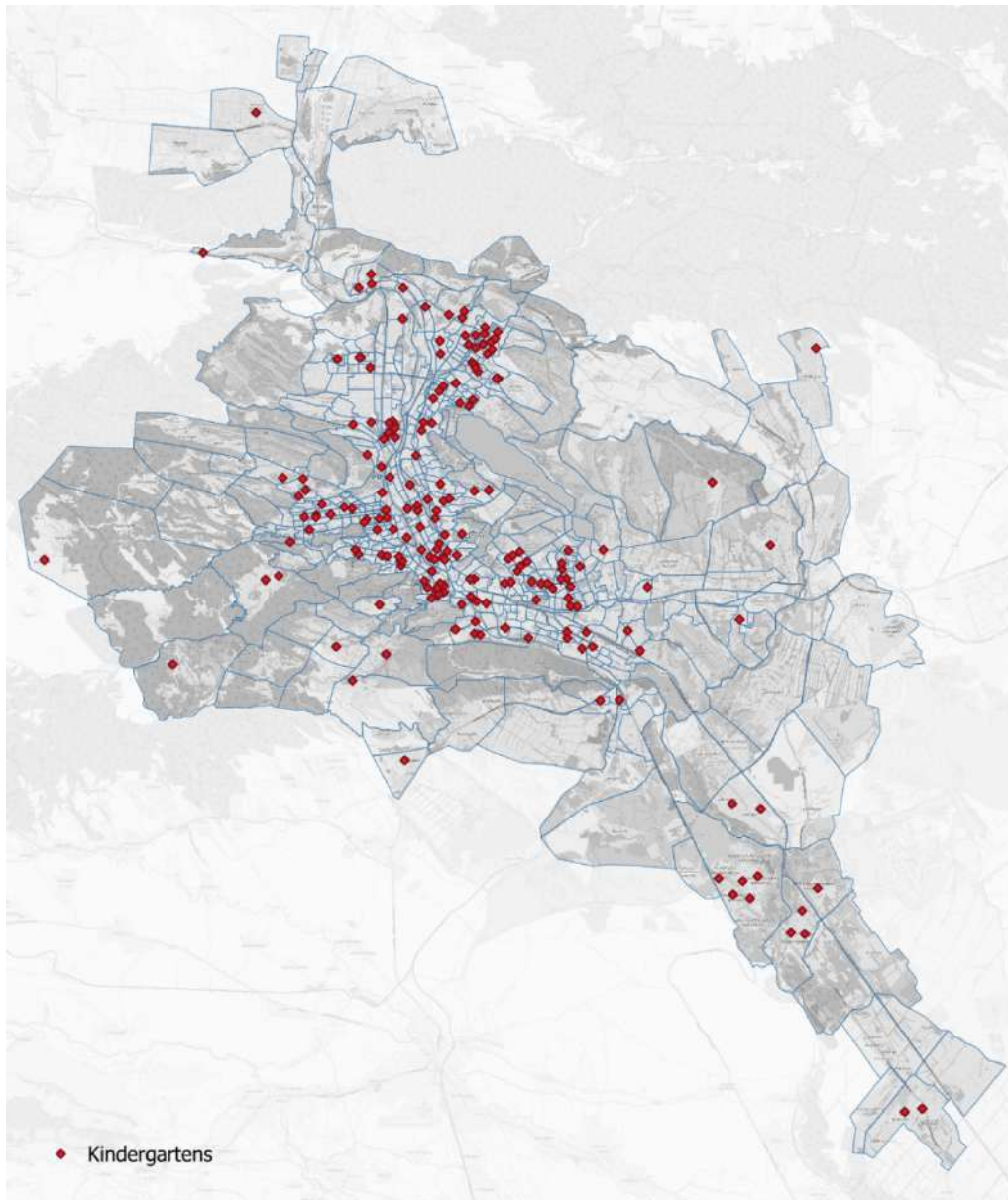
ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში



სურათი 38. მოდელში სამუშაო ადგილების განაწილება ახალი TAZ-ების მიხედვით

4.4. საბავშვო ბაღები

საბავშვო ბაღების მდებარეობისა და მათში აღსაზრდელთა რაოდენობის შესახებ მონაცემები მოწოდებულ იქნა ქალაქის მუნიციპალური ორგანოების მიერ⁶. ყველა მისამართს განესაზღვრა გეოგრაფიული კოორდინატები და მიენიჭა შესაბამისი TAZ. საბავშვო ბაღების საერთო რაოდენობა შეადგენს 190-ს. აღნიშნული ინფორმაციის საფუძველზე, მოდელირების არეალში საბავშვო ბაღების სივრცითი განაწილება წარმოდგენილია სურათზე 39.



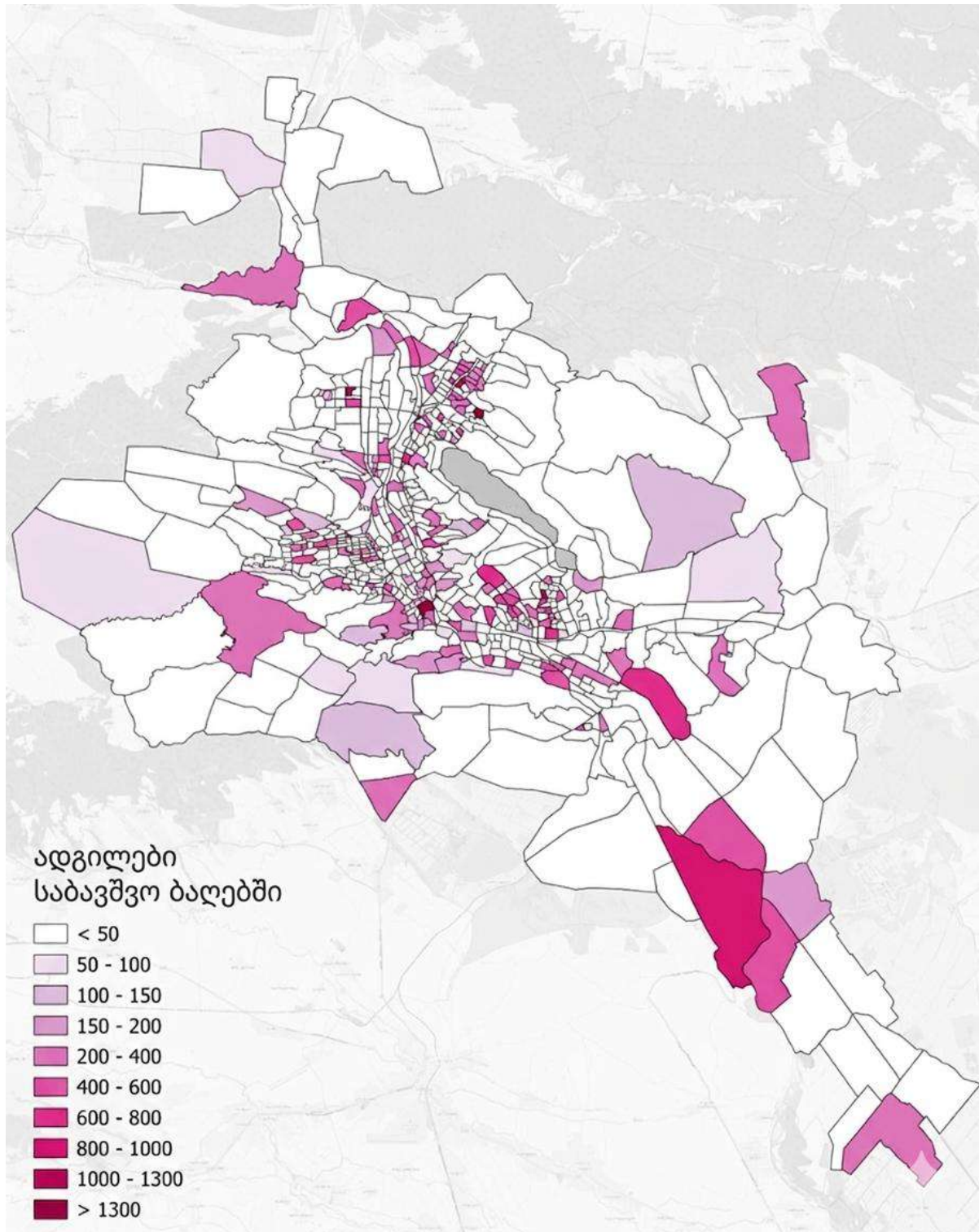
სურათი 39. საბავშვო ბაღების მდებარეობები

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

საბავშვო ბაღებში ადგილების რაოდენობის შესახებ დეტალური მონაცემების არარსებობის გამო დაშვებულ იქნა, რომ ბაღებში აღსაზრდელთა რაოდენობა შეესაბამება დაწესებულებაში არსებული ადგილების რაოდენობას. საბავშვო ბაღებში აღსაზრდელთა რაოდენობის შესახებ მონაცემები TUDA-მ მიიღო თბილისის მუნიციპალიტეტისთვის გაგზავნილი ოფიციალური მოთხოვნის საფუძველზე. მიღებული მონაცემები მათი გეოგრაფიული მდებარეობის მიხედვით გადანაწილდა შესაბამის სატრანსპორტო ანალიზის ზონებში (TAZ). მოდელირების არეალში საბავშვო ბაღებში ადგილების განაწილება წარმოდგენილია სურათზე 40.

⁶ Kindertagesstätten – educational institutions that provide early childhood education and care for children, typically between the ages of 3 and 6, preparing them for primary school

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში



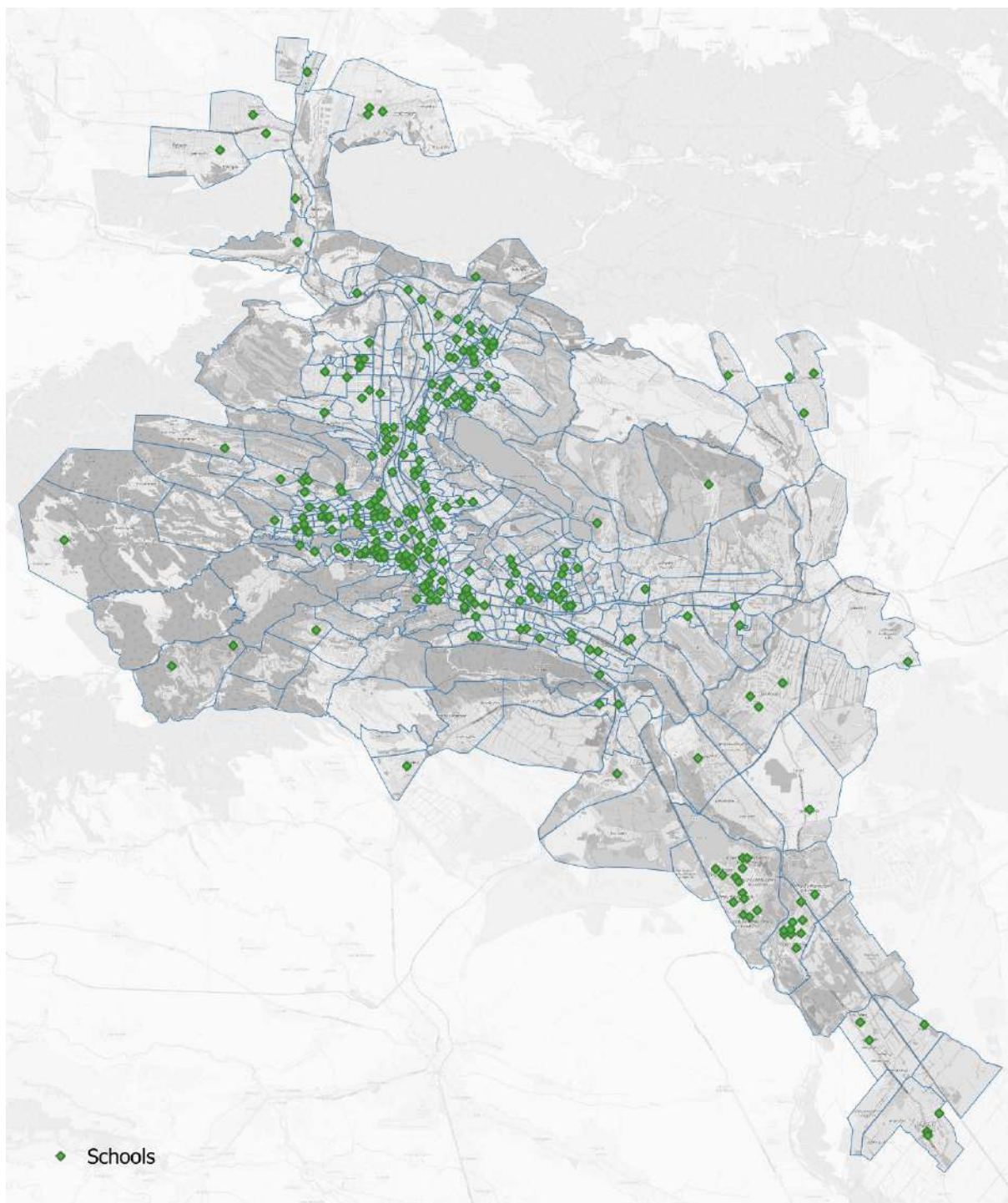
სურათი 40. საბავშვო ბაღებში ადგილების რაოდენობის განაწილება TAZ-ების მიხედვით.

4.5. სკოლები

ანალოგიური მეთოდოლოგიით, მუნიციპალური ორგანოების მიერ მოწოდებულ იქნა მონაცემები საჯარო და კერძო სკოლების განლაგებისა და მათი სტატისტიკური მაჩვენებლების შესახებ⁷. საბავშვო ბაღების მსგავსად, აქაც გამოყენებულ იქნა ანალოგიური მიდგომა: მოსწავლეთა რაოდენობა გათანაბრდა თითოეულ დაწესებულებაში არსებული ადგილების მაჩვენებელთან. სკოლების საერთო რაოდენობა მოდელირების არეალში შეადგენს 389-ს. მათი სივრცითი განაწილება და ადგილების მისაწვდომობა დეტალურად არის ნაჩვენები სურათებზე 41 და 42.

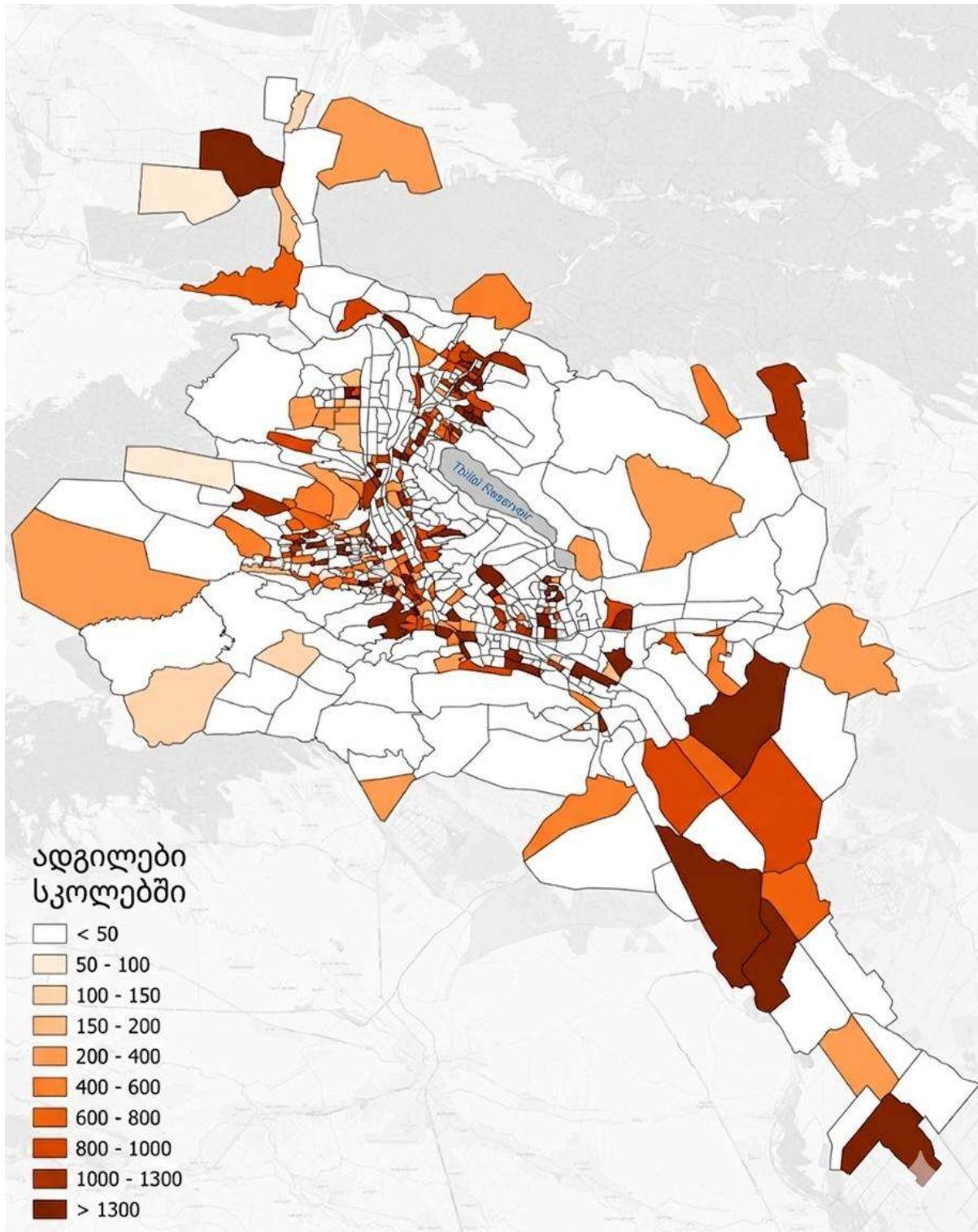
⁷ In Georgia, children begin **primary education** at the age of 6. The **full cycle of general education** lasts 12 years

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში



სურათი 41. სკოლების ადგილმდებარეობები

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში



სურათი 42. სკოლებში ადგილების რაოდენობის განაწილება TAZ-ების მიხედვით.

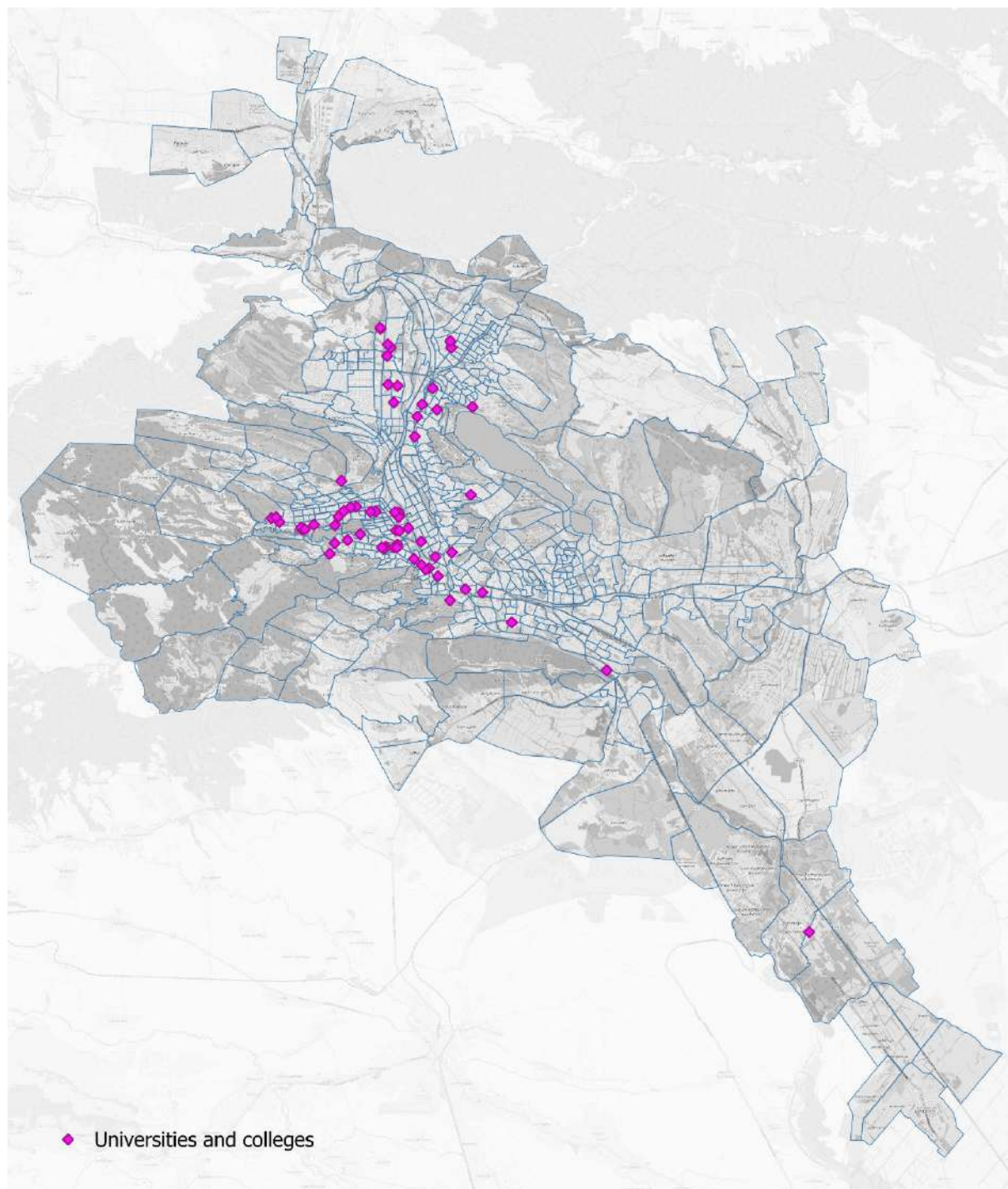
4.6. უნივერსიტეტები და კოლეჯები

უნივერსიტეტებისა და მათში ჩარიცხულ სტუდენტთა რაოდენობის შესახებ მონაცემები მოწოდებულ იქნა ქალაქის მუნიციპალური ორგანოების მიერ. უნივერსიტეტებისა და კოლეჯების საერთო რაოდენობა შეადგენს 64-ს. თუმცა, პრობლემას წარმოადგენდა მსხვილი საგანმანათლებლო დაწესებულებები, რადგან ხშირ შემთხვევაში ხელმისაწვდომი იყო მხოლოდ სტუდენტთა საერთო რაოდენობა, მაშინ როცა მათი სასწავლო შენობები (კორპუსები) ქალაქის სხვადასხვა ნაწილში იყო განთავსებული. ასეთ შემთხვევებში სტუდენტთა საერთო რაოდენობა თანაბრად გადანაწილდა აღნიშნულ შენობებს შორის.

ამასთანავე, აღნიშნული მონაცემთა ფენა მოიცავს როგორც უნივერსიტეტებს, ისე პროფესიულ კოლეჯებს.

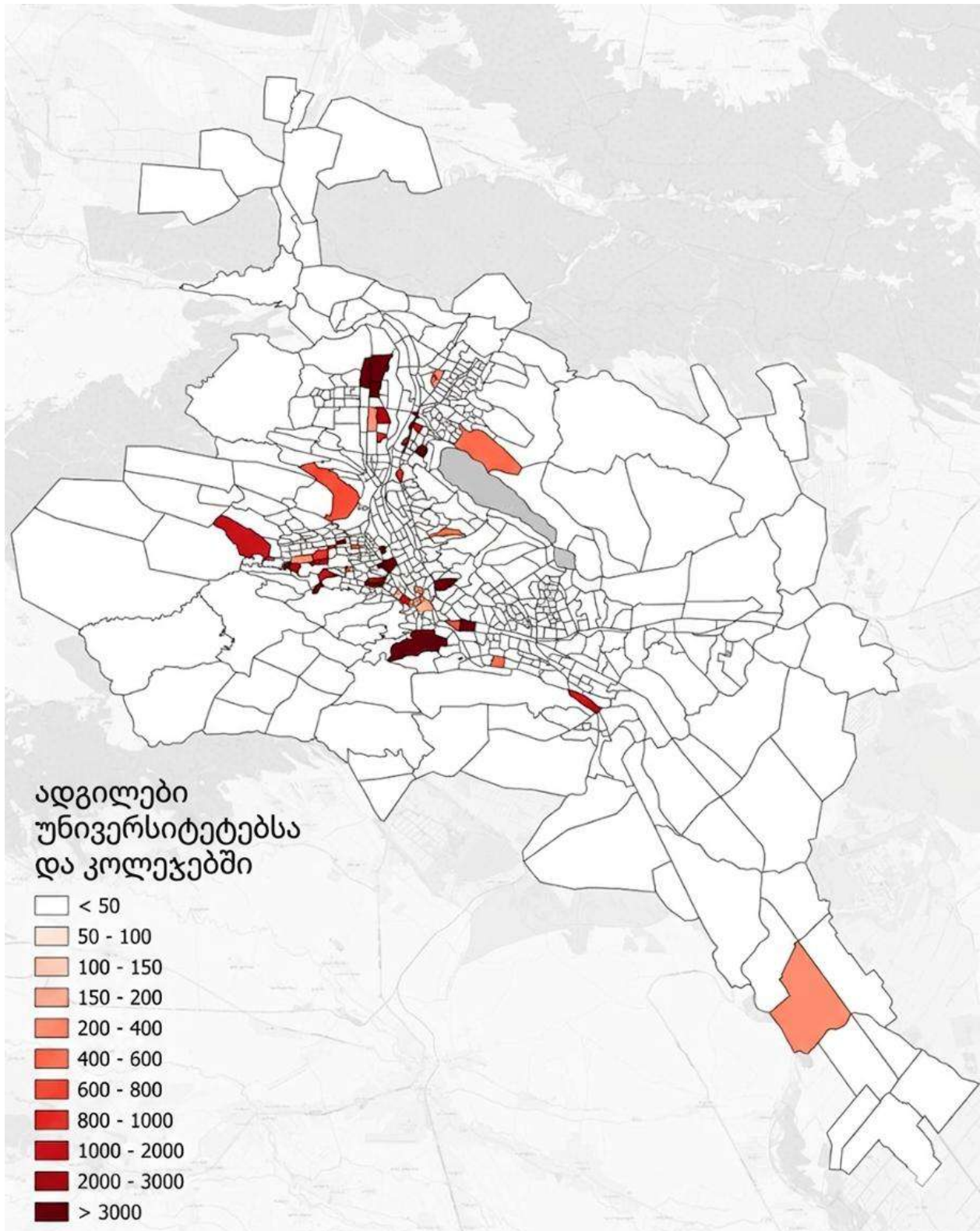
შესაბამისად, უნივერსიტეტებისა და პროფესიული კოლეჯების სივრცითი განაწილება და მათში არსებული ადგილების რაოდენობა მოდელირების არეალში წარმოდგენილია სურათებზე 43 და 44. საბავშვო ბაღებისა და სკოლების მსგავსად, უნივერსიტეტებსა და კოლეჯებში სტუდენტების რაოდენობა გათანაბრდა თითოეულ ობიექტზე არსებული ადგილების (ტევადობის) მაჩვენებელთან.

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში



სურათი 43. უნივერსიტეტებისა და პროფესიული კოლეჯების ადგილმდებარეობები

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში



სურათი 44. უნივერსიტეტებსა და პროფესიულ კოლეჯებში არსებული ადგილების განაწილება

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

აღნიშნული სოციალურ-ეკონომიკური მონაცემები ინტეგრირებულ იქნა მოდელში თითოეული TAZ-ისთვის ინდივიდუალურად განსაზღვრული პარამეტრების (User-Defined Attributes - UDAs) სახით, როგორც ეს ნაჩვენებია სურათზე 45.

Number: 681	No	POPULATION	WORKPLACES	PLACES_IN_KINDERGARDENS	PLACES_IN_SCHOOL	PLACES_IN_UNIVERSITY
1	1	2896	724	109	0	0
2	2	6724	564	563	681	0
3	3	2943	282	0	0	0
4	4	189	1634	0	0	0
5	5	2157	100	0	0	0
6	6	105	253	0	0	0
7	7	2700	778	0	0	0
8	8	2998	373	151	2203	0
9	9	10440	780	599	0	0
10	10	7180	409	254	0	0
11	11	2672	426	0	1737	0
12	12	3037	100	296	0	0
13	13	4170	464	277	926	0
14	14	3092	620	356	0	0
15	15	4188	847	0	1477	0
16	16	4789	213	0	0	0
17	17	2248	921	0	1829	0
18	18	2502	97	0	0	0
19	19	4140	250	0	0	0
20	20	4134	261	146	0	0
21	21	6832	562	1381	1184	0
22	22	1774	520	0	0	0
23	23	7784	510	452	0	0
24	24	3725	836	0	87	400
25	25	3581	1050	0	103	0
26	26	2961	850	368	0	0
27	27	10488	313	0	1669	0
28	28	2139	420	86	729	0
29	29	4484	350	0	953	0
30	30	3143	920	452	0	0
31	31	3254	515	414	1500	0
32	32	3090	320	0	0	493
33	33	5110	505	411	954	0
34	34	6117	911	292	0	0
35	35	3540	207	0	0	0
36	36	3089	604	0	671	0

სურათი 45. TAZ-ებისთვის ინდივიდუალურად განსაზღვრული პარამეტრები (UDAs)

5. სატრანსპორტო სისტემის მონაცემები

თბილისის განახლებულ სატრანსპორტო მოდელში ინფრასტრუქტურული და საოპერაციო მონაცემები მოიცავს ურბანული სატრანსპორტო სისტემის იმ სხვადასხვა კომპონენტსა და პარამეტრს, რომლებიც სამგზავრო მოთხოვნას ემსახურება. მისი ძირითადი ელემენტებია:

- **სატრანსპორტო სისტემები:** განსაზღვრავს მგზავრობის ხელმისაწვდომ ვარიანტებს, მათ მახასიათებლებსა და ურთიერთქმედებას სატრანსპორტო სისტემის შიგნით;
- **საგზაო ქსელი:** მოიცავს პირველად და მეორად ქუჩებს, გზის სავალ ნაწილებს, მოძრაობის მართვის ელემენტებსა და ქსელის სხვა რელევანტურ მახასიათებლებს;
- **საზოგადოებრივი ტრანსპორტის ქსელი:** მოიცავს მარშრუტებს, გაჩერებებს, მოძრაობის განრიგებსა და მოძრავი შემადგენლობის მახასიათებლებს;
- **შემაერთებლები:** უზრუნველყოფს TAZ-ების დაკავშირებას საგზაო ქსელთან, რაც შესაძლებელს ხდის მიწათსარგებლობისა და სატრანსპორტო მოთხოვნის ურთიერთქმედების მოდელირებას.

თითოეული კომპონენტი დეტალურად არის აღწერილი მომდევნო ქვეთავებში, სადაც ყურადღება გამახვილებულია მათ განახლებაზე, კოდირებასა (Coding) და კალიბრაციაზე - 2022 წლის საბაზისო მოდელისა და პროექტის ფარგლებში შეგროვებული მონაცემების გათვალისწინებით.

5.1. ტრანსპორტის კლასიფიკაცია

სატრანსპორტო ნაკადების სტრუქტურისა და შემადგენლობის მოდელირების მიზნით, რომელიც წარმოქმნის მოძრაობას რეგიონის სატრანსპორტო ქსელში, მოდელში ინტეგრირებული იქნა მონაცემები სხვადასხვა ტიპის სატრანსპორტო საშუალებების გამოყენების შესახებ.

სატრანსპორტო მოდელში გადაადგილების სხვადასხვა სახეობა წარმოდგენილია სატრანსპორტო სისტემების სახით. მოდელში მიღებული სატრანსპორტო სისტემების, მოძრაობის რეჟიმებისა და მოთხოვნის სეგმენტების ჩამონათვალი წარმოდგენილია ცხრილი 1-ში.

ცხრილში ასევე მოცემულია მსუბუქი ავტომობილის (PCU) კოეფიციენტი, რომლებიც აჩვენებს, თუ რამდენ მსუბუქ ავტომობილს უდრის თითოეული სახეობის ტრანსპორტი მოდელში.

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

ცხრილი 1. ტრანსპორტის კლასიფიკაცია თბილისის სატრანსპორტო მოდელში

კოდი	სატრანსპორტო სისტემები	PCU	მოთხოვნის რეჟიმები /სეგმენტები
BUS	ავტობუსი	2.0	PuT
MRS	სამარშრუტო ტაქსი	1.5	
SUB	მეტრო	-	
C	საბაგირო	-	
F	ფუნქულიორი	-	
PUTW	ფეხით გადაადგილება საზოგადოებრივ ტრანსპორტამდე	-	
CAR	მსუბუქი ავტომობილი	1.0	CAR, CAR_Pass
PED	ქვეითი	-	PED
BIKE	ველოსიპედი	0.5	BIKE
GV	სატვირთო ავტომობილი	2.5	GV

პირველი ცხრილის მიხედვით, მოდელი მოიცავს ხუთ ძირითად სატრანსპორტო სისტემას: მსუბუქ ავტომობილებს, ფეხით მოსიარულეებს, ველოსიპედებსა და სატვირთო ტრანსპორტს. გარდა ამისა, მოდელში დამატებულია კიდევ ერთი სახეობა - „ფეხით გადაადგილება საზოგადოებრივ ტრანსპორტამდე“ (PuT Walk). თუ „ქვეითები“ არიან ადამიანები, რომლებიც საერთოდ არ სარგებლობენ სხვა ტრანსპორტით, „ფეხით გადაადგილება საზოგადოებრივ ტრანსპორტამდე“ გულისხმობს იმ მგზავრებს, რომლებიც ქვეითად მიდიან გაჩერებამდე ან გადაჯდომისას გადაადგილდებიან ერთი ტრანსპორტიდან მეორეზე.

სატრანსპორტო სისტემების ჩამონათვალი თბილისის სატრანსპორტო მოდელში ნაჩვენებია 46-ე სურათზე.

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

Transport systems / Modes / Demand segments

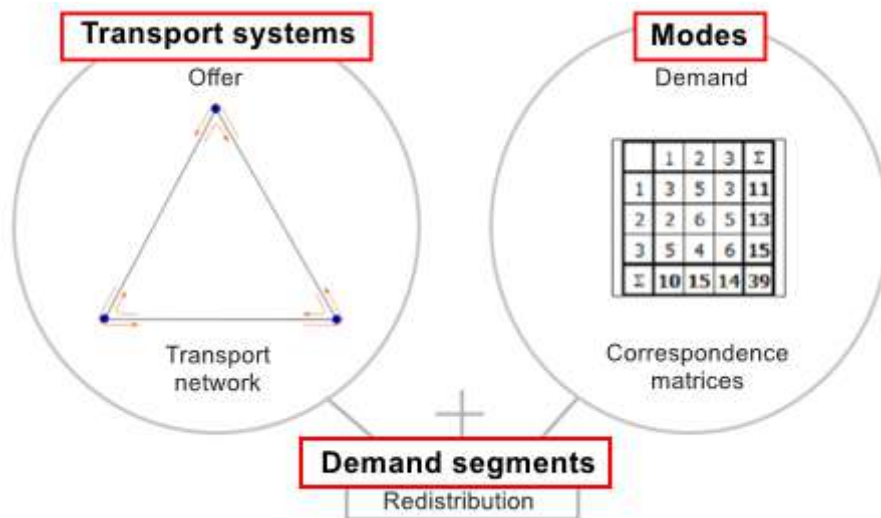
Number: 10	Code	Name	Type	Modes	DSeg
1	BIKE	Bike	PrT	BIKE	BIKE
2	CAR	Car	PrT	C, Car_Pass	C, Car_Pass
3	GV	Goods vehicle	PrT	GV	GV
4	PED	Pedestrians	PrT	PED	PED
5	BUS	Bus	PuT	PuT	PuT
6	C	Cable	PuT	PuT	PuT
7	F	Funicular	PuT	PuT	PuT
8	MRS	Marshrutka	PuT	PuT	PuT
9	PUTW	PuT Walk	PuTWalk	PuT	PuT
10	SUB	Subway	PuT	PuT	PuT

Operations: Create, Edit, Delete

OK Cancel

სურათი 46. სატრანსპორტო სიტემების ჩამონათვალი PTV Visum-ში

ქვემოთ წარმოდგენილი სურათი 47 ასახავს კავშირს სატრანსპორტო სისტემებს, გადაადგილების რეჟიმებსა და მოთხოვნის სეგმენტებს შორის.



სურათი 47. კავშირი ტრანსპორტის სისტემებს, გადაადგილების რეჟიმებსა და მოთხოვნის სეგმენტებს შორის

5.2. საგზაო ქსელი

სატრანსპორტო ქსელის მონაცემების მომზადების საწყის ეტაპზე, გადამოწმდა საგზაო ქსელის ყველა ის მონაცემი, რომელიც მოდელის წინა ვერსიაში უკვე არსებობდა. განხილულ იქნა საგზაო ქსელის შემდეგი ელემენტები:

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

- **მონაკვეთები (Links)** - გზის სეგმენტები, რომლებიც წარმოადგენენ ქუჩებს, რკინიგზას, მეტროს ხაზებს, საბაგირო გზებს და ა.შ.
- **კვანძები (Nodes)** - გზაჯვარედინები და გადაკვეთის წერტილები;
- **მოხვევები (Turns)** - კვანძებზე მონაკვეთებს შორის ნებადართული ან აკრძალული მიმართულებები.

5.2.1. საგზაო ქსელის მონაცემების გადამოწმება

თბილისის 2022 წლის სატრანსპორტო მოდელში გამოყენებული იყო 80-ზე მეტი ტიპის საგზაო მონაკვეთი. მათ შორის არის პირველადი, მეორადი და მესამეული მნიშვნელობის გზები, რომლებიც დაჯგუფებულია ზოლების რაოდენობის, მოძრაობის სიჩქარისა და რელიეფის ტიპის მიხედვით. გარდა ამისა, მოდელში ცალკეა გამოყოფილი სპეციალური მონაკვეთები მეტროს, საბაგირო გზებისა და ავტობუსების სისტემებისთვის. საგზაო მონაკვეთების ტიპების მაგალითი მოცემულია 48-ე სურათზე.

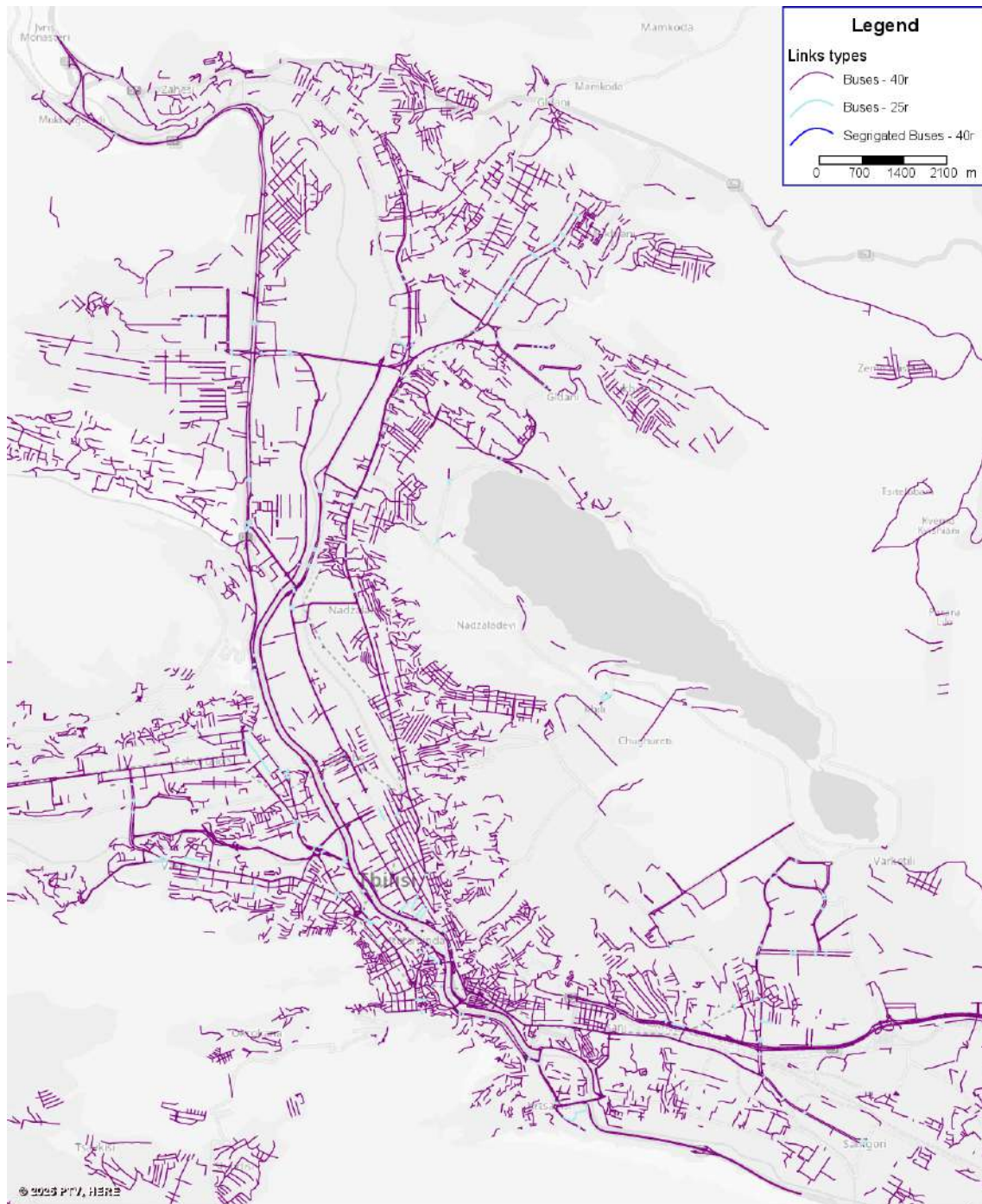
ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

Number	No	GType	Name	Strict	Rank	TSysSet	NumLanes	CapPrT	VOPrT
115	114	10	Primary Urban 2L 30kmph	☒	1	10,3,Cyc,F,HGV,PC,T,W	2	2200	30km/h
116	115	10	Primary Urban 1L 80kmph	☒	1	10,3,Cyc,F,HGV,PC,T,W	1	1475	80km/h
117	116	10	Primary Urban 1L 60kmph	☒	1	10,3,Cyc,F,HGV,PC,T,W	1	1325	60km/h
118	117	10	Primary Urban 1L 40kmph	☒	1	10,3,Cyc,F,HGV,PC,T,W	1	1275	40km/h
119	118	10	Primary Urban 1L 30kmph	☒	1	10,3,Cyc,F,HGV,PC,T,W	1	1200	30km/h
120	119	10	Primary Urban 1L 25kmph	☒	1	10,3,Cyc,F,HGV,PC,T,W	1	1200	25km/h
121	120	11	Primary Rural 5L 80kmph	☒	2	10,3,Cyc,F,HGV,PC,T,W	5	8000	80km/h
122	121	11	Primary Rural 4L 80kmph	☒	2	10,3,Cyc,F,HGV,PC,T,W	4	6400	80km/h
123	122	11	Primary Rural 4L 70kmph	☒	2	10,3,Cyc,F,HGV,PC,T,W	4	6100	70km/h
124	123	11	Primary Rural 4L 60kmph	☒	2	10,3,Cyc,F,HGV,PC,T,W	4	5800	60km/h
125	124	11	Primary Rural 4L 40kmph	☒	2	10,3,Cyc,F,HGV,PC,T,W	4	5100	40km/h
126	125	11	Primary Rural 3L 60kmph	☒	2	10,3,Cyc,F,HGV,PC,T,W	3	4800	60km/h
127	126	11	Primary Rural 3L 70kmph	☒	2	10,3,Cyc,F,HGV,PC,T,W	3	4575	70km/h
128	127	11	Primary Rural 3L 60kmph	☒	2	10,3,Cyc,F,HGV,PC,T,W	3	4350	60km/h
129	128	11	Primary Rural 3L 40kmph	☒	2	10,3,Cyc,F,HGV,PC,T,W	3	3825	40km/h
130	129	11	Primary Rural 2L 80kmph	☒	2	10,3,Cyc,F,HGV,PC,T,W	2	3200	80km/h
131	130	11	Primary Rural 2L 70kmph	☒	2	10,3,Cyc,F,HGV,PC,T,W	2	3050	70km/h
132	131	11	Primary Rural 2L 60kmph	☒	2	10,3,Cyc,F,HGV,PC,T,W	2	2900	60km/h
133	132	11	Primary Rural 2L 50kmph	☒	2	10,3,Cyc,F,HGV,PC,T,W	2	2700	50km/h
134	133	11	Primary Rural 2L 40kmph	☒	2	10,3,Cyc,F,HGV,PC,T,W	2	2550	40km/h
135	134	11	Primary Rural 1L 80kmph	☒	2	10,3,Cyc,F,HGV,PC,T,W	1	1600	80km/h
136	135	11	Primary Rural 1L 70kmph	☒	2	10,3,Cyc,F,HGV,PC,T,W	1	1525	70km/h
137	136	11	Primary Rural 1L 60kmph	☒	2	10,3,Cyc,F,HGV,PC,T,W	1	1450	60km/h
138	137	11	Primary Rural 1L 50kmph	☒	2	10,3,Cyc,F,HGV,PC,T,W	1	1350	50km/h
139	138	11	Primary Rural 1L 40kmph	☒	2	10,3,Cyc,F,HGV,PC,T,W	1	1275	40km/h
140	139	11	Primary Rural 1L 30kmph	☒	2	10,3,Cyc,F,HGV,PC,T,W	1	1200	30km/h
141	140	11	Primary Rural 1L 25kmph	☒	2	10,3,Cyc,F,HGV,PC,T,W	1	1200	25km/h
142	141	12	Secondary 4L 80kmph	☒	3	10,3,Cyc,F,HGV,PC,T,W	4	4400	80km/h
143	142	12	Secondary 4L 60kmph	☒	3	10,3,Cyc,F,HGV,PC,T,W	4	4000	60km/h
144	143	12	Secondary 3L 80kmph	☒	3	10,3,Cyc,F,HGV,PC,T,W	3	3300	80km/h
145	144	12	Secondary 3L 60kmph	☒	3	10,3,Cyc,F,HGV,PC,T,W	3	3000	60km/h
146	145	12	Secondary 3L 40kmph	☒	3	10,3,Cyc,F,HGV,PC,T,W	3	2625	40km/h
147	146	12	Secondary 2L 80kmph	☒	3	10,3,Cyc,F,HGV,PC,T,W	2	2200	80km/h
148	147	12	Secondary 2L 60kmph	☒	3	10,3,Cyc,F,HGV,PC,T,W	2	2000	60km/h
149	148	12	Secondary 2L 40kmph	☒	3	10,3,Cyc,F,HGV,PC,T,W	2	1750	40km/h
150	149	12	Secondary 2L 30kmph	☒	3	10,3,Cyc,F,HGV,PC,T,W	2	1650	30km/h
151	150	12	Secondary 1L 80kmph	☒	3	10,3,Cyc,F,HGV,PC,T,W	1	1100	80km/h
152	151	12	Secondary 1L 60kmph	☒	3	10,3,Cyc,F,HGV,PC,T,W	1	1000	60km/h
153	152	12	Secondary 1L 40kmph	☒	3	10,3,Cyc,F,HGV,PC,T,W	1	875	40km/h
154	153	12	Secondary 1L 30kmph	☒	3	10,3,Cyc,F,HGV,PC,T,W	1	825	30km/h
155	154	12	Secondary 1L 25kmph	☒	3	10,3,Cyc,F,HGV,PC,T,W	1	825	25km/h
156	155	13	Tertiary 4L 60kmph	☒	4	10,3,Cyc,F,HGV,PC,T,W	4	2700	40km/h
157	156	13	Tertiary 4L 40kmph	☒	4	10,3,Cyc,F,HGV,PC,T,W	4	2400	40km/h
158	157	13	Tertiary 3L 60kmph	☒	4	10,3,Cyc,F,HGV,PC,T,W	3	2025	40km/h
159	158	13	Tertiary 3L 40kmph	☒	4	10,3,Cyc,F,HGV,PC,T,W	3	1800	40km/h
160	159	13	Tertiary 2L 80kmph	☒	4	10,3,Cyc,F,HGV,PC,T,W	2	1500	40km/h
161	160	13	Tertiary 2L 60kmph	☒	4	10,3,Cyc,F,HGV,PC,T,W	2	1350	40km/h
162	161	13	Tertiary 2L 40kmph	☒	4	10,3,Cyc,F,HGV,PC,T,W	2	1200	40km/h
163	162	13	Tertiary 2L 30kmph	☒	4	10,3,Cyc,F,HGV,PC,T,W	2	1150	30km/h
164	163	13	Tertiary 1L 80kmph	☒	4	10,3,Cyc,F,HGV,PC,T,W	1	750	40km/h

სურათი 48. 2022 წლის თბილისის სატრანსპორტო მოდელში გამოყენებული მონაკვეთების ტიპების მაგალითი

თუმცა, საგზაო ქსელის ასეთი კლასიფიკაცია მოიცავდა მონაკვეთების ისეთ ტიპებს, რომელთა შემდგომი გამოყენება ვერ უზრუნველყოფდა ვერც კერძო და ვერც საზოგადოებრივი ტრანსპორტის მოძრაობის სწორ მოდელირებას. მაგალითად, 2022 წლის მოდელში ფართოდ იყო გამოყენებული მონაკვეთების ისეთი ტიპები, სადაც კერძო ტრანსპორტის მოძრაობა აკრძალულია, როგორცაა „Buses - 40r“, „Buses - 25r“ და „Segregated Buses - 40r“ (სურათი 49). ამ ტიპის მონაკვეთების რაოდენობა შეადგენდა 19,279-ს, რაც მონაკვეთების საერთო რაოდენობის დაახლოებით 54%-ს უდრის.

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

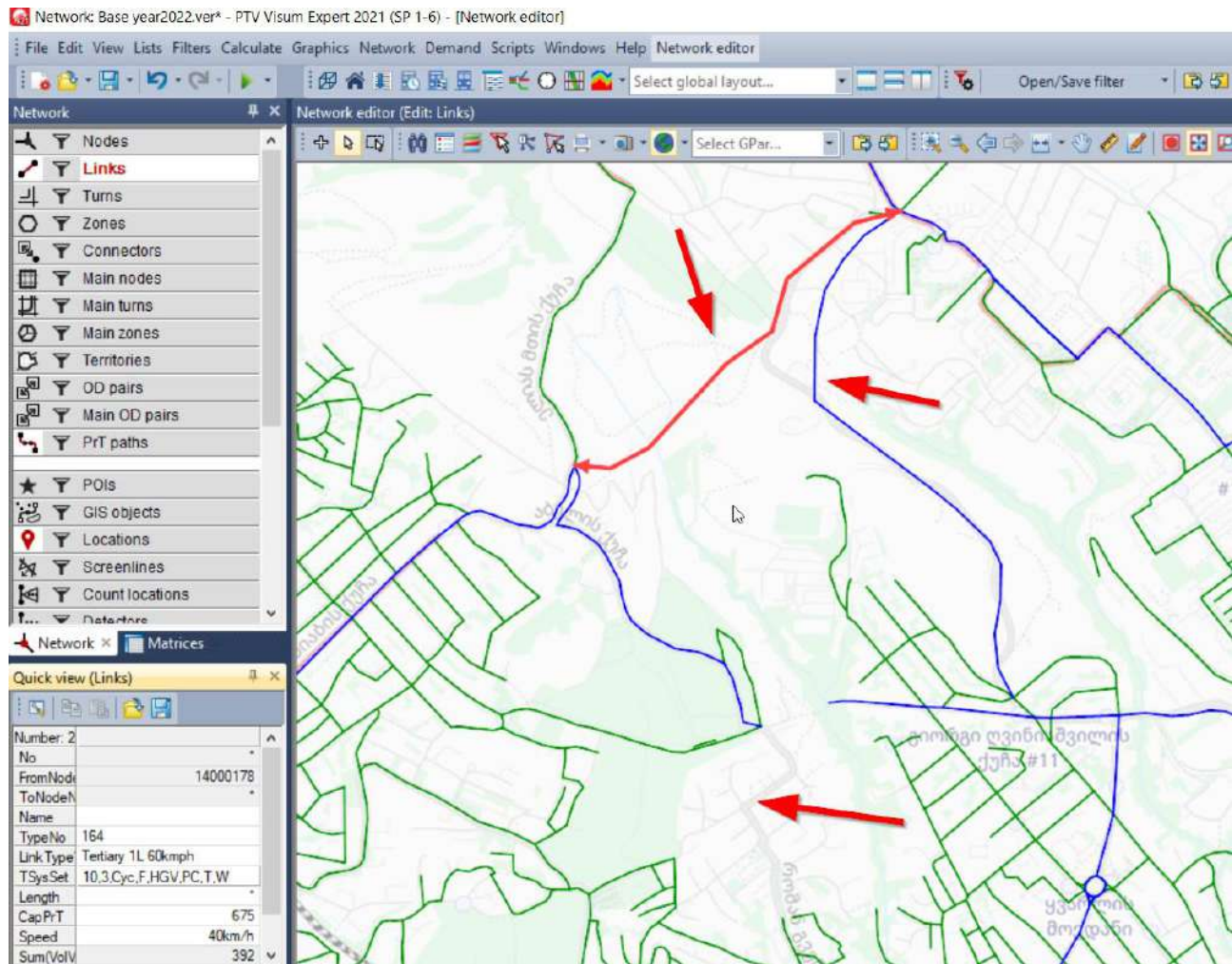


სურათი 49. მონაკვეთები, რომლებზეც მოძრაობა ნებადართულია მხოლოდ ავტობუსებისა და მიკროავტობუსებისთვის (მინიმუმ ერთი მიმართულებით) - თბილისის სატრანსპორტო მოდელი, 2022

2022 წლის მოდელის საწყისი ანალიზის ფარგლებში გამოვლინდა კიდევ ერთი მნიშვნელოვანი გარემოება, რომელიც ეხება საგზაო ქსელში არსებულ ხარვეზებს. კერძოდ, მოდელში არ იყო წარმოდგენილი ზოგიერთი მონაკვეთი, რომლებიც აუცილებელია თბილისის რეალური საგზაო ქსელის სწორად ასახვისთვის, განსაკუთრებით იმის გათვალისწინებით, რომ ბოლო წლებში

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

ქსელმა მნიშვნელოვანი ცვლილებები განიცადა. მაგალითად, 50-ე სურათზე ნაჩვენებია მონაკვეთი, რომელიც წარმოდგენილია 2022 წლის მოდელში, თუმცა რეალურ საგზაო ქსელში არ არსებობს; ამასთან, ზოგიერთი მონაკვეთი მოდელში საერთოდ არ არის შეტანილი ან არასწორად არის წარმოდგენილი.



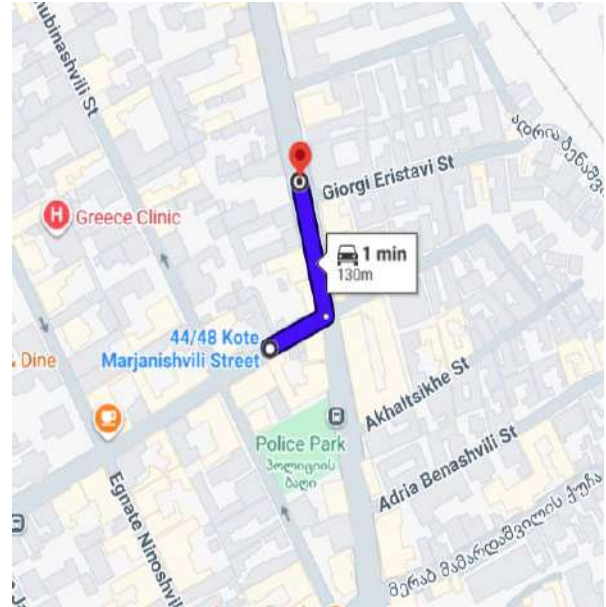
სურათი 50. თბილისის 2022 წლის სატრანსპორტო მოდელის საგზაო ქსელის ფრაგმენტი, რომელიც ასახავს მოდელის ქსელში არსებულ ხარვეზებს

ამასთანავე, დეტალურმა ანალიზმა გამოავლინა ასპექტები, რომლებიც საჭიროებდა გადამოწმებასა და დაზუსტებას გზაჯვარედინებზე მოხვევებთან დაკავშირებით, რათა უფრო ზუსტად მომხდარიყო რეალური საგზაო პირობების სიმულაცია. ერთ-ერთი მაგალითია მარცხნივ მოხვევა კოტე მარჯანიშვილის ქუჩიდან გეორგი ღვინის ქუჩაზე, რომელიც მოდელში აკრძალულად განიხილებოდა, მიუხედავად იმისა, რომ სინამდვილეში ნებადართულია (სურათი 51).

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში



მარცხნივ მოხვევა მოდელში



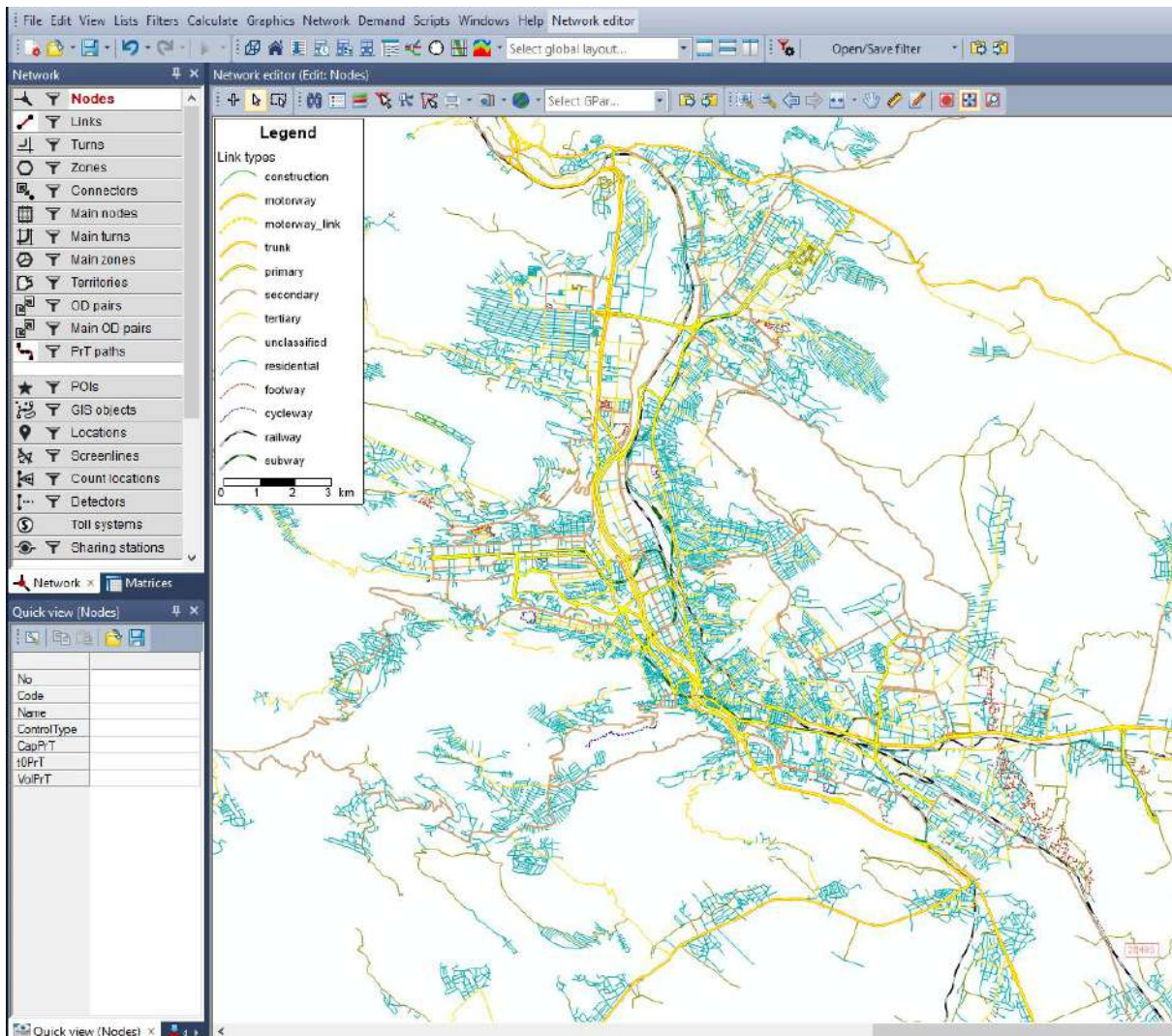
მოხვევა რუკაზე

სურათი 51. მარცხნივ მოხვევა კოტე მარჯანიშვილის ქუჩიდან გიორგი ჩიტაიას ქუჩისკენ

ტექნიკური დავალების (ToR) მოთხოვნის შესაბამისად, მოდელირების არეალი მნიშვნელოვნად გაფართოვდა და მასში ინტეგრირებული იქნა როგორც ცენტრალური, ისე გარეუბნებიც (დეტალებისთვის იხილეთ „ზონირების სისტემა“, მე-3 სურათი). ამის გამო, საჭირო გახდა საგზაო ქსელის გაფართოება, რათა მას ახალი სატრანსპორტო ზონებიც დაეფარა. აღნიშნულიდან გამომდინარე, გადაწყდა საგზაო ქსელის სრულიად ახალი ფენის (Layer) მომზადება, რომელშიც ყველა საჭირო დეტალი და მახასიათებელი იქნებოდა ასახული, რისთვისაც გამოიყენეს ღია მონაცემთა ბაზა OpenStreetMap - OSM⁸ (სურათი 52).

⁸ <https://www.openstreetmap.org/>

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში



სურათი 52. საგზაო ქსელი OSM-ის მიხედვით

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

OSM-დან იმპორტირებული ქსელი მოიცავდა გზის მონაკვეთების (links) 32 ტიპს (სურათი 53).

List (Link types)									
Links: Default values...									
Adjust link types...									
Group by global type									
Number: 100	No	GType	Name	Strict	Rank	TSysSet	NumLanes	CapPrT	VOPrT
1	0	0	Blocked Oneway	☐	1	BIKE,PED	0	0	0km/h
2	1	0	Construction	☐	1	...	0	0	0km/h
3	2	0	NA	☐	1	BIKE,PED	0	0	0km/h
4	3	0	NA	☐	1	BIKE,PED	0	0	0km/h
5	4	0	NA	☐	1	BIKE,PED	0	0	0km/h
6	5	0	NA	☐	1	BIKE,PED	0	0	0km/h
7	6	0	NA	☐	1	BIKE,PED	0	0	0km/h
8	7	0	NA	☐	1	BIKE,PED	0	0	0km/h
9	8	0	NA	☐	1	BIKE,PED	0	0	0km/h
10	9	0	NA	☐	1	BIKE,PED	0	0	0km/h
11	10	1	Motorway, 1 lane	☐	1	CAR,HGV	1	1500	130km/h
12	11	1	Motorway, 2 lanes	☐	1	CAR,HGV	2	3000	130km/h
13	12	1	Motorway, 3 lanes	☐	1	CAR,HGV	3	4500	130km/h
14	13	1	Motorway, 4 lanes	☐	1	CAR,HGV	4	6000	130km/h
15	14	1	NA	☐	1	BIKE,CAR,HGV,PED	0	0	0km/h
16	15	1	NA	☐	1	BIKE,CAR,HGV,PED	0	0	0km/h
17	16	1	NA	☐	1	BIKE,CAR,HGV,PED	0	0	0km/h
18	17	1	NA	☐	1	BIKE,CAR,HGV,PED	0	0	0km/h
19	18	1	Motorway_link, 1 lane	☐	1	CAR,HGV	0	1100	80km/h
20	19	1	Motorway_link, 2 lanes	☐	1	CAR,HGV	0	1200	80km/h
21	20	2	Trunk, 1 lane	☐	1	BUS,CAR,HGV	1	1500	100km/h
22	21	2	Trunk, 2 lanes	☐	1	BUS,CAR,HGV	2	3000	100km/h
23	22	2	Trunk, 3 lanes	☐	1	BUS,CAR,HGV	3	4500	100km/h
24	23	2	NA	☐	1	BIKE,BUS,CAR,HGV,PED	0	0	0km/h
25	24	2	NA	☐	1	BIKE,BUS,CAR,HGV,PED	0	0	0km/h
26	25	2	NA	☐	1	BIKE,BUS,CAR,HGV,PED	0	0	0km/h
27	26	2	NA	☐	1	BIKE,BUS,CAR,HGV,PED	0	0	0km/h
28	27	2	NA	☐	1	BIKE,BUS,CAR,HGV,PED	0	0	0km/h
29	28	2	Trunk_link, 1 lane	☐	1	BUS,CAR,HGV	1	1100	80km/h
30	29	2	Trunk_link, 2 lanes	☐	1	BUS,CAR,HGV	2	1200	80km/h
31	30	3	Primary, 1 lane	☐	1	BIKE,BUS,CAR,HGV,PED,PUTW	1	1300	100km/h
32	31	3	Primary, 2 lanes	☐	1	BIKE,BUS,CAR,HGV,PED,PUTW	2	2600	100km/h
33	32	3	Primary, 3 lanes	☐	1	BIKE,BUS,CAR,HGV,PED,PUTW	3	3900	100km/h
34	33	3	NA	☐	1	BIKE,BUS,CAR,HGV,PED,PUTW	2	0	0km/h
35	34	3	NA	☐	1	BIKE,BUS,CAR,HGV,PED,PUTW	2	0	0km/h
36	35	3	NA	☐	1	BIKE,BUS,CAR,HGV,PED,PUTW	2	0	0km/h
37	36	3	NA	☐	1	BIKE,BUS,CAR,HGV,PED,PUTW	1	0	0km/h
38	37	3	NA	☐	1	BIKE,BUS,CAR,HGV,PED,PUTW	1	0	0km/h
39	38	3	NA	☐	1	BIKE,BUS,CAR,HGV,PED,PUTW	1	0	0km/h
40	39	3	Primary_link	☐	1	BIKE,BUS,CAR,HGV,PED,PUTW	1	1000	40km/h
41	40	4	Secondary, 1 lane	☐	1	BIKE,BUS,CAR,HGV,PED	1	1000	80km/h
42	41	4	Secondary, 2 lanes	☐	1	BIKE,BUS,CAR,HGV,PED	2	2000	80km/h

სურათი 53. საგზაო ქსელის (OSM) მონაკვეთების ტიპების ჩამონათვალის ფრაგმენტი

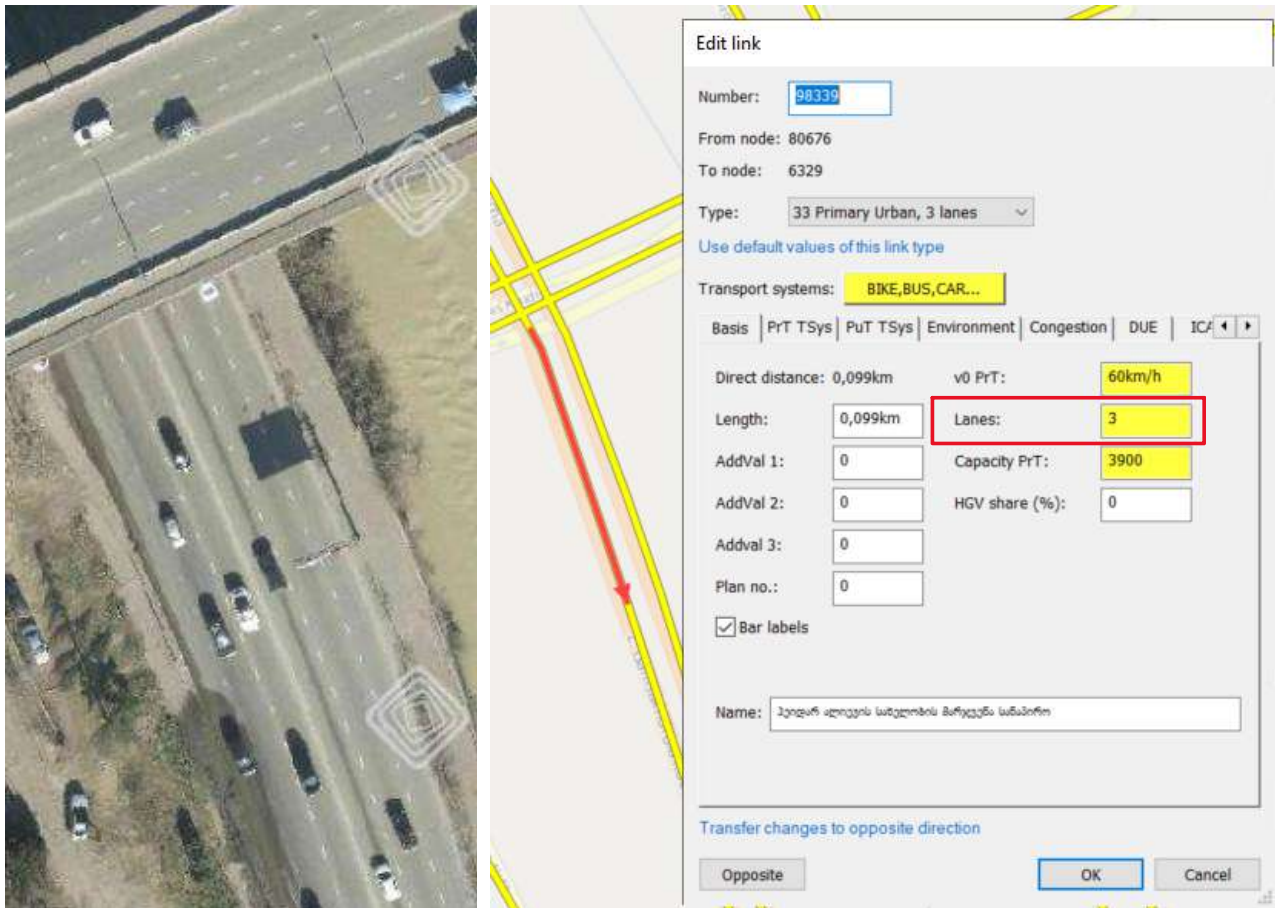
საგზაო ქსელის ეს მონაცემები მოგვიანებით დაიხვეწა და უფრო დეტალური გახდა. მუშაობის საწყის ეტაპზე გადამოწმდა გზის მონაკვეთების ტიპები და ზოლების რაოდენობა. მონაცემების დასაზუსტებლად გამოყენებულ იქნა თბილისის 2024 წლის საკადასტრო მონაცემები⁹. გზების კლასიფიკაცია და ზოლების რაოდენობა ასახავს მათ საერთო პარამეტრებს, თუმცა, მოძრაობისთვის რეალურად გამოსაყენებელი ზოლების დადგენისას, დამატებით გათვალისწინებულია ქუჩის პარკირების არსებობაც. ამისთვის გამოყენებულ იქნა სპეციალური ფენა - „პარკირება“. იმ მონაკვეთებზე, სადაც ქუჩის პარკირება ნებადართულია, მოძრაობისთვის

⁹ <https://ms.gov.ge/msmap/#C=44.7888803-41.7472493@Z=12>

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

განკუთვნილი ზოლების რეალური რაოდენობა უფრო ნაკლებია, ვიდრე გზის საერთო (ნომინალური) რაოდენობა

მოწოდებულმა დეტალურმა მონაცემებმა შესაძლებელი გახადა საგზაო ქსელის გეომეტრიული პარამეტრების საკმარისი სიზუსტით გადამოწმება (სურათი 54).



საკადასტრო მონაცემები

მოდელის მონაცემები

სურათი 54. გეოკადასტრის თანამგზავრული ფოტოების გამოყენება საგზაო ქსელის გადამოწმებლად

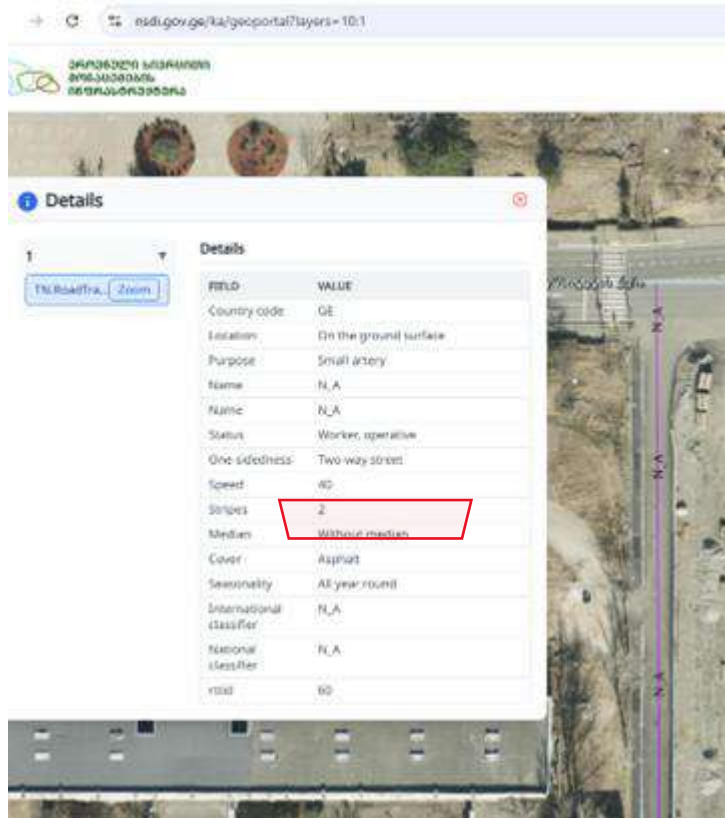
იმ ტერიტორიებზე, რომლებსაც თბილისის კადასტრი არ ფარავდა, საგზაო ზოლების რაოდენობა გადამოწმდა Google Maps-ის¹⁰, Yandex Maps-ისა¹¹ და საქართველოს საერთო საკადასტრო მონაცემების გამოყენებით¹² (სურათი 55).

¹⁰ <https://www.google.com/maps/>

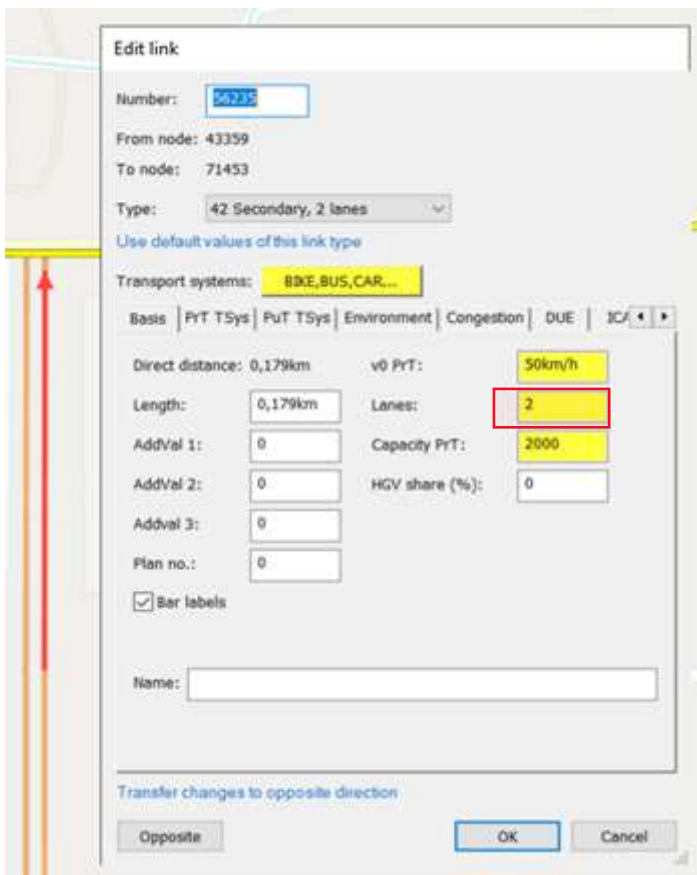
¹¹ <https://yandex.com/maps/>

¹² <https://nsdi.gov.ge/ka/geoportal/?layers=10:1>

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში



საკადასტრო მონაცემები

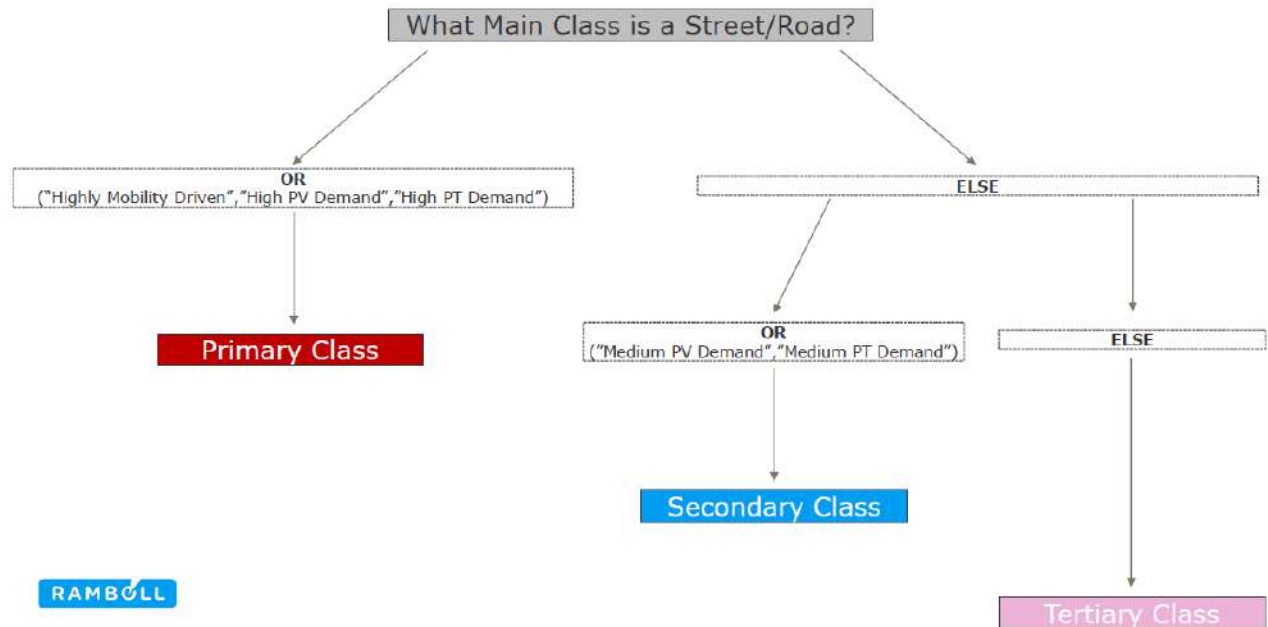


მოდელის მონაცემები

სურათი 55. საგზაო ქსელის გადამოწმება საკადასტრო მონაცემების გამოყენებით

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

2022 წლის სატრანსპორტო მოდელში მონაკვეთების ტიპების კლასიფიკაციის მიზნით განხორციელდა სპეციალური კვლევა „მოძილობა და მისაწვდომობა“ (Mobility vs Accessibility) კონცეფციის საფუძველზე (სურათი 56).



სურათი 56. 2022 წლის თბილისის სატრანსპორტო მოდელში მონაკვეთების კლასიფიკაციის კონცეფცია

საგზაო ქსელის მოცემული კლასიფიკაცია გადამოწმდა 2021 წლის სამუშაო შეხვედრის ფარგლებში და გამოყენებულ იქნა, როგორც სატრანსპორტო მოდელის განახლებისთვის ერთ-ერთი მონაცემთა წყარო. თუმცა, იმის გათვალისწინებით, რომ ბოლო წლებში თბილისის საგზაო ქსელმა მნიშვნელოვანი ცვლილებები განიცადა, მონაკვეთების გზათა ქსელის ტიპების კლასიფიკაციისას ადრე განსაზღვრული კლასიფიკაცია მხოლოდ ნაწილობრივ იქნა გამოყენებული. აღნიშნული მიზნისთვის წინა სატრანსპორტო მოდელში არსებული გზის მონაკვეთების ტიპებისა და დასახელებების შესახებ მონაცემები დაკავშირებულ იქნა განახლებული მოდელის საგზაო ქსელთან (სურათი 57).

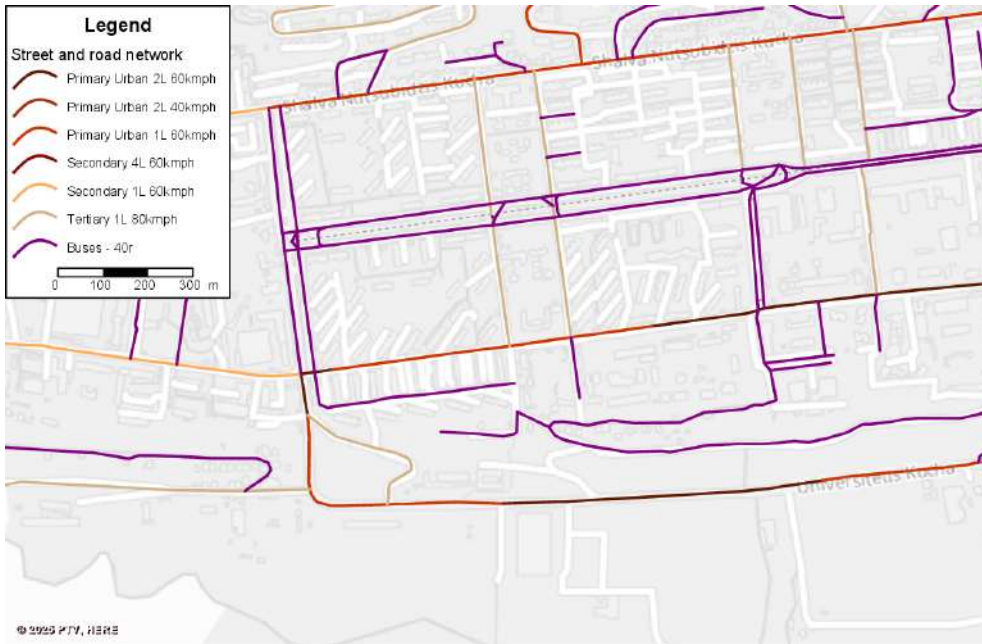
ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

List (Links)												
Select list layout...												
Number	17 No	FromNodeNo	ToNodeNo	TypeNo	Change_Ramboll_Linktyp	Name link types_Ramti	Number link types_Ramti	V0 link types_Ramboll	TSysSet	Length	NumLanes	CapPrT VOPrT
1	3	4	5	21	☒	Primary Rural 1L 70kmph	135	70km/h	BIKE,BUS,CAR,HGV,MS,PED	0.463km	1	1500 80km/h
2	3	5	4	21	☒	Primary Rural 1L 70kmph	135	70km/h	BIKE,BUS,CAR,HGV,MS,PED	0.463km	1	1500 80km/h
3	4	6	7	34	☒	Primary Urban 3L 60kmph	108	60km/h	BIKE,BUS,CAR,HGV,MS,PED	0.061km	4	5200 60km/h
4	4	7	6	34	☒	Primary Urban 3L 60kmph	108	60km/h	BIKE,BUS,CAR,HGV,MS,PED	0.061km	4	5200 60km/h
5	5	8	9	38	☒	Primary Urban 1L 60kmph	116	60km/h	BIKE,BUS,CAR,HGV,MS,PED	0.077km	1	1000 40km/h
6	6	10	35619	32	☒	Primary Urban 2L 60kmph	112	60km/h	BIKE,BUS,CAR,HGV,MS,PED	0.143km	2	2600 60km/h
7	6	35619	10	32	☒	Primary Urban 2L 60kmph	112	60km/h	BIKE,BUS,CAR,HGV,MS,PED	0.143km	2	2600 60km/h
8	8	12	13	31	☒	Primary Urban 1L 80kmph	115	80km/h	BIKE,BUS,CAR,HGV,MS,PED	0.014km	1	1300 60km/h
9	8	13	12	31	☒	Primary Urban 1L 80kmph	115	80km/h	BIKE,BUS,CAR,HGV,MS,PED	0.014km	1	1300 60km/h
10	11	17	26821	22	☒	Primary Rural 2L 80kmph	129	80km/h	BIKE,BUS,CAR,HGV,MS,PED	0.115km	2	3000 80km/h
11	12	26821	18	22	☒	Primary Rural 2L 80kmph	129	80km/h	BIKE,BUS,CAR,HGV,MS,PED	0.366km	2	3000 80km/h
12	13	19	20	22	☒	Primary Rural 2L 80kmph	129	80km/h	BIKE,BUS,CAR,HGV,MS,PED	0.174km	2	3000 80km/h
13	14	21	22	22	☒	Primary Rural 2L 110kmph	184	110km/h	BIKE,BUS,CAR,HGV,MS,PED	0.578km	2	3000 80km/h
14	15	23	26750	32	☒	Primary Urban 2L 80kmph	110	80km/h	BIKE,BUS,CAR,HGV,MS,PED	0.291km	2	2600 60km/h
15	16	26750	54	32	☒	Primary Urban 2L 80kmph	110	80km/h	BIKE,BUS,CAR,HGV,MS,PED	0.084km	2	2600 60km/h
16	17	54	24	32	☒	Primary Urban 2L 80kmph	110	80km/h	BIKE,BUS,CAR,HGV,MS,PED	1.176km	2	2600 60km/h
17	18	25	26737	32	☒	Primary Rural 2L 80kmph	129	80km/h	BIKE,BUS,CAR,HGV,MS,PED	0.060km	2	2600 60km/h
18	19	26737	26	32	☒	Primary Rural 2L 80kmph	129	80km/h	BIKE,BUS,CAR,HGV,MS,PED	0.314km	2	2600 60km/h
19	20	27	12725	22	☒	Primary Rural 2L 110kmph	184	110km/h	BIKE,BUS,CAR,HGV,MS,PED	0.413km	2	3000 80km/h
20	21	12725	28	22	☒	Primary Rural 2L 80kmph	129	80km/h	BIKE,BUS,CAR,HGV,MS,PED	0.240km	2	3000 80km/h
21	22	29	30	32	☒	Primary Urban 1L 60kmph	112	60km/h	BIKE,BUS,CAR,HGV,MS,PED	0.243km	2	2600 60km/h
22	23	31	32	38	☒	Primary Urban 1L 60kmph	116	60km/h	BIKE,BUS,CAR,HGV,MS,PED	0.155km	1	1000 40km/h
23	24	33	34	31	☒	Primary Urban 1L 60kmph	116	60km/h	BIKE,BUS,CAR,HGV,MS,PED	0.161km	1	1300 60km/h
24	26	37	38	31	☒	Primary Urban 1L 60kmph	116	60km/h	BIKE,BUS,CAR,HGV,MS,PED	0.244km	1	1300 60km/h
25	27	39	3752	31	☒	Primary Urban 2L 80kmph	115	80km/h	BIKE,BUS,CAR,HGV,MS,PED	0.429km	1	1300 60km/h
26	27	3752	39	31	☒	Primary Urban 2L 80kmph	115	80km/h	BIKE,BUS,CAR,HGV,MS,PED	0.429km	1	1300 60km/h
27	28	3752	28140	31	☒	Primary Urban 1L 80kmph	115	80km/h	BIKE,BUS,CAR,HGV,MS,PED	0.885km	1	1300 60km/h
28	28	28140	3752	31	☒	Primary Urban 1L 80kmph	115	80km/h	BIKE,BUS,CAR,HGV,MS,PED	0.885km	1	1300 60km/h
29	29	40	28140	31	☒	Primary Urban 1L 80kmph	115	80km/h	BIKE,BUS,CAR,HGV,MS,PED	1.105km	1	1300 60km/h
30	29	28140	40	31	☒	Primary Urban 1L 80kmph	115	80km/h	BIKE,BUS,CAR,HGV,MS,PED	1.105km	1	1300 60km/h
31	30	41	42	38	☒	Primary Urban 1L 60kmph	116	60km/h	BIKE,BUS,CAR,HGV,MS,PED	0.116km	1	1000 40km/h
32	32	32079	36100	32	☒	Primary Urban 2L 80kmph	110	80km/h	BIKE,BUS,CAR,HGV,MS,PED	0.083km	2	2600 60km/h
33	33	36100	44	32	☒	Primary Urban 2L 80kmph	110	80km/h	BIKE,BUS,CAR,HGV,MS,PED	1.142km	2	2600 60km/h
34	34	45	31081	31	☒	Primary Urban 3L 80kmph	106	80km/h	BIKE,BUS,CAR,HGV,MS,PED	0.023km	1	1300 60km/h
35	35	31081	46	31	☒	Primary Urban 3L 80kmph	106	80km/h	BIKE,BUS,CAR,HGV,MS,PED	0.135km	1	1300 60km/h
36	36	47	48	31	☒	Primary Urban 2L 80kmph	110	80km/h	BIKE,BUS,CAR,HGV,MS,PED	0.235km	1	1300 60km/h
37	38	50	8329	32	☒	Primary Urban 1L 60kmph	116	60km/h	BIKE,BUS,CAR,HGV,MS,PED	0.039km	2	2600 60km/h
38	38	8329	50	31	☒	Primary Urban 1L 60kmph	116	60km/h	BIKE,BUS,CAR,HGV,MS,PED	0.039km	1	1300 60km/h
39	39	51	52	51	☐	Buses - 40i	169	40km/h	BIKE,BUS,CAR,HGV,MS,PED	0.078km	1	800 40km/h
40	39	52	51	51	☐	Buses - 40i	169	40km/h	BIKE,BUS,CAR,HGV,MS,PED	0.078km	1	800 40km/h
41	41	52	55	51	☐	Buses - 40i	169	40km/h	BIKE,BUS,CAR,HGV,MS,PED	0.663km	1	800 40km/h
42	41	55	52	51	☐	Buses - 40i	169	40km/h	BIKE,BUS,CAR,HGV,MS,PED	0.663km	1	800 40km/h
43	42	56	57	51	☐	Buses - 40i	169	40km/h	BIKE,BUS,CAR,HGV,MS,PED	0.039km	1	800 40km/h
44	42	57	56	51	☐	Buses - 40i	169	40km/h	BIKE,BUS,CAR,HGV,MS,PED	0.039km	1	800 40km/h
45	43	50	58	0	☐	Buses - 40i	169	40km/h	PED	0.054km	0	0 0km/h
46	43	58	50	51	☐	Buses - 40i	169	40km/h	BIKE,BUS,CAR,HGV,MS,PED	0.054km	1	800 40km/h
47	44	59	2660	41	☒	Secondary 1L 60kmph	151	60km/h	BIKE,BUS,CAR,HGV,MS,PED	0.035km	1	1000 50km/h
48	44	2660	59	41	☒	Secondary 1L 60kmph	151	60km/h	BIKE,BUS,CAR,HGV,MS,PED	0.035km	1	1000 50km/h
49	45	2660	3711	41	☒	Secondary 1L 60kmph	151	60km/h	BIKE,BUS,CAR,HGV,MS,PED	0.174km	1	1000 50km/h
50	45	3711	2660	41	☒	Secondary 1L 60kmph	151	60km/h	BIKE,BUS,CAR,HGV,MS,PED	0.174km	1	1000 50km/h
51	46	2662	3711	41	☒	Secondary 1L 60kmph	151	60km/h	BIKE,BUS,CAR,HGV,MS,PED	0.190km	1	1000 50km/h
52	46	3711	2662	41	☒	Secondary 1L 60kmph	151	60km/h	BIKE,BUS,CAR,HGV,MS,PED	0.190km	1	1000 50km/h

სურათი 57. 2022 წლის თბილისის სატრანსპორტო მოდელში არსებული გზის მონაკვეთების (მახასიათებლებით) ჩამონათვალი

2022 წლის მოდელში არსებული ყველა ის მონაკვეთი, რომელიც მიეკუთვნებოდა ერთსა და იმავე კატეგორიას, თუმცა ჰქონდა განსხვავებული სიჩქარეები, დაჯგუფდა ერთად. განახლებული მოდელის საგზაო ქსელში ამ მონაკვეთებს მიენიჭა ერთიანი ტიპი. იმ შემთხვევებში, როდესაც ერთი და იმავე ქუჩის მოკლე სეგმენტებზე გზის მონაკვეთის ტიპი რამდენჯერმე იცვლებოდა (რაც ყოველთვის არ იყო ლოგიკური), გზის მთელ სიგრძეზე განისაზღვრა მონაკვეთის ერთიანი ტიპი (მაგალითად, 58-ე სურათზე ნაჩვენებია ერთი და იმავე გზის სხვადასხვა სეგმენტები, რომლებსთვისაც დადგინდა ერთიანი ტიპი - მთავარი საქალაქო გზა (Primary Urban)).

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში



2022 წლის
მოდელი



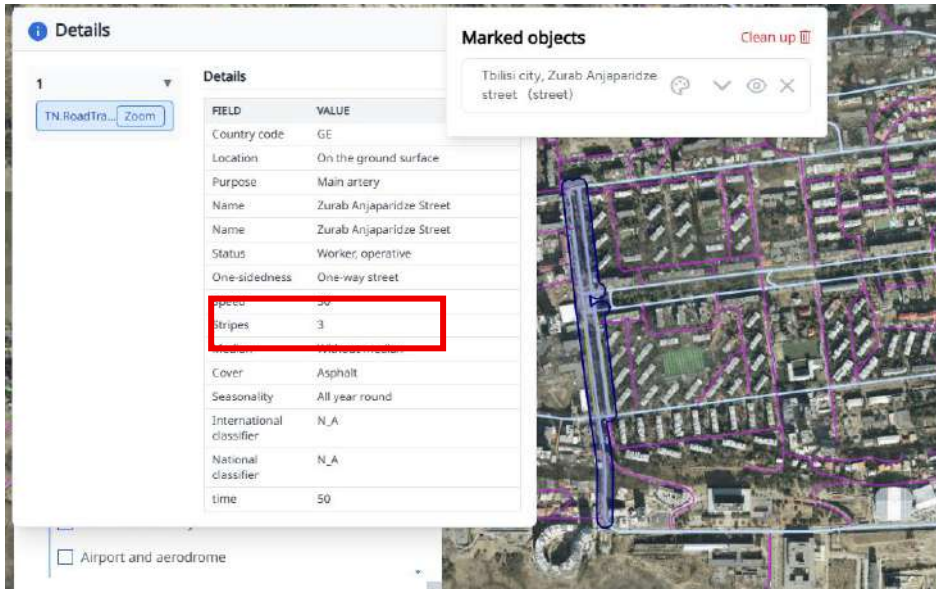
განახლებული
მოდელი

სურათი 58. საგზაო ქსელის ფრაგმენტში მონაკვეთების ტიპების შედარება

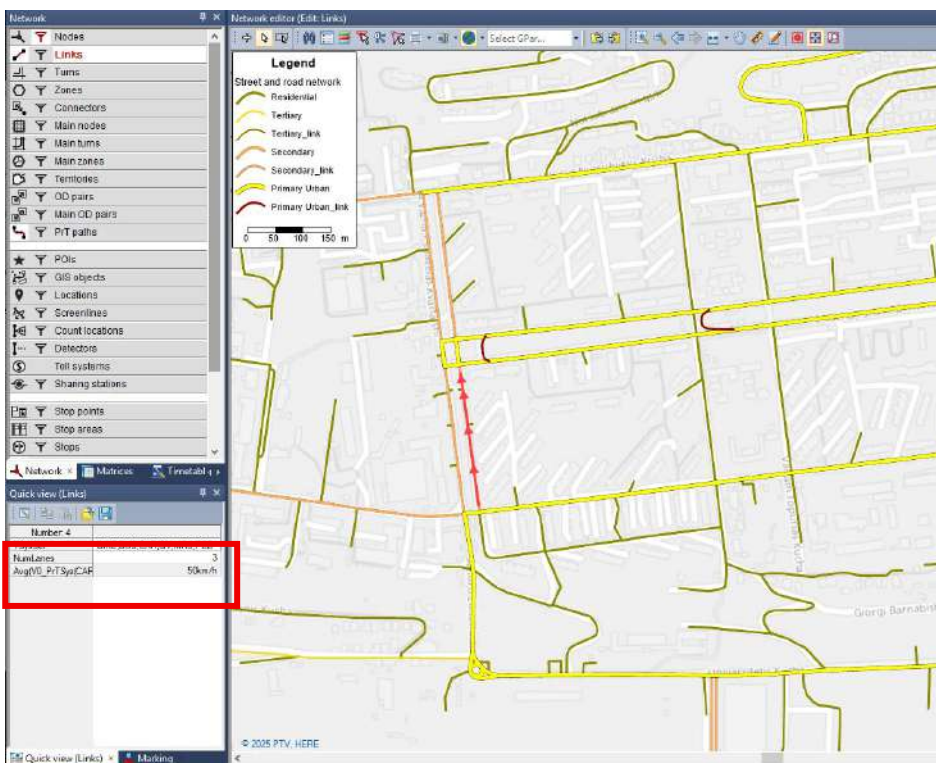
ყველა იმ საგზაო მონაკვეთისთვის, რომელიც არ იყო წარმოდგენილი 2022 წლის სატრანსპორტო მოდელში, მონაკვეთის ტიპი განისაზღვრა OSM-ის კლასიფიკაციისა და მიმდებარე მონაკვეთებისთვის ადრე მიღებული კლასიფიკაციის საფუძველზე.

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

საგზაო ქსელის გადამოწმების საბოლოო ეტაპზე გამოყენებულ იქნა საკადასტრო მონაცემები¹³. ამ ეტაპზე შერჩევითად გადამოწმდა ქუჩების კატეგორიების, მოძრაობის სიჩქარეებისა და ზოლების რაოდენობის შესახებ მონაცემები მოდელსა და საკადასტრო მონაცემებში (სურათი 59).



საკადასტრო
მონაცემები



მოდელში
არსებული
მონაცემები

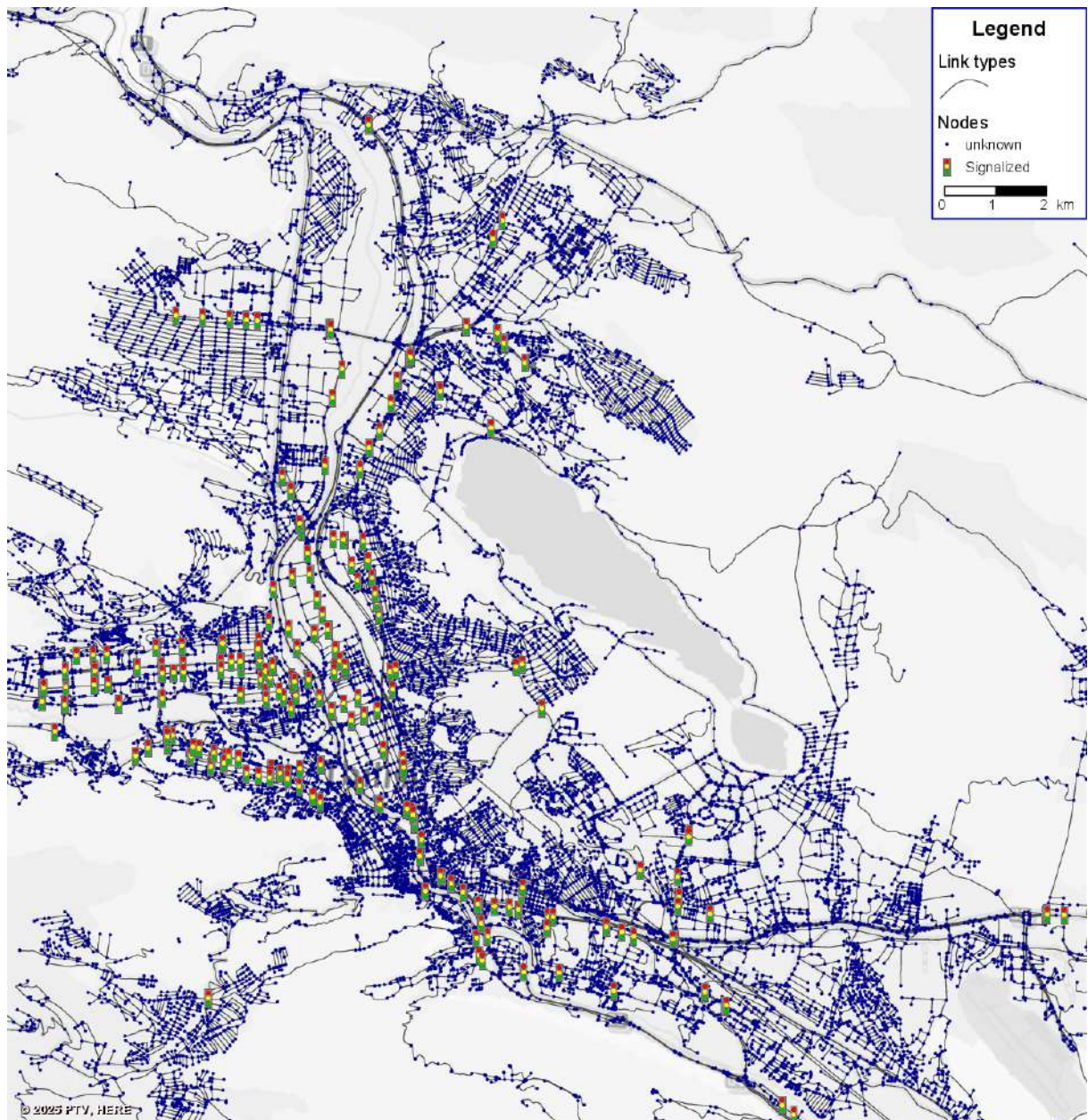
სურათი 59. საკადასტრო მონაცემების გამოყენება საგზაო ქსელის გადამოწმებლად

საგზაო მონაცემებთან ერთად, გადამოწმდა კვანძების ტიპები და თითოეულ მათგანზე მოძრაობის ნებადართული თუ აკრძალული მიმართულებები. OSM-ის რუკის გადმოტანისას,

¹³ <https://nsdi.gov.ge/ka/geoportal?layers=10:1>

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

ყველა კვანძს ავტომატურად მიენიჭა მართვის ორი ტიპი: „უშუქნიშნო“ (unknown) და „შუქნიშნით რეგულირებული“ (signalized) (სურათი 60).

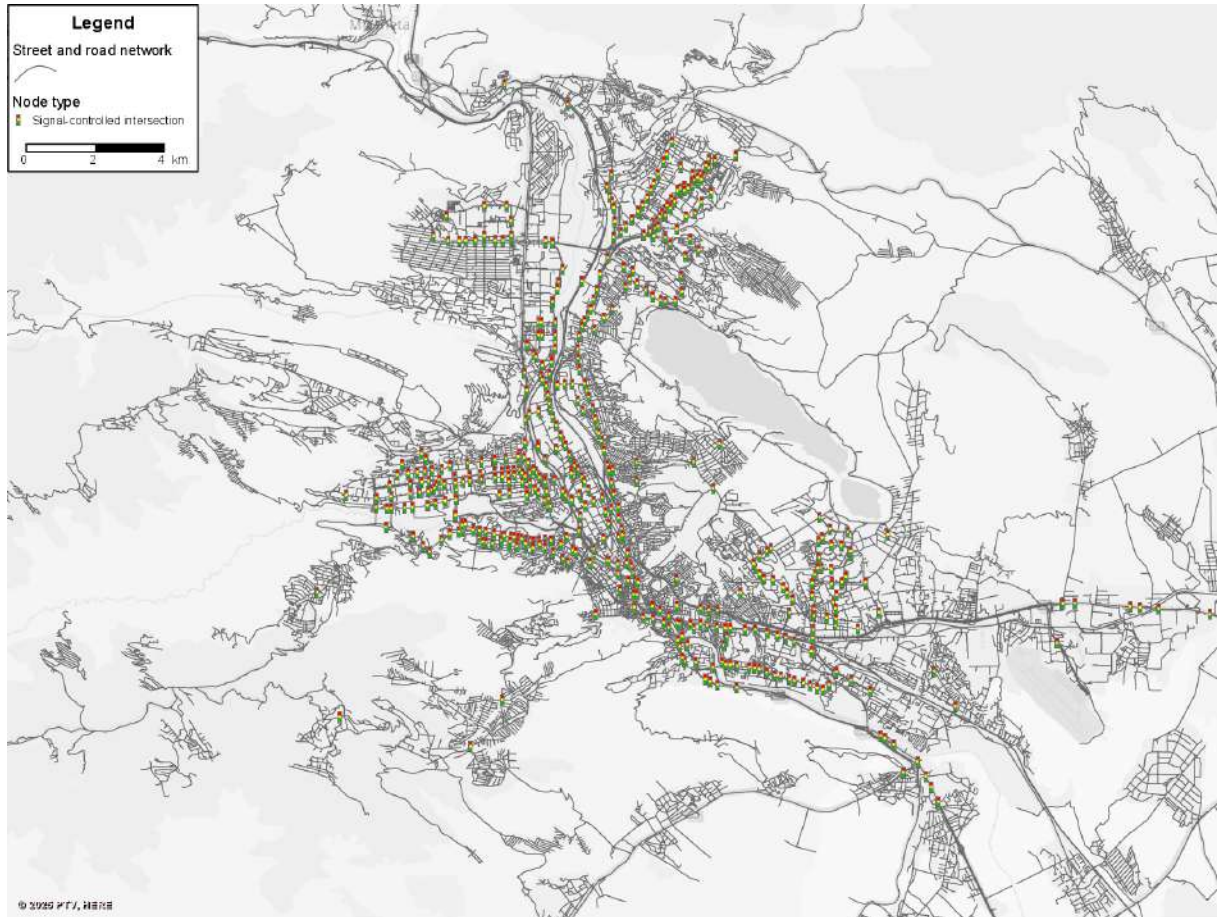


სურათი 60. საგზაო ქსელის კვანძები OSM-დან მონაცემთა ექსპორტის შედეგად

შუქნიშნით რეგულირებული გზაჯვარედინების სია მიღებულია თბილისის ტრანსპორტისა და ურბანული განვითარების სააგენტოსაგან. აღნიშნული მონაცემები გამოყენებულ იქნა კვანძების გადასამოწმებლად საგზაო ქსელის განახლებისას (სურათი 61).

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

ოფიციალურ მონაცემებში შუქნიშნით რეგულირებული გზაჯვარედინების რაოდენობა გაცილებით მეტია. წინა სურათზე ნაჩვენებ OSM-ის მონაცემებში კი ინფორმაცია შუქნიშნების შესახებ შეზღუდული და არასრული იყო.



სურათი 61. შუქნიშნით რეგულირებული კვანძები გადამოწმდა TUDA-ს მიერ მოწოდებული მონაცემების საფუძველზე.

საგზაო ქსელში სხვადასხვა სცენარების მოდელირებისა და ცვლილებების ანალიზისთვის დამატა კვანძის ახალი ტიპი - „ორმხრივი დათმობა“ (Two-way yield). აღნიშნული ტიპი გამოიყენება გზაჯვარედინებისთვის, რომლებიც მდებარეობენ რეგულირების გარეშე, სადაც სხვადასხვა მიმართულებით მოძრავ სატრანსპორტო ნაკადებს მინიჭებული აქვთ განსხვავებული პრიორიტეტი და მოძრაობა რეგულირდება „გზის დათმობის“ წესის მიხედვით (სურათი 62).

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

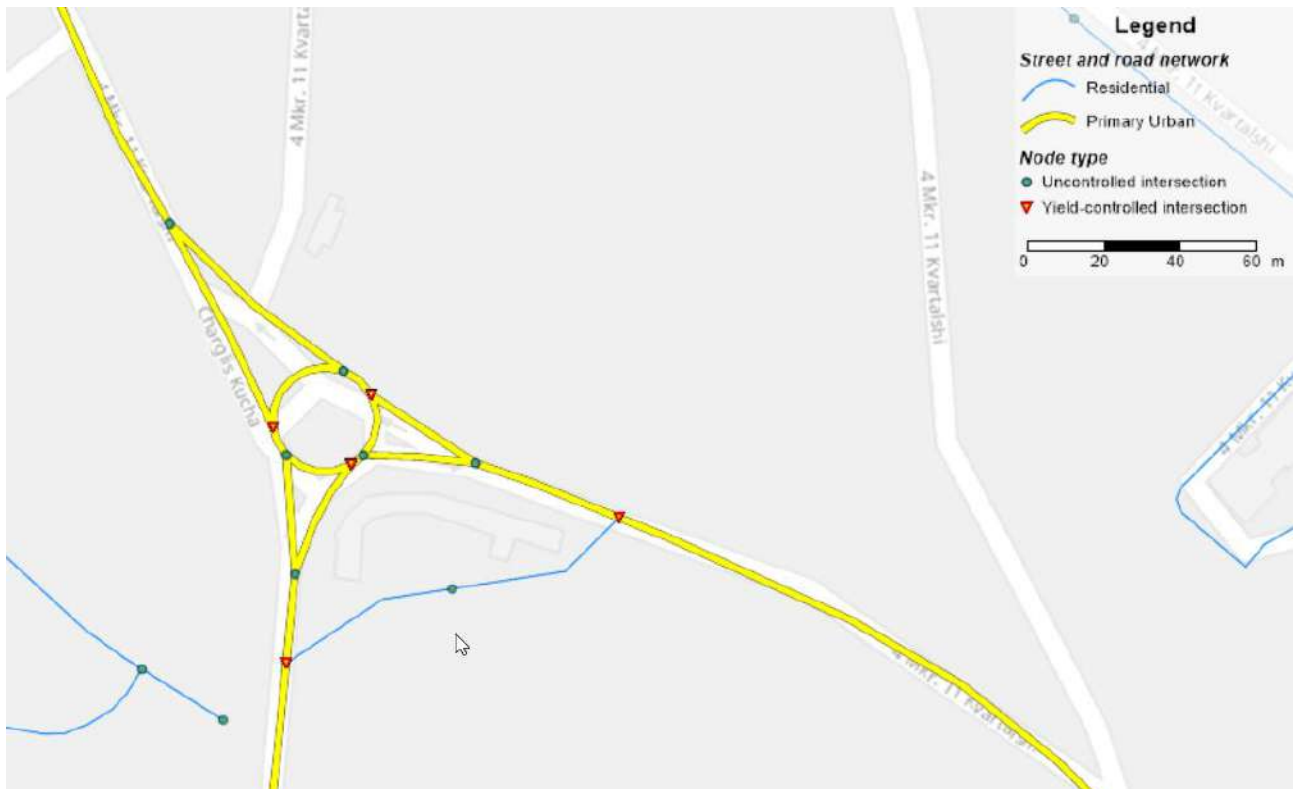


სურათი 62. ორმხრივი დათმობის ტიპის კვანძები

შემდეგ ეტაპზე შუქნიშნით რეგულირებულ და „ორმხრივი დათმობის“ ტიპის ყველა კვანძზე გადამოწმდა დაშვებული და აკრძალული მოხვევები.

წრიული გზაჯვარედინები მოდელში წარმოდგენილია მონაკვეთებისა და „ორმხრივი დათმობის“ ტიპის კვანძების გამოყენებით. ასეთი კვანძის მაგალითი ნაჩვენებია სურათზე 63.

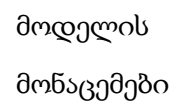
ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში



სურათი 63. გია რომელაშვილისა და ჩარგლის ქუჩების გადაკვეთაზე არსებული წრიული გზა აღნიშნულის გადასამოწმებლად ძირითად მონაცემთა წყაროდ გამოყენებულ იქნა Waze-ის მონაცემები. Waze-ის¹⁴ მონაცემების გამოყენების მაგალითი სატრანსპორტო მოდელში კვანძებზე მოხვევის მანევრების გადამოწმებისთვის წარმოდგენილია სურათი 64-ზე. მოდელში გზაჯვარედინებზე დაშვებული მიმართულებით მოძრაობები გადამოწმდა Waze-ის მონაცემებიდან მიღებულ ნებადართულ მოხვევებთან შედარების საფუძველზე.

¹⁴ <https://www.waze.com/editor/?env=row>

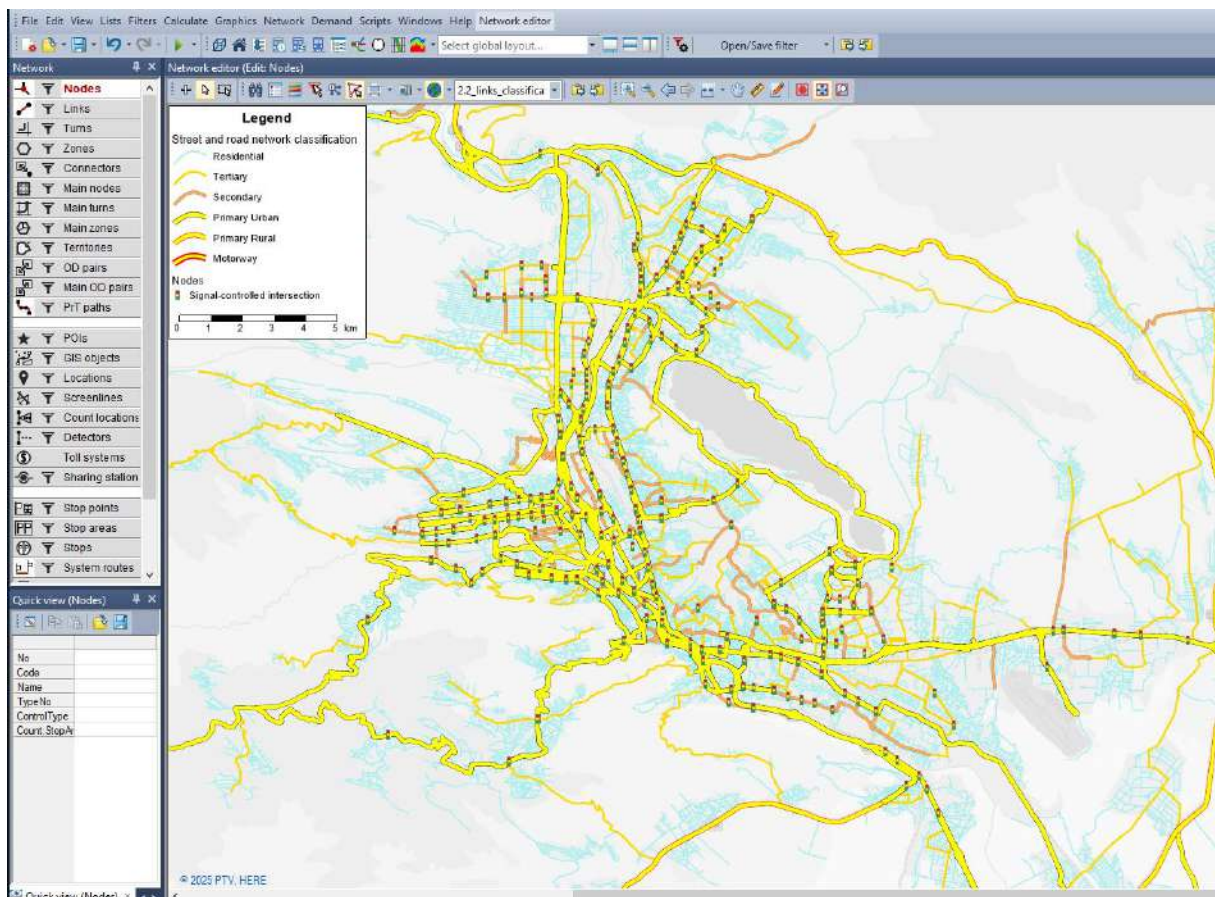
Waze-ს
მონაცემები



ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

სურათი 64. დაშვებული მოხვევების გადამოწმება Waze-ის მონაცემების გამოყენებით - ზურაბ ანჯაფარიძის ქუჩისა და ვაჟა-ფშაველას გამზირის გადაკვეთის მაგალითი

დამატებითი გადამოწმებისთვის გამოყენებულ იქნა მონაცემები სხვა ღია წყაროებიდან, როგორცაა თბილისის მუნიციპალური კადასტრი¹⁵, ასევე Google Maps-ის¹⁶ და Yandex Maps-ის¹⁷ კარტოგრაფიული სერვისები. განხორციელებული ცვლილებების შედეგად, მომზადდა საგზაო ქსელის საბოლოო ვერსია, რომელიც შემდგომში თბილისის განახლებულ სატრანსპორტო მოდელში იქნა გამოყენებული (სურათი 65).



სურათი 65. განახლებულ მოდელში გადამოწმებული საგზაო ქსელის ილუსტრაცია

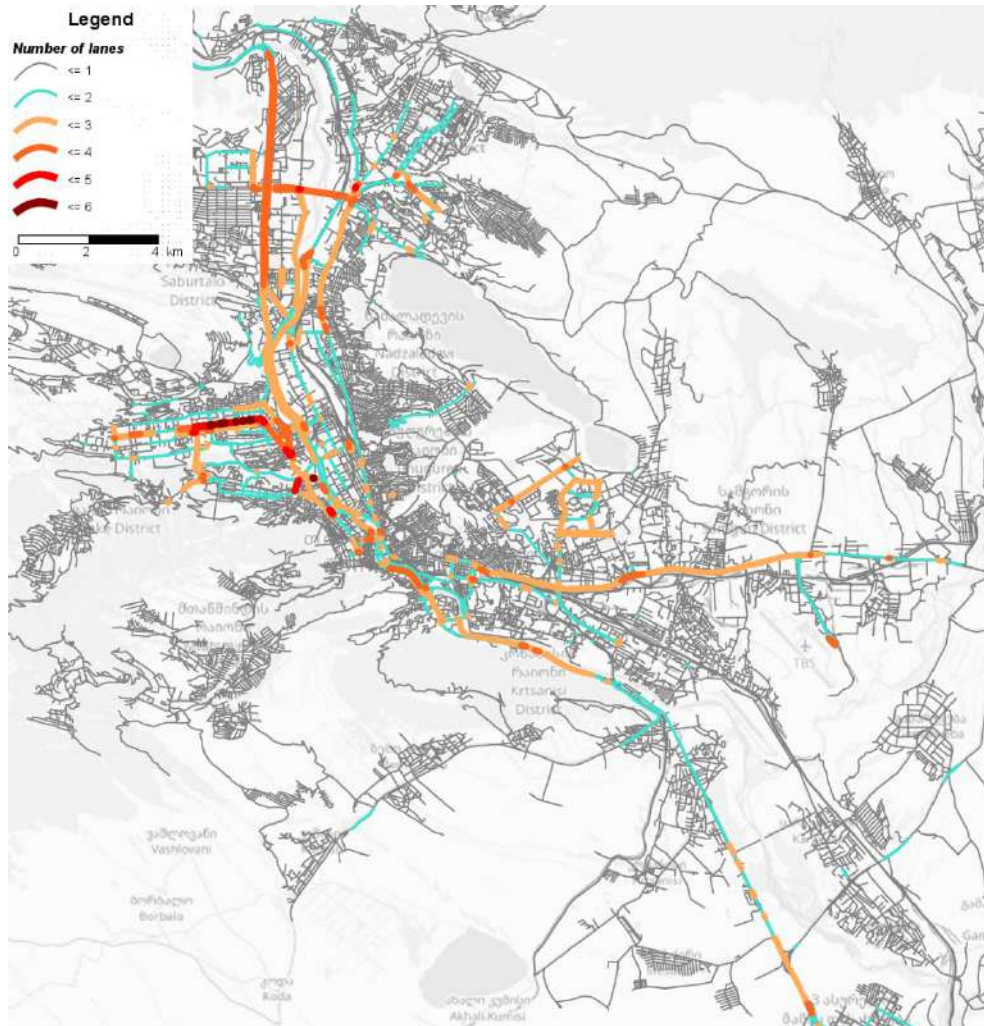
საგზაო ქსელის მონაკვეთების ვიზუალიზაცია, რომლებიც კლასიფიცირებულია თითოეული მიმართულებით მოძრაობის ზოლების რაოდენობის მიხედვით (პარკირების ზოლების გამოკლებით), წარმოდგენილია სურათი 66-ზე.

¹⁵ <https://ms.gov.ge/msmap/#C=44.7888803-41.7472493@Z=12>

¹⁶ <https://www.google.com/maps/>

¹⁷ <https://yandex.com/maps/>

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში



სურათი 66. საგზაო ქსელზე მოძრაობის ზოლების რაოდენობა

5.2.2. გზის მონაკვეთები (Links)

გზის მონაკვეთი წარმოადგენს სეგმენტს სატრანსპორტო ქსელში. თითოეული მონაკვეთი ხასიათდება შემდეგი მახასიათებლებით:

- სიგრძე
- მოძრაობის ზოლების რაოდენობა
- სიჩქარის შეზღუდვები
- გამტარუნარიანობა
- ნებადართული სატრანსპორტო სისტემები

მოდელირების თვალსაზრისით, ქუჩებისა და გზების ფუნქციური კლასიფიკაცია გარდაიქმნება საგზაო მონაკვეთების ტიპებად, რომელთაგან თითოეულს აქვს განსხვავებული მახასიათებლები, მათ შორის:

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

- NAME - მონაკვეთის ტიპის დასახელება
- RANK - იერარქიული დონე
- TSYSSET - ნებადართული სატრანსპორტო სისტემები
- NUMLANES - მოძრაობის ზოლების რაოდენობა
- CAPPRT - გამტარუნარიანობა
- V0 PRT - თავისუფალი მოძრაობის სიჩქარე კერძო ავტომობილებისათვის

მოდელში გამოყენებული მონაკვეთების ტიპების და მათი ძირითადი მახასიათებლების ჩამონათვალი წარმოდგენილია ცხრილში 2.

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

ცხრილი 2. მოდელში გამოყენებული საგზაო მონაკვეთების ტიპების ნიმუში

No	მონაკვეთის ტიპის დასახელება	იერარქიული დონე	ნებადართული სატრანსპორტო სისტემები	მომძრაობის ზოლები სრაოდენობა	გამტარუნარიანობა	თავისუფალი მოძრაობის სიჩქარე კერძო ავტომობილებისათვის
1	ჩაკეტილი ცალმხრივი	99	PED	0	999999	5კმ/სთ
2	მშენებლობა	99		0	999999	0კმ/სთ
3	მეტრო	99	SUB	0	999999	0კმ/სთ
4	ველო ბილიკი	99	BIKE	1	999999	15კმ/სთ
5	ავტობუსის ზოლი	19	BIKE,BUS,MRS ,PED	1	0	5კმ/სთ
6	საბავირო	99	C	0	0	0კმ/სთ
7	ფუნქციულიორი	99	F	0	0	0კმ/სთ
8	ავტომაგისტრალი, 1 ზოლი	4	BIKE,BUS,CAR ,GV,MRS,PED	1	1500	110კმ/სთ
9	ავტომაგისტრალი, 2 ზოლი	3	BIKE,BUS,CAR ,GV,MRS,PED	2	3000	110კმ/სთ
10	ავტომაგისტრალი, 3 ზოლი	2	BIKE,BUS,CAR ,GV,MRS,PED	3	4500	110კმ/სთ
11	ავტომაგისტრალი, 4 ზოლი	1	BIKE,BUS,CAR ,GV,MRS,PED	4	6000	110კმ/სთ
12	საქალაქთაშორისო , 1 ზოლი	13	BIKE,BUS,CAR ,GV,MRS,PED	1	1500	70კმ/სთ
13	საქალაქთაშორისო , 2 ზოლი	12	BIKE,BUS,CAR ,GV,MRS,PED	2	3000	80კმ/სთ

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

No	მონაკვეთის ტიპის დასახელება	იერარქიული დონე	ნებადართული სატრანსპორტო სისტემები	მოდრაობის ზოლები სრაოდენობა	გამტარუნარიანობა	თავისუფალი მოძრაობის სიჩქარე კერძო ავტომობილებისათვის
14	საქალაქთაშორისო, 3 ზოლი	11	BIKE,BUS,CAR ,GV,MRS,PED	3	4500	110კმ/სთ
15	საქალაქთაშორისო, 4 ზოლი	10	BIKE,BUS,CAR ,GV,MRS,PED	4	6000	110კმ/სთ
16	საქალაქთაშორისო მონაკვეთი, 1 ზოლი	15	BIKE,BUS,CAR ,GV,MRS,PED	1	1100	40კმ/სთ
17	საქალაქთაშორისო მონაკვეთი, 2 ზოლი	14	BIKE,BUS,CAR ,GV,MRS,PED	2	2200	40კმ/სთ
18	მთავარი საქალაქო, 1 ზოლი	25	BIKE,BUS,CAR ,GV,MRS,PED	1	1300	60კმ/სთ
19	მთავარი საქალაქო, 2 ზოლი	24	BIKE,BUS,CAR ,GV,MRS,PED	2	2600	65კმ/სთ
20	მთავარი საქალაქო, 3 ზოლი	23	BIKE,BUS,CAR ,GV,MRS,PED	3	3900	65კმ/სთ
21	მთავარი საქალაქო, 4 ზოლი	22	BIKE,BUS,CAR ,GV,MRS,PED	4	5200	65კმ/სთ
22	მთავარი საქალაქო, 5 ზოლი	21	BIKE,BUS,CAR ,GV,MRS,PED	5	6500	70კმ/სთ
23	მთავარი საქალაქო, 6 ზოლი	20	BIKE,BUS,CAR ,GV,MRS,PED	6	7800	70კმ/სთ

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

No	მონაკვეთის ტიპის დასახელება	იერარქიული დონე	ნებადართული სატრანსპორტო სისტემები	მომძრაობის ზოლები ს რაოდენ ობა	გამტარუ ნარიანო ბა	თავისუფა ლი მომძრაობი ს სიჩქარე კერძო ავტომობი ლებისათვ ის
24	მთავარი საქალაქო_მონაკვეთი, 1 ზოლი	27	BIKE,BUS,CAR ,GV,MRS,PED	1	1000	40კმ/სთ
25	მთავარი საქალაქო_მონაკვეთი, 2 ზოლი	26	BIKE,BUS,CAR ,GV,MRS,PED	2	2000	40კმ/სთ
26	მეორე ხარისხოვანი_1 ზოლი	33	BIKE,BUS,CAR ,GV,MRS,PED	1	1000	50კმ/სთ
27	მეორე ხარისხოვანი_2 ზოლი	32	BIKE,BUS,CAR ,GV,MRS,PED	2	2000	55კმ/სთ
28	მეორე ხარისხოვანი_3 ზოლი	31	BIKE,BUS,CAR ,GV,MRS,PED	3	3000	55კმ/სთ
29	მეორე ხარისხოვანი_4ზოლი	30	BIKE,BUS,CAR ,GV,MRS,PED	4	4000	60კმ/სთ
30	მეორე ხარისხოვანი_1 ზოლი	35	BIKE,BUS,CAR ,GV,MRS,PED	1	800	30კმ/სთ

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

No	მონაკვეთის ტიპის დასახელება	იერარქიული დონე	ნებადართული სატრანსპორტო სისტემები	მოდრაობის ზოლები ს რაოდენობა	გამტარუნარიანობა	თავისუფალი მოძრაობის სიჩქარე კერძო ავტომობილებისათვის
31	მეორე ხარისხოვანი_მონაკვეთი, 2 ზოლი	34	BIKE,BUS,CAR ,GV,MRS,PED	2	1600	30კმ/სთ
32	მესამე ხარისხოვანი_1 ზოლი	42	BIKE,BUS,CAR ,GV,MRS,PED	1	800	40კმ/სთ
33	მესამე ხარისხოვანი_2 ზოლი	41	BIKE,BUS,CAR ,GV,MRS,PED	2	1600	40კმ/სთ
34	მესამე ხარისხოვანი_3 ზოლი	40	BIKE,BUS,CAR ,GV,MRS,PED	3	2400	40კმ/სთ
35	მესამე ხარისხოვანი_მონაკვეთი	43	BIKE,BUS,CAR ,GV,MRS,PED	1	800	20კმ/სთ
36	საცხოვრებელი, 1 ზოლი	51	BIKE,BUS,CAR ,GV,MRS,PED	1	400	40კმ/სთ
37	საცხოვრებელი, 2 ზოლი	50	BIKE,BUS,CAR ,GV,MRS,PED	2	800	40კმ/სთ

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

საგზაო მონაკვეთების ტიპების დასახელებები:

- ჩაკეტილი ცალმხრივი (Blocked Oneway) - საგზაო მონაკვეთები, სადაც მოძრაობა აკრძალულია ყველა ტიპის ტრანსპორტისთვის, გარდა ფეხით მოსიარულეებისა (PED)
- მშენებარე (Construction) - დაგეგმილი ან მშენებარე გზები.
- მეტრო (Subway) - სწრაფი ტრანზიტის სისტემის მონაკვეთები, მიწისქვეშა ელექტრო რკინიგზა.
- ველო ბილიკი (Cycleway) - სპეციალური ინფრასტრუქტურა ველოსიპედებისთვის.
- ავტობუსის ზოლი (Busway) - საზოგადოებრივი ტრანსპორტის ზოლები, რომლებიც მოძრაობის საპირისპირო მიმართულებით არის მიმართული.
- საბაგირო (Cable) - რკინიგზის ან ტრანსპორტის ტიპი, რომელიც გადაადგილებისთვის იყენებს ბაგირს, ტროსს ან ჯაჭვს.
- ფუნკულიორი (Funicular) - საბაგირო რკინიგზის ტიპი, რომელიც ფუნქციონირებს ციცაბო ფერდობზე.
- ავტომაგისტრალი (Motorway) - განიერი გზა სწრაფი მოძრაობისთვის.
- საქალაქთაშორისო (Primary Rural) - ქალაქებს შორის დამაკავშირებელი სწრაფი მაგისტრალები.
- მთავარი საქალაქო (Primary Urban) - ქალაქის მთავარი გამზირები და ქუჩები შუქნიშნითანი გადაკვეთებით.
- მეორეხარისხოვანი (Secondary) - ნაკლებად დატვირთული შემაერთებელი გზები შუქნიშნებით.
- მესამეხარისხოვანი (Tertiary) - უბნებს შორის დამაკავშირებელი გზები შუქნიშნებით.
- საცხოვრებელი/სამრეწველო (Residential) - შიდა საუბნო და სამრეწველო ზონის ქუჩები.
- დამხმარე შესასვლელები (*_link) - გზიდან გასასვლელი ან გზაზე შესასვლელი მონაკვეთები .

5.2.3. კვანძები და ძირითადი კვანძები (Nodes and Main Nodes)

კვანძები წარმოადგენს მონაკვეთების საწყის და საბოლოო წერტილებს, რომლებიც განსაზღვრავს გზების გადაკვეთისა და შეერთების ადგილებს სატრანსპორტო ქსელში. კვანძები კლასიფიცირებულია მოძრაობის მართვის ტიპების მიხედვით (ცხრილი 3).

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

ცხრილი 3. კვანძების კლასიფიკაცია სატრანსპორტო მოძრაობის რეგულირების ტიპის მიხედვით

კვანძის ტიპი	სატრანსპორტო მოძრაობის რეგულირება
0	უშუქნიშნო
3	შუქნიშნით რეგულირებული
6	გზის დათმობა

რამდენიმე პატარა კვანძისგან შემდგარი რთული გზაჯვარედინები გაერთიანდა მაღალი იერარქიის (მთავარ) კვანძებად. ეს მიდგომა გამოიყენება მოძრაობის ნაკადების მოდელირების გასამარტივებლად და დაყოვნების დროის უფრო ზუსტად დასათვლელად. ეს საშუალებას იძლევა, უკეთ აისახოს ურთიერთქმედება გზაჯვარედინის ყველა შესასვლელ და გამოსასვლელ წერტილს შორის (სურათი 67). მთავარი კვანძები აერთიანებს რამდენიმე მსგავს (როგორც წესი, შუქნიშნით რეგულირებულ) წერტილს, როგორც ეს 68-ე სურათზეა ნაჩვენები. ეს მიდგომა საშუალებას იძლევა თბილისის მრავალკვანძიან გზაჯვარედინებზე არსებული მოძრაობის პირობები უფრო რეალისტურად იყოს წარმოდგენილი მოდელში.



სურათი 67. სატრანსპორტო მოდელში მთავარი კვანძების მდებარეობა

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში



სურათი 68. მთავარი კვანძის ილუსტრაცია სატრანსპორტო მოდელში

5.2.4. მოხვევები და მთავარი მოხვევები (Turns and Main Turns)

მოხვევებისა და ძირითადი მოხვევებისთვის საჭირო დროის დანახარჯი (დაყოვნების დრო) განისაზღვრება მათი ტიპის შესაბამისად. დაყოვნების დრო დამოკიდებულია კვანძის ტიპზე, გზის იერარქიასა და თავად მანევრის სირთულეზე. კვლევის არეალში არსებული მოძრაობის პირობების გათვალისწინებით, მოხვევებისა და ძირითადი მოხვევების დაყოვნების მაჩვენებლები განისაზღვრა მე-4 ცხრილში მოცემული დაშვებების მიხედვით. ეს მონაცემები მიღებულია მიკროსიმულაციური მოდელირების საფუძველზე ჩატარებული კვლევებიდან.

ცხრილი 4. გზაჯვარედინებზე სხვადასხვა ტიპის მოხვევისთვის განსაზღვრული დაყოვნების დროის კლასიფიკაცია

№	კვანძის ტიპი	მოხვევის ტიპი	სატრანსპორტო ნაკადის იერარქია	T0_PrT (s)
1	0	1	??	5
2	0	2	??	0

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

3	0	3	??	5
4	0	4	??	15
5	3	1	??	25
6	3	2	??	20
7	3	3	??	30
8	3	4	??	35
9	6	1	--	15
10	6	1	-+	10
11	6	1	+ -	0
12	6	1	++	0
13	6	2	--	20
14	6	2	-+	15
15	6	2	+ -	0
16	6	2	++	0
17	6	3	--	20
18	6	3	-+	20
19	6	3	+ -	10
20	6	3	++	0
21	6	4	??	25

მე-4 ცხრილში მოცემული მოძრაობის ნაკადების იერარქია განსაზღვრავს კავშირს შემავალი და გამომავალი საგზაო მონაკვეთების ფუნქციურ კლასებს შორის. ამისთვის გამოიყენება შემდეგი აღნიშვნები:

- „++“ - მოხვევა მაღალი იერარქიის მონაკვეთიდან მაღალი იერარქიის მონაკვეთზე (მაგ., მაგისტრალური გზიდან მაგისტრალურ გზაზე);
- „--“ - მოხვევა დაბალი იერარქიის მონაკვეთიდან დაბალი იერარქიის მონაკვეთზე (მაგ., ადგილობრივი ქუჩიდან ადგილობრივ ქუჩაზე);
- „+-“ - მოხვევა მაღალი იერარქიის მონაკვეთიდან დაბალი იერარქიის მონაკვეთზე;
- „-+“ - მოხვევა დაბალი იერარქიის მონაკვეთიდან მაღალი იერარქიის მონაკვეთზე;

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

- „??” - მოხვევის მანევრი, რომლის დროსაც მონაწილე მონაკვეთების იერარქია არ არის დიფერენცირებული და გამოიყენება ერთნაირი დაყოვნების დრო, გზის იერარქიული დონის მიუხედავად.

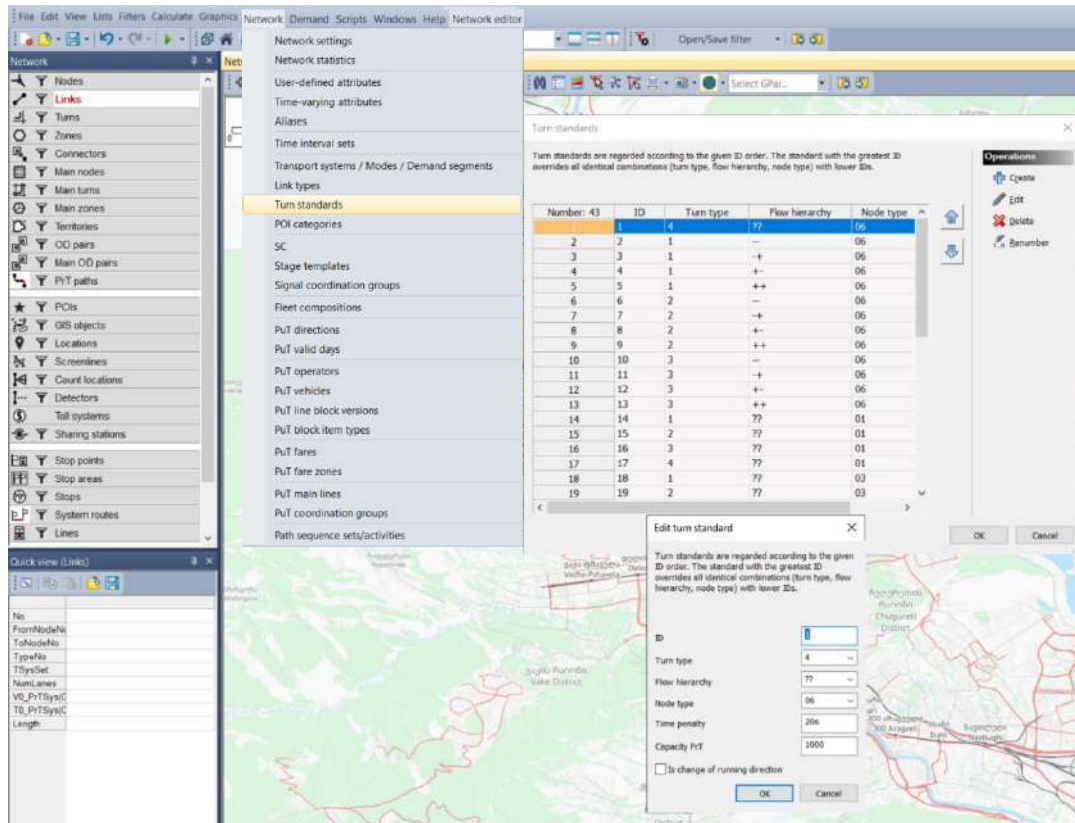
ეს კლასიფიკაცია გამოიყენება გზაჯვარედინებზე ტიპური საექსპლუატაციო პირობების ასახვისთვის. ზოგადად, დაბალი იერარქიის მონაკვეთიდან მაღალი იერარქიის მონაკვეთზე განხორციელებული მოხვევები განიხილება უფრო მაღალი დროითი დანახარჯის (დაყოვნების დროის) მქონედ, რადგან ასეთ შემთხვევებში მოქმედებს დათმობისა და პრიორიტეტების რეგულირების წესი. ამის საპირისპიროდ, მაღალი იერარქიის მონაკვეთისკენ მიმართულ მოძრაობებს, თავისუფალი ნაკადის პირობებში, დაბალი ან ნულოვანი დაყოვნება ახასიათებს.

პარამეტრი $T0_{PrT}$ წარმოადგენს თავისუფალი ნაკადის პირობებში მიღებულ საბაზისო დროით დაყოვნებას (წამებში) და სატრანსპორტო მოდელში გამოიყენება როგორც მოხვევის, ისე მთავარი მოხვევის მანევრებისთვის.

Visum-ში გამოყენებულია მოხვევის ტიპების შემდეგი კლასიფიკაცია: 1 - მარჯვნივ მოხვევა, 2 - პირდაპირ მოძრაობა, 3 - მარცხნივ მოხვევა, 4 - შემობრუნება (U-turn).

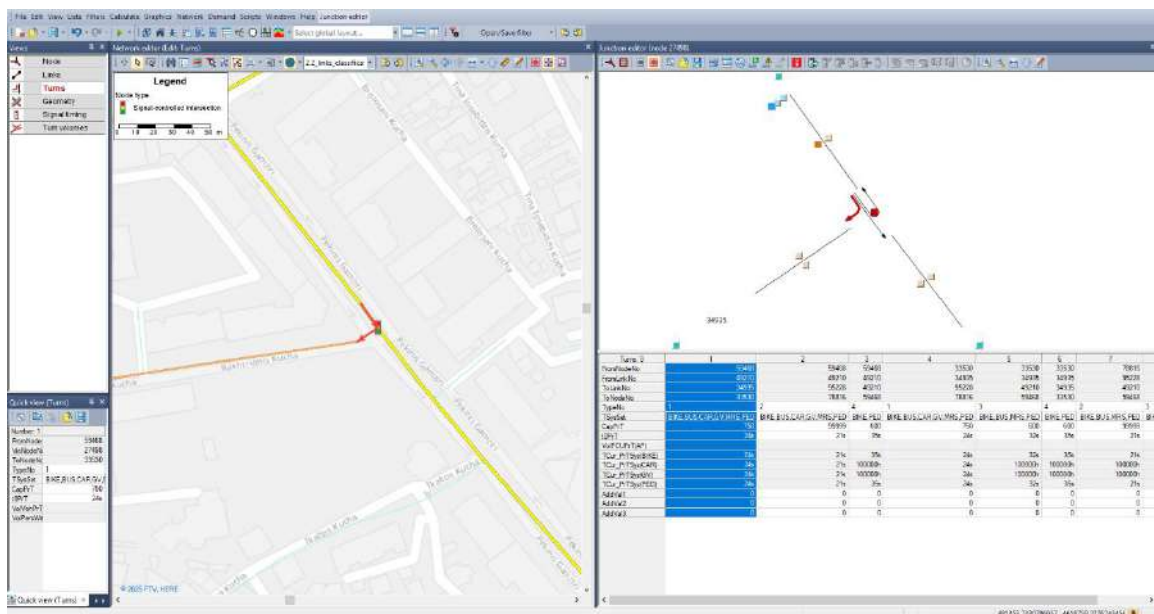
მოდელში მოხვევებთან დაკავშირებული ყველა დაყოვნება და მათი კონფიგურაცია განსაზღვრულია მოხვევის სტანდარტების (Turn Standards) პარამეტრებში (სურათი 69).

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში



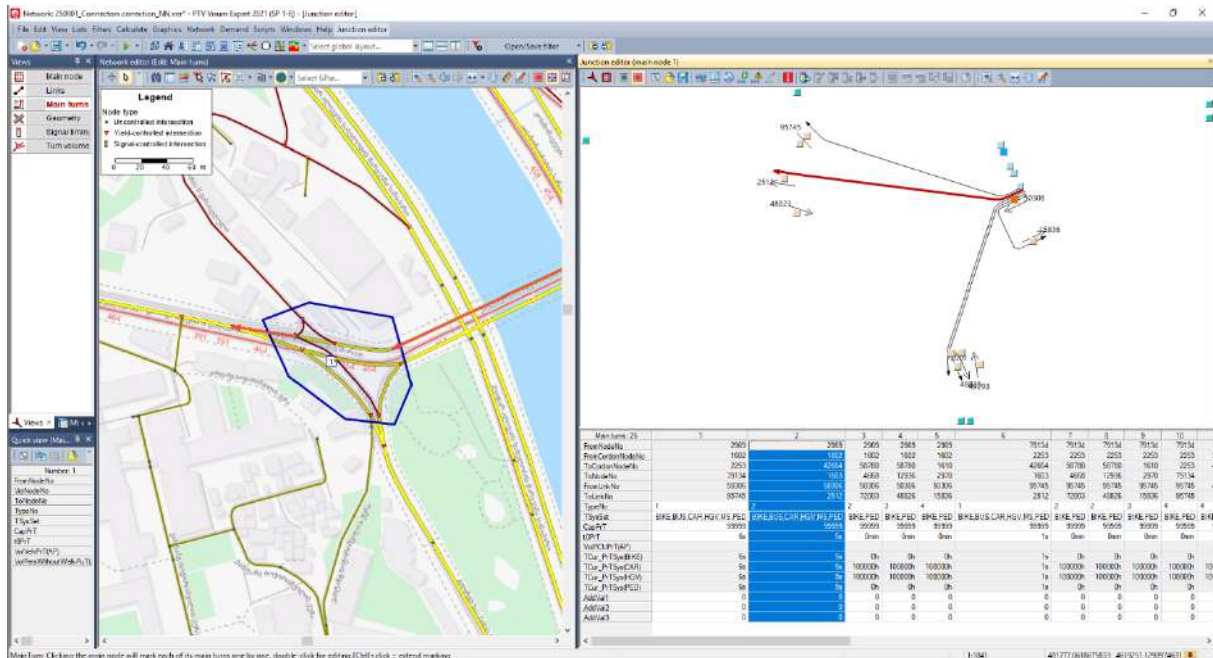
სურათი 69. მოხვევის სტანდარტების პარამეტრები

შუქნიშნით რეგულირებულ კვანძზე მოხვევის მოძრაობისა და მასთან დაკავშირებული დაყოვნების მაგალითი ნაჩვენებია სურათი 70-ზე.



სურათი 70. შუქნიშნით რეგულირებულ კვანძზე მოხვევასთან დაკავშირებული დაყოვნების მაგალითი

მთავარი მოხვევებისთვის გამოყენებული დროითი შეფერხებები იგივე პრინციპით არის განსაზღვრული, როგორც ჩვეულებრივი მოხვევებისთვის. მთავარი კვანძში მთავარი მოხვევების პარამეტრები ნაჩვენებია სურათი 71-ზე.



სურათი 71. მთავარ კვანძზე მოხვევის დაყოვნების მაგალითი (მარცხნივ წარმოდგენილია მთავარი კვანძი; მარჯვნივ - მთავარი მოხვევის მანევრები)

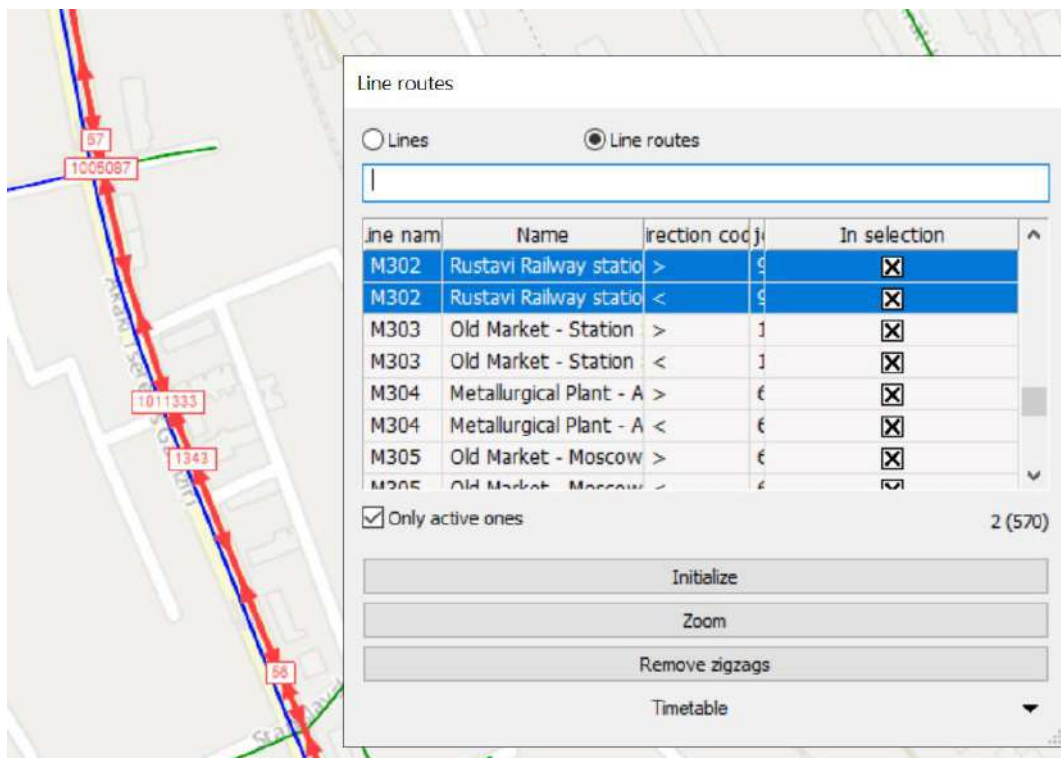
- მოწაკვეთები: 84,000-ზე მეტი
- კვანძები: 34,000-ზე მეტი
- მთავარი კვანძები: 130-ზე მეტი

5.3. საზოგადოებრივი ტრანსპორტის ქსელი

საზოგადოებრივი ტრანსპორტის ქსელი წარმოადგენს სატრანსპორტო მოდელის ერთ-ერთ ძირითად კომპონენტს და მოიცავს დეტალურ ინფორმაციას ყველა მარშრუტისა და გაჩერების, სატრანსპორტო საშუალებების ტიპისა და მათი ტევადობის, მომსახურების განრიგებისა და გადაჯდომის ადგილების შესახებ.

5.3.1. საზოგადოებრივი ტრანსპორტი

2022 წლის მოდელში ინტეგრირებული საზოგადოებრივი ტრანსპორტის ქსელის წინასწარმა ანალიზმა აჩვენა, რომ იგი საჭიროებდა გაუმჯობესებასა და დამატებით კორექტირებას. რიგ შემთხვევებში მოდელში ასახული მონაცემები არ შეესაბამებოდა მოძრაობის მართვის მოქმედ წესებს. სურათი 72-ზე ნაჩვენებია M302 მარშრუტის ინტეგრირებისას დაშვებული შეცდომა: მარშრუტის ორივე მიმართულება მოდელში განთავსებული იყო სავალი ნაწილის ერთსა და იმავე მხარეს, რაც რეალურ საგზაო ვითარებას არ შეესაბამებოდა.



სურათი 72. M302 მარშრუტის ნაწილი თბილისის სატრანსპორტო მოდელში

ეს პარამეტრები არ იძლეოდა საშუალებას, ჯეროვნად ყოფილიყო გათვალისწინებული საგზაო ქსელის გადატვირთვის (საცობების) გავლენა საზოგადოებრივი ტრანსპორტის მგზავრობის რეალურ დროზე. შესაბამისად, იყო მაღალი რისკი, რომ სატრანსპორტო მოდელის სანდოობა და ქმედითუნარიანობა შემცირებულიყო. მოდელში საზოგადოებრივი ტრანსპორტის ქსელისა და

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

მისი მახასიათებლების სრული და სწორი ინტეგრაციის უზრუნველსაყოფად, გადაწყდა მიწოდების მოდელის (Supply Model) ამ ნაწილის ხელახლა, სრულად მომზადება.

სამუშაოს ამ ეტაპზე გამოყენებული ძირითადი წყაროებია: **General Transit Feed Specification (GTFS)**¹⁸ და TUDA-სთვის მიწოდებული საზოგადოებრივი ტრანსპორტის ქსელის მონაცემები zip-არქივში - *gtfs_თბილისის+სატრანსპორტო+კომპანიაGE+[08_11_2024]* (მოცულობა: 14,1 Mb) (სურათი 73). მოწოდებული მასალები შეიცავს ინფორმაციას საზოგადოებრივი ტრანსპორტის (PuT) მარშრუტების, განრიგების, სატრანსპორტო საშუალებებისა და გაჩერებების შესახებ იმ არეალში, რომელიც განახლებულ თბილისის სატრანსპორტო მოდელშია გათვალისწინებული.

Name	Size	Packed Size	Modified	CRC	Method	Characteristics	Host OS	Versi...	Volume I...	Offset
agency.txt	243	168	2024-11-08 02:00	C880CD78	Deflate	Descriptor UTF8	FAT	20	0	149
breaks.txt	100 245	18 772	2024-11-08 02:00	61059B94	Deflate	Descriptor UTF8	FAT	20	0	14 078 062
bypass_roads.txt	93	76	2024-11-08 02:00	D58DC7B3	Deflate	Descriptor UTF8	FAT	20	0	14 810 887
calendar.txt	13 936	1 545	2024-11-08 02:00	AC2EC913	Deflate	Descriptor UTF8	FAT	20	0	14 076 459
deadheads.txt	32 635	9 915	2024-11-08 02:00	E44C1AC8	Deflate	Descriptor UTF8	FAT	20	0	14 148 299
deadhead_times.txt	363 835	73 243	2024-11-08 02:00	CB8774FA	Deflate	Descriptor UTF8	FAT	20	0	14 158 273
depots.txt	155	107	2024-11-08 02:00	7B933C1C	Deflate	Descriptor UTF8	FAT	20	0	14 249 138
feed_info.txt	119	90	2024-11-08 02:00	20B3C905	Deflate	Descriptor UTF8	FAT	20	0	0
polygons.txt	63 014	17 500	2024-11-08 02:00	61F11D46	Deflate	Descriptor UTF8	FAT	20	0	14 231 580
routes.txt	14 144	2 427	2024-11-08 02:00	B9A539B8	Deflate	Descriptor UTF8	FAT	20	0	3 118 261
route_schedule_entries.txt	32 150	7 249	2024-11-08 02:00	C35FFA77	Deflate	Descriptor UTF8	FAT	20	0	14 503 608
route_service_entries.txt	1 812 408	201 966	2024-11-08 02:00	B50C0A82	Deflate	Descriptor UTF8	FAT	20	0	14 510 929
route_templates.txt	12 899	2 729	2024-11-08 02:00	5CD8CE3F	Deflate	Descriptor UTF8	FAT	20	0	14 811 025
route_versions.txt	7 092	1 565	2024-11-08 02:00	31053659	Deflate	Descriptor UTF8	FAT	20	0	14 249 301
service_additional_infos...	15 024	1 829	2024-11-08 02:00	913C7176	Deflate	Descriptor UTF8	FAT	20	0	14 712 966
shapes.txt	8 998 052	3 117 832	2024-11-08 02:00	E2A48B9D	Deflate	Descriptor UTF8	FAT	20	0	373
shape_segments.txt	281 020	113 300	2024-11-08 02:00	35EA7CFA	Deflate	Descriptor UTF8	FAT	20	0	14 250 930
shape_segment_for_sha...	600 543	138 698	2024-11-08 02:00	A372C71E	Deflate	Descriptor UTF8	FAT	20	0	14 364 294
stops.txt	233 274	52 368	2024-11-08 02:00	E8774DA9	Deflate	Descriptor UTF8	FAT	20	0	3 120 744
stop_additional_infos.txt	260 430	51 338	2024-11-08 02:00	CEC470D5	Deflate	Descriptor UTF8	FAT	20	0	14 096 890
stop_times.txt	81 810 440	10 772 204	2024-11-08 02:00	FBFA28DC	Deflate	Descriptor UTF8	FAT	20	0	3 304 195
translations.txt	1 017 744	95 956	2024-11-08 02:00	C80B775C	Deflate	Descriptor UTF8	FAT	20	0	14 714 869
trips.txt	3 660 010	130 973	2024-11-08 02:00	1BADAFFD	Deflate	Descriptor UTF8	FAT	20	0	3 173 167
vehicle_types.txt	521	303	2024-11-08 02:00	21F69748	Deflate	Descriptor UTF8	FAT	20	0	14 503 065
vehicle_types_for_depot...	217	104	2024-11-08 02:00	FF4EB20B	Deflate	Descriptor UTF8	FAT	20	0	14 503 431

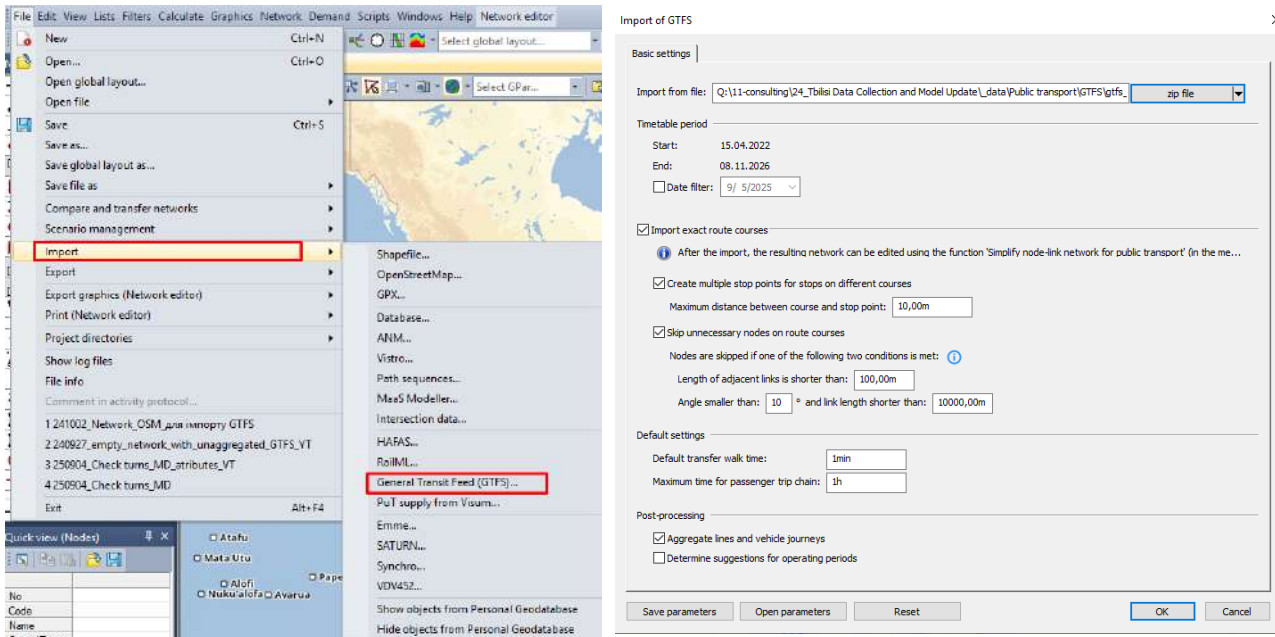
სურათი 73. მოწოდებული GTFS მონაცემები

მონაცემების მოდელში შეყვანა ორ ეტაპად მოხდა:

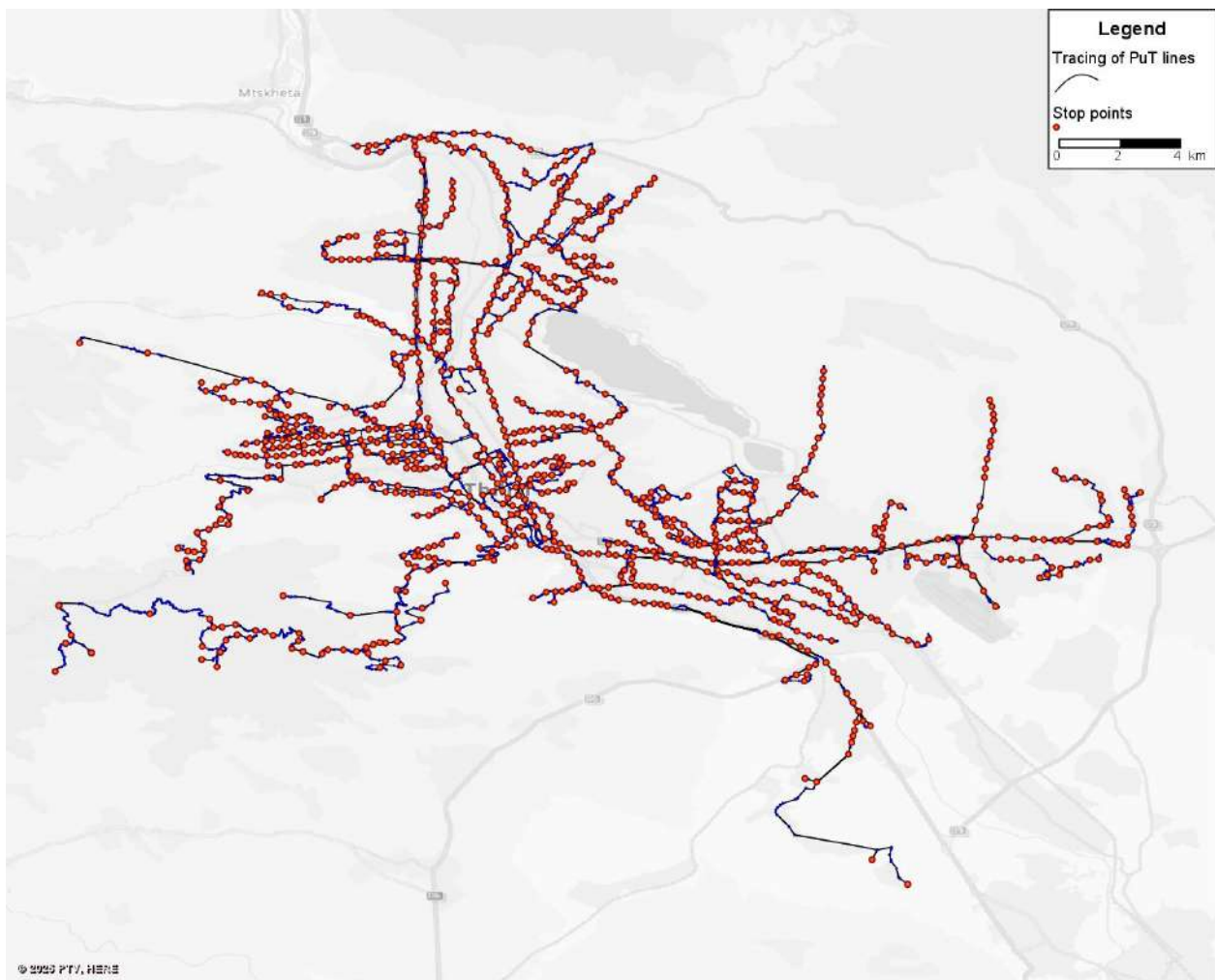
1. საწყის ეტაპზე საზოგადოებრივი ტრანსპორტის ქსელის მონაცემები ჩაიტვირთა ცალკე **PTV Visum** ფაილში, რომელიც სხვა ტიპის ობიექტებს არ მოიცავდა (სურათი 74, სურათი 75).

¹⁸ <https://gtfs.org/>

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში



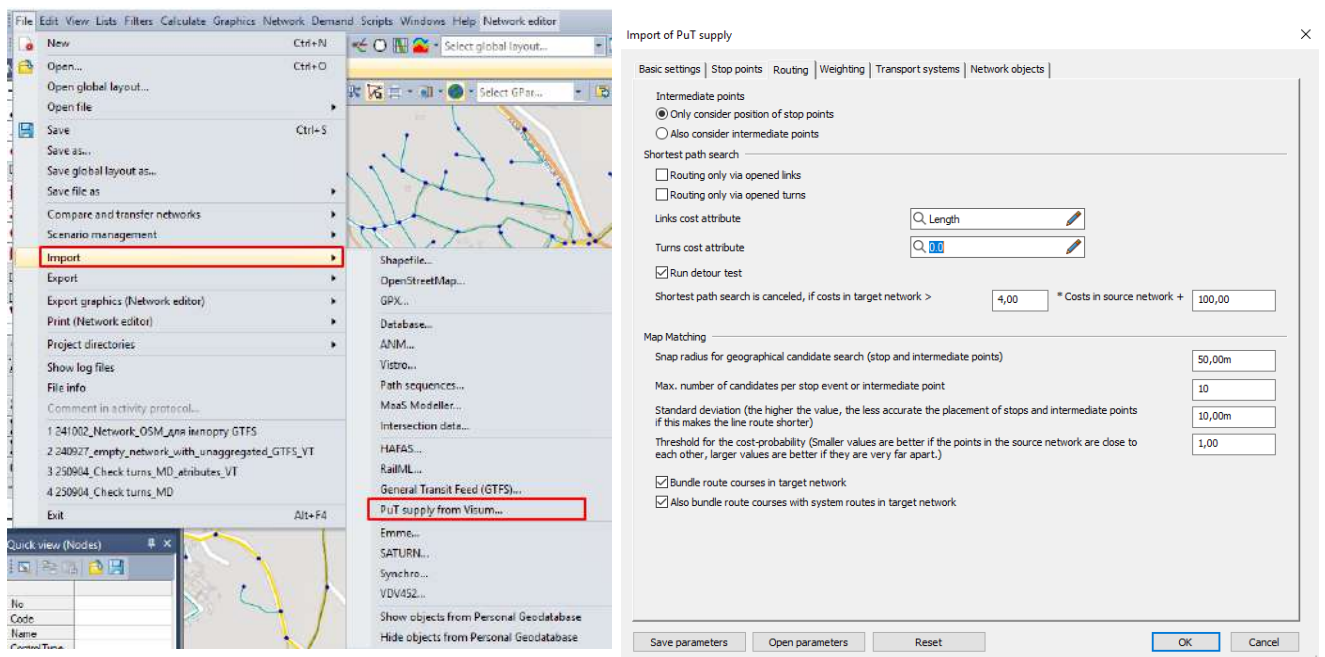
სურათი 74. PTV Visum-ში GTFS მონაცემების იმპორტირების პროცესი



სურათი 75. GTFS მონაცემების იმპორტირების შედეგი (1-ლი საფეხური)

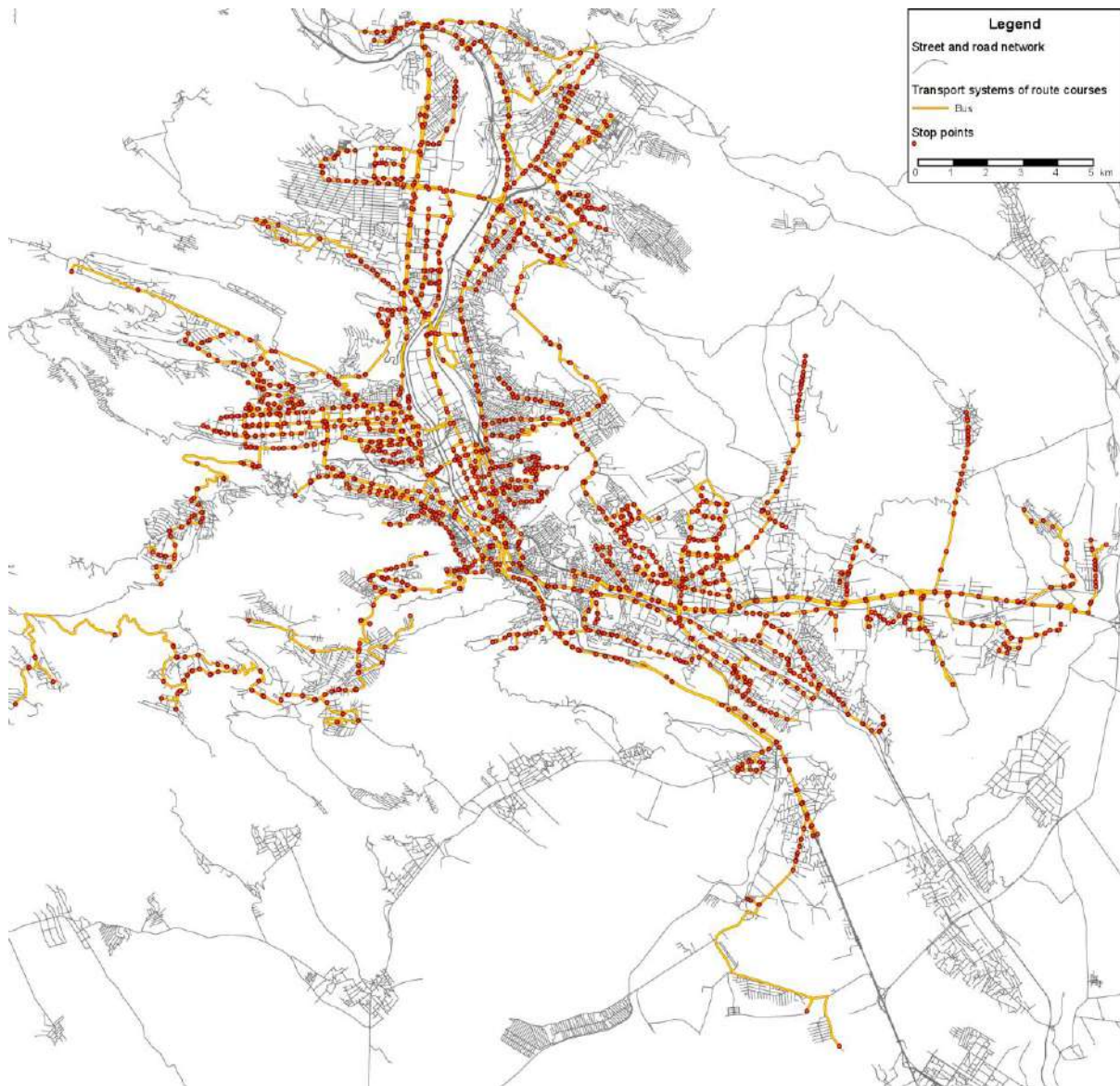
ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

- მეორე ეტაპზე, PTV Visum-ში იმპორტირებული მონაცემები ინტეგრირებულ იქნა მომზადებულ საგზაო ქსელთან (სურათი 76, სურათი 77).



სურათი 76. საზოგადოებრივი ტრანსპორტის (PuT) ქსელის მონაცემების საგზაო ქსელთან დაკავშირების პროცესის კონფიგურაცია

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში



სურათი 77. GTFS მონაცემები იმპორტის მეორე ეტაპზე

ყველა მონაცემი განახლდა და გადამოწმდა TTC-ს¹⁹, TUDA-ს, Google Maps-ისა²⁰ და Yandex Maps-ის²¹ მონაცემებისა და მგზავრთა ნაკადების სავსე კვლევის შედეგების საფუძველზე. აღნიშნული კვლევის მეთოდოლოგიისა და შედეგების დეტალური აღწერა წარმოდგენილია „დამატებითი სავსე სამუშაოები მონაცემთა შესაგროვებლად“ (AMDC) ანგარიშში²².

¹⁹ <https://ttc.com.ge/>

²⁰ <https://www.google.com/maps/>

²¹ <https://yandex.com/maps/>

²² Boarding-alighting survey was conducted by surveyors' teams in morning peak hours for all routes with usage of TransitWand application, that allowed to record for each stop route time, coordinates, number of passengers that board and alight. Survey was conducted as a part of the project in spring and autumn of 2025.

5.3.2. საზ. ტრანსპორტის ხაზის მარშრუტები (Line Routes)

PTV Visum-ში საზოგადოებრივი ტრანსპორტის მარშრუტები იერარქიულ სტრუქტურას ეყრდნობა, რომელიც შედგება შემდეგი ნაწილებისგან:

- საზ. ტრანსპორტის ხაზი (დასახელება/ნომრები) (Lines) - მარშრუტის საერთო სტრუქტურა;
- საზ. ტრანსპორტის ხაზის მარშრუტები (Line routes) - მოძრაობის სხვადასხვა ოპერაციული მიმართულება (მაგალითად, პირდაპირი და უკუმიმართულება).

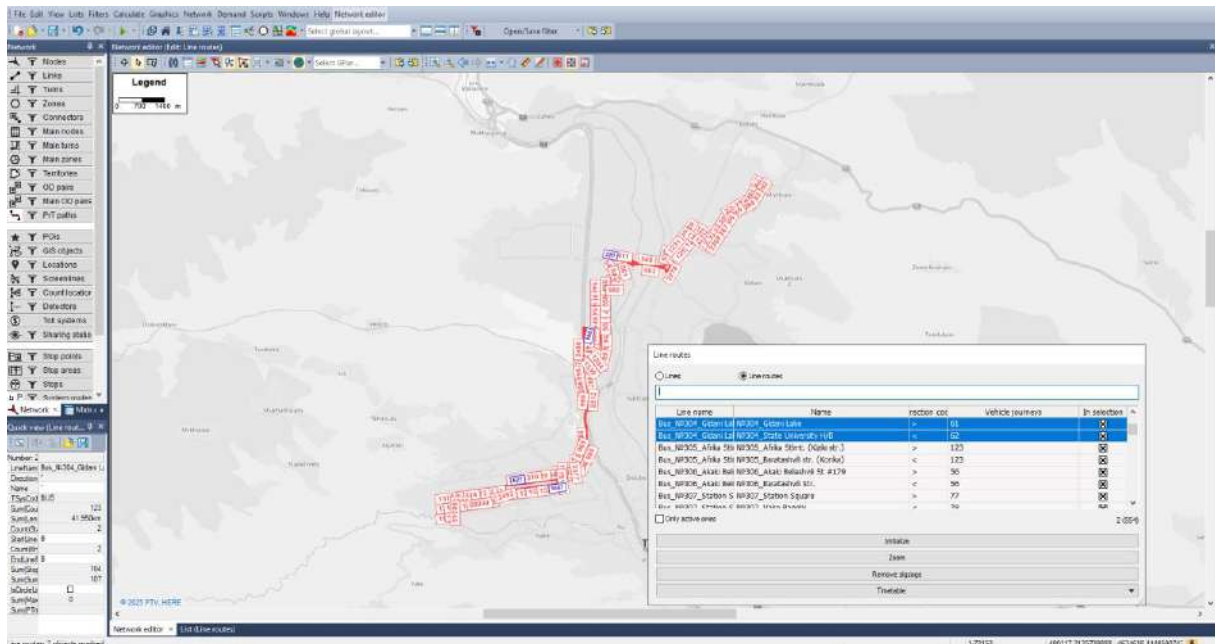
საზოგადოებრივი ტრანსპორტის მარშრუტის იერარქიის მაგალითი მოცემულია მე-5 ცხრილში.

ცხრილი 5. საზოგადოებრივი ტრანსპორტის მარშრუტის სტრუქტურის მაგალითი

მარშრუტის დასახელება	მარშრუტის მიმართულების დასახელება	მიმართულება (პირდაპირი/უკუმიმართულება)
ავტობუსი_№304_გლდანის ტბა - სახელმწიფო უნივერსიტეტი უკუმიმართულება	№304_გლდანის ტბა	>(პირდაპირი მიმართულება)
	№304_სახელმწიფო უნივერსიტეტი უკუმიმართულება	< (უკუმიმართულება)

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

საზოგადოებრივი ტრანსპორტის (PuT) მარშრუტების ქსელის გრაფიკული გამოსახულება და მარშრუტის მიმართულებების ნიმუშები მოცემულია 78-ე სურათზე.



სურათი 78. №17 ავტობუსის მარშრუტის მიმართულებები PTV Visum-ში

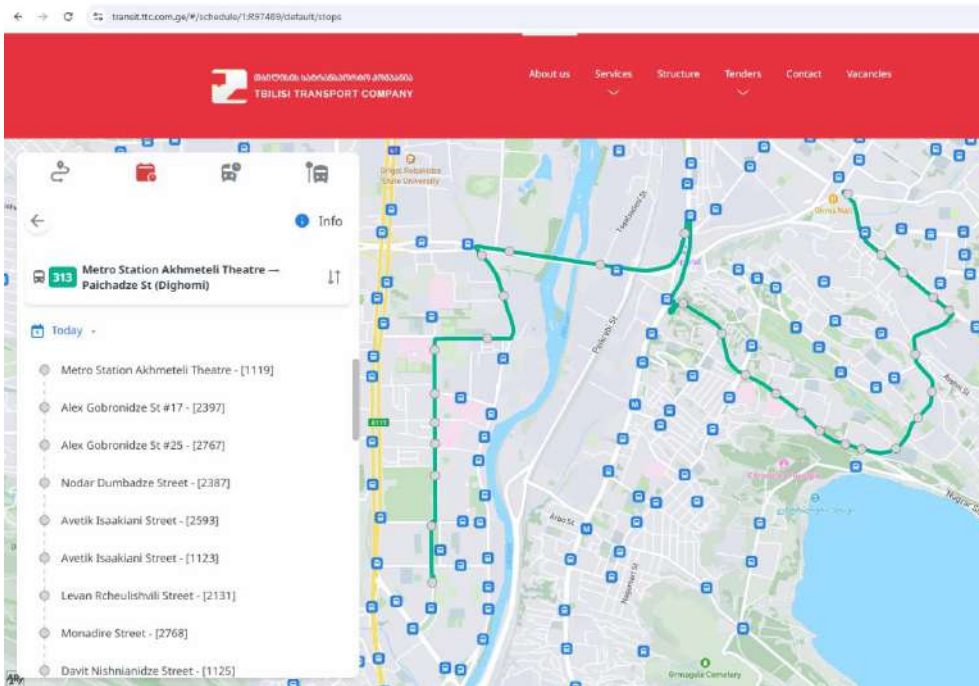
GTFS მონაცემებიდან ყველა მარშრუტის იმპორტის შემდეგ, საჭირო გახდა რამდენიმე კორექტირება. ეს განპირობებული იყო იმით, რომ საგზაო ქსელში GTFS მონაცემების იმპორტისას, მარშრუტის მიმართულებების გარკვეული ნაწილები ნაწილობრივ აცდენილი იყო ან არასწორად იქნა გაანალიზებული. მიუხედავად იმისა, რომ დამკვეთის მიერ მოწოდებულმა GTFS მონაცემებმა მნიშვნელოვნად გაამარტივა საზოგადოებრივი ტრანსპორტის მონაცემების შეყვანის პროცესი, საზოგადოებრივი ტრანსპორტის მთლიანი ქსელი მაინც საფუძვლიანად იქნა განხილული და ხელით გადამოწმდა დამატებითი მონაცემების წყაროების, მათ შორის TTC-ის მონაცემთა ბაზების გამოყენებით

კერძოდ, თითოეული საზოგადოებრივი ტრანსპორტის მარშრუტისთვის, საგულდაგულოდ გადამოწმდა მათი ტრაექტორია და გაჩერებების თანმიმდევრობა სხვადასხვა დამხმარე მონაცემთა წყაროს გამოყენებით, მათ შორის Transit.ttc.com.ge²³ და rustavi-bus.azrycloud.com²⁴ (სურათი 79).

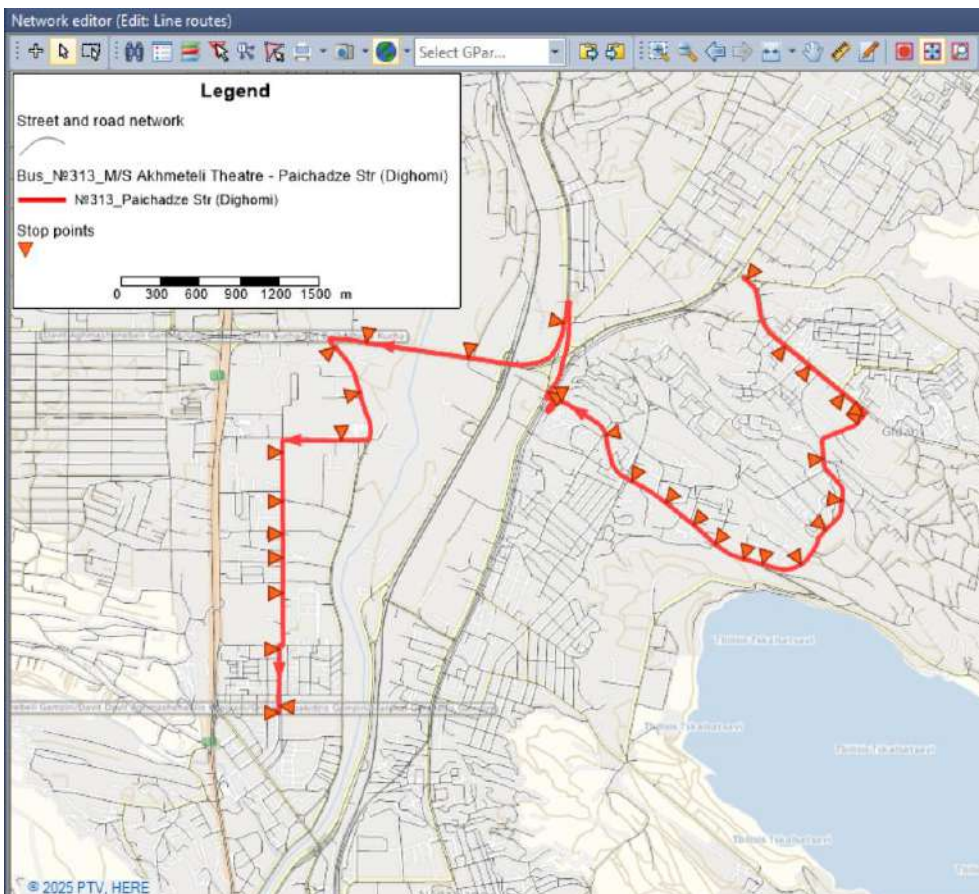
²³ <https://transit.ttc.com.ge/#/realtime>

²⁴ <https://rustavi-bus.azrycloud.com/#/realtime/1:R826/default/stops/>

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში



TTC მონაცემები



მონაცემები
განახლებულ
მოდელში

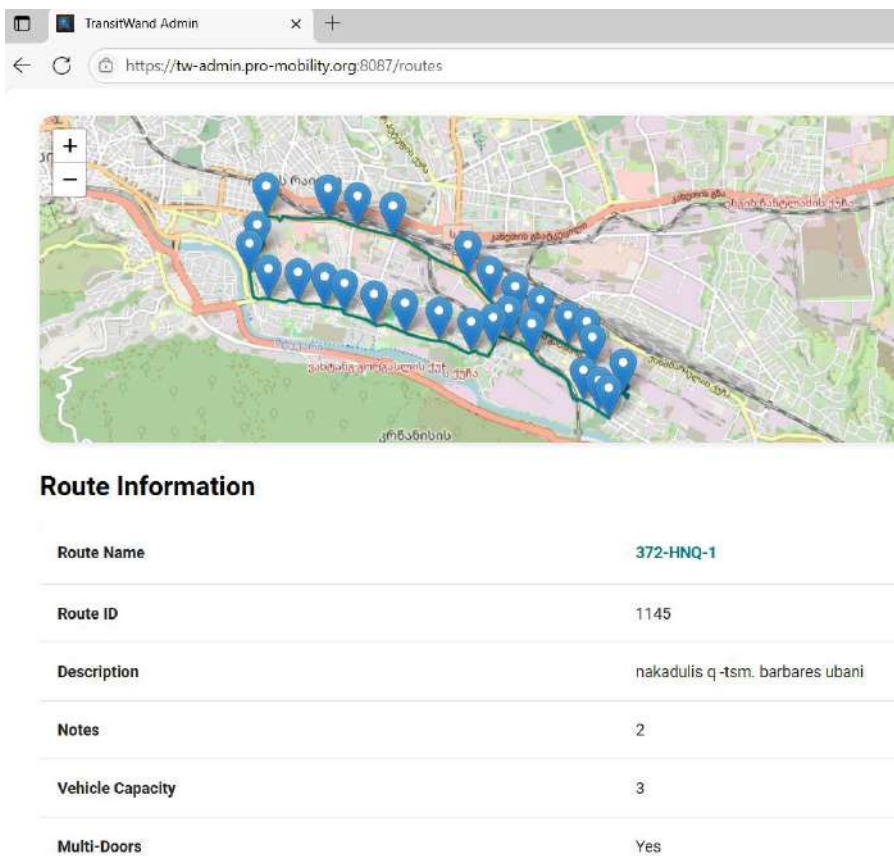
სურათი 79. TTC-ის მონაცემების გამოყენება ტრანსპორტის და გაჩერებების გადასამოწმებლად

რიგ შემთხვევაში, სავსე დაკვირვების შედეგებსა და არსებულ წყაროებს შორის გარკვეული უზუსტობები გამოვლინდა. ეს შეუსაბამობები მხოლოდ მიკროავტობუსების მომსახურებას

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

ეხებოდა და გავლენა არ მოუხდენია TTC-ის დაქვემდებარებაში მყოფ მუნიციპალურ საზოგადოებრივ ტრანსპორტზე. გარდა ამისა, იმ მარშრუტების წილი, რომელთა ტრაექტორიაც არსებული მონაცემებისგან განსხვავდებოდა, 10%-ს არ აღემატებოდა.

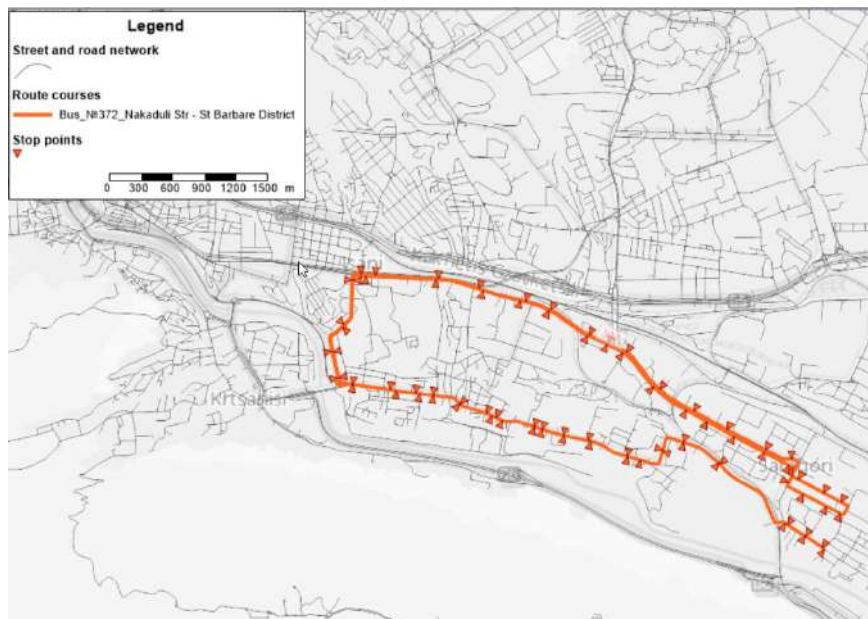
ასეთ შემთხვევებში ძირითად წყაროდ გამოყენებულ იქნა საველე კვლევის შედეგები. აღნიშნული მონაცემები დამატებით გადამოწმდა მგზავრთა ნაკადების საველე კვლევის შედეგების საფუძველზე, რომელიც 2025 წელს განხორციელდა ACT-ის მიერ **TransitWand** აპლიკაციის გამოყენებით²⁵ (სურათი 80).



TransitWand-ის
მონაცემები

²⁵ <https://tw.pro-mobility.org:8085/form>

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში



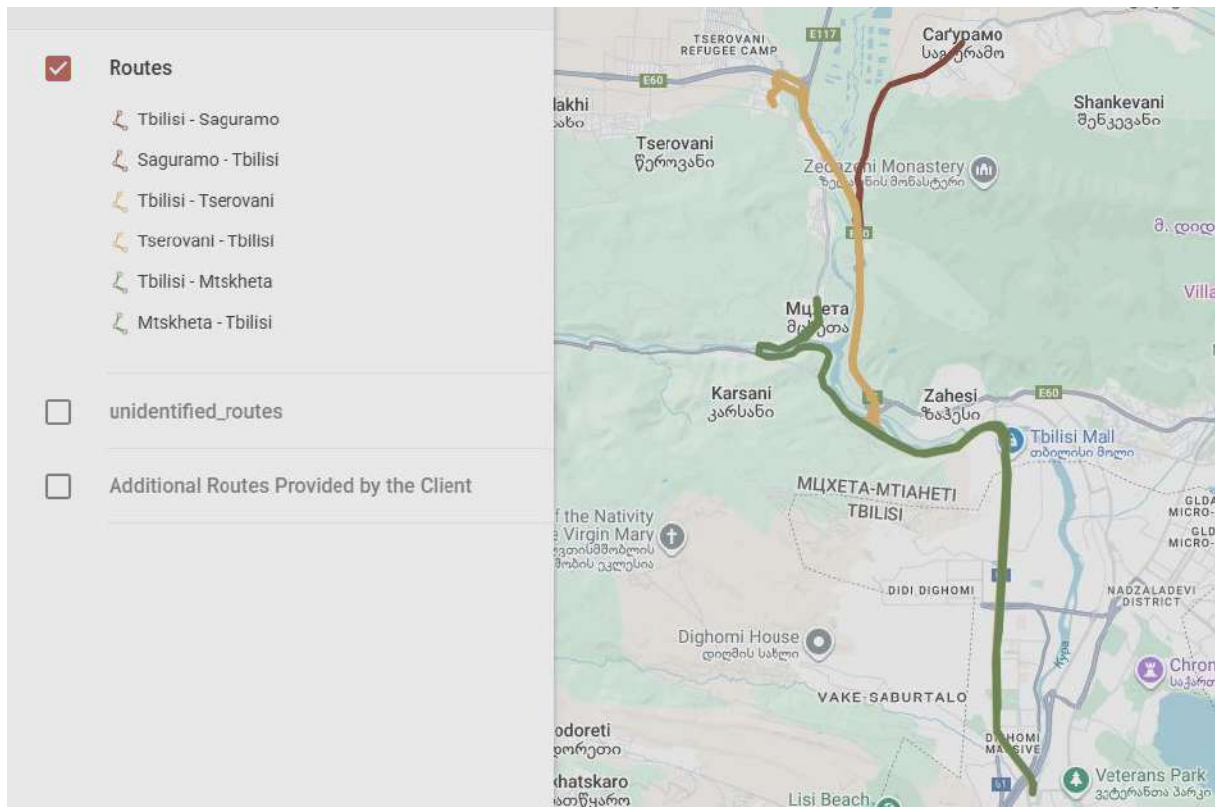
მონაცემები
განახლებულ მოდელში

სურათი 80. Transit Wand-ის მონაცემების გამოყენებით ტრაექტორიებისა და გაჩერების წერტილების გადამოწმების ილუსტრაცია

ამ მიდგომის გამოყენებით გადამოწმდა თბილისის საქალაქო და რუსთავის ყველა ქალაქგარე საზოგადოებრივი ტრანსპორტის მარშრუტი. თუმცა, მოდელირების არეალი ასევე მოიცავს სხვა ქალაქგარე ზონებსაც, რომლებისთვისაც ავტობუსების კავშირებზე საჯაროდ ხელმისაწვდომი ინფორმაცია ან წინასწარ იმპორტირებული GTFS მონაცემები არ არსებობდა. ამ შემთხვევებში, თითოეული მიმართულებით, ქალაქგარე კავშირების შესახებ ინფორმაცია დაზუსტდა ცალ-ცალკე, მონაცემთა სხვადასხვა წყაროზე დაყრდნობით. გამოყენებული სხვადასხვა მიდგომები ქვემოთ არის განმარტებული:

ქალაქგარე ავტობუსების მარშრუტები: თბილისი-მცხეთა, თბილისი-წეროვანი, - ტრაექტორიები დადგინდა დიდუბის ავტოსადგურზე მძღოლების გამოკითხვის საფუძველზე. ეს მონაცემები მიღებული იქნა TUDA-სგან Google Maps-ის ფორმატში (სურათი 81).

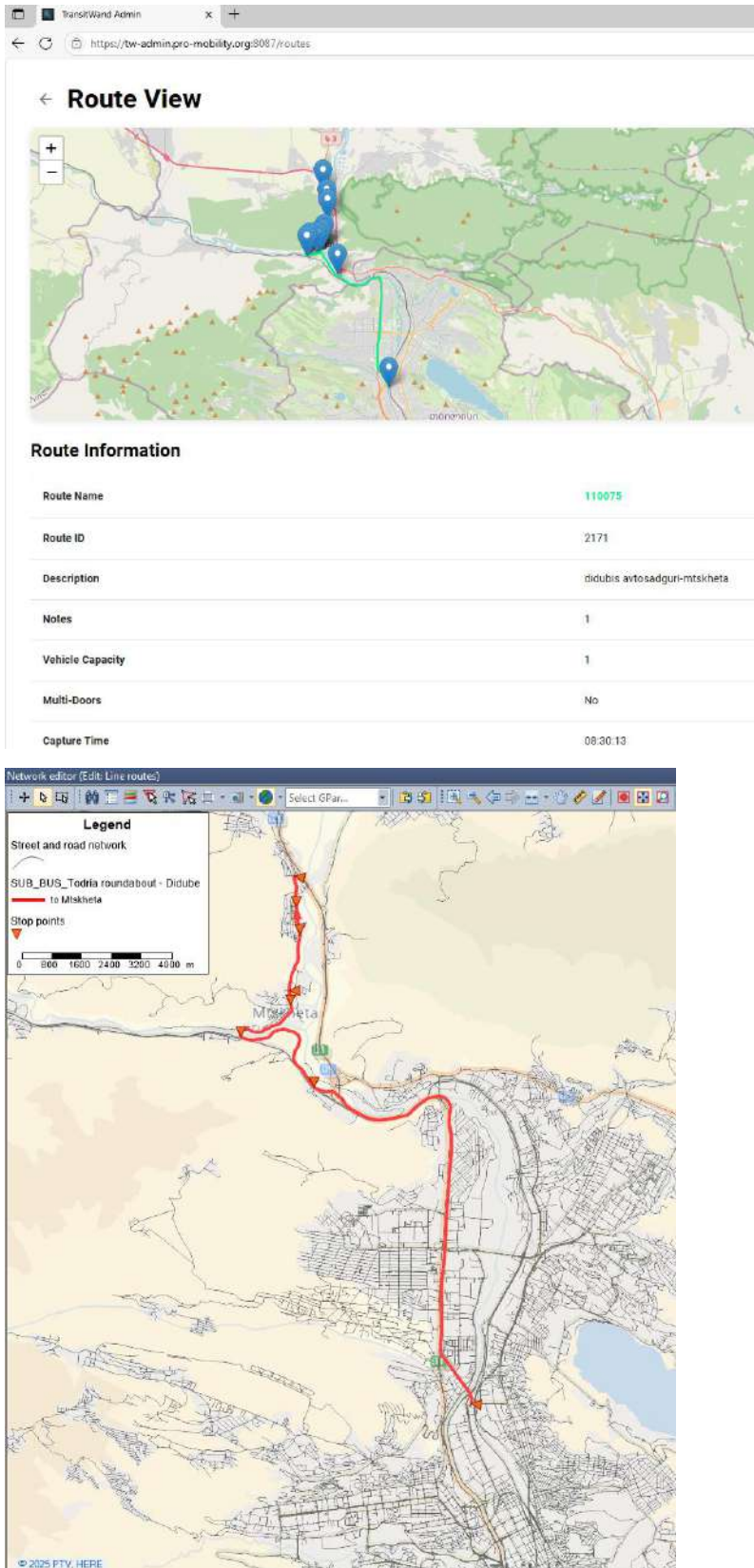
ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში



სურათი 81. მონაცემები მცხეთის, წეროვანისა და საგურამოს ქალაქგარე ავტობუსების მარშრუტების შესახებ, რომლებიც მოწოდებულია ამავე მარშრუტებზე მომუშავე მძღოლების მიერ

რადგან მოწოდებული მონაცემები არ შეიცავდა ინფორმაციას მარშრუტებზე არსებული გაჩერებების შესახებ, მარშრუტების ტრაექტორია და გაჩერებების თანმიმდევრობა განისაზღვრა **TransitWand** აპლიკაციის გამოყენებით ჩატარებული მგზავრთა ნაკადების საველე კვლევის შედეგების საფუძველზე (სურათი 82).

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში



TransitWand-ის
მონაცემები

მონაცემები
განახლებულ
მოდელში

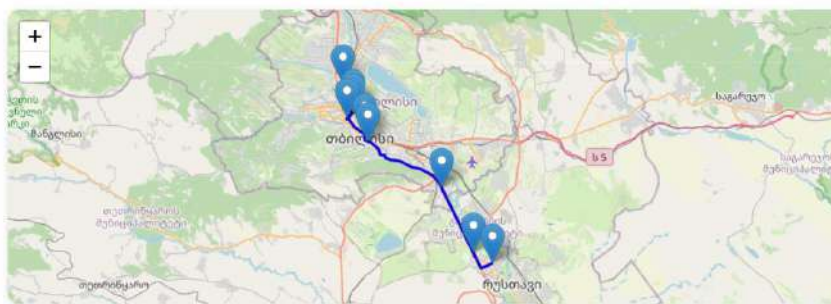
სურათი 82. Transit Wand-ის მონაცემების გამოყენების ილუსტრაცია ტრაექტორიისა და გაჩერებების გადასამოწმებლად

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

- ქალაქგარე ავტობუსის მარშრუტები თბილისი - გარდაბანი და მიკროავტობუსის მარშრუტები თბილისი - რუსთავი

(თოდრიას წრიული მოძრაობა - დიდუბე, სადგურის მოედანი - ძველი ბაზარი (ბათუმის ქ.), ძველი ბაზარი (ბათუმის ქ.) - მ/ს სამგორი, „ისტ ფოინტი“ (სავაჭრო ცენტრი) - ძველი ბაზარი, მესხიშვილი-ლეონიძის კვეთა - სადგურის მოედანი, მე-19 მ/რ - სახელმწიფო უნივერსიტეტი (X კორპუსი); ჯავახეთის ქ. (ე.წ. „სვანების ბაზარი“) - გმირთა მოედანი (მეგობრობის გამზ.); სპორტის სასახლე (საბურთალო) - ფიროსმანის ქ. 38; მ/ს ახმეტელი - მეტალურგიული ქარხნის ადმინისტრაცია).

ვინაიდან არ არსებობდა ოფიციალური ინფორმაცია თბილისი-გარდაბნისა და თბილისი-რუსთავის დამაკავშირებელ მარშრუტებზე მოძრავი ავტობუსებისა და მიკროავტობუსების შესახებ, აღნიშნული მონაცემები მოდელში შეტანილ იქნა მხოლოდ საველე პირობებში ჩატარებული მგზავრთა ნაკადების კვლევის შედეგების საფუძველზე (სურათი 83).

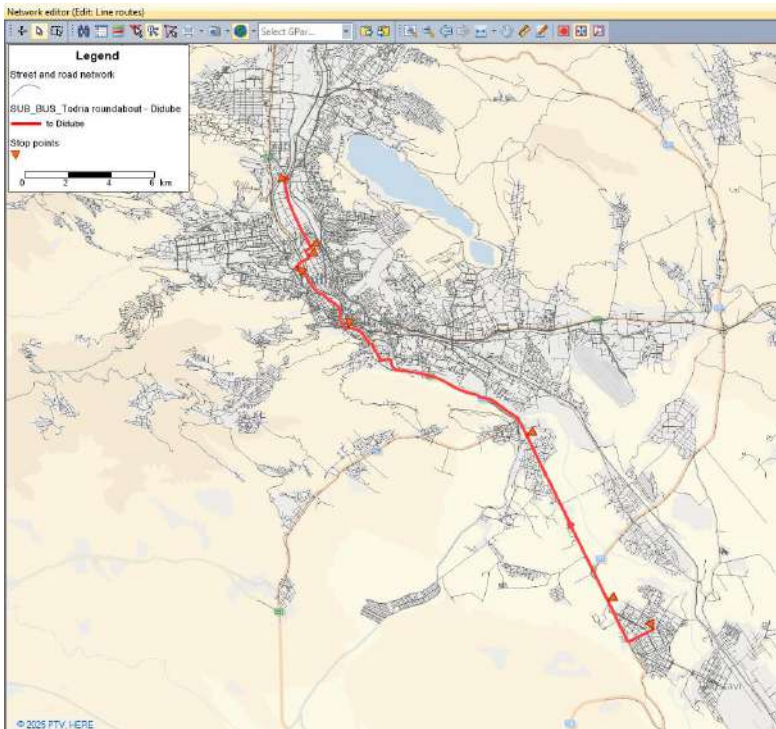


Route Information

Route Name	106-110038
Route ID	2160
Description	rustavi- qveda didube
Notes	1
Vehicle Capacity	1
Multi-Doors	No

TransitWand-ის
მონაცემები

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში



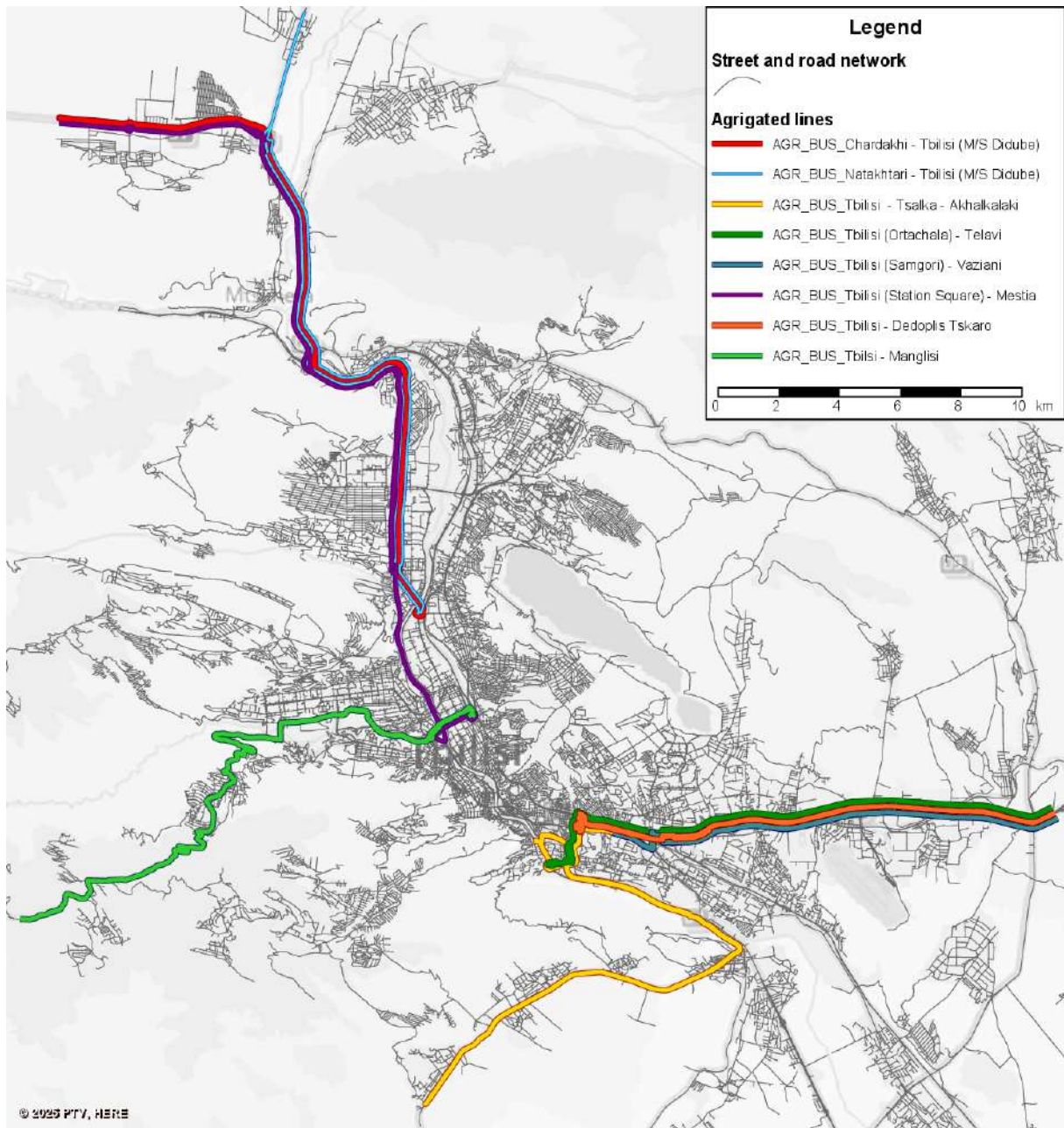
მოდელის მონაცემები

სურათი 83. Transit Wand-ის მონაცემების გამოყენების ილუსტრაცია მიკროავტობუსის ტრექტორიის (სადგურის მოედანი - ძველი ბაზარი (ბათუმის ქ.) და გაჩერებების დასადგენად (ვინაიდან არ არსებობდა მონაცემები, რომელიც გამოყენებულ იქნებოდა გადასამოწმებლად)

- სხვა ქალაქგარე ავტობუსის მარშრუტები. ქალაქგარე დასახლებებთან ავტობუსით მიმოსვლის შესახებ დეტალური ინფორმაციის არარსებობის გამო, მოდელში დაემატა ე.წ. „აგრეგირებული“ მარშრუტები. აღნიშნულ მარშრუტებს საკვლევ არეალში ერთნაირი სქემა აქვთ, ხოლო მის ფარგლებს გარეთ კი ეს სქემები განსხვავდება. ისინი დაპროექტდა საქართველოში საქალაქთაშორისო ავტობუსების მიმოსვლის შესახებ ღია მონაცემების საფუძველზე²⁶ (სურათი 84). აღნიშნულმა მიდგომამ შესაძლებელი გახადა თბილისის განახლებულ სატრანსპორტო მოდელში საზოგადოებრივი ტრანსპორტით გადაადგილების შესაძლებლობის ინტეგრირება იმ შემთხვევაშიც, როდესაც თითოეული მარშრუტის შესახებ დეტალური ინფორმაცია არ იყო ხელმისაწვდომი.

²⁶ <https://marshrutka.info/city/65f58ae339fd45017a7658b9>

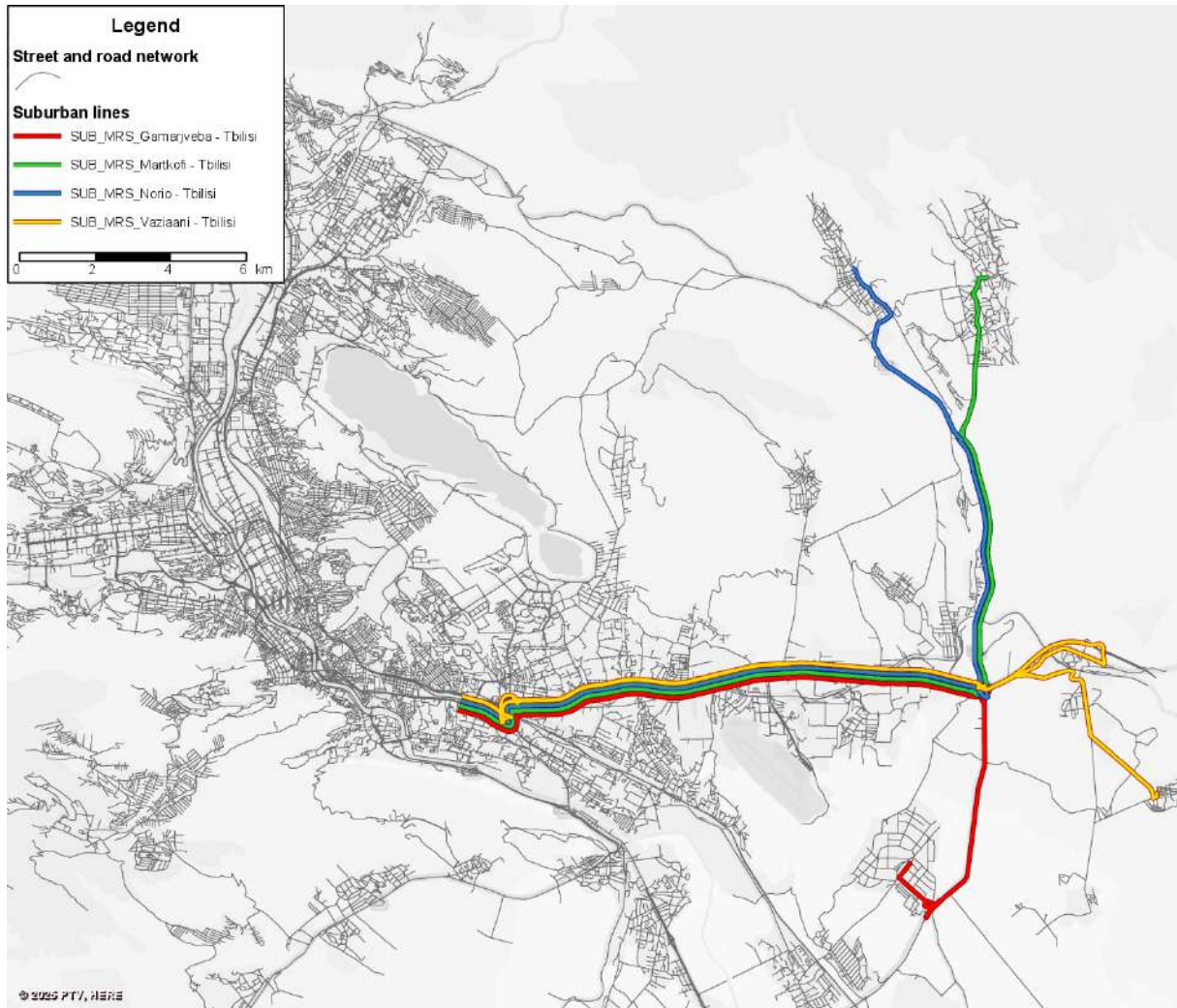
ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში



სურათი 84. აგრეგირებული საზოგადოებრივი ტრანსპორტის მარშრუტები

თბილისსა და გამარჯვებას, ვაზიანის, მარტყოფისა და ნორიოს მიმართულებებს შორის საზოგადოებრივი ტრანსპორტით კავშირი არ იყო უზრუნველყოფილი. აღნიშნული მიმართულებების მოდელში ინტეგრირების მიზნით, კონსორციუმის ადგილობრივმა ექსპერტებმა განსაზღვრეს შესაბამისი მარშრუტები (სურათი 85).

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

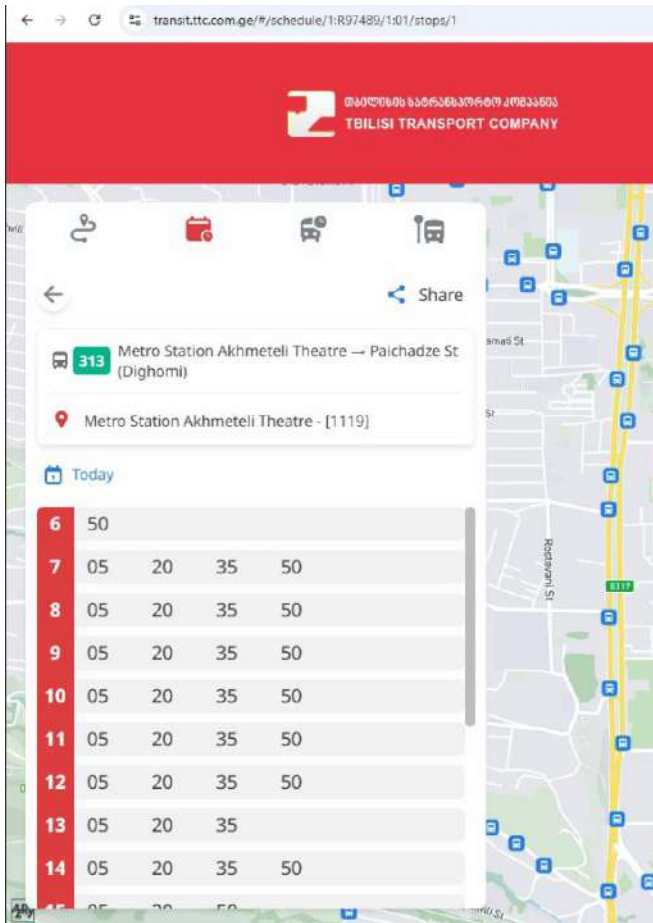


სურათი 85. ქალაქგარე ავტობუსების მარშრუტები გამარჯვების, ვაჟიანის, მარტყოფისა და ნორიკოს მიმართულებით

მოდელში თითოეული მარშრუტის მიმართულებისთვის განრიგი განისაზღვრა Transit.ttc.com.ge-გან²⁷ მიღებული მონაცემების საფუძველზე (სურათი 86).

²⁷ <https://transit.ttc.com.ge/#/realtime>

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში



TTC
მონაცემები

Timetable (tabular)					
65 vehicle journeys					
No	30485	30486	30487	30488	30489
Name	Akhmeteli Theatre - Paichadze St (Dighomi)	Akhmeteli Theatre - Paichadze St (Dighomi)	Akhmeteli Theatre - Paichadze St (Dighomi)	Akhmeteli Theatre - Paichadze St (Dighomi)	Akhmeteli Theatre - Paichadze St (Dighomi)
LineName	313_Paichadze Str (Dighomi)	313_Paichadze Str (Dighomi)	313_Paichadze Str (Dighomi)	313_Paichadze Str (Dighomi)	313_Paichadze Str (Dighomi)
DirectionCode	<	<	<	<	<
LineRouteName	313_Paichadze Str (Dighomi)	313_Paichadze Str (Dighomi)	313_Paichadze Str (Dighomi)	313_Paichadze Str (Dighomi)	313_Paichadze Str (Dighomi)
TimeProfileName	1	1	1	1	1
OperatorIdentifier	თბილისის სატრანსპორტო კომპანია	თბილისის სატრანსპორტო კომპანია	თბილისის სატრანსპორტო კომპანია	თბილისის სატრანსპორტო კომპანია	თბილისის სატრანსპორტო კომპანია
ServTripPatNo	0	0	0	0	0
Count:VehJourneySections	1	1	1	1	1
FromTPItemIdentifier	1: 552 B	1: 552 B	1: 552 B	1: 552 B	1: 552 B
ToTPItemIdentifier	33: 551 B	33: 551 B	33: 551 B	33: 551 B	33: 551 B
Dep	06:50:00	07:05:00	07:20:00	07:35:00	07:50:00
Arr	07:23:14	07:38:14	07:53:14	08:08:14	08:23:14
IsCoupled	☐	☐	☐	☐	☐

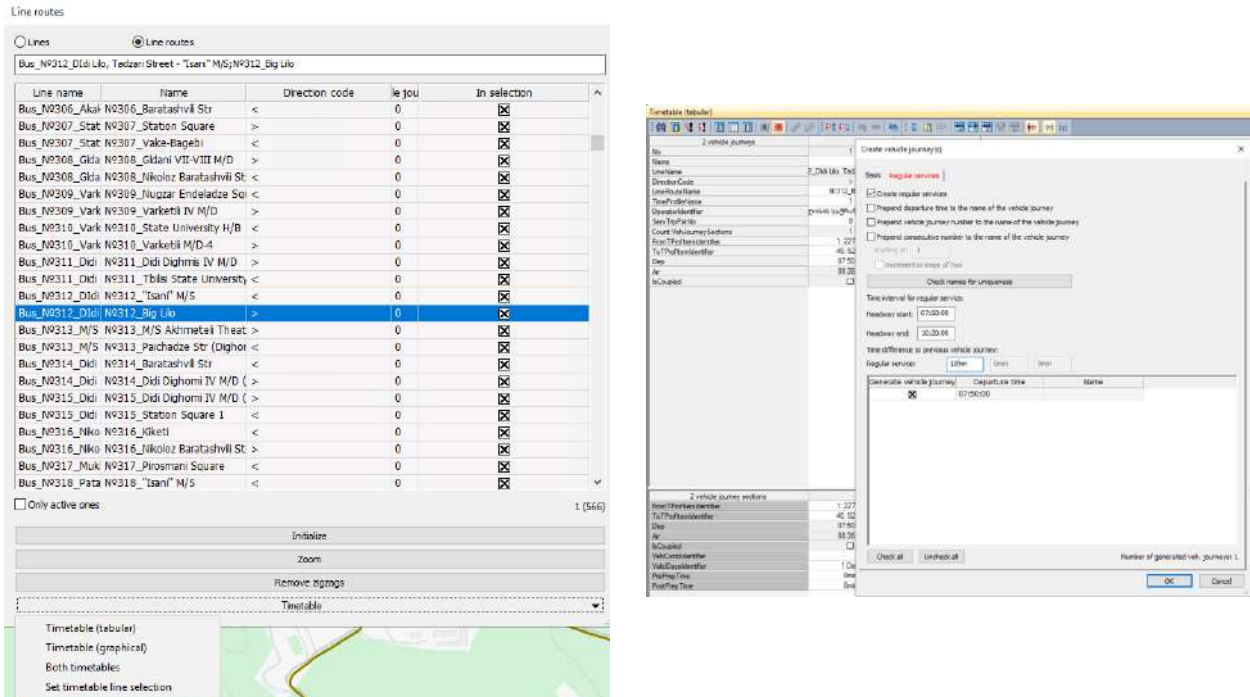
მონაცემები
განახლებული
მოდელში

სურათი 86. TTC მონაცემების გამოყენება მარშრუტების მიმართულებების განრიგების დადგენის მიზნით

იმ მარშრუტების მიმართულებებისთვის, რომელთა განრიგი Transit.ttc.com.ge-ზე არ იყო გამოქვეყნებული, შესაბამისი ინფორმაცია მოიპოვეს და/ან დააზუსტეს სამუშაო ჯგუფის ადგილობრივმა ექსპერტებმა სავალე კვლევის დროს.

განრიგის მონაცემები თითოეული მარშრუტის მიმართულებებისთვის ინდივიდუალურად აისახა PTV Visum-ის მოდელში (სურათი 87).

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში



სურათი 87. მარშრუტის მიმართულებების განრიგების შეყვანა მოდელში

შედეგად, მოდელში შეტანილ იქნა საზოგადოებრივი ტრანსპორტის ყველა მარშრუტისთვის 25,000-ზე მეტი დაგეგმილი რეისი.

დამატებით ინტეგრირებულ იქნა სატრანსპორტო საშუალებების შესახებ მონაცემები, მიღებული ტრანსპორტისა და კომუნიკაციების დეპარტამენტიდან და ღია ინტერნეტ-წყაროდან Busphoto. იმ მარშრუტებზე, სადაც სატრანსპორტო საშუალების ტიპი დაფიქსირდა გამოკითხვის პროცესში, ტევადობის შესახებ ინფორმაცია დამატებით გადამოწმდა სხვადასხვა დაკვირვებების შედეგების საფუძველზე. აღნიშნული მონაცემები მოიცავს მუნიციპალური ავტობუსებისა და მიკროავტობუსების დასაჯდომი ადგილების რაოდენობასა და მგზავრთა საერთო ტევადობას²⁸ (ცხრილი 6).

ცხრილი 6. სატრანსპორტო საშუალებების ერთეულების ჩამონათვალი

No	მოდელი/ტიპი	ნებადართული სატრანსპორტო სისტემები	ადგილების რაოდენობა	საერთო ტევადობა
1	MAN A21 Lion's City NL313 CNG	BUS,MRS	37	87
2	BMC Procity 12LF CNG	BUS,MRS	34	90

²⁸ <https://busphoto.eu/city/4015/>

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

3	Isuzu Novociti Life	BUS,MRS	32	53
4	MAN A47 Lion's City M 10.5 NL293	BUS,MRS	26	84
5	MAN 18G Lion's City NG320	BUS,MRS	49	165
6	FORD TRANSIT460E	MRS	9	21
7	Metro	SUB	48	264
8	Otokar Centro	BUS	17	34
9	Otokar Kent C 10	MRS	27	90
10	Anadolu Isuzu NovoCiti	BUS	21	55
11	Mercedes-Benz Sprinter T1N	BUS	18	18

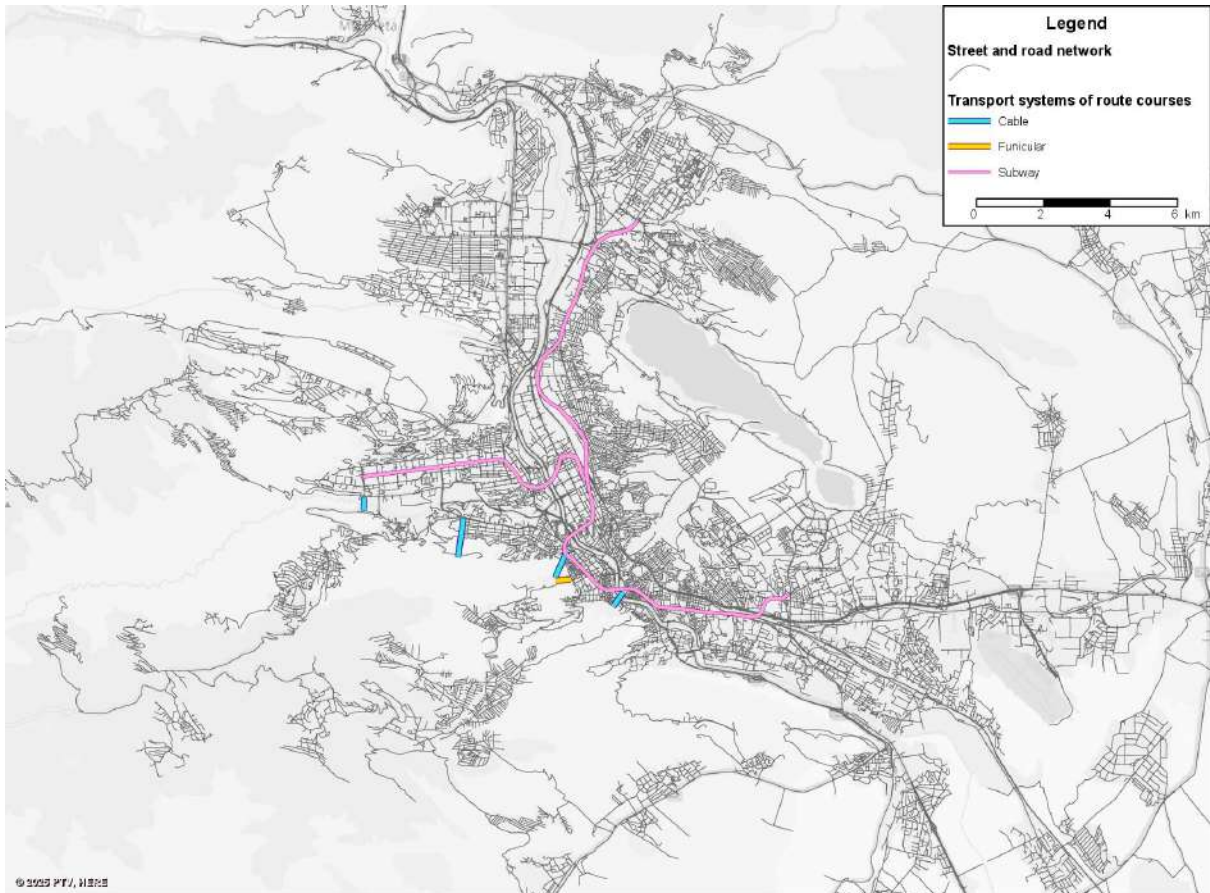
თითოეული მარშრუტისთვის და მარშრუტის მიმართულებების მიხედვით დაგეგმილი ყოველი გასვლისთვის (რეისისთვის), განსაზღვრულ იქნა მოძრავი შემადგენლობის ტიპი (სურათი 88).

The screenshot shows the 'Edit line' window for 'Bus_N021_Rustavi - Tbilisi (Sports Palace)'. The window is divided into two main sections: 'Lines' on the left and 'Edit line' on the right. The 'Lines' section shows a list of bus lines with columns for 'Name', 'Vehicle journey', and 'Status'. The 'Edit line' section shows the configuration for the selected line. The 'Name' field is highlighted with a red box and contains the text '121 Rustavi - Tbilisi (Sports Palace)'. Other fields include 'Transport system' (BUS Bus), 'Main line' (---), 'Standard vehicle combination' (8 Otokar Centro), 'Standard operator' (---), 'Fare systems' (---), and 'Basis' (User-defined attributes). The 'Basis' section shows 'Number of line routes' (2), 'Number of time profiles' (2), and 'Number of veh. jour' (208). There are also three 'AddValue' fields with values 0, 0, and 0.

სურათი 88. სატრანსპორტო საშუალებების ერთეულები რუსთავი-თბილისის №021 მარშრუტისთვის (სპორტის სასახლე)

მეტროს, ფუნქციონირისა და საბაგირო გზებისთვის მოდელში შეყვანილ იქნა მარშრუტები, გაჩერებების სია, განრიგი და მოძრავი შემადგენლობის (ვაგონების/კაბინების) ტიპები TTC-ის მიერ მოწოდებული მონაცემების საფუძველზე (სურათი 89).

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში



სურათი 89. მეტროს, ფუნკულიორისა და საბაგირო გზების მარშრუტების ილუსტრაცია მოდელში

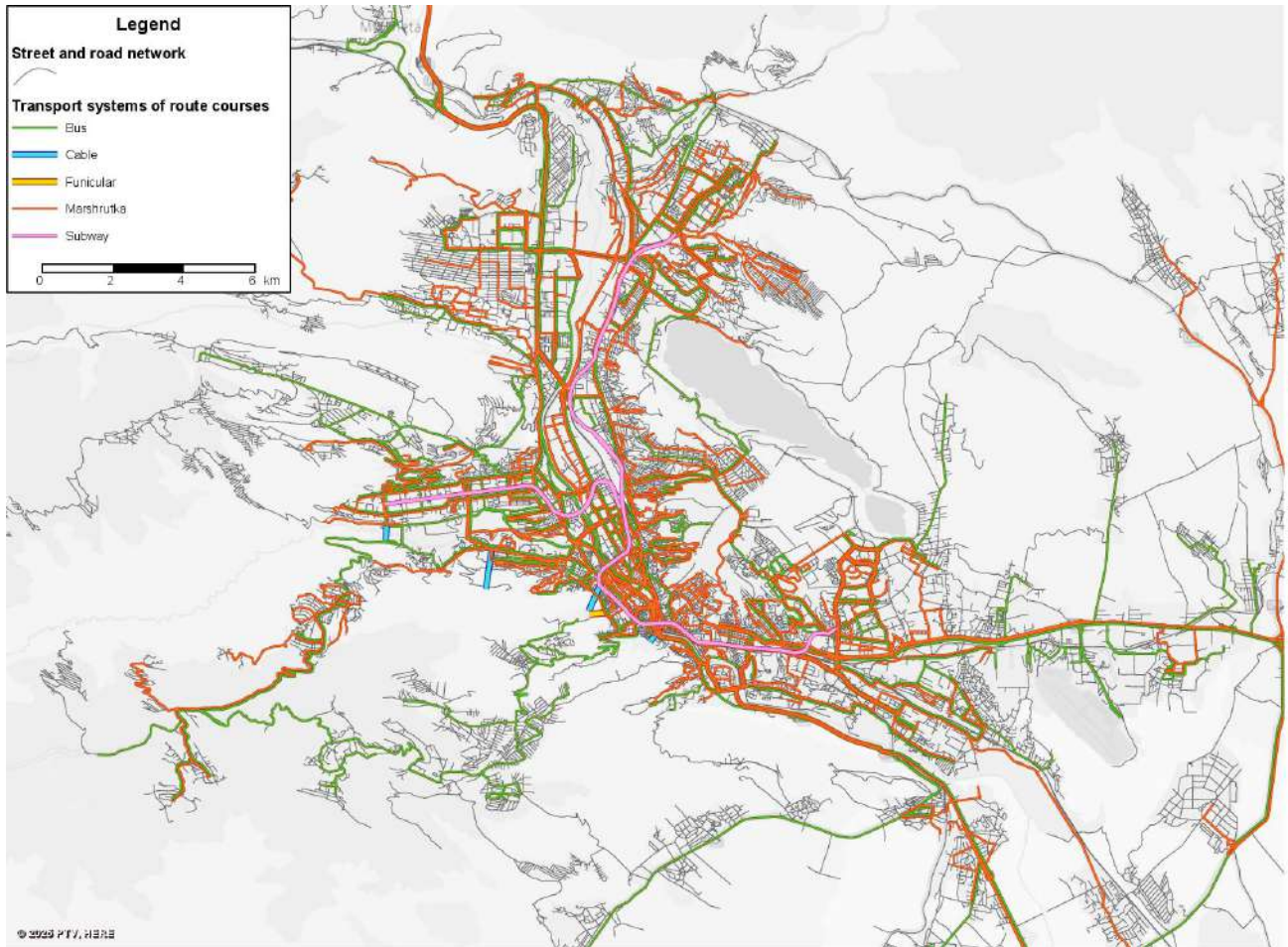
შედეგად, თბილისის განახლებული სატრანსპორტო მოდელი მოიცავს 316 ხაზს (Line) და 574 მარშრუტის მიმართულებას/ტრაექტორიას (Line Route).

აქტიური მარშრუტების საერთო რაოდენობა ტიპების მიხედვით მოცემულია ქვემოთ:

- ავტობუსი: 132 ხაზი, 249 მარშრუტის მიმართულება/ტრაექტორია.
- საბაგირო: 4 ხაზი, 8 მარშრუტის მიმართულება/ტრაექტორია.
- ფუნკულიორი: 1 ხაზი, 2 მარშრუტის მიმართულება/ტრაექტორია.
- მიკროავტობუსი („მარშრუტკა“): 177 ხაზი, 313 მარშრუტის მიმართულება/ტრაექტორია.
- მეტრო: 2 ხაზი, 4 მარშრუტის მიმართულება/ტრაექტორია.

საზოგადოებრივი ტრანსპორტის (PuT) მარშრუტების განაწილება მოდელის ქსელში, სატრანსპორტო სისტემების მიხედვით, ნაჩვენებია 90-ე სურათზე.

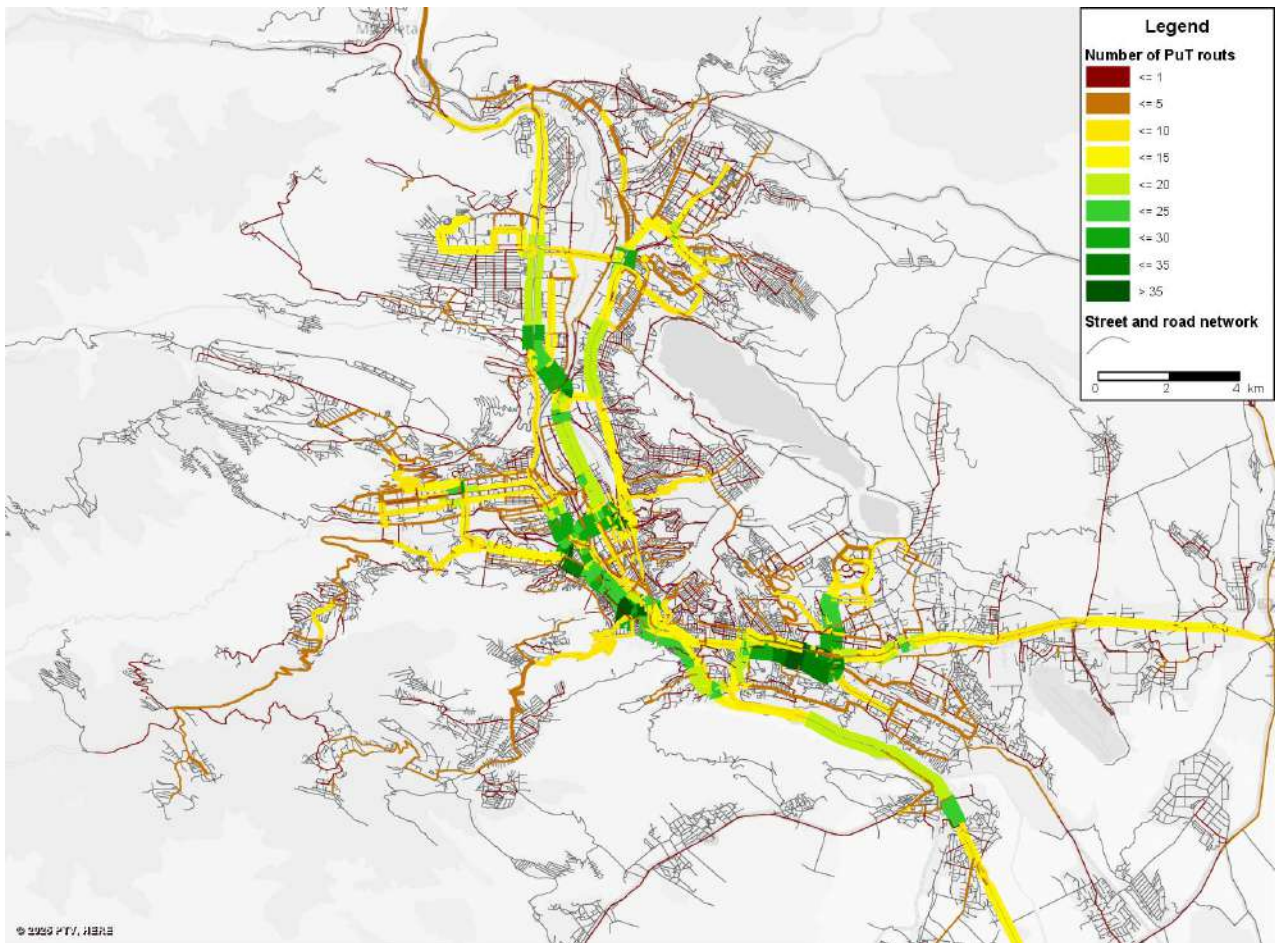
ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში



სურათი 90. საზოგადოებრივი ტრანსპორტის (PuT) მარშრუტების ქსელი თბილისის სატრანსპორტო მოდელში.

საგზაო ქსელის თითოეულ მონაკვეთზე მარშრუტების რაოდენობა ნაჩვენებია 91-ე სურათზე.

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში



სურათი 91. საზოგადოებრივი ტრანსპორტის (PuT) მარშრუტების რაოდენობა საგზაო ქსელზე

5.3.3. გაჩერებები (Stops)

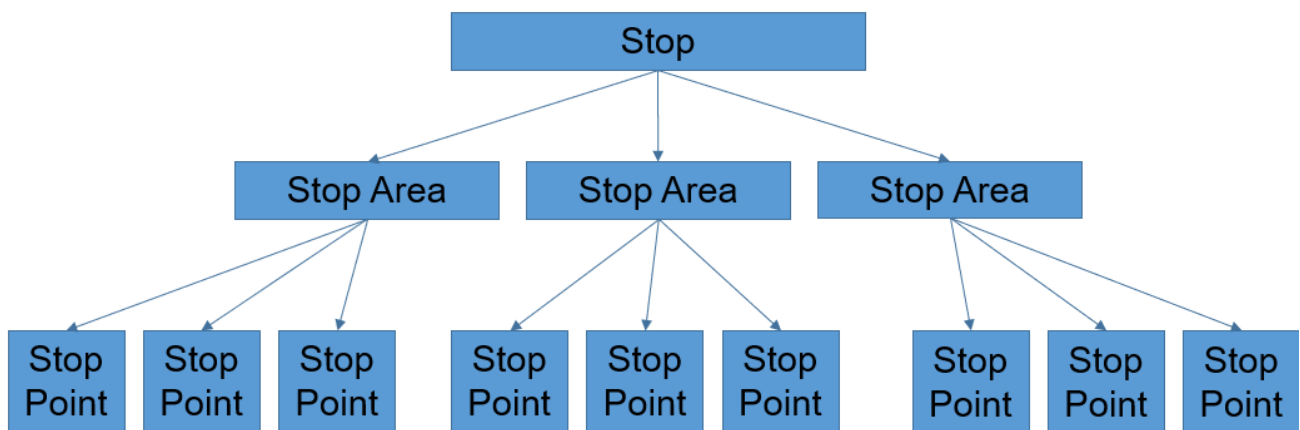
გაჩერებები მოდელში იმპორტირებული იქნა საზოგადოებრივი ტრანსპორტის მარშრუტებთან ერთად, სურათი 77-ის შესაბამისად, ორმაგი გადამოწმების პროცედურის დაცვით. თითოეულ გაჩერებას, გაჩერების არეალსა და გაჩერების წერტილს მიენიჭა უნიკალური იდენტიფიკატორი და სახელწოდება.

PTV Visum-ში საზოგადოებრივი ტრანსპორტის (PuT) გაჩერებები მოდელირებული იყო იერარქიული სტრუქტურის გამოყენებით, რომელიც მოიცავს შემდეგ ელემენტებს (იხ. სურათი 92):

- **გაჩერების წერტილები (Stop Points)** - ზუსტი ადგილები, სადაც ხდება მგზავრთა ჩასხდომა და გადმოსვლა.

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

- **გაჩერების არეალები (Stop Areas)** - ტერიტორიები, რომლებიც აერთიანებს რამდენიმე გაჩერების წერტილს და სადაც მგზავრებს შეუძლიათ გადაჯდომა დროის დანაკარგის გარეშე.
- **გაჩერებები (Stops)** - განსაზღვრული ადგილმდებარეობები, სადაც გადაჯდომა გარკვეულ დროს მოითხოვს.

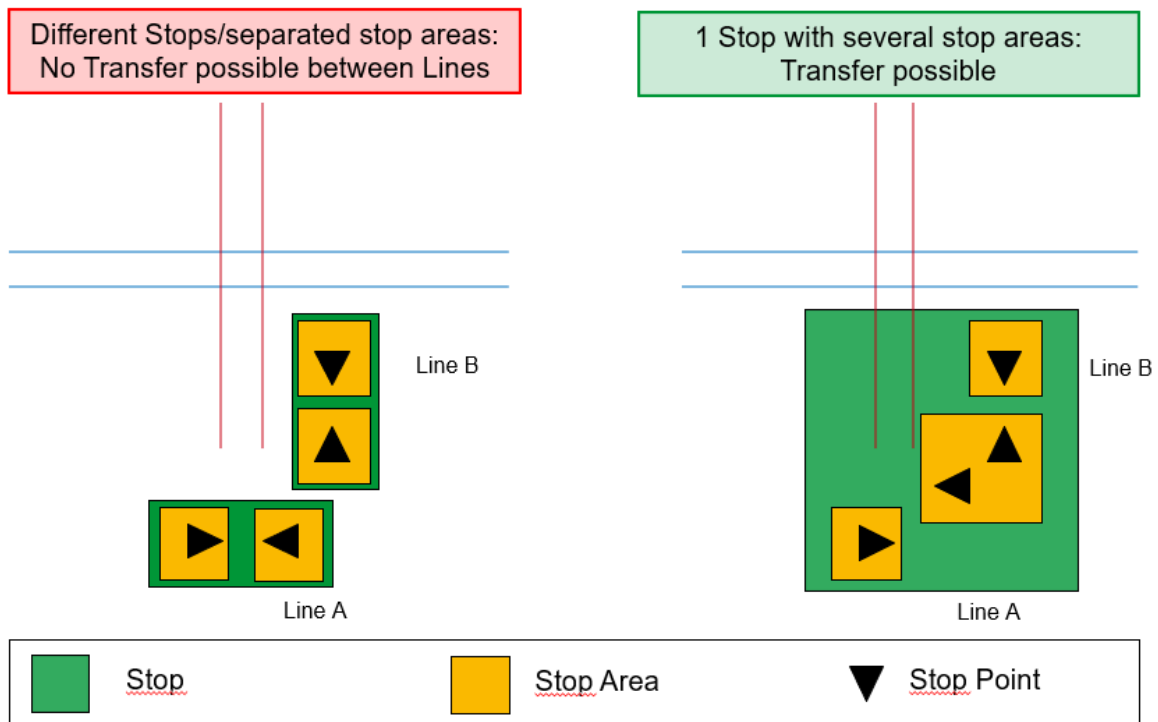


სურათი 92. PTV Visum-ში გაჩერებების იერარქიული სტრუქტურა

აღნიშნული სტრუქტურა იძლევა რამდენიმე გაჩერების ერთ გადაჯდომის კვანძად (transfer nodes) გაერთიანების შესაძლებლობას, რაც უზრუნველყოფს გადაჯდომას სხვადასხვა

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

მარშრუტსა და საზოგადოებრივი ტრანსპორტის (PuT) სხვადასხვა სახეობას შორის (იხ. ფიგურა 93).



სურათი 93. მგზავრთა გადაჯდომა გაჩერებებს შორის

ყველა გაჩერებისათვის განისაზღვრა დგომის დრო (stop time) 30 წამის ოდენობით. დგომის დროის აღნიშნული მაჩვენებელი შეესაბამება ტრანსპორტის მოდელირებაში დამკვიდრებულ პრაქტიკას და თანხვედრაშია სავსე დაკვირვებების შედეგებთან.

გადაჯდომის დროის გათვალისწინების მიზნით, განისაზღვრა ერთი გაჩერების ფარგლებში არსებულ ზონებს შორის გადაადგილების ხანგრძლივობა. მისი მნიშვნელობა დადგინდა იმ მანძილის საფუძველზე, რომელსაც მგზავრი სხვადასხვა გაჩერების არეალებს შორის გადაჯდომისას გადის. გადაჯდომის დრო გამოითვალა შემდეგი ალგორითმის გამოყენებით:

1. მინიმალური გადაჯდომის დრო გაჩერებებს შორის = 0,5 წთ
2. დანარჩენი შემთხვევებისთვის გამოიყენება შემდეგი ფორმულა:

$$t = t_0 + \frac{\sqrt{2} \cdot l \cdot 60}{V_{ped}},$$

სადაც $t_0=0,5$ წთ

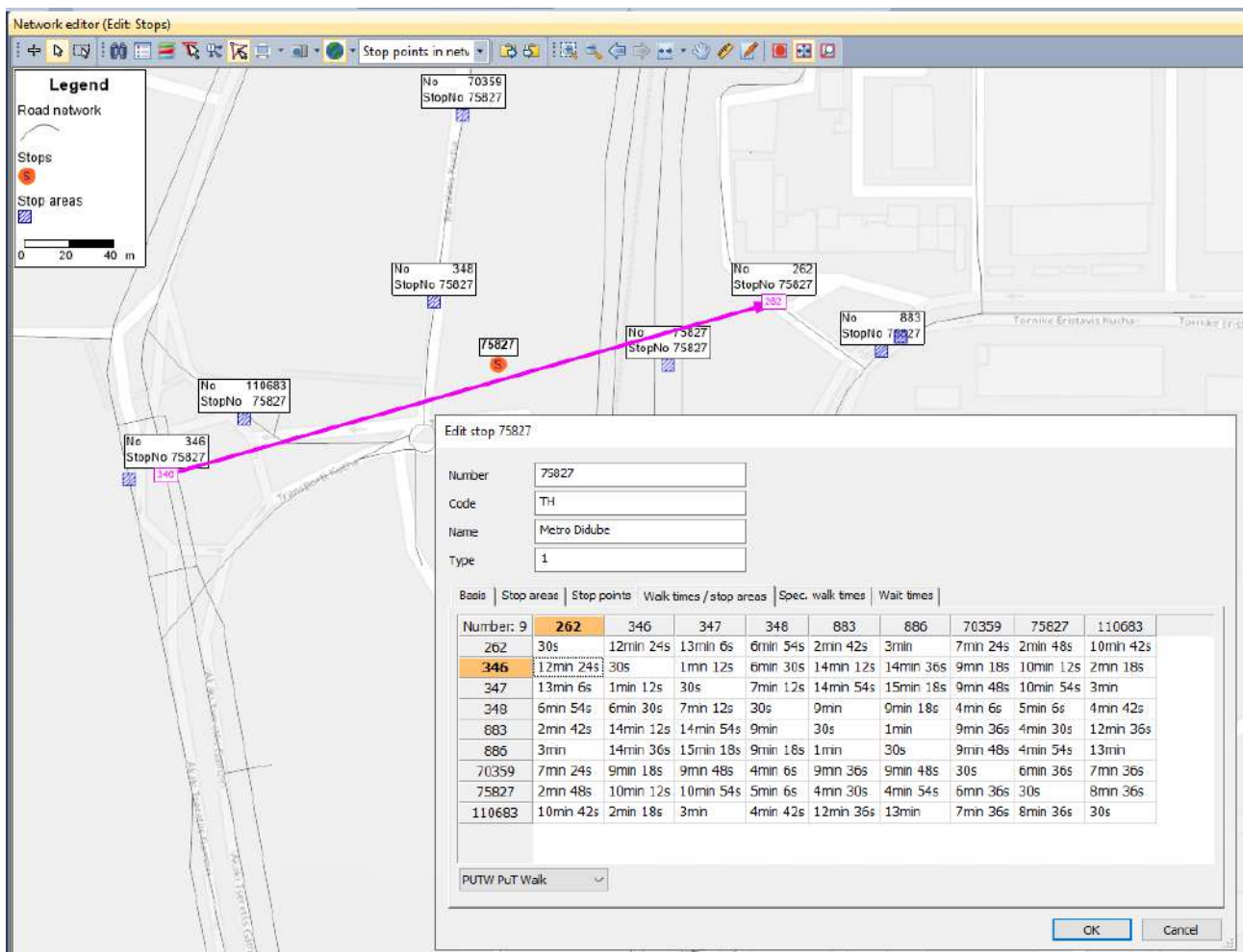
l - მანძილი წერტილებს შორის პირდაპირი ხაზით, მ;

V_{ped} - ფეხით მოსიარულეს სიჩქარე, 5 კმ/სთ;

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

$\sqrt{2}$ - დიაგონალური კოეფიციენტი

ამ მიდგომისა და მონაცემების გამოყენებით, თითოეული გადაჯდომის კვანძისთვის მომზადდა მატრიცა, რომელიც ასახავს ორ გაჩერებას შორის ფეხით გადაადგილების ხანგრძლივობას წუთებში. ასეთი მატრიცის მაგალითი გაჩერება „რკინიგზის სადგურისთვის“ მოცემულია სურათი 94-ზე.



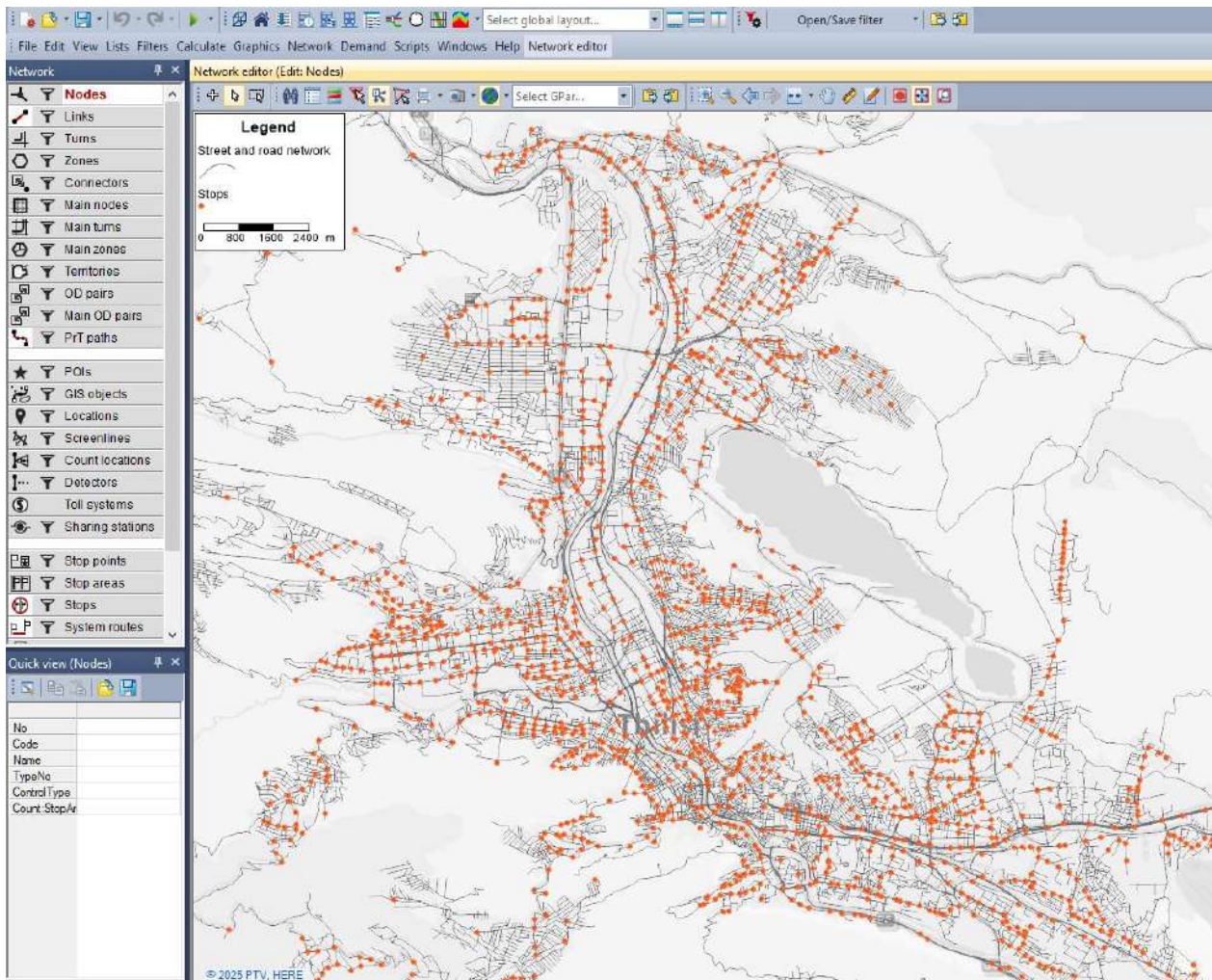
სურათი 94. გადაჯდომის დრო შოთა შალიკაშვილის სახელობის ხიდის გაჩერებაზე PTV Visum-ში

მოდელი მოიცავს საზოგადოებრივი ტრანსპორტის (PuT) ინფრასტრუქტურის შემდეგ ელემენტებს:

- გაჩერებები (Stops): 1 700-ზე მეტი.
- გაჩერების არეალები (Stop Areas): 2 700-ზე მეტი.
- გაჩერების წერტილები (Stop Points): 3 300-ზე მეტი.

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

თბილისის სატრანსპორტო მოდელის განახლებულ ვერსიაში საზოგადოებრივი ტრანსპორტის გაჩერებების განლაგება მოცემულია 95-ე სურათზე.



სურათი 95. საზოგადოებრივი ტრანსპორტის გაჩერებების განლაგება თბილისის მოდელში

5.3.4. მაკავშირებლები (Connectors)

მგზავრობაზე მოთხოვნის განაწილებისა და წინააღმდეგობის მატრიცების (impedance matrix) გაანგარიშების უზრუნველსაყოფად, სატრანსპორტო ანალიზის რაიონების (TAZ) ცენტროიდები მაკავშირებლების (connectors) გამოყენებით დაუკავშირდა საგზაო და საზოგადოებრივი ტრანსპორტის (PuT) ქსელებს.

მოდელი იყენებს მაკავშირებლების სხვადასხვა ტიპს:

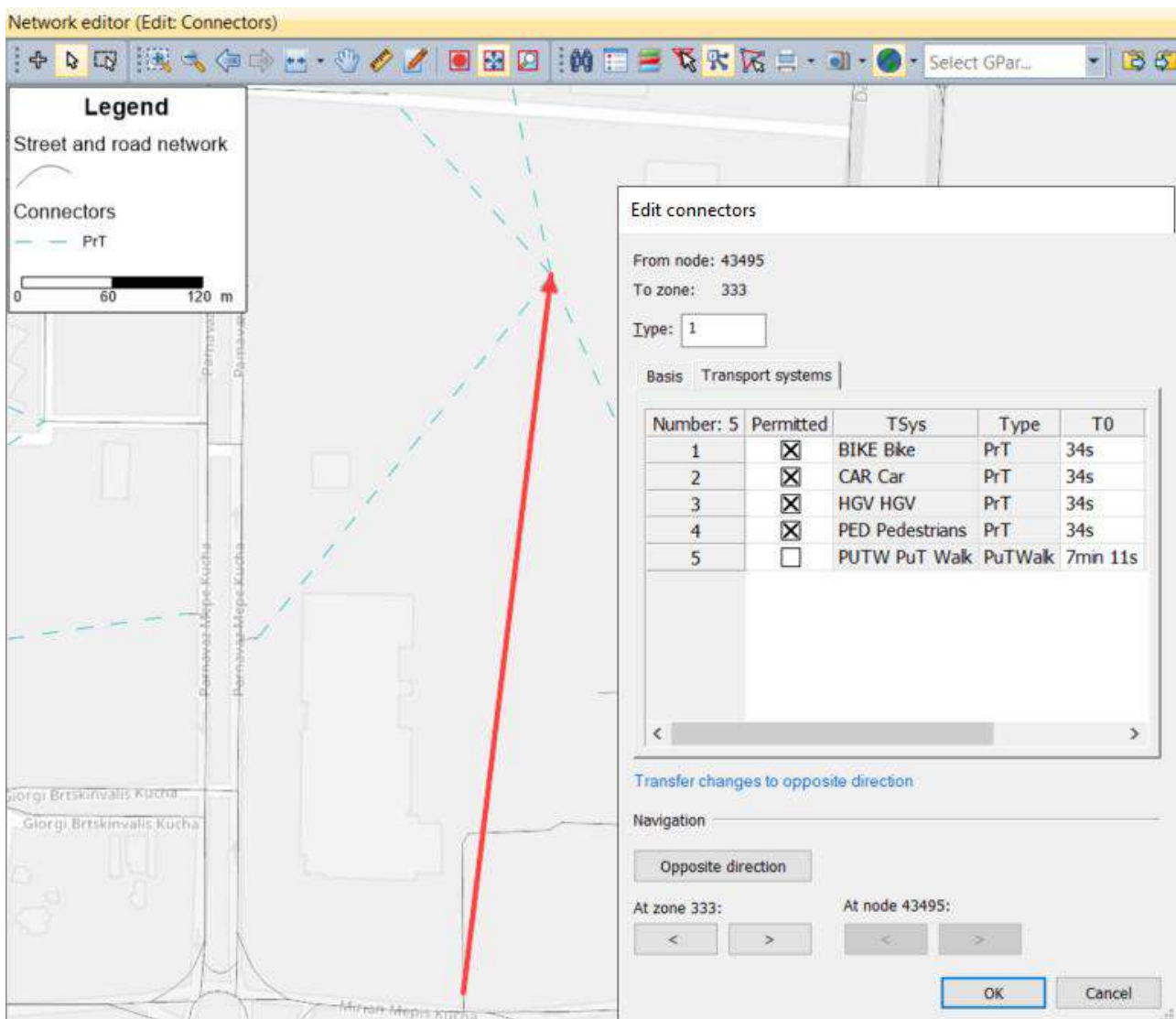
- **ტიპი 1 PrT (კერძო ტრანსპორტი)** - აკავშირებს TAZ-ების ცენტროიდებს საგზაო ქსელთან მისასვლელ წერტილებთან (7 800-ზე მეტი შემაერთებული).

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

- **ტიპი 2 PuT (მიკროავტობუსი/მარშრუტკა)** - აკავშირებს TAZ-ების ცენტროიდებს საზოგადოებრივი ტრანსპორტის გაჩერების კვანძებთან (6 500-ზე მეტი შემაერთებული).
- **ტიპი 5 PuT (მეტრო)** - აკავშირებს TAZ-ების ცენტროიდებს მეტროსადგურების გაჩერების კვანძებთან (400-ზე მეტი შემაერთებული).
- **ტიპი 8 PrT (საზღვარი)** - აკავშირებს საზღვრის/ავტოსადგურის/რკინიგზის სადგურის TAZ-ების ცენტროიდებს საგზაო ქსელთან მისასვლელ წერტილებთან (30-ზე მეტი შემაერთებული).
- **ტიპი 9 PuT (საზღვარი)** - აკავშირებს საზღვრის/ავტოსადგურის/რკინიგზის სადგურის TAZ-ების ცენტროიდებს გაჩერების კვანძებთან (30-ზე მეტი შემაერთებული).

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

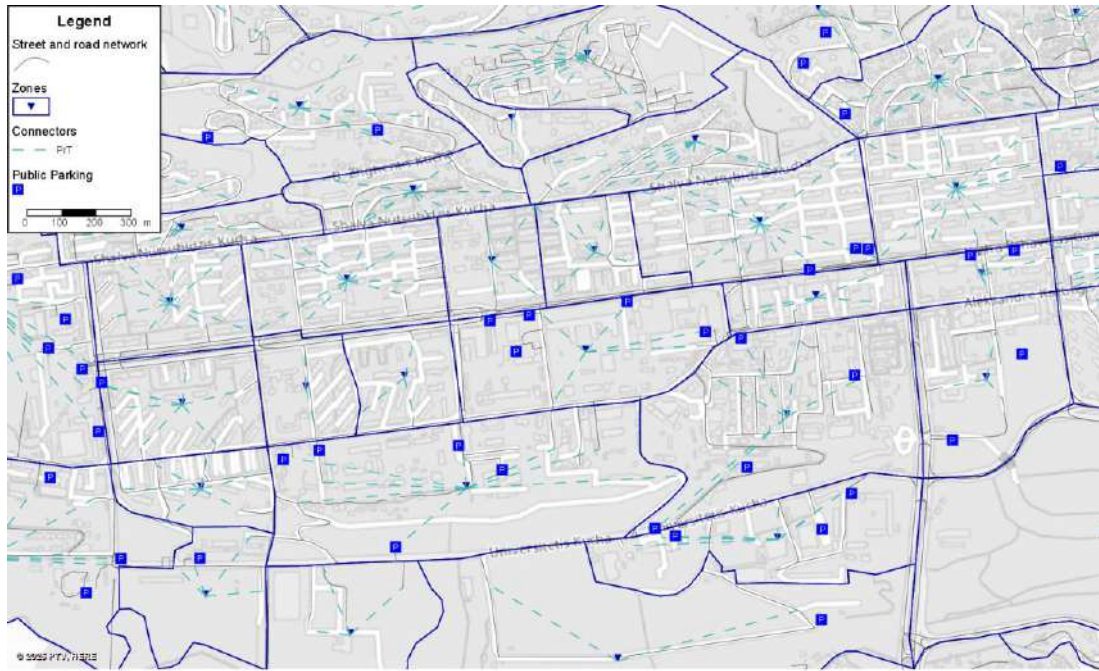
შემაერთებლის თითოეულ ტიპს განესაზღვრა ნებადართული სატრანსპორტო სისტემების კონკრეტული ერთობლიობა (სურათი 96)



სურათი 96. პირველი ტიპის შემაერთებლებისათვის ნებადართული სატრანსპორტო სისტემების მაგალითი

კერძო ტრანსპორტის შემაერთებლები განთავსებულია ობიექტების მისასვლელებთან, ავტოსადგომებთან, ავტოფარეხებთან და ქუჩის პარკირების ზონებთან (სურათი 97).

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში



სურათი 97. PrT მაკავშირებლების განლაგება PTV Visum-ში

PuT მაკავშირებელი ხაზები დაიგემა ფეხით მოსიარულეთა მისაწვდომობის გათვალისწინებით: TAZ-ის ცენტროიდებიდან 500-1000 მეტრის რადიუსში შეირჩა უახლოესი გაჩერებები და გადაჯდომის კვანძები, რომლებიც შესაბამისი მაკავშირებლებით დაუკავშირდა ქსელს (სურათი 98).



სურათი 98. საზოგადოებრივი ტრანსპორტის მაკავშირებლები PTV Visum-ში

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

5.4. ქსელის შემოწმება

მოდელის შემუშავებისას, ქსელის მთლიანობისა და სისწორის დასადასტურებლად, გამოყენებულ იქნა PTV Visum-ის ინსტრუმენტი Network Check. ეს ფუნქცია საშუალებას იძლევა გამოვლინდეს ქსელის ხარვეზები და შეუსაბამობები (სურათი 99), კერძოდ:

- იზოლირებული კვანძები;
- საგზაო ქსელის ერთიანობა/ურთიერთკავშირი;
- სატრანსპორტო ზონები კერძო და საზოგადოებრივი ტრანსპორტის შემაერთებლების გარეშე და ა.შ.

Check network						
Start of the last network check: 27.10.2025 15:57:12						
Name	Transport systems	Parameters	Result	Details	Messages	Description
General						
☒ Isolated nodes			✓			Finds nodes that are not connected to a link.
☒ Turns and main turns that do not make sense	BIKE, BUS, C, CAR,...		✓			Finds turn and main turns that are open for a transport system for which the From- or To-link is closed.
☐ Multiple straight turns and main turns			✓			Finds nodes and main nodes that have more than one straight (main) turn per incoming link. The number of turns taken into account...
☒ Invalid matrix values		Edit	✓			Finds matrices that contain invalid matrix values. Invalid are NaN (Not a Number) and Inf (Infinite).
PtT						
☒ Zones without PtT connection			✓			Finds zones without a connection to the PtT network due to missing connections and closed PtT transport systems. For zones with...
☒ Check network consistency	BIKE, CAR, GV, PED	Edit	✓			Finds OD pairs between which no path exists. The type of pairs is defined in the parameters.
☒ Dead-end roads PtT	BIKE, CAR, GV, PED		✓			Finds links to one-leg, unconnected nodes for which the U-turn at the node or the opposite direction of the link is closed.
☒ Links without succeeding link	BIKE, CAR, GV, PED		✓			Finds links with no connection to the network, whose succeeding links are closed for the currently selected transport systems.
☒ Links with Capacity PtT = 0 or v0 = 0			✓			Finds open PtT links with a PtT capacity or a speed of 0. Such links are like closed links as no traffic can enter them during assign...
☒ Viability for ICA			✓			Checks the correct modeling of nodes and main nodes for the ICA calculation (turn types, signalization, geometry, ...). Partial node...
☒ Viability for ANM export	BIKE, CAR, GV, PED		✓			Finds lane turns with closed inbound or outbound lanes, single inbound lanes with transport systems without permitted turns, (main)...
☐ Viability for Balance / Epics			✓			Checks whether links, turns and detectors can be used in Balance and Epics.
PuT						
☒ Zones without PuT connection			✓			Finds zones without a connection to the PuT network due to missing connections and closed PuT transport systems. For zones with...
☒ Links with PuT-Walk time = 0			✓			Finds walk links with time zero.
☒ Links with PuT-Aux time = 0			✓			Finds PuT-Aux links with time zero.
☒ Links with PuT run time = 0			✓			Finds links that meet the following conditions: 1. The link is traversed by a line route of a particular transport system 2. The link run...
☐ Find line and system routes with zigzags	BUS, C, F, MRS, SUB		✓			Finds zigzags on line and system routes.
☒ Vehicle combinations without vehicle unit			✓			
☒ Inconsistent couplings			✓			Finds couplings whose valid days or lengths overlap, or which do not begin and end at stop points.
☐ Stop areas with the same node			✓			Finds stop areas of the same stop, which have the same access node and thus allow direct transfers in time zero.
☒ PuT connector nodes without stop area			✓			
☒ PuT connector nodes without lines			✓			Finds PuT connector nodes with either no stop areas or at least one stop area with no line departure (origin connector) or no line a...
☒ Invalid chained up vehicle journey sections			✓			Finds chained up vehicle journey sections to which applies: origin or destination vehicle journey section do not run on the schedul...
☒ Lines without a fare system			✓			
☐ Parallel vehicle journeys of a time profile			✓			
☒ Vehicle journey items without vehicle journey sections			✓			Finds vehicle journeys which run at the same time on a common time profile in terms of the analysis period.

სურათი 99. ქსელის შემოწმება სატრანსპორტო მოდელში

ქსელის შემოწმების (Network Check) პროცედურის რეგულარული განხორციელება მოდელის შემუშავებისა და განახლების ეტაპზე, ტექნიკური ხარვეზების დროული გამოვლენისა და აღმოფხვრის საშუალებას იძლევა. აღნიშნული უზრუნველყოფს მონაცემთა ლოგიკურ შესაბამისობასა და სისრულეს, რაც კრიტიკულად მნიშვნელოვანია მოდელის გამართული ფუნქციონირებისთვის.

6. მოთხოვნის მოდელის მეთოდოლოგია

მოთხოვნის მოდელი ეფუძნება სოციოლოგიური კვლევის შედეგებს, რომელიც 2024 წლის ნოემბრიდან 2025 წლის მარტამდე პერიოდში ჩატარდა (ზამთრის არდადეგებისა და თბილისში მიმდინარე საპროტესტო აქციების გათვალისწინებით). კვლევის მეთოდოლოგია და შედეგები დაწვრილებით არის აღწერილი კონსულტანტის მიერ მომზადებულ „შინამეურნეობების კვლევის ანგარიშში“ (HHS Report). წინამდებარე დოკუმენტში მონაცემები წარმოდგენილია სიღრმისეულად და ძირითადი აქცენტი იმ მიგნებებზეა გაკეთებული, რომლებიც უშუალოდ თბილისის სატრანსპორტო მოდელის განახლებისთვის იქნა გამოყენებული.

თბილისის სატრანსპორტო მოდელი აგებულია **მოთხოვნის პროგნოზირების ოთხ საფეხურიან მეთოდზე** ეს მიდგომა, აგრეგირებულ მონაცემებზე დაყრდნობით, მობილობის მოთხოვნის თითოეული ეტაპის სიზუსტით შეფასების საშუალებას იძლევა.

გაანგარიშებები შესრულდა **მოთხოვნის სტრატეგიკაციის** მიხედვით, სადაც თითოეული ფენა მოსახლეობის კონკრეტული მგზავრობების მიზნებს ასახავდა. გამოთვლითმა ალგორითმმა დაადგინა მგზავრობების მატრიცები, საგზაო ქსელის სატრანსპორტო დატვირთვები და მგზავრთა ნაკადები.

ოთხ საფეხურიანი მოდელი შედგებოდა შემდეგი ეტაპებისგან:

1-ლი ეტაპი: მგზავრობების გენერაცია (Trip Generation)

ამ ეტაპზე თითოეული სატრანსპორტო ზონისთვის გამოითვალა გენერირებული (originating trips) და მიზნობრივი დანიშნულების მგზავრობების (trip attractions) ჯამური რაოდენობა, მოთხოვნის სტრატეგიკაციის გათვალისწინებით. მიღებული შედეგები გადაადგილების მატრიცებში აისახა სტრიქონებისა და სვეტების ჯამური მაჩვენებლების სახით.

მე-2 ეტაპი: მგზავრობების განაწილება (Trip Distribution)

ამ ეტაპზე მგზავრობების მოცულობები ყველა სატრანსპორტო ზონას შორის გამოითვალა კვლავ მოთხოვნის სტრატეგიკაციის მიხედვით, თუმცა ამ ფაზაში ჯერ კიდევ არ მომხდარა მგზავრობებისთვის ტრანსპორტის კონკრეტული სახეობის მინიჭება. ამ ეტაპის საბოლოო შედეგს მგზავრობების მატრიცების ცალკეული ელემენტები (ანუ მატრიცის შიდა უჯრები, რომლებიც ორ ზონას შორის კავშირს ასახავს) წარმოადგენს.

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

მე-3 ეტაპი: ტრანსპორტის სახეობების არჩევა (Mode Choice)

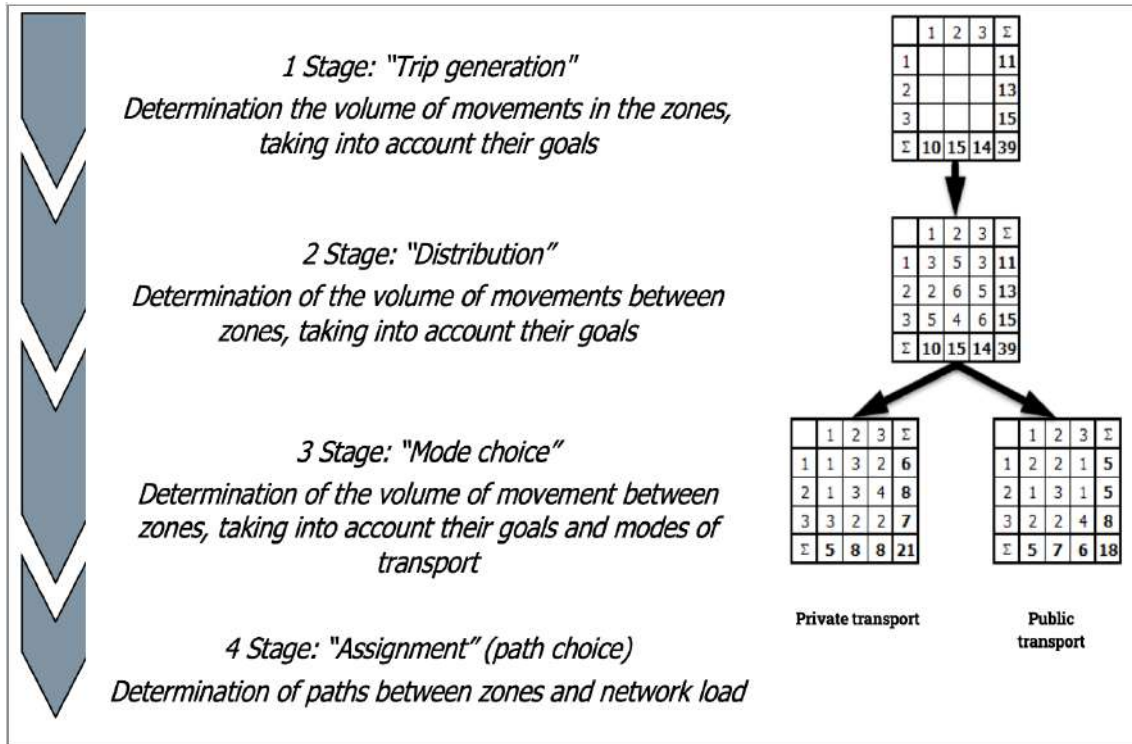
მოცემულ ეტაპზე ტრანსპორტის თითოეული სახეობისთვის (მაგ. კერძო ავტომობილი, საზოგადოებრივი ტრანსპორტი და ა.შ.) მგზავრობის დამოუკიდებელი მატრიცები მომზადდა. თითოეული მატრიცა ასახავდა კონკრეტული ტრანსპორტით შესრულებული მგზავრობების რაოდენობას, მოთხოვნის სტრატეგიკაციის (სამგზავრო მიზნების) შენარჩუნებით.

მე-4 ეტაპი: გადანაწილება (Assignment)

დასკვნით ეტაპზე ყველა მგზავრობა კონკრეტულ მარშრუტებზე განაწილდა, ტრანსპორტის სახეობების მიხედვით. ამ ეტაპზე განისაზღვრა საგზაო ქსელის თითოეული მონაკვეთისთვის გათვლილი სატრანსპორტო საშუალებებისა და მგზავრობის ნაკადების მოცულობები და ქსელის დატვირთვის დონეები. გარდა ამისა, ამ საფეხურის დასრულებამ შესაძლებელი გახადა სატრანსპორტო სისტემის ფუნქციონირების ისეთი მაჩვენებლების შეფასება, როგორიცაა მისაწვდომობის ხარისხი და ქსელის ეფექტიანობა. მარშრუტებზე გადანაწილების ეტაპით დაიხურა მოთხოვნის მოდელირების სრული ციკლი.

მოთხოვნის მოდელირების ოთხ ეტაპიანი პროცესის თანმიმდევრობა წარმოდგენილია მე-100 სურათზე.

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში



სურათი 100. სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელირების პროცესის თანმიმდევრობა

აღნიშნული მეთოდოლოგიის დანერგვამ საფუძველი ჩაუყარა მრავალკომპონენტური სატრანსპორტო მოდელის ფორმირებას, რომელიც ქალაქის სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის სრულყოფილ ციფრულ ანალოგს წარმოადგენს. აღნიშნული მოდელი მრავალფუნქციურ ანალიტიკურ საშუალებას წარმოადგენს, რომელიც, სხვა შესაძლებლობებთან ერთად, უზრუნველყოფს:

- სატრანსპორტო და სოციალურ-ეკონომიკური მონაცემების სისტემატიზაციას, დამუშავებასა და ვიზუალიზაციას, რაც საფუძველს ქმნის ქალაქის მობილობის სისტემის სტრუქტურული ანალიზისთვის;
- სატრანსპორტო პროგნოზების შემუშავებას სხვადასხვა ალტერნატიული სცენარის („რა იქნება, თუ“) საფუძველზე, რაც ხელს უწყობს არგუმენტირებული გადაწყვეტილებების მიღებას;
- ყოველდღიური მგზავრობის ცვალებადობის გათვალისწინებას, სამუშაო დღეებისა და უქმეების მგზავრობის თავისებურებები ურთიერთ გამიჯვნით;
- არსებული და საპროგნოზო სამგზავრო ნაკადების გაანგარიშებას, აგრეთვე წინასწარ განსაზღვრული ინდიკატორების საფუძველზე, სხვადასხვა საგზაო-სატრანსპორტო სცენარის გავლენის შეფასებას;

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

- საგზაო ქსელის მუშაობის ეფექტიანობის შეფასებას ისეთი საკვანძო ხარისხობრივი მაჩვენებლებით, როგორიცაა ტრანსპორტზე ხელმისაწვდომობა და მომსახურების მიღება მოსახლეობის სხვადასხვა ჯგუფისთვის.
- საზოგადოებრივი ტრანსპორტის ახალი სერვისებისა და მარშრუტების დანერგვის ზეგავლენის შეფასებას, რაც ხელს უწყობს მთლიანი სატრანსპორტო სისტემის მუშაობის ოპტიმიზაციას;
- სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის გასაუმჯობესებლად საჭირო საინვესტიციო პროექტების ტექნიკურ-ეკონომიკური დასაბუთების მომზადება.
- სატრანსპორტო ქსელის განვითარების ინტეგრირებული პროგრამების შემუშავება, რომლებიც მოიცავს ტრანსპორტის ყველა სახეობას და მათ ერთიან სისტემაში ფუნქციონირებას.

სატრანსპორტო მოდელი ქმნის სრულყოფილ ანალიტიკურ საფუძველს სატრანსპორტო სისტემის ეფექტური მართვისა და ურბანული ინფრასტრუქტურის დაგეგმვისათვის

6.1. მოთხოვნის სეგმენტები

დილით პიკური საათის (AM peak) მოდელისთვის მოთხოვნის სტრატეგიის საკმარისი რაოდენობის შერჩევა და დაჯგუფება ემსახურებოდა ორ მიზანს:

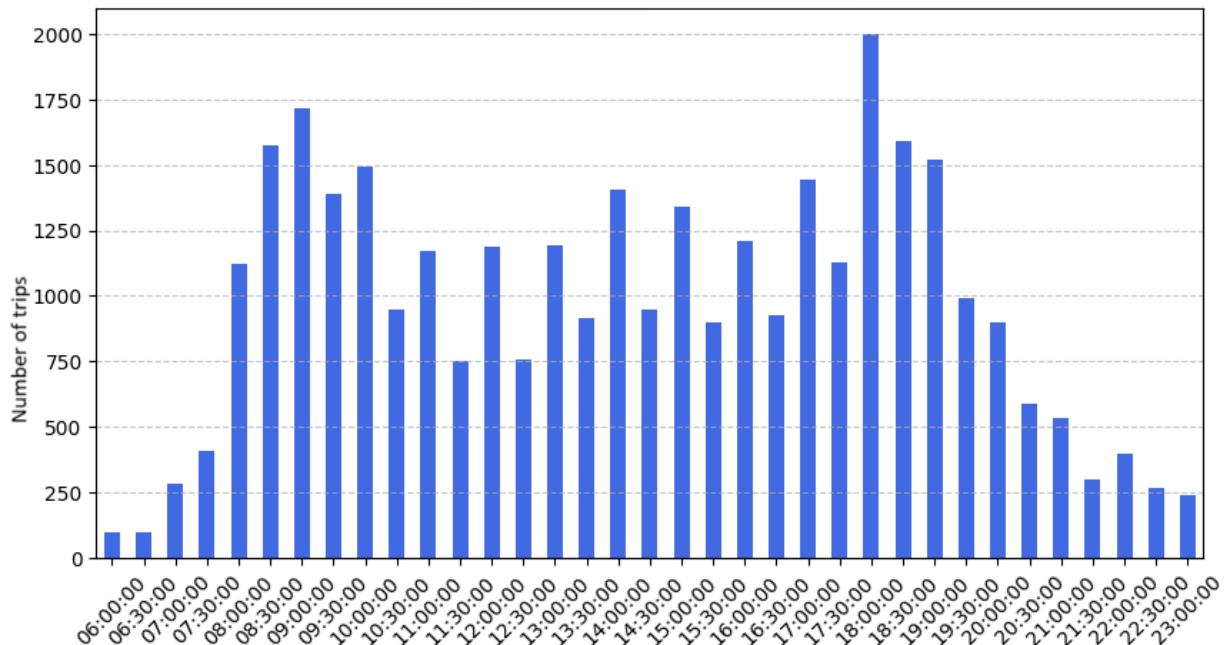
- 1) დაკვირვებითი სტატისტიკური მონაცემების მიხედვით, იმ სტრატეგიისთვის, რომლებშიც ტრანსპორტის სახეობის არჩევის პროცესში გამოვლინდა მკაფიო განსხვავებები, განსხვავებული ლოგიკის განსაზღვრა და მინიჭება.
- 2) მონაცემთა საკმარისი რაოდენობის უზრუნველყოფა სარგებლიანობის ფუნქციებისა და სხვა იმ პარამეტრების გამოსათვლელად, რომლებიც შემთხვევათა უფრო დეტალურ განაწილებას მოითხოვს.

პირველ ეტაპზე, **შინამეურნეობების კვლევის (HHS)** საფუძველზე, შეიქმნა მგზავრობების სრული მონაცემთა ბაზა, რომელსაც დაემატა მგზავრის დამატებითი დამახასიათებელი ნიშნები. კერძოდ, რესპონდენტების მიერ აღწერილ მგზავრობებს დაემატა **ავტომობილზე ხელმისაწვდომობის ინდიკატორი**; ეს საჭიროა იმისათვის, რომ ზუსტად განისაზღვროს ავტომობილის რეალური ხელმისაწვდომობა და ოჯახის სხვა წევრებთან მისი გამოყენების შეთანხმების შესაძლო საჭიროება.

ამის შემდეგ, გაანალიზდა მგზავრობათა განაწილება დროის მიხედვით. საერთო განაწილება მოცემულია სურათზე 101, საიდანაც ჩანს, რომ ყველაზე დიდი საცობები და დატვირთვა საღამოს,

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

17:30-დან 19:00 საათამდეა. დილის პიკი კი შედარებით ნაკლებად დატვირთულია, თუმცა ის ერთ საათზე მეტხანს გრძელდება.

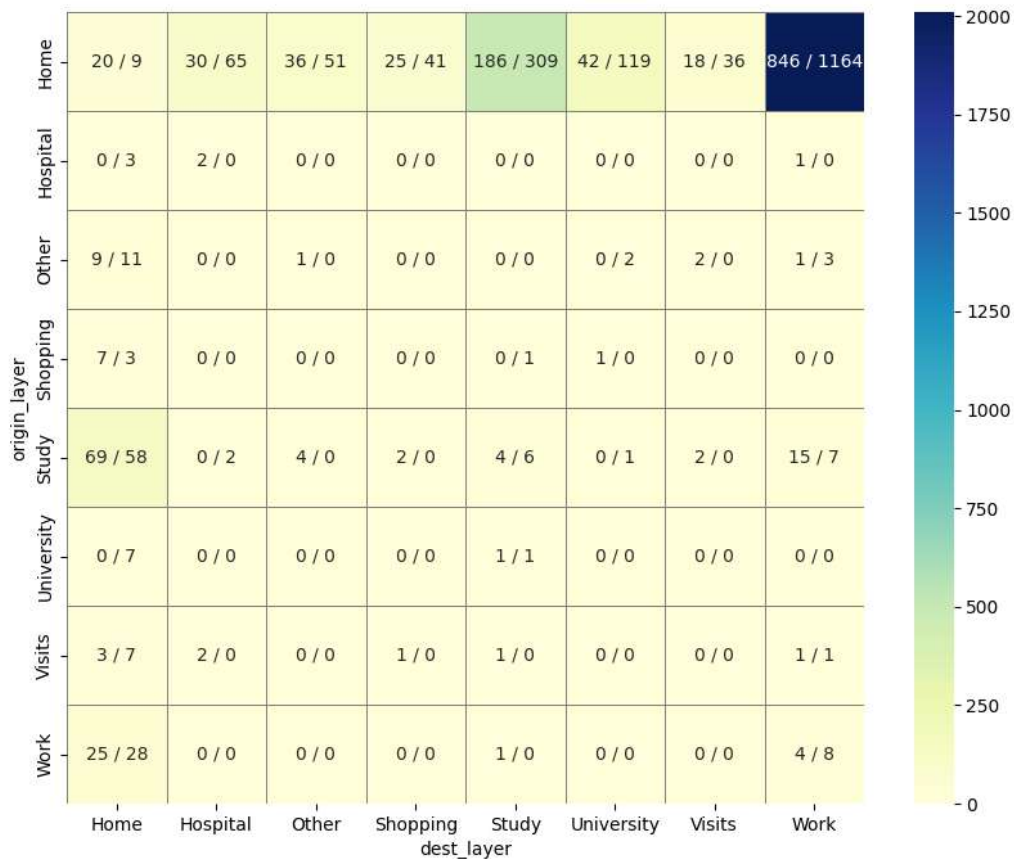


სურათი 101. მგზავრობათა საერთო განაწილება მათი განხორციელების დროის მიხედვით (30-წუთიანი ინტერვალებით).

102-ე სურათზე მოცემულია დილის მოკლე ხანგრძლივობის პიკის პერიოდში განხორციელებული მგზავრობების საწყისი და დანიშნულების პუნქტების მატრიცა, რომელიც დაყოფილია ავტომობილის ხელმისაწვდომობის მიხედვით. მწკრივებში მოცემულია მგზავრობის საწყისი წერტილები, სვეტებში - დანიშნულების პუნქტები, ხოლო თითოეულ უჯრაში ასახულია ორი მაჩვენებელი: იმ ადამიანების მიერ შესრულებული მგზავრობების რაოდენობა, რომლებსაც მიუწვდებათ ხელი ავტომობილზე და მათ მიერ, ვისაც არ მიუწვდებათ. მატრიცა აჩვენებს, რომ ბევრ უჯრაში (წყვილში) მონაცემები ძალიან მცირეა ან ნულის ტოლია.

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

შესაბამისად, ჩაითვალა, რომ მხოლოდ დილის მოკლე პიკის მონაცემების გამოყენება არ იქნებოდა საკმარისი ზუსტი წილებისა და ფუნქციების გამოსათვლელად.

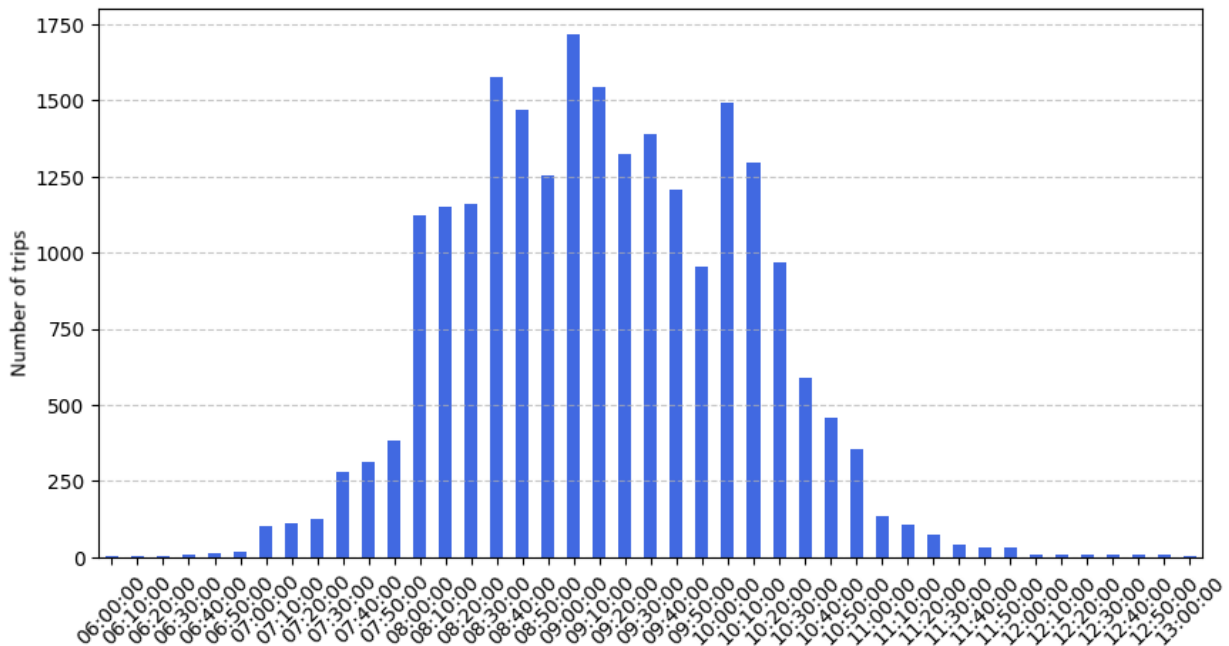


სურათი 102. მგზავრობების საწყისი და დანიშნულების პუნქტების მატრიცა დილის მოკლე პიკის პერიოდისთვის (დაყოფილი ავტომობილის ხელმისაწვდომობის მიხედვით).

უფრო დეტალური ანალიზი აჩვენებს, რომ მიმდინარე მგზავრობების საერთო რაოდენობა საკმაოდ მაღალი რჩება 07:50-დან 10:10-მდე პერიოდში. თითქმის ყოველ 10-წუთიან ინტერვალში

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

გზაში მყოფი ადამიანების რიცხვი 1000-ს აჭარბებს (სურათი 103). დღის ამ მონაკვეთს შეიძლება ეწოდოს „დილის პიკი“



სურათი 103. მგზავრობათა განაწილება დილის საათებში მათი განხორციელების დროის მიხედვით (10-წუთიანი ინტერვალებით).

ჩატარდა კიდევ ერთი დეტალური ანალიზი იმისათვის, რომ უკეთ შეფასებულიყო ტრანსპორტის სახეობებს შორის განსხვავება ორ ჯგუფს შორის: მათ, ვისაც ყოველთვის მიუწვდება ხელი ავტომობილზე და მათ, ვისაც - არა. ასევე, ჩატარდა შედარება იმის დასადგენად, თუ რა უფრო ახდენს გავლენას სატრანსპორტო საშუალების არჩევაზე (Modal Split) - ოჯახის მფლობელობაში არსებული ავტომობილი თუ მისი რეალური ხელმისაწვდომობა. ანალიზის შედეგად გამოიკვეთა, რომ ავტომობილის ხელმისაწვდომობას გაცილებით დიდი გავლენა აქვს მობილობის ქცევაზე, ვიდრე უბრალოდ ოჯახის მიერ ავტომობილის ფლობას (სურათი 104, 105).

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

Mode	Car Ownership		Car Availability	
	No Car in Ownership	Car in Ownership	Car Not Available	Car Available
Public transport	76.65%	40.04%	75.84%	24.24%
Private car as driver	1.56%	40.59%	2.02%	58.01%
Private car as passenger	4.72%	8.70%	5.55%	9.34%
Taxi and ridehailing	2.11%	1.31%	2.08%	0.98%
Only by foot	13.69%	8.03%	13.36%	5.87%
Motorcycles	0.09%	0.30%	0.09%	0.40%
Bikes, light personal vehicles	0.14%	0.06%	0.09%	0.09%
Mix of modes	0.82%	0.79%	0.78%	0.85%
Other modes	0.23%	0.18%	0.19%	0.22%
	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

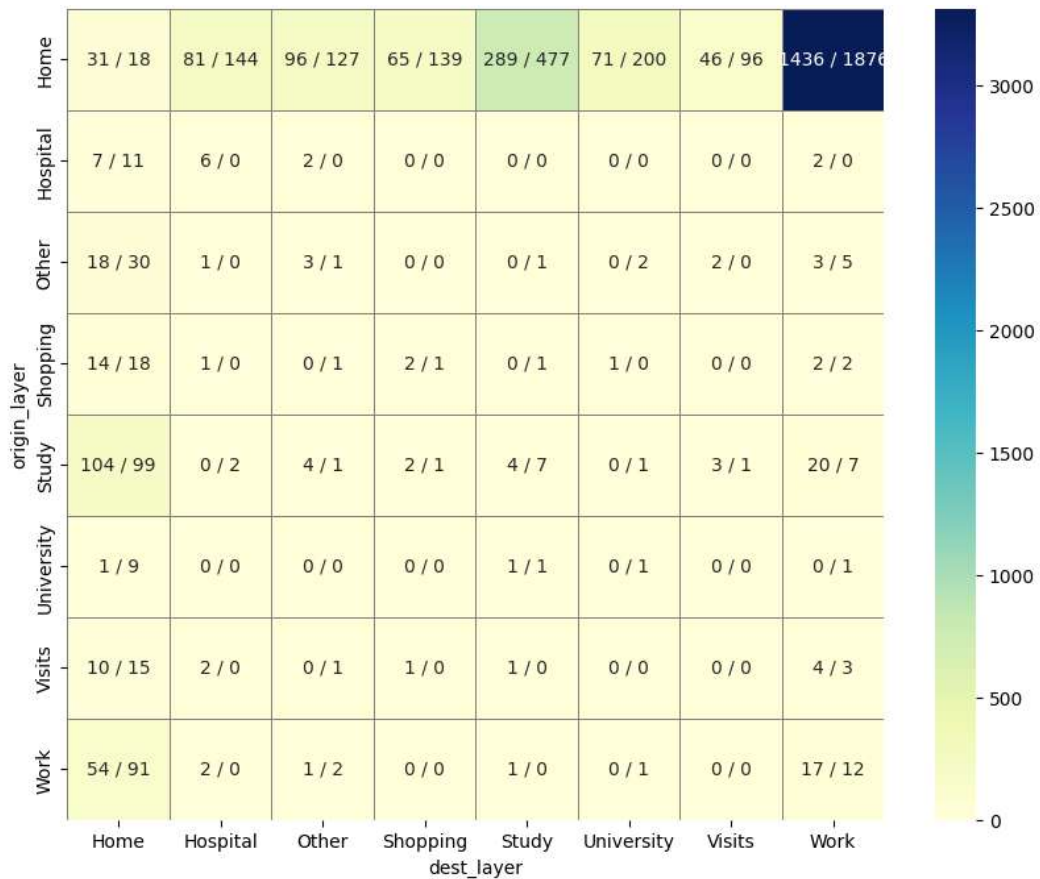
სურათი 104. მგზავრობათა განაწილება ტრანსპორტის სახეობების მიხედვით „დილის პიკის“ პერიოდში (დაყოფილი ავტომობილის ფლობისა და ხელმისაწვდომობის მიხედვით).

ვინაიდან მგზავრობების სავარაუდო რაოდენობა საკმაოდ მცირე იყო, საჭირო გახდა მოთხოვნის სტრატეგიის შემცირება. თითქმის ყველა მგზავრობა, რომელიც იწყება სახლიდან, ცალკე იქნა შერჩეული ტრანსპორტის სახეობების განაწილების წინასწარი ანალიზისთვის, რადგან უჯრების უმრავლესობაში მგზავრობების საკმარისი რაოდენობა დაფიქსირდა (სურათი 105). თუმცა, ზოგიერთი სეგმენტი მაინც დაჯგუფდა, რათა ანალიზისთვის საკმარისი მოცულობის შერჩევითი ერთობლიობა (Sample size) მიგვეღო. კერძოდ, სეგმენტები „სახლი-საყიდლები“, „სახლი-სხვა“, „სახლი-საავადმყოფოები“ და „სახლი-სტუმრად“ გაერთიანდა ერთ ჯგუფში, სახელწოდებით „სახლი-სხვა“.

სხვა საწყისი და დანიშნულების (OD) წყვილებს შორის, სეგმენტები „სწავლა-სახლი“ და „სამსახური-სახლი“ ცალკე იქნა განხილული. ამავდროულად, სახლის მიმართულებით განხორციელებული ნებისმიერი სხვა მგზავრობა გაერთიანდა ჯგუფში „სხვა-სახლი“. სამსახურისკენ მიმართული მგზავრობები შევიდა ჯგუფში „სხვა-სამსახური“, ხოლო ყველა დანარჩენი მგზავრობა განიხილება როგორც „სხვა-სხვა“ კატეგორიის ნაწილი (სურათი 105). ამ

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

პროცესში ავტომობილის ხელმისაწვდომობის მიხედვით დაყოფა უცვლელი დარჩა. დაჯგუფების ლოგიკური საფუძველი მოცემულია მე-7 ცხრილში.



სურათი 105. მგზავრობების საწყისი და დანიშნულების პუნქტების (O-D) მატრიცა დილის პიკის პერიოდისთვის (დაყოფილი ავტომობილის ხელმისაწვდომობის მიხედვით).

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

ცხრილი 7. რესპონდენტთა მგზავრობების დაჯგუფება მიზნობრივი წყვილების მიხედვით

	სახლი	საავადმყოფო	სხვა	საყიდვები	ვიზიტები	სწავლა	უნივერსიტეტი	სამსახური
სახლი		სახლი-სხვა				სახლი-სასწავლებელი	სახლი-უნივერსიტეტი	სახლი-სამსახური
სასწავლებელი	სასწავლებელი-სახლი	სხვა-სხვა						სხვა-სამსახური
სამსახური	სამსახური-სახლი							
სხვა	სხვა-სახლი							
საყიდვები								
უნივერსიტეტი								
ვიზიტები								
საავადმყოფო								

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

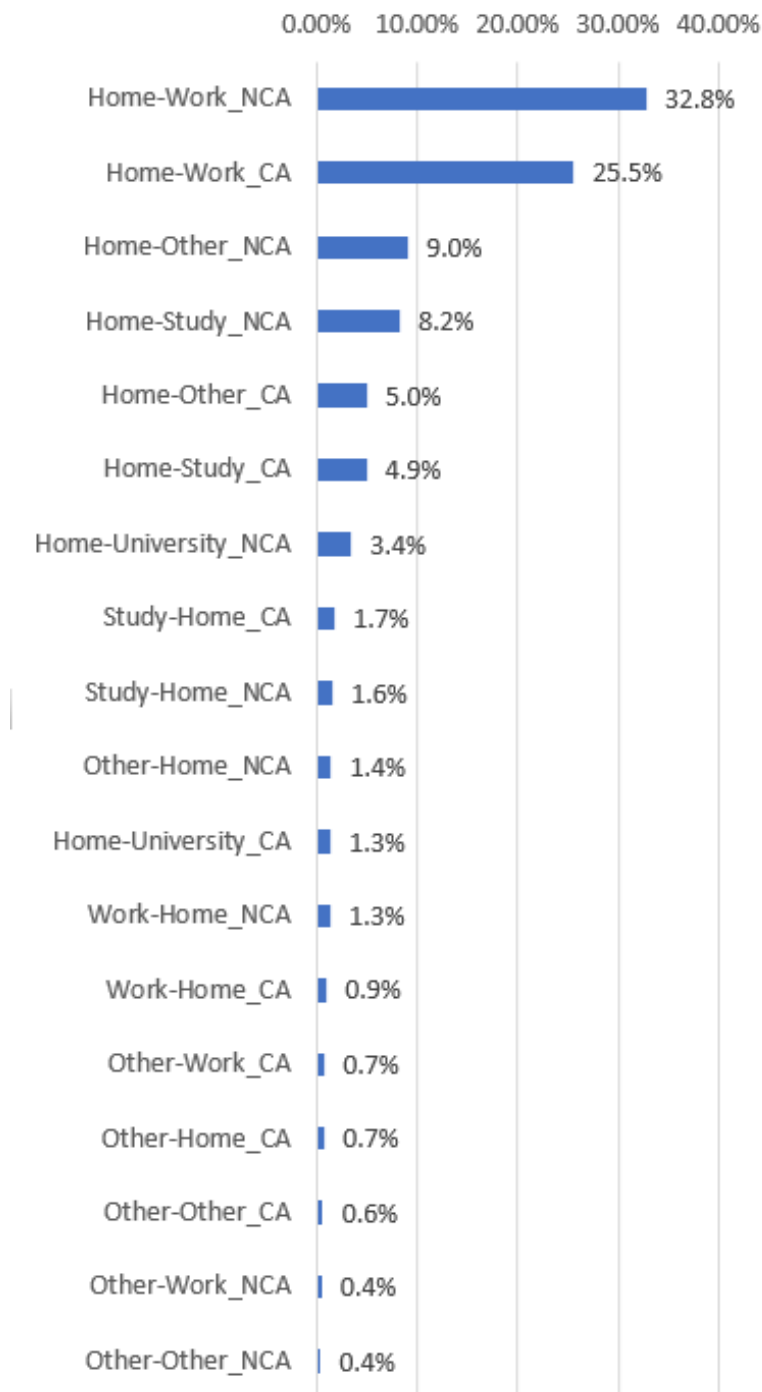
ტრანსპორტის სახეობების მიხედვით განაწილების ანალიზმა აჩვენა, რომ შერჩეული მოთხოვნის თითოეული სტრატისათვის მგზავრობის საშუალების არჩევანი მკვეთრად განსხვავებულია. შესაბამისად, გათვალისწინებულ იქნა ყველა (9*2) სტრატა (სურათი 106).

Demand-Strata	Bikes & LPT	Pedestrians only	Private transport as driver	Private Transport as passenger	Public transport
Non Car Available - Total	0.26%	13.53%	2.17%	8.16%	75.87%
Home-Other_NCA	0.38%	13.36%	2.29%	10.88%	73.09%
Home-Study_NCA	0.21%	29.35%	0.84%	9.01%	60.59%
Home-University_NCA	0.00%	4.00%	0.00%	2.50%	93.50%
Home-Work_NCA	0.32%	9.49%	2.67%	8.48%	79.05%
Other-Home_NCA	0.00%	20.48%	4.82%	8.43%	66.27%
Other-Other_NCA	0.00%	26.92%	3.85%	3.85%	65.38%
Other-Work_NCA	0.00%	10.00%	3.33%	10.00%	76.67%
Study-Home_NCA	0.00%	34.34%	1.01%	1.01%	63.64%
Work-Home_NCA	0.00%	4.40%	1.10%	2.20%	92.31%
Car Available - Total	0.17%	5.77%	59.15%	10.78%	24.14%
Home-Other_CA	0.00%	4.39%	56.74%	18.50%	20.38%
Home-Study_CA	0.00%	16.26%	40.48%	20.07%	23.18%
Home-University_CA	1.41%	4.23%	21.13%	4.23%	69.01%
Home-Work_CA	0.21%	3.76%	63.86%	8.08%	24.09%
Other-Home_CA	0.00%	4.00%	66.00%	14.00%	16.00%
Other-Other_CA	0.00%	10.00%	62.50%	12.50%	15.00%
Other-Work_CA	0.00%	4.17%	75.00%	2.08%	18.75%
Study-Home_CA	0.00%	11.54%	66.35%	7.69%	14.42%
Work-Home_CA	0.00%	1.85%	61.11%	5.56%	31.48%

სურათი 106. მოთხოვნის სტრატების განაწილება ტრანსპორტის სახეობების მიხედვით (დაყოფილი ავტომობილის ხელმისაწვდომობის მიხედვით)

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

ამ ანალიზის საფუძველზე, საბოლოოდ ჩამოყალიბდა მოთხოვნის ის სტრატეგია (სურათი 107), რომლებიც დილის პიკის მოდელში იქნა გამოყენებული.



სურათი 107. მოთხოვნის სტრატეგიის საბოლოო განაწილება.

თბილისის მგზავრთა მოთხოვნის მოდელის PTV Visum-ში ინტეგრირებისას, მასში ყველა ტიპის მომხმარებელი, გადაადგილების მიზნები და მოთხოვნის სტრატეგია ერთიანად იქნა ასახული (სურათი 108)

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

Demand models

Select demand model

PT Passenger trip

Basis | Person groups | Activity pairs | Demand strata

Number: 4	Code	Name
1	01_CA	Car available
2	02_NCA	Non-car available
3	03_CA_aggl	Car available agglomeration
4	04_NCA_aggl	Non-car available agglomeration

Select demand model

PT Passenger trip

Basis | Person groups | Activity pairs | Demand strata

Number: 11	Code	Name
1	01_HW	Home-Work
2	02_WH	Work-Home
3	03_HS	Home-Study
4	04_SH	Study-Home
5	05_HUNI	Home-University
6	06_HO	Home-Other
7	07_OH	Other-Home
8	08_OO	Other - Other
9	09_OW	Other-Work
10	10_HC	Home - Commute
11	11_HNC	Home_NonCommute

☒ Show user-defined attributes

Number: 26	Code	Name	Demand segment set	Person groups	Activity pair
1	01_HW_CA		...	01_CA	01_HW
2	01_HW_NCA		...	02_NCA	01_HW
3	02_WH_CA		...	01_CA	02_WH
4	02_WH_NCA		...	02_NCA	02_WH
5	03_HS_CA		...	01_CA	03_HS
6	03_HS_NCA		...	02_NCA	03_HS
7	04_SH_CA		...	01_CA	04_SH
8	04_SH_NCA		...	02_NCA	04_SH
9	05_HUNI_CA		...	01_CA	05_HUNI
10	05_HUNI_NCA		...	02_NCA	05_HUNI
11	06_HO_CA		...	01_CA	06_HO
12	06_HO_NCA		...	02_NCA	06_HO
13	07_OH_CA		...	01_CA	07_OH
14	07_OH_NCA		...	02_NCA	07_OH
15	08_OO_CA		...	01_CA	08_OO
16	08_OO_NCA		...	02_NCA	08_OO
17	09_OW_CA		...	01_CA	09_OW
18	09_OW_NCA		...	02_NCA	09_OW
19	10_HC_CA_aggl		...	03_CA_aggl	10_HC
20	10_HC_NCA_aggl		...	04_NCA_aggl	10_HC
21	11_HNC_CA_aggl		...	03_CA_aggl	11_HNC
22	11_HNC_NCA_aggl		...	04_NCA_aggl	11_HNC
23	03_HS_CA_aggl		...	03_CA_aggl	03_HS
24	03_HS_NCA_aggl		...	04_NCA_aggl	03_HS
25	08_OO_CA_aggl		...	03_CA_aggl	08_OO
26	08_OO_NCA_aggl		...	04_NCA_aggl	08_OO

სურათი 108. მგზავრთა მოთხოვნის მოდელის კონფიგურაციის ფანჯარა PTV Visum-ში.

6.2. მგზავრობების გენერირება

მგზავრობების გენერაციის (წარმოქმნის) ეტაპი მოიცავს მგზავრობათა წარმოქმნისა და მიზნობრივი დანიშნულების მგზავრობების პროცესის შესწავლას. ამ პროცესში განისაზღვრება თუ რა მოცულობის სატრანსპორტო ნაკადები გაედინება თითოეული ანალიზის ზონიდან და რა მოცულობის ნაკადები მიემართება კონკრეტული ზონისკენ. ამ ეტაპის შედეგია თითოეული სატრანსპორტო ზონისთვის (TAZ) შემოსული და გასული მგზავრობების ჯამური მოცულობის შეფასება. სხვაგვარად რომ ვთქვათ, ამ პროცესის შედეგად ითვლება O/D (წარმოშობა-დანიშნულება მგზავრობების) მატრიცების რიგებისა და სვეტების ჯამური მაჩვენებლები თითოეული მგზავრობის მოთხოვნის კატეგორიისთვის, რომელიც წარმოადგენს საწყის მონაცემებს მგზავრობის განაწილების (Trip Distribution) ეტაპისთვის. მიღებული მაჩვენებლები საფუძვლად ედება შემდეგ ეტაპს - მგზავრობების განაწილებას.

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

თითოეული ტრანსპორტის ანალიზის ზონის მიერ წარმოქმნილი და მიზიდული მგზავრობების რაოდენობა, მოთხოვნის სტრატეგიის მიხედვით, გამოითვალა სოციალურ-ეკონომიკური სტატისტიკისა (ცხრილი 8) და მგზავრობის წარმოქმნა-მიზიდვის კოეფიციენტების საფუძველზე

ცხრილი 8. მგზავრობათა წარმოქმნის სოციალურ-ეკონომიკური მონაცემები

№	მოთხოვნის სტრატა	გენერაცია	მიზიდვა
1	01_HW_CA	მოსახლეობა_18_64_CAR	სამუშაო ადგილები
2	01_HW_NCA	მოსახლეობა_18_64_NCA	სამუშაო ადგილები
3	02_WH_CA	სამუშაო ადგილები	მოსახლეობა_18_64_CAR
4	02_WH_NCA	სამუშაო ადგილები	მოსახლეობა_18_64_NCA
5	03_HS_CA	მოსახლეობა_6_18_CAR; მოსახლეობა_0_5_CAR	ადგილები_ სკოლაში; ადგილები_ბაღებში;
6	03_HS_NCA	მოსახლეობა_6_18_NCA; მოსახლეობა_0_5_NCA	ადგილები_ სკოლაში; ადგილები_ბაღებში;
7	04_SH_CA	ადგილები_ სკოლაში; ადგილები_ბაღებში;	მოსახლეობა_6_18_CAR; მოსახლეობა_0_5_CAR
8	04_SH_NCA	ადგილები_ სკოლაში; ადგილები_ბაღებში;	მოსახლეობა_6_18_NCA; მოსახლეობა_0_5_NCA
9	05_HO_CA	მოსახლეობა_CAR	მოსახლეობა; სამუშაო ადგილები_მომსახურება; მედიცინასთან დაკავშირებული_ტერიტორ ია; სავაჭრო_ტერიტორია
10	05_HO_NCA	მოსახლეობა_CAR	მოსახლეობა; სამუშაო ადგილები_მომსახურება; მედიცინასთან დაკავშირებული_ტერიტორ ია; სავაჭრო_ტერიტორია
11	06_OH_CA	მოსახლეობა; სამუშაო ადგილები_მომსახურება; მედიცინასთან	მოსახლეობა_CAR

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

№	მოთხოვნის სტრატა	გენერაცია	მიზიდვა
		დაკავშირებული_ტერიტორია; სავაჭრო_ტერიტორია	
12	06_OH_NCA	მოსახლეობა; სამუშაო ადგილები_მომსახურება; მედიცინასთან დაკავშირებული_ტერიტორია; სავაჭრო_ტერიტორია; ადგილები უნივერსიტეტში	მოსახლეობა_NCA
13	07_OW_CA	მოსახლეობა; სამუშაო ადგილები_მოსახლეობა; ადგილები სკოლაში; ადგილები ბაღებში; მედიცინასთან დაკავშირებული_ტერიტორია; სავაჭრო_ტერიტორია	სამუშაო ადგილები
14	07_OW_NCA	მოსახლეობა; სამუშაო ადგილები_მომსახურება; ადგილები სკოლაში; ადგილები ბაღებში; სამუშაო ადგილები; სავაჭრო_ტერიტორია; ადგილები უნივერსიტეტში	WORKPLACES
15	08_OO_CA	მოსახლეობა; სამუშაო ადგილები_მომსახურება; ადგილები სკოლაში; ადგილები ბაღებში; მედიცინასთან დაკავშირებული_ტერიტორია; სავაჭრო_ტერიტორია	მოსახლეობა; სამუშაო ადგილები_მომსახურება; ადგილები სკოლაში; ადგილები ბაღებში; მედიცინასთან დაკავშირებული_ტერიტორია; სავაჭრო_ტერიტორია.
16	08_OO_NCA	მოსახლეობა; სამუშაო ადგილები_მომსახურება; ადგილები სკოლაში; ადგილები	მოსახლეობა; სამუშაო ადგილები_მომსახურება; ადგილები სკოლაში;

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

№	მოთხოვნის სტრატა	გენერაცია	მიზიდვა
		ბაღეში; მედიცინასთან დაკავშირებული_ტერიტორია; სავაჭრო_ტერიტორია; ადგილები_უნივერსიტეტში.	ადგილები ბაღეში; მედიცინასთან დაკავშირებული_ტერიტორ ია; სავაჭრო_ტერიტორია; ადგილები_უნივერსიტეტში.
17	09_HUNI_CA	მოსახლეობა_19_24_CAR	ადგილები_უნივერსიტეტში.
18	09_HUNI_NCA	მოსახლეობა_19_24_NCA	ადგილები_უნივერსიტეტში.

მგზავრობის წარმოქმნა-მიზიდვის კოეფიციენტი ასახავს მოთხოვნის თითოეული სტრატისთვის განსაზღვრულ პერიოდში განხორციელებული გამგზავრება-დაბრუნების საშუალო რაოდენობას. იგი იანგარიშება საკონტროლო ჯგუფის თითოეულ რეპრეზენტაციულ ერთეულზე შემდეგი ფორმულით:

$$Kg = Vg / Ng,$$

სადაც

Kg - მგზავრობის წარმოქმნა-მიზიდვის კოეფიციენტი;

Vg - g საკონტროლო ჯგუფის მიერ განხორციელებული გამგზავრება-მოსვლის ჯამური რაოდენობა;

Ng - ანალიზის არეალში არსებული g საკონტროლო ჯგუფის ინდივიდების საერთო რაოდენობა.

საკონტროლო ჯგუფი წარმოადგენს მოსახლეობის სოციალურ-ეკონომიკურ სეგმენტს, რომელიც კონკრეტული მიზნით ახორციელებს (აწარმოებს ან იზიდავს) მგზავრობებს. საკონტროლო ჯგუფები ჩამოყალიბდა მობილობის კვლევის შედეგების საფუძველზე (პუნქტი 5.1).

მაგალითი: მგზავრობის წარმოქმნა-მიზიდვის კოეფიციენტების გაანგარიშება „სამსახური-სახლი_CA“ (ავტომობილის მქონე პირთა) სტრატისთვის:

- მგზავრობის წარმოქმნა/დაწყება (Trip Production):

1.1. $Vg = 3290$ („სამსახური-სახლი_CA“ სტრატას ჯამური გამგზავრებები)

1.2. $Ng = 473\ 503$ (სამუშაო ადგილების რაოდენობა ჯამურად);

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

$$K_g = 3290 / 473503 = 0,00694821 \text{ (მგზავრობის წარმოქმნის კოეფიციენტი);}$$

- მგზავრობის მიზიდვა (Trip Attraction):

1.3. $V_g = 3290$ („სამსახური-სახლი_CA“ სტრატას ჯამური დაბრუნებები)

1.4. $N_g = 273\ 168$ (სამუშაო ასაკის მოსახლეობა, რომელსაც ხელი მიუწვდება ავტომობილზე)

$$K_g = 3290 / 273\ 168 = 0,01204387 \text{ (მგზავრობის მიზიდვის კოეფიციენტი)}$$

მოთხოვნის თითოეული სტრატისთვის გამოთვლილი მგზავრობის წარმოქმნა-მიზიდვის კოეფიციენტები, შემდგომი გაანგარიშებების მიზნით, ინტეგრირებულ იქნა PTV Visum-ში (სურათი 109).

Parameters Trip generation

☒ Calculate attributes for active zones only
☐ Use 0 to initialize the passive zone attributes
☒ Means balancing for active zones only
☐ Sum up values

Demand situation	Matrix balancing	Production function	Attraction function
1 01_HV_CA	Production total	$0,353859778597786 * [POPULATION_18_04_CA]$	$0,2033567870021805 * [WORKPLACES]$
2 02_HN_CA	Attraction total	$0,60694821363328215 * [WORKPLACES]$	$0,0120438704387044 * [POPULATION_18_04_CA]$
3 03_HS_CA	Production total	$0,270651514752024 * [POPULATION_6_18_CA] + 0,206265372866703 * [POPULATION_0_5_CA]$	$0,0033010550769043 * [PLACES_IN_SCHOOL] + 0,124087169309621 * [PLACES_IN_KINDERGARDENS]$
4 04_SH_CA	Attraction total	$0,0210381814563458 * [PLACES_IN_SCHOOL] + 0,0283242451685004 * [PLACES_IN_KINDERGARDENS]$	$0,0682890816568672 * [POPULATION_6_18_CA] + 0,0479686177195735 * [POPULATION_0_5_CA]$
5 05_HU1_CA	Production total	$0,0871146850469079 * [POPULATION_19_24_CA]$	$0,0186090264902781 * [PLACES_IN_UNIVERSITY]$
6 06_HO_CA	Production total	$0,0107027123048387 * [POPULATION_CA]$	$0,00022514433883006 * [POPULATION] + 0,0093110134533084 * [WORKPLACES_SERVICE] + 0,00120137009710220 * [MEDICINE_A]$
7 07_OH_CA	Attraction total	$0,00318661019760924 * [POPULATION] + 0,0366672147097392 * [WORKPLACES_SERVICE] + 0,0016...$	$0,0474434713993452 * [POPULATION_CA]$
8 08_DO_CA	Mean of both totals	$0,00036877923647664 * [POPULATION] + 0,00479676111904954 * [WORKPLACES_SERVICE] + 0,0...$	$0,00046086365455958 * [POPULATION] + 0,00586270803439389 * [WORKPLACES_SERVICE] + 0,00144519039283456 * [PLACES_IN...]$
9 09_OW_CA	Attraction total	$0,000103229474491425 * [POPULATION] + 0,00507620254170065 * [WORKPLACES_SERVICE] + 0,0...$	$0,00600120703754491 * [WORKPLACES]$

Apply to all data

OK Cancel

სურათი 109. მგზავრობის წარმოქმნა-მიზიდვის კოეფიციენტები PTV Visum-ში (თბილისის სამგზავრო ნაკადების გენერაცია_CA).

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

საბოლოო შედეგი მოიცავს სატრანსპორტო მოდელის თითოეული ანალიზის ზონის მიერ წარმოქმნილი და მიზიდული მგზავრობების ჯამურ რაოდენობას, მოთხოვნის სტრატეგიის მიხედვით (სურათი 110).

Demand models

Select demand model

PT Passenger trip

Basis | Person groups | Activity pairs | Demand strata

☐ Show user-defined attributes

Number: 18	Code	Name	Demand segment set	Person groups	Activity pair
1	01_HW_CA	...	01_CA	01_HW	
2	01_HW_NCA	...	02_NCA	01_HW	
3	02_WH_CA				
4	02_WH_NCA				
5	03_HS_CA				
6	03_HS_NCA				
7	04_SH_CA				
8	04_SH_NCA				
9	05_HUNI_CA				
10	05_HUNI_NCA				
11	06_HO_CA				
12	06_HO_NCA				
13	07_OH_CA				
14	07_OH_NCA				
15	08_OO_CA				
16	08_OO_NCA				
17	09_OW_CA				
18	09_OW_NCA				

Define productions/attractions

Code: 01_HW_CA

Name:

Number: 684	Zone	Productions	Attractions
1	101001	273.46632841	71.59500431
2	101002	140.08533210	245.28318698
3	101003	498.94372694	291.35489671
4	101004	461.18773063	416.37578037
5	101005	62.45618081	650.19511470
6	101006	182.07564576	508.30290071
7	101008	81.86346863	174.55337910
8	101009	100.21217712	259.55892802
9	101010	50.45894834	356.24462871
10	101011	102.68219557	265.61530301
11	101012	73.04197417	501.81392751
12	101013	81.15774908	347.59266444
13	101014	109.73939114	325.09755735
14	101015	102.32933579	612.12647192
15	101016	239.59178967	747.96231092
16	101017	240.47186247	172.02028535

OK Cancel

Create Delete Productions/attractions...

სურათი 110. წარმოქმნილი და მიზიდული მგზავრობების მოცულობის მაგალითი „სახლი-სამსახური_CA“ (HW_CA) მოთხოვნის სტრატეგიისთვის.

6.3. განაწილება

მგზავრობების განაწილების პროცედურა ოთხ ეტაპიანი მოდელის შემადგენელი ნაწილია, სადაც ეტაპების გაანგარიშება თანმიმდევრულად ხორციელდება. მგზავრობების გენერაციის ეტაპზე გამოთვლილი „წარმოქმნისა“ და „მიზიდვის“ ((მიზნობრივი დანიშნულების მგზავრობა)) მაჩვენებლები მხოლოდ მოთხოვნის სტრატეგიის ჯამური მატრიცის საზღვრებს (შეზღუდვებს) განსაზღვრავს. უშუალოდ მატრიცის ელემენტები კი მგზავრობების განაწილების ეტაპზე გამოითვლება. ერთის მხრივ, კონკრეტული დანიშნულების ზონის შერჩევა მოცემული საწყისი ზონისთვის დამოკიდებულია ამ ზონის მიზიდულობის ხარისხზე მოთხოვნის

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

შესაბამისი სტრატისთვის (რაც იზომება მისი დანიშნულების მოთხოვნით, ანუ „მიზიდვით“); მეორეს მხრივ, გადამწყვეტი მნიშვნელობა ენიჭება საწყისი ზონიდან დანიშნულების ზონამდე მგზავრობის წინაღობას (Impedance), რომელიც ფასდება დაყოვნების მატრიცებით (Skim matrices) მგზავრობის დროის, ტარიფების და განზოგადებული დანახარჯების სხვა ელემენტების საფუძველზე.

გრაფიტაციული მოდელი წარმოადგენს მგზავრობების განაწილების გამოსათვლელ მათემატიკურ მოდელს. იგი ეფუძნება დაშვებას, რომ საპროექტო არეალში განხორციელებული მგზავრობების რაოდენობა პირდაპირპროპორციულია ყველა ზონის შესაბამისი საწყისი და დანიშნულების მოთხოვნისა და ამ ზონებს შორის არსებული სარგებლიანობის ფუნქციის (Utility function) მნიშვნელობებისა²⁹.

გრაფიტაციული მოდელი ითვლის სატრანსპორტო კავშირების სრულ მატრიცას *F_{ij}*, რისთვისაც იყენებს საწყისი და დანიშნულების (O/D) წერტილების სტრიქონებისა და სვეტების ჯამურ მაჩვენებლებს (ცალკეული ზონების საწყის და დანიშნულების სატრანსპორტო ნაკადებს).

გრაფიტაციული მოდელი ეყრდნობა განაწილების პარამეტრებს, კერძოდ - სარგებლიანობის ფუნქციის მნიშვნელობებს, რომლებიც ასახავს საგზაო მოძრაობის მონაწილეთა რეაქციას მანძილსა თუ დროით კავშირებზე. აღნიშნული პარამეტრები დგინდება მოდელის მიერ განსაზღვრული საწყისი და დანიშნულების წყვილების მოთხოვნის შედარებით რეალურად დაფიქსირებულ (დათვლილ) მოთხოვნასთან.

²⁹ Ortúzar, J. de D., & Willumsen, L. G. (2001). *Modelling Transport*. Chichester: Wiley. 499 p.

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

მგზავრობების განაწილების ზოგადი ფორმულა ასეთია:

$$F_{ij}=k_{ij} \cdot Q_i \cdot Z_j \cdot f(U_{ij})$$

სადაც:

F_{ij} = მგზავრობების რაოდენობა საწყისი ზონიდან i დანიშნულების ზონამდე j

Q_i = ზონა i -ში წარმოქმნილი მგზავრობების რაოდენობა

Z_j = ზონა j -ში მიზიდული მგზავრობების რაოდენობა

U_{ij} = სარგებლიანობა (ან სრული დანახარჯი, მაგ. მანძილი, დრო, ღირებულება) i და j ზონებს შორის;

$f(U_{ij})$ = წინალობის/მიზიდვის ფუნქცია (აღწერს, თუ როგორ ამცირებს წინალობა მიზიდულობას)

k_{ij} = მასშტაბირების კოეფიციენტი კონკრეტული შემთხვევების დასაკორექტირებლად (მაგ. საზღვრები, კალიბრაციის ფაქტორები).

სარგებლიანობის ფუნქციის $f(U_{ij})$ პარამეტრები განისაზღვრება შემდეგი ფორმულებით:

- Logit: $f(U_{ij}) = e^{(cU)}$
- Kirchhoff: $f(U_{ij}) = U^c$
- BoxCox: $f(U_{ij}) = e^{[c (U^b - 1) / b]}$
- Combined: $f(U_{ij}) = a U^b e^{(cU)}$
- TModel: $f(U_{ij}) = 1/(U^b + cU^a)$

$$\begin{cases} \sum_j F_{ij} = Q_i \\ \sum_i F_{ij} = Z_j \end{cases} - \text{boundary conditions of the distribution model}$$

შემდგომი გამოთვლისათვის, საწყისი ზონიდან დანიშნულების ზონამდე მგზავრობის წინალობად შერჩეულ იქნა პირდაპირი მანძილის მატრიცა (Direct Distance matrix).

პირდაპირი მანძილის შესაფასებლად გაანალიზდა შინამეურნეობების კვლევის (HHS) მონაცემები, რომელთა შედეგებიც მოცემულია მე-9 ცხრილში.

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

ცხრილი 9. მგზავრობების განაწილება პირდაპირი მანძილით მოთხოვნის სტრატისთვის

სტრატა	პირდაპირი მანძილი													
	0-2.5	2.5-5	5-7.5	7.5-10	10-12.5	12.5-15	15-17.5	17.5-20	20-22.5	22.5-25	25-27.5	27.5-30	30-32.5	32.5+
ავტომობილზე ხელმისაწვდომობის შემთხვევაში														
სახლი-სამსახური	25%	23%	17%	15%	8%	6%	2%	2%	1%	0%	0%	0%	0%	0%
სამსახური-სახლი	23%	15%	21%	19%	10%	4%	4%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
სახლი-სასწავლებელი	52%	24%	10%	8%	3%	1%	1%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%
სასწავლებელი-სახლი	50%	26%	14%	6%	1%	1%	0%	0%	2%	0%	0%	0%	0%	1%
სახლი-უნივერსიტეტი	23%	18%	17%	27%	10%	3%	1%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%
სახლი-სხვა	34%	19%	16%	8%	12%	5%	1%	2%	1%	1%	0%	0%	1%	0%
სხვა-სახლი	39%	20%	18%	7%	7%	2%	2%	2%	0%	0%	2%	0%	0%	0%
სხვა-სამსახური	27%	10%	17%	17%	15%	6%	4%	2%	0%	2%	0%	0%	0%	0%
სხვა-სხვა	28%	33%	13%	8%	5%	5%	0%	8%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
ავტომობილზე ხელმისაწვდომობის არქონის შემთხვევაში														
სახლი-სამსახური	27%	25%	16%	14%	9%	5%	2%	1%	1%	0%	0%	0%	0%	0%

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

სამსახური- სახლი	24 %	22 %	13 %	17 %	12 %	4%	1%	1%	1%	1%	0%	2%	0%	0%
სახლი- სასწავლებელი	64 %	19 %	7%	5%	3%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%
სასწავლებელი-სახლი	76 %	19 %	3%	1%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
სახლი- უნივერსიტეტი	19 %	23 %	17 %	21 %	14 %	3%	3%	1%	0%	0%	1%	0%	1%	0%
სახლი-სხვა	38 %	20 %	15 %	11 %	8%	5%	1%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%
სხვა-სახლი	37 %	23 %	16 %	10 %	5%	5%	2%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
სხვა- სამსახური	20 %	27 %	10 %	17 %	10 %	10 %	0%	0%	7%	0%	0%	0%	0%	0%
სხვა-სხვა	38 %	35 %	4%	12 %	8%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

მოდელის რეალობასთან მაქსიმალური მიახლოების მიზნით, თითოეული ჯგუფისთვის შეირჩა სპეციალური მათემატიკური ფორმულა. საუკეთესო შედეგი აჩვენა „კომბინირებულმა ფუნქციამ“, რომლის ზუსტი მონაცემებიც მოცემულია მე-10 ცხრილში.

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

ცხრილი 10. კომბინირებული ფუნქციის პარამეტრები

მოთხოვნის სტრატა	კომბინირებული		
	a	b	c
ავტომობილზე ხელმისაწვდომობის ქონის შემთხვევაში			
Home-Work_CA	0.96601	0.39246	-0.24474
Work-Home_CA	0.77787	0.84310	-0.31328
Home-Study_CA	0.97268	-0.19482	-0.21489
Study-Home_CA	1.31060	-0.62261	-0.15133
Home-University_CA	0.72784	1.17996	-0.41079
Home-Other_CA	0.85220	0.28258	-0.20913
Other-Home_CA	0.95912	0.03680	-0.19021
Other-Work_CA	0.66939	0.88587	-0.29316
Other-Other_CA	1.35917	-0.34485	-0.13155
ავტომობილზე ხელმისაწვდომობის არქონის შემთხვევაში			
Home-Work_NCA	1.01656	0.29238	-0.23894
Work-Home_NCA	0.99405	0.23635	-0.19655
Home-Study_NCA	0.88724	-0.71391	-0.10134
Study-Home_NCA	1.69452	-1.77338	-0.12791
Home-University_NCA	0.91573	0.70316	-0.30912
Home-Other_NCA	0.84879	0.31550	-0.23891
Other-Home_NCA	0.97688	0.13981	-0.22681
Other-Work_NCA	1.09722	0.08604	-0.16078
Other-Other_NCA	1.29776	-0.35414	-0.17256

ფუნქციის შერჩეული პარამეტრები და პირდაპირი მანძილის მატრიცა, შემდგომი გაანგარიშებების მიზნით, ინტეგრირებულ იქნა მგზავრობების განაწილების პროცედურაში (სურათი 111).

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

Parameters: Trip distribution

☐ For active OD pairs only
☐ Exclude OD pairs connecting passive zones
☒ Set any result demand matrix to 0 prior to calculation
☐ Apply estimated parameters

	Demand stratum	Utility function	Function type	a	b	c	Direction parameters	
1	01_HW_CA	Matrix([NAME]="TripDistImpedance_DDis ...	Combined	0.96601	0.39246	-0.24474	Productions, Doubly constrained, Scaling: production total	...
2	02_WH_CA	Matrix([NAME]="TripDistImpedance_DDis ...	Combined	0.77787	0.8431	-0.31328	Attractions, Doubly constrained, Scaling: attraction total	...
3	03_HS_CA	Matrix([NAME]="TripDistImpedance_DDis ...	Combined	0.97268	-0.19482	-0.21489	Productions, Doubly constrained, Scaling: production total	...
4	04_SH_CA	Matrix([NAME]="TripDistImpedance_DDis ...	Combined	1.3106	-0.62261	-0.15133	Attractions, Doubly constrained, Scaling: attraction total	...
5	05_HUNI_CA	Matrix([NAME]="TripDistImpedance_DDis ...	Combined	0.72784	1.17996	-0.41079	Productions, Doubly constrained, Scaling: production total	...
6	06_HO_CA	Matrix([NAME]="TripDistImpedance_DDis ...	Combined	0.8522	0.28258	-0.20913	Productions, Doubly constrained, Scaling: production total	...
7	07_OH_CA	Matrix([NAME]="TripDistImpedance_DDis ...	Combined	0.95912	0.0368	-0.19021	Attractions, Doubly constrained, Scaling: attraction total	...
8	08_OO_CA	Matrix([NAME]="TripDistImpedance_DDis ...	Combined	1.35917	-0.34485	-0.13155	Productions, Doubly constrained, Scaling: mean value	...
9	09_OW_CA	Matrix([NAME]="TripDistImpedance_DDis ...	Combined	0.66939	0.88587	-0.29316	Attractions, Doubly constrained, Scaling: attraction total	...

Apply to all DStrata

OK Cancel

Parameters: Trip distribution

☐ For active OD pairs only
☐ Exclude OD pairs connecting passive zones
☐ Set any result demand matrix to 0 prior to calculation
☐ Apply estimated parameters

	Demand stratum	Utility function	Function type	a	b	c	Direction parameters	
1	01_HW_NCA	Matrix([NAME]="TripDistImpedance_DDist" ...	Combined	1.01656	0.29238	-0.23894	Productions, Doubly constrained, Scaling: production total	...
2	02_WH_NCA	Matrix([NAME]="TripDistImpedance_DDist" ...	Combined	0.99405	0.23635	-0.19655	Attractions, Doubly constrained, Scaling: attraction total	...
3	03_HS_NCA	Matrix([NAME]="TripDistImpedance_DDist" ...	Combined	0.88724	-0.71391	-0.10134	Productions, Doubly constrained, Scaling: production total	...
4	04_SH_NCA	Matrix([NAME]="TripDistImpedance_DDist" ...	Combined	1.69452	-1.77338	-0.12791	Attractions, Doubly constrained, Scaling: attraction total	...
5	05_HUNI_NCA	Matrix([NAME]="TripDistImpedance_DDist" ...	Combined	0.91573	0.70316	-0.30912	Productions, Doubly constrained, Scaling: production total	...
6	06_HO_NCA	Matrix([NAME]="TripDistImpedance_DDist" ...	Combined	0.84879	0.3155	-0.23891	Productions, Doubly constrained, Scaling: production total	...
7	07_OH_NCA	Matrix([NAME]="TripDistImpedance_DDist" ...	Combined	0.97688	0.13981	-0.22681	Attractions, Doubly constrained, Scaling: attraction total	...
8	08_OO_NCA	Matrix([NAME]="TripDistImpedance_DDist" ...	Combined	1.29776	-0.35414	-0.17256	Productions, Doubly constrained, Scaling: mean value	...
9	09_OW_NCA	Matrix([NAME]="TripDistImpedance_DDist" ...	Combined	1.09722	0.08604	-0.16078	Attractions, Doubly constrained, Scaling: attraction total	...

Apply to all DStrata

OK Cancel

სურათი 111. მგზავრობების განაწილების პროცედურის პარამეტრები

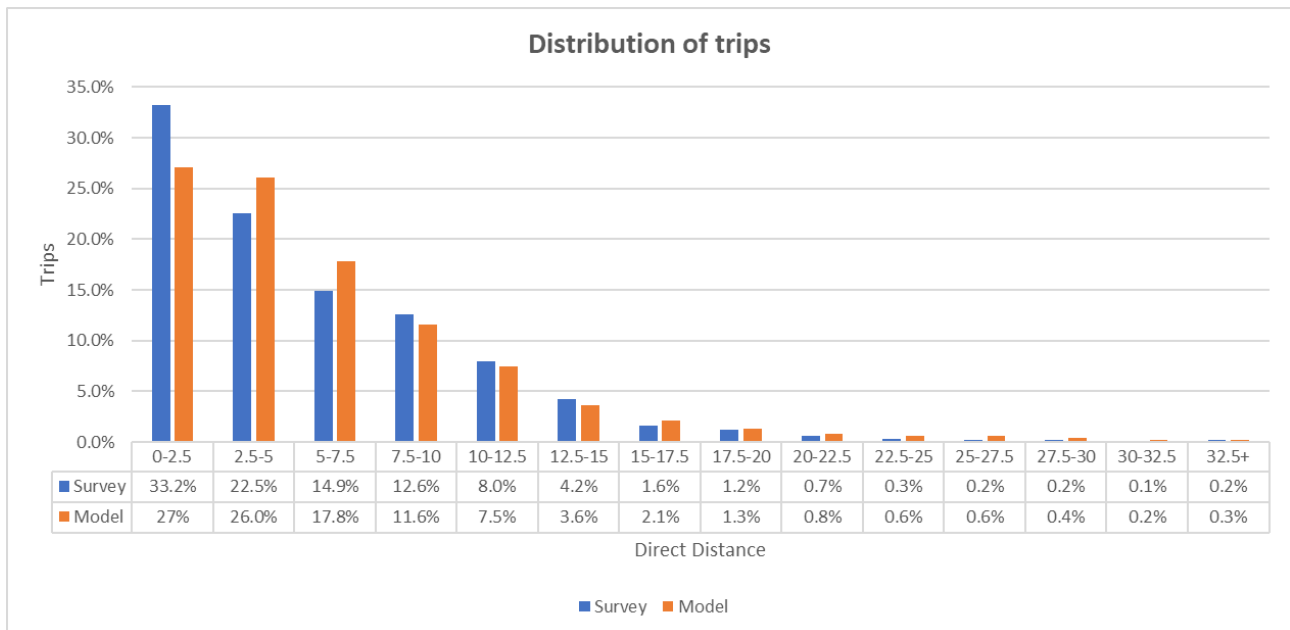
ამ პროცედურის შედეგად, მოთხოვნის თითოეული სტრატისთვის შეიქმნა მგზავრობის მატრიცა, რომელიც განსაზღვრავს გადაადგილებების რაოდენობას ტრანსპორტის ანალიზის ყველა ზონას (TAZ) შორის (მატრიცები №91-118) (სურათი 112).

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

No	Code	Name	Matrix Type	Object Type Ref	Sum
90	-----Trip Distribution Matrices-----		OD demand	Zone	0.000
91		Distribution 01_HW_CA	OD demand	Zone	102786.085
92		Distribution 02_WH_CA	OD demand	Zone	3370.863
93		Distribution 03_HS_CA	OD demand	Zone	32373.957
94		Distribution 04_SH_CA	OD demand	Zone	6813.256
95		Distribution 05_HUNI_CA	OD demand	Zone	2933.667
96		Distribution 06_HO_CA	OD demand	Zone	9921.613
97		Distribution 07_OH_CA	OD demand	Zone	20080.832
98		Distribution 08_OO_CA	OD demand	Zone	5827.083
99		Distribution 09_OW_CA	OD demand	Zone	2870.000
100		Distribution 21_HC_CA_aggl	OD demand	Zone	4163.487
101		Distribution 22_HNC_CA_aggl	OD demand	Zone	4973.123
102		Distribution 23_HS_CA_aggl	OD demand	Zone	4741.844
103		Distribution 24_OO_CA_aggl	OD demand	Zone	1557.035
104		Distribution 01_HW_NCA	OD demand	Zone	250566.964
105		Distribution 02_WH_NCA	OD demand	Zone	10906.994
106		Distribution 03_HS_NCA	OD demand	Zone	186211.553
107		Distribution 04_SH_NCA	OD demand	Zone	32808.802
108		Distribution 05_HUNI_NCA	OD demand	Zone	5888.044
109		Distribution 06_HO_NCA	OD demand	Zone	36067.576
110		Distribution 07_OH_NCA	OD demand	Zone	66547.104
111		Distribution 08_OO_NCA	OD demand	Zone	11897.834
112		Distribution 09_OW_NCA	OD demand	Zone	6378.520
117		Total Distribution	OD demand	Zone	1320999.448
118		Agr Distribution	OD demand	Main zone	1320999.448

სურათი 112. მგზავრობების განაწილების ეტაპზე გაანგარიშებული კორესპონდენციის მატრიცების ჩამონათვალი (ამონაწერი).

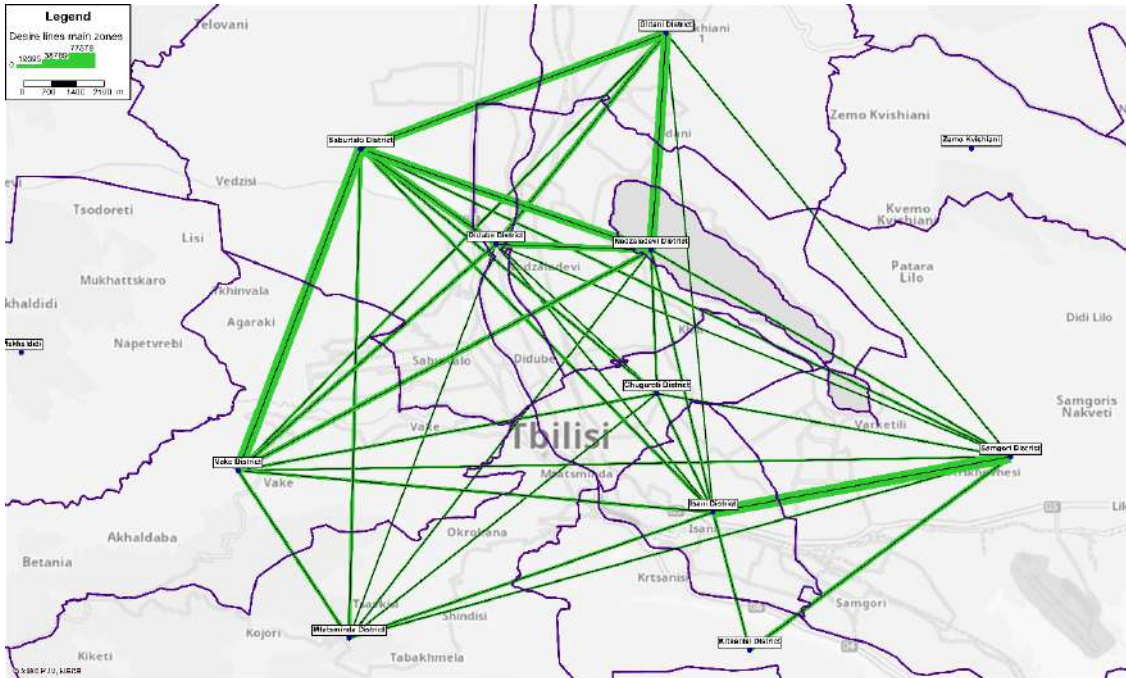
გამოკითხვის მონაცემებზე (ცხრილი 9) დაფუძნებული მგზავრობების განაწილების შედარება მგზავრობის ხანგრძლივობის მიხედვით მოდელირებულ მნიშვნელობებთან, ნაჩვენებია 113-ე სურათზე.



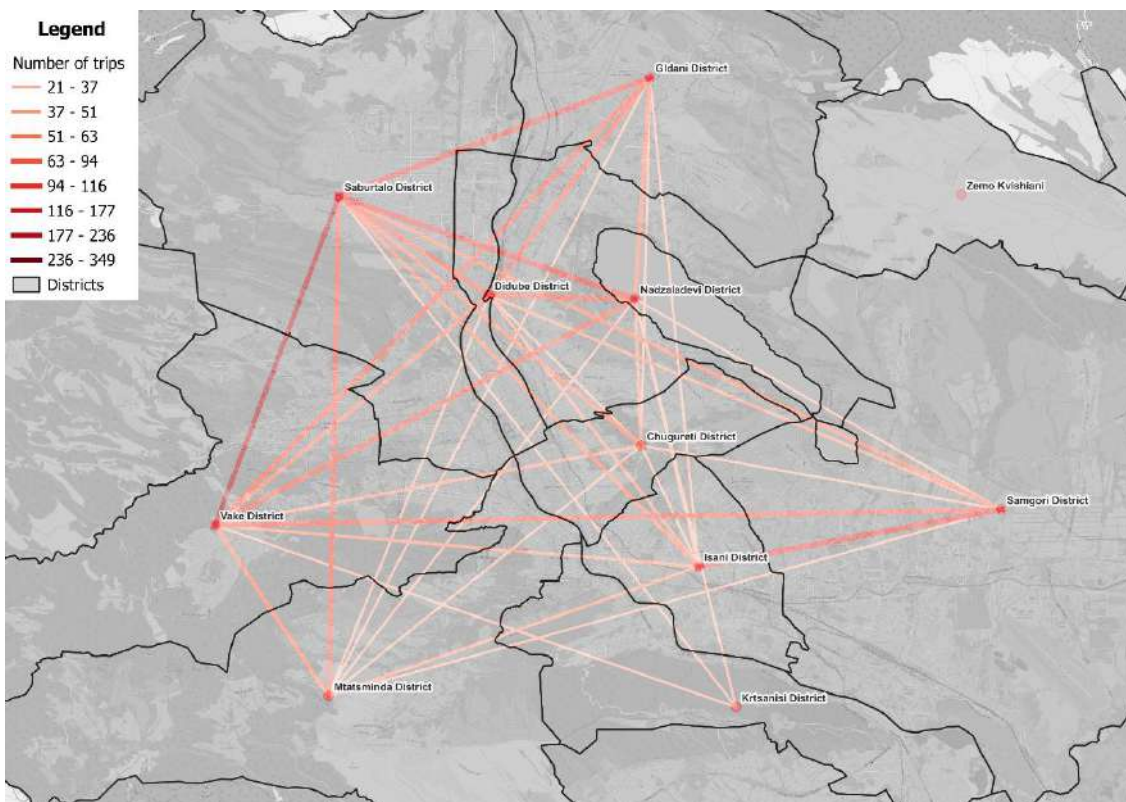
სურათი 113. რეალური და მოდელირებული მგზავრობების განაწილების შედარება ხანგრძლივობის მიხედვით.

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

მოდელის ძირითად ზონებს (ქალაქის რაიონებს) შორის მგზავრობების უდიდესი რაოდენობის განაწილების შედარება შინამეურნეობების კვლევის (HHS) მონაცემებთან, მოცემულია 114-ე სურათზე.



Model



HHS

სურათი 114. მგზავრობების (უმაღლესი ნაკადები) განაწილება ქალაქის რაიონებს შორის.

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

გამოკითხვის შედეგებსა და მოდელს შორის კორელაციის კოეფიციენტი შეადგენს 0.96-ს, რაც მიუთითებს ძალიან მჭიდრო დადებით კავშირზე. ეს ადასტურებს, რომ მოდელი წარმატებით ასახავს მგზავრობის მანძილებისა და ზონების რეალურ განაწილებას. მცირე აცდენები ძირითადად ფიქსირდება მოკლე დისტანციებზე, თუმცა მოდელის საერთო ტენდენცია სრულ თანხვედრაშია კვლევის მონაცემებთან, რაც ადასტურებს მათ სანდოობას შემდგომი გამოთვლებისთვის.

შემდგომ ეტაპზე, განაწილების მატრიცები საფუძვლად დაედო სატრანსპორტო საშუალების არჩევის (Modal Choice) გაანგარიშებას.

6.4. სატრანსპორტო საშუალების არჩევა

ტრანსპორტის მოდელირებაში სატრანსპორტო საშუალების არჩევის (Modal Choice) პროცედურების ჩამოსაყალიბებლად სხვადასხვა მიდგომა არსებობს, რადგან ეს ეტაპი თავისთავად გულისხმობს ინდივიდების მიერ არსებული ალტერნატიული საშუალებებიდან ტრანსპორტის სუბიექტური შერჩევის სიმულაციას. შინამეურნეობების კვლევა ეფუძნება „რეალური არჩევანის მეთოდის“ (Revealed Preference - RP)³⁰ მიდგომას.

6.4.1. დროის ღირებულება

მოდელში დროის ღირებულების (Value of Time - VoT) შეფასება ეფუძნება მსოფლიო ბანკის ანგარიშში „მგზავრობის დროის დაზოგვის მნიშვნელობის მეტა-ანალიზი დაბალი და საშუალო შემოსავლის ქვეყნებში“ მოცემულ მეთოდოლოგიასა და კოეფიციენტებს. აღნიშნული მონაცემები ადაპტირებულია ადგილობრივ სოციალურ-ეკონომიკურ პირობებთან, შინამეურნეობების კვლევის (HHS) შედეგად მიღებული ინფორმაციის საფუძველზე

მარტივად რომ ვთქვათ, დროის ღირებულება (Value of Time - VoT) გამოხატავს იმ თანხას, რომლის გადახდისთვისაც მზად არიან ინდივიდები მგზავრობის დროის დასაზოგად. მსოფლიო ბანკის მეთოდოლოგიის შესაბამისად, VoT გამოიხატა, როგორც საშუალო საათობრივი ანაზღაურების პროპორციული წილი. ტრანსპორტის სახეობებს შორის VoT-ის სხვაობა, პირველ რიგში, მომხმარებელთა ჯგუფების შემოსავლების დონეს შორის განსხვავებას ასახავს. მაგალითად, მოსალოდნელია, რომ საზოგადოებრივი ტრანსპორტის მომხმარებლებისთვის დროის ღირებულება უფრო დაბალია, ვიდრე კერძო ავტომობილის მფლობელთათვის, რაც მათი

³⁰ Modelling Transport / Juan de Dios Ortuzar, Luis G. WilluMRSen. – Fourth edition (2011), John Wiley & Sons, Ltd - p. 323

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

შემოსავლების შედარებით დაბალი დონით აიხსნება. ასევე, ანაზღაურების განაკვეთები განსხვავდება იმ რესპონდენტებს შორისაც, რომლებსაც აქვთ ან არ აქვთ წვდომა ავტომობილზე

ადგილობრივი სამგზავრო ქცევის ასახვის მიზნით და დროის ღირებულების (VoT) რეალისტური შეფასების უზრუნველსაყოფად, აღნიშნული მაჩვენებელი გამოითვალა ანგარიშში მოცემული საბაზისო კოეფიციენტებისა და შინამეურნეობების კვლევის (HHS) ფარგლებში შეგროვებული შემოსავლების მონაცემების საფუძველზე.

საბაზისო კოეფიციენტები განისაზღვრა როგორც ტრანსპორტში ყოფნის დროისთვის (IVT), ისე ფეხით სიარულის, ლოდინისა და ტრანსპორტამდე მისვლის/დანიშნულების ადგილამდე მისვლის (access/egress)³¹ დროისთვის. კოეფიციენტები ასევე დაიყო მგზავრობის მიზნის მიხედვით, რადგან დროის ღირებულების მაჩვენებლები ასახავს დროის დაზოგვისთვის გადახდის განსხვავებულ მზაობას სამუშაო (სახლი-სამსახური, სახლი-სასწავლებელი) და არასამუშაო (დასვენება, საყიდლები სხვა პირადი მიზნები) მგზავრობებს შორის. ამის საფუძველზე, მოთხოვნის სეგმენტები მგზავრობის მიზნის მიხედვით შემდეგ ჯგუფებად დაიყო: რეგულარული მგზავრობები (სახლი-სამსახური და სახლი-სწავლასთან დაკავშირებული ადგილები)

ამ ჯგუფში გაერთიანებულია ის მგზავრობები, რომლებიც ყოველდღიურ ხასიათს ატარებს. აბრევიატურები CA (Car Availability) და NCA (No Car Availability) მიუთითებს ავტომობილზე ხელმისაწვდომობის ქონა-არქონას:

- სახლი-სამსახური_CA (ხელმისაწვდომია ავტომობილი)
- სახლი-სამსახური_NCA (ავტომობილი არ არის ხელმისაწვდომი)
- სამსახური-სახლი_CA
- სამსახური-სახლი_NCA
- სახლი-სკოლა/ბაღი_CA (სასკოლო მგზავრობები)
- სახლი-სკოლა/ბაღი_NCA
- სკოლა/ბაღი-სახლი_CA
- სკოლა/ბაღი-სახლი_NCA
- სახლი-უნივერსიტეტი_CA (სტუდენტების მგზავრობა)

³¹ <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099032124211022462/pdf/P1775471cf971e0ee1becd1a1faab55d1d7.pdf> (Annex C, Table C1)

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

- სახლი-უნივერსიტეტი_NCA

არარეგულარული მგზავრობები (ყველა სხვა მგზავრობა, რომელიც არ უკავშირდება სამსახურს ან სწავლას, მათ შორის პირადი, დასვენების და სხვა არაგეგმური გადაადგილებები):

- სახლი-სხვა_CA (ავტომობილი ხელმისაწვდომია)
- სახლი-სხვა_NCA (ავტომობილი არ არის ხელმისაწვდომი)
- სხვა-სახლი_CA
- სხვა-სახლი_NCA
- სხვა-სამსახური_CA (მაგალითად, მაღაზიიდან სამსახურში წასვლა)
- სხვა-სამსახური_NCA
- სხვა-სხვა_CA (მაგალითად, სტუმრიდან კინოში წასვლა)
- სხვა-სხვა_NCA

შედეგად, გამოყენებულ იქნა მე-11 ცხრილში მოცემული დროის ღირებულების შეფასებები (პროცენტული მაჩვენებლების სახით)

ცხრილი 11. დროის ღირებულების შეფასება საათობრივი ანაზღაურების (ხელფასის განაკვეთის) პროპორციულად

	არარეგულარული	რეგულარული
ტრანსპორტში ყოფნის დრო (IVT)	0.74	0.9768
ფეხით სიარული/ველოსპიედით გადაადგილება	0.999	1.31868
მისვლის/დანიშნულების ადგილამდე მისვლის	1.0656	1.406592

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

შემოსავლების დონეებს შორის არსებული განსხვავებების გათვალისწინების მიზნით, მომხმარებლები ავტომობილის ხელმისაწვდომობისა და გამოყენებული ტრანსპორტის სახეობის მიხედვით დაიყვნენ შემდეგ ჯგუფებად (იხილეთ მე-12 ცხრილი).

ცხრილი 12. საშუალო საათობრივი ანაზღაურება მომხმარებელთა სხვადასხვა ჯგუფისთვის (აშშ დოლარი/სთ)

	წვდომა აქვს ავტომობილზე	წვდომა არ აქვს ავტომობილზე
Bike	2.72	
Ped	2.34	2.35
PrTr	3.97	
PrTr_Pass	3.14	2.75
PuT	2.94	3

ამ ეტაპზე გადაწყდა, რომ ველოსიპედის მომხმარებლები და ავტომობილის მძღოლები ავტომობილის ხელმისაწვდომობის მიხედვით არ განაწილდნენ, აღნიშნულ ჯგუფებში მონაცემთა სიმცირის გამო.

შესაბამისად, დროის ღირებულების (VoT) ცალკეული მაჩვენებლები განისაზღვრა კერძო ტრანსპორტისთვის, კერძო ტრანსპორტის მგზავრებისთვის, საზოგადოებრივი ტრანსპორტისთვის, ფეხით მოსიარულებისა და ველოსიპედისტებისთვის. თითოეული სეგმენტისთვის შესაბამისი კოეფიციენტები გამოყენებულ იქნა, როგორც ტრანსპორტში ყოფნის დრო (IVT), ისე ტრანსპორტამდე მისვლისა და დანიშნულების ადგილამდე მისვლის (access/egress) კომპონენტებისთვის.

ქვემოთ მოცემულია კერძო ტრანსპორტის (PrT) მომხმარებლებისთვის დროის ღირებულების (VoT) გამოთვლის რიცხვითი მაგალითი:

გამოკითხვის შედეგად მიღებული კერძო ტრანსპორტის მომხმარებელთა საშუალო საათობრივი ხელფასი შეადგენს 3.97 აშშ დოლარს საათში. ტრანსპორტში ყოფნის დროის ღირებულება (Value of in-vehicle time) გამოითვლება შემდეგი საბაზისო კოეფიციენტების გამოყენებით

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

$$VOT_{IVT} = \begin{cases} 3.97 * 0.74 \text{ აშშ დოლარი/სთ, არარეგულარული გზავრობა,} \\ 3.97 * 0.9768 \text{ აშშ დოლარი/სთ, რეგულარული გზავრობა} \end{cases}$$

დროის ღირებულება (VoT) ტრანსპორტამდე მისვლისა და დანიშნულების ადგილამდე მისვლის (Access/Egress) დროისთვის

$$VOT_{AT} = \begin{cases} 3.97 * 1.0656 \text{ აშშ დოლარი/სთ, არარეგულარული გზავრობა,} \\ 3.97 * 1.406592 \text{ აშშ დოლარი/სთ, რეგულარული გზავრობა,} \end{cases}$$

მე-13 ცხრილში მოცემულია კოეფიციენტები ტრანსპორტის თითოეული სახეობისთვის, მგზავრობის მიზნისა (რეგულარული/არარეგულარული) და ავტომობილის ხელმისაწვდომობის გათვალისწინებით.

ცხრილი 13. . დროის ღირებულება (VoT) ტრანსპორტის სხვადასხვა სახეობისა და აქტივობის ტიპების მიხედვით

		რეგულარული		არარეგულარული	
		მისვლა/დანიშნულების ადგილამდე მისვლა	ტრანსპორტში ყოფნის დრო	მისვლა/დანიშნულების ადგილამდე მისვლა	ტრანსპორტში ყოფნის დრო
PrTr_Pass	CA	3.86	2.68	2.93	2.03
	NCA	4.42	3.07	3.35	2.33
PrTr	CA	5.59	3.88	4.23	2.94
	NCA	5.59	3.88	4.23	2.94
PuT	CA	4.22	2.93	3.2	2.22
	NCA	4.14	2.88	3.14	2.18
Bike	CA		3.59		2.72
	NCA		3.59		2.72
Ped	CA		3.1		2.35
	NCA		3.09		2.34

მოდელში დანერგილი დროის ღირებულების (VoT) სტრუქტურა ასახავს როგორც საერთაშორისოდ დამკვიდრებულ პარამეტრებს, ისე ადგილობრივ სოციალურ-ეკონომიკურ პირობებს. ეს უზრუნველყოფს მომხმარებელთა პრეფერენციების რეალისტურ ასახვას მგზავრობის მიზნების, ტრანსპორტის სახეობებისა და მისაწვდომობის ჯგუფების მიხედვით.

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

ზემოაღნიშნული დროის ღირებულების (VoT) მაჩვენებლები მოდელში ინტეგრირებულია მოთხოვნის სტრატეგისთვის განსაზღვრული ინდივიდუალურად განსაზღვრული პარამეტრის (UDA) სახით (იხილეთ სურათი 115).

List (Demand strata)											
Select list layout...											
Number: 18	Code	VOT_CP_ACT	VOT_CP_EGT	VOT_CP_IVT	VOT_C_ACT	VOT_C_EGT	VOT_C_IVT	VOT_PuT_IVT	VOT_PUT_WKT	VOT_B_TT	VOT_P_TT
1	01_HW_CA	3.863	3.863	2.683	5.587	5.587	3.880	2.930	4.219	3.594	3.095
2	01_HW_NCA	4.423	4.423	3.071	5.587	5.587	3.880	2.875	4.141	3.594	3.087
3	02_WH_CA	3.863	3.863	2.683	5.587	5.587	3.880	2.930	4.219	3.594	3.095
4	02_WH_NCA	4.423	4.423	3.071	5.587	5.587	3.880	2.875	4.141	3.594	3.087
5	03_HS_CA	3.863	3.863	2.683	5.587	5.587	3.880	2.930	4.219	3.594	3.095
6	03_HS_NCA	4.423	4.423	3.071	5.587	5.587	3.880	2.875	4.141	3.594	3.087
7	04_SH_CA	3.863	3.863	2.683	5.587	5.587	3.880	2.930	4.219	3.594	3.095
8	04_SH_NCA	4.423	4.423	3.071	5.587	5.587	3.880	2.875	4.141	3.594	3.087
9	05_HUNI_CA	3.863	3.863	2.683	5.587	5.587	3.880	2.930	4.219	3.594	3.095
10	05_HUNI_NCA	4.423	4.423	3.071	5.587	5.587	3.880	2.875	4.141	3.594	3.087
11	06_HO_CA	2.927	2.927	2.032	4.232	4.232	2.939	2.220	3.196	2.722	2.345
12	06_HO_NCA	3.350	3.350	2.327	4.232	4.232	2.939	2.178	3.137	2.722	2.338
13	07_OH_CA	2.927	2.927	2.032	4.232	4.232	2.939	2.220	3.196	2.722	2.345
14	07_OH_NCA	3.350	3.350	2.327	4.232	4.232	2.939	2.178	3.137	2.722	2.338
15	08_OO_CA	2.927	2.927	2.032	4.232	4.232	2.939	2.220	3.196	2.722	2.345
16	08_OO_NCA	3.350	3.350	2.327	4.232	4.232	2.939	2.178	3.137	2.722	2.338
17	09_OW_CA	2.927	2.927	2.032	4.232	4.232	2.939	2.220	3.196	2.722	2.345
18	09_OW_NCA	3.350	3.350	2.327	4.232	4.232	2.939	2.178	3.137	2.722	2.338

სურათი 115 - დროის ღირებულების (VoT) მაჩვენებლები მოთხოვნის სტრატეგისთვის

6.4.2. სრული დანახარჯის შეფასება

თბილისსა და მის შემოგარენში ჩატარებულმა მობილობის კვლევამ საკმარისი მონაცემები მოგვცა რესპონდენტების მიერ ტრანსპორტის სახეობის არჩევის პრეფერენციების გასაანალიზებლად. როგორც წესი, ტრანსპორტის არჩევანი დამოკიდებულია სხვადასხვა ფაქტორზე, როგორიცაა მგზავრობის დრო და ღირებულება. ამ ფაქტორების ერთიან საზომამდე დაყვანა საშუალებას იძლევა, ტრანსპორტის სახეობები მომხმარებლისთვის მათი მიმზიდველობის მიხედვით შედარდეს.

ერთგვაროვნების უზრუნველსაყოფად გამოყენებულ იქნა სრული ხარჯი (GC) ინდიკატორი. GC აერთიანებს როგორც რეალურ ფინანსურ ხარჯებს, ისე დროის დანახარჯებს, რომლებიც ფულად ეკვივალენტშია გადაყვანილი დროის ღირებულების (VOT) ინდიკატორის მეშვეობით. ამრიგად, GC ასახავს კონკრეტული ტრანსპორტით მგზავრობის პირობით მთლიან ღირებულებას და საშუალებას იძლევა ერთმანეთს შეერწყას როგორც დროის კომპონენტები (მგზავრობის ხანგრძლივობა, გაჩერებამდე მისვლა და ა.შ.), ისე რეალური ფინანსური ხარჯები (მგზავრობის ტარიფი, საწვავის ხარჯი, პარკირება).

- კერძო ტრანსპორტის მომხმარებელთა სრული ხარჯები

ფორმულა შემდეგში მდგომარეობს:

$$GC_{PrT} = IVT * VOT_{PrT_{IVT}} + AT * VOT_{PrT_{AT}} + ET * VOT_{PrT_{ET}} + VOC * D + P,$$

სადაც:

- AT - მისვლის დრო (Access Time): ფეხით სავალი დრო საწყისი წერტილიდან (მაგ. სახლიდან) ავტომობილამდე (სთ);
- ET - დაშორების დრო (Egress Time): ფეხით სავალი დრო ავტომობილიდან (პარკირების ადგილიდან) საბოლოო დანიშნულების წერტილამდე (სთ).
- IVT - ტრანსპორტში ყოფნის დრო (სთ).
- D - სამგზავრო მანძილი (km);
- P - პარკინგის ხარჯები (USD);
- VOC - ავტომობილის საექსპლუატაციო ხარჯები (Vehicle Operating Costs): მოიცავს საწვავის ხარჯს 1 კილომეტრზე (აშშ დოლარი/კმ).

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

- $VOT_{PrT_{IVT}}, VOT_{PrT_{AT}}, VOT_{PrT_{ET}}$ - შემდეგი მნიშვნელობები: ტრანსპორტში ყოფნის დრო, მისვლის დრო, დამორების დრო კერძო ტრანსპორტის მომხმარებლებისთვის (აშშ დოლარი/სთ)

შინამეურნეობების კვლევის (HHS) მონაცემებზე დაყრდნობით, ტრანსპორტამდე მისვლისა და დანიშნულების ადგილამდე მისვლის საშუალო დროდ 2 წუთი განისაზღვრა. აღნიშნული მნიშვნელობები ტრანსპორტის ანალიზის ზონებში შეყვანილ იქნა დამატებითი პარამეტრების (Access time car და Egress time car) სახით.

თბილისში საწვავის საშუალო ხარჯი ერთ კილომეტრზე გამოითვალა საქართველოში საწვავის საშუალო წლიური ფასების (2024 წ.), სატრანსპორტო საშუალებების ტიპების მიხედვით საწვავის მოხმარების სტანდარტული ნორმებისა და თბილისის ავტოპარკის შემადგენლობის გათვალისწინებით: საშუალო მაჩვენებელმა შეადგინა **0.26 ლარი/კმ** (0.096 აშშ დოლარი/კმ).

პარკირების ღირებულება განისაზღვრა 1 ლარი/სთ (0.37 აშშ დოლარი/სთ³²) ოდენობით³³.

საწვავის საშუალო ხარჯი ერთ კილომეტრზე საგზაო ქსელში შეყვანილ იქნა ინდივიდუალურად განსაზღვრული პარამეტრის (UDA) სახით - **FUEL_COST_USD_KM**, ხოლო პარკირების ღირებულება -ტრანსპორტის ანალიზის ზონების ინდივიდუალურად განსაზღვრულ პარამეტრად (UDA) - **PARKING_COST**.

საზოგადოებრივი ტრანსპორტის მგზავრებისთვის სრული დანახარჯი არ მოიცავდა სატრანსპორტო საშუალების საექსპლუატაციო ხარჯებისა (VOC) და პარკირების (P) კომპონენტებს, ვინაიდან მათ, როგორც წესი, არ უწევთ საწვავისა თუ პარკირების საფასურის გადახდა.

$$GC_{PrTPass} = IVT * VOT_{PrTPass_{IVT}} + AT * VOT_{PrTPass_{AT}} + ET * VOT_{PrTPass_{ET}}$$

სადაც:

- AT - მისვლის დრო (access time):ვებით სავალი დრო საწყისი წერტილიდან სატრანსპორტო საშუალებამდე (სთ).

³² <https://ttc.com.ge/en/tariff/10>

³³ <https://www.google.com/finance/quote/GEL-USD?sa=X&ved=2ahUKEwjaksGSiYORAxVIRvEDHaMpF-QQmY0JegQIlhAv>

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

- ET - დაშორების დრო (egress time): ფეხით სავალი დრო სატრანსპორტო საშუალებიდან (პარკირების ადგილიდან) საბოლოო დანიშნულების წერტილამდე (სთ).
- IVT - ტრანსპორტში ყოფნის დრო (სთ)
- $VOT_{PrTPass_{IVT}}, VOT_{PrTPass_{AT}}, VOT_{PrTPass_{ET}}$ - ტრანსპორტში ყოფნის დროისა (IVT) და მისვლისა და დაშორების დროის ღირებულება კერძო ტრანსპორტის მგზავრებისთვის (აშშ დოლარი/სთ).

- საზოგადოებრივი ტრანსპორტის მომხმარებელთა სრული დანახარჯი

$$GC_{PuT} = IVT * VOT_{PuT_{IVT}} + AT * VOT_{PuT_{AT}} + ET * VOT_{PuT_{ET}} + WT * VOT_{PuT_{WT}} + C$$

სადაც:

- AT - მისვლის დრო (access time): ფეხით სავალი დრო საწყისი წერტილიდან გაჩერებამდე (სთ).
- ET - დაშორების დრო (egress time): ფეხით სავალი დრო გაჩერებიდან საბოლოო დანიშნულების წერტილამდე (სთ).
- WT - მოლოდინის დრო;
- IVT - ტრანსპორტში ყოფნის დრო (სთ)
- $VOT_{PuT_{IVT}}, VOT_{PuT_{AT}}, VOT_{PuT_{ET}}$ - ტრანსპორტში ყოფნის დროს (IVT), მისვლისა და დაშორების დროის ღირებულება საზოგადოებრივი ტრანსპორტის მომხმარებლებისთვის (აშშ დოლარი/სთ).
- C - მგზავრობის ღირებულება, აშშ დოლარი.

გაანგარიშებისთვის, საზოგადოებრივი ტრანსპორტით მგზავრობის ღირებულება განისაზღვრა მისი ხანგრძლივობის მიხედვით:

- 90 წუთამდე - 1 ლარი³⁴ (0,37 აშშ დოლარი³⁵)
- 90 წუთიდან 180 წუთამდე - 2 ლარი (0,074 აშშ დოლარი)

- ველოსიპედის მომხმარებელთა სრული დანახარჯი

ველოსიპედით მგზავრობისას, სრული დანახარჯი მხოლოდ დროის კომპონენტისგან შედგებოდა, რომელიც ფულად ერთეულებში იქნა გამოსახული.

³⁴ <https://ttc.com.ge/en/tariff/10>

³⁵ <https://www.google.com/finance/quote/GEL-USD?sa=X&ved=2ahUKEwjaksGStYORAxVIRvEDHaMpF-QQmY0JegQIlhAv>

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

$$GC_{Bike} = T * VOT_{Bike}$$

სადაც:

- T - მგზავრობის ხანგრძლივობა (სთ);
 - VOT_{Bike} - დროის ღირებულება ველოსიპედით მოსარგებლებისათვის (აშშ დოლარი/სთ).
- ფეხით მოსიარულეთა სრული დანახარჯი:

$$GC_{Ped} = T * VOT_{Ped}$$

- T - მგზავრობის ხანგრძლივობა (სთ);
- VOT_{Ped} - დროის ღირებულება ფეხით მოსიარულეებისათვის (აშშ დოლარი/სთ).

მოდელში გამოიყენეს სრული დანახარჯების დათვლის მეთოდი ტრანსპორტის თითოეული სახეობისთვის ცალ-ცალკე (სურათი 116).

Procedure sequence						
Number	184	Execution	Active	Procedure	Reference object(s)	Variant/file
101			☒	Group Generalized costs	102 - 106	10 messages ✓ Generalized costs
102			☒	Combination of matrices and vectors	ForEach(DEMANDSTRATUM D; D[CODE] in {"01_HW_CA"; "01_HW_NCA"; "02_WH_CA"; "02_WH_NCA"; "03_HS_CA"; "03_HS_NCA"; "04_SH_CA"; "04_SH_NCA"; "05_HUNI_CA"; "05_HUNI_NCA"; "06_HO_CA"; "06_HO_NCA"; "07_OH_CA"; "07_OH_NCA"; "08_OO_CA"; "08_OO_NCA"; "09_OW_CA"; "09_OW_NCA";})	219 messages ✓ GC_Bike
103			☒	Combination of matrices and vectors	ForEach(DEMANDSTRATUM D; D[CODE] in {"01_HW_CA"; "01_HW_NCA"; "02_WH_CA"; "02_WH_NCA"; "03_HS_CA"; "03_HS_NCA"; "04_SH_CA"; "04_SH_NCA"; "05_HUNI_CA"; "05_HUNI_NCA"; "06_HO_CA"; "06_HO_NCA"; "07_OH_CA"; "07_OH_NCA"; "08_OO_CA"; "08_OO_NCA"; "09_OW_CA"; "09_OW_NCA";})	219 messages ✓ GC_Car
104			☒	Combination of matrices and vectors	ForEach(DEMANDSTRATUM D; D[CODE] in {"01_HW_CA"; "01_HW_NCA"; "02_WH_CA"; "02_WH_NCA"; "03_HS_CA"; "03_HS_NCA"; "04_SH_CA"; "04_SH_NCA"; "05_HUNI_CA"; "05_HUNI_NCA"; "06_HO_CA"; "06_HO_NCA"; "07_OH_CA"; "07_OH_NCA"; "08_OO_CA"; "08_OO_NCA"; "09_OW_CA"; "09_OW_NCA";})	219 messages ✓ GC_Car Passenger
105			☒	Combination of matrices and vectors	ForEach(DEMANDSTRATUM D; D[CODE] in {"01_HW_CA"; "01_HW_NCA"; "02_WH_CA"; "02_WH_NCA"; "03_HS_CA"; "03_HS_NCA"; "04_SH_CA"; "04_SH_NCA"; "05_HUNI_CA"; "05_HUNI_NCA"; "06_HO_CA"; "06_HO_NCA"; "07_OH_CA"; "07_OH_NCA"; "08_OO_CA"; "08_OO_NCA"; "09_OW_CA"; "09_OW_NCA";})	219 messages ✓ GC_Pedestrian
106			☒	Combination of matrices and vectors	ForEach(DEMANDSTRATUM D; D[CODE] in {"01_HW_CA"; "01_HW_NCA"; "02_WH_CA"; "02_WH_NCA"; "03_HS_CA"; "03_HS_NCA"; "04_SH_CA"; "04_SH_NCA"; "05_HUNI_CA"; "05_HUNI_NCA"; "06_HO_CA"; "06_HO_NCA"; "07_OH_CA"; "07_OH_NCA"; "08_OO_CA"; "08_OO_NCA"; "09_OW_CA"; "09_OW_NCA";})	219 messages ✓ GC_PuT

სურათი 116. სრული დანახარჯის (GC) გამოთვლა ტრანსპორტის თითოეული სახეობისთვის

ავტომობილისთვის სრული დანახარჯის (GC) გამოთვლის პროცედურის მაგალითი მოცემულია 117-ე სურათზე.

☒	Group Generalized costs	102 - 106	10 messages ✓ Generalized costs
☒	Combination of matrices and vectors	ForEach(DEMANDSTRATUM D; D[CODE] in {"01_HW_CA"; "01_HW_NCA"; "02_WH_CA"; "02_WH_NCA"; "03_HS_CA"; "03_HS_NCA"; "04_SH_CA"; "04_SH_NCA"; "05_HUNI_CA"; "05_HUNI_NCA"; "06_HO_CA"; "06_HO_NCA"; "07_OH_CA"; "07_OH_NCA"; "08_OO_CA"; "08_OO_NCA"; "09_OW_CA"; "09_OW_NCA";})	219 messages ✓ GC_Bike
☒	Combination of matrices and vectors	ForEach(DEMANDSTRATUM D; D[CODE] in {"01_HW_CA"; "01_HW_NCA"; "02_WH_CA"; "02_WH_NCA"; "03_HS_CA"; "03_HS_NCA"; "04_SH_CA"; "04_SH_NCA"; "05_HUNI_CA"; "05_HUNI_NCA"; "06_HO_CA"; "06_HO_NCA"; "07_OH_CA"; "07_OH_NCA"; "08_OO_CA"; "08_OO_NCA"; "09_OW_CA"; "09_OW_NCA";})	219 messages ✓ GC_Car

Edit formula for matrix

Define an output matrix. Existing matrices are overwritten, non-existing matrices are created.
Example: Matrix([No] = 1) := Matrix([No] = 2) * Matrix([No] = 3)
[Further examples](#)

```

ForEach(DEMANDSTRATUM D; D[CODE] in {"01_HW_CA"; "01_HW_NCA"; "02_WH_CA"; "02_WH_NCA"; "03_HS_CA"; "03_HS_NCA"; "04_SH_CA"; "04_SH_NCA"; "05_HUNI_CA"; "05_HUNI_NCA"; "06_HO_CA"; "06_HO_NCA"; "07_OH_CA"; "07_OH_NCA"; "08_OO_CA"; "08_OO_NCA"; "09_OW_CA"; "09_OW_NCA";})

Matrix([CODE] = "Utility_C" & [DSTRATCODE] = D[CODE] & [NAME] = D[CODE]) :=

Matrix([CODE] = "TTC_C_NC_MSA" & [MATRIXTYPE] = 4 & [DSEGCODE] = "C") / 60 * CONTEXT[DEMANDSTRATUM\VOT_C_IVT] +
FROM[ACT_C] / 60 * CONTEXT[DEMANDSTRATUM\VOT_C_ACT] +
FROM[EGT_C] / 60 * CONTEXT[DEMANDSTRATUM\VOT_C_EGT] +
Matrix([CODE] = "DIS" & [MATRIXTYPE] = 4 & [DSEGCODE] = "C") * [FUEL_COST_USD_KM] +
FROM[PARKING_COST]

```

18 matrices are changed.

სურათი 117. სრული დანახარჯების (GC) ილუსტრაცია ავტომობილისთვის

6.4.3. ტრანსპორტის სახეობის არჩევის პროცედურა

ტრანსპორტის სახეობებს შორის ნაკადების განაწილება განისაზღვრება **ცალსახა არჩევანის მოდელებით** (ე.წ. ლოგიტ-მოდელებით), რაც გულისხმობს მომხმარებლის მიერ რამდენიმე ალტერნატივიდან მხოლოდ ერთის შერჩევას. პრაქტიკაში ყველაზე ფართოდ გავრცელებულია მულტინომიალური (MNL) და იერარქიული (NL) ლოგიტ-მოდელები. მულტინომიალური მოდელი გამოიყენება მაშინ, როდესაც საბოლოო მონაცემთა ბაზა მოიცავს დამოუკიდებელ ალტერნატივათა ფართო ერთობლიობას (მაგალითად: ავტომობილი, ველოსიპედი, ფეხით გადაადგილება ან ავტობუსი), ხოლო იერარქიული მოდელი აჯგუფებს მსგავს ვარიანტებს ქვეჯგუფებში, სადაც თითოეული მათგანი მხოლოდ ერთ ქვეჯგუფს მიეკუთვნება. მოცემულ შემთხვევაში გამოყენებულ იქნა მულტინომიალური ლოგიტ-მოდელი.

$$P_n(i) = \frac{e^{\mu V_{in}}}{\sum_{j \in C_n} e^{\mu V_{jn}}}$$

- $Pni(i)$ = ალტერნატივის არჩევის ალბათობა i ,
- μ = კალიბრაციის პარამეტრი,
- V_{in} = სატრანსპორტო საშუალების სარგებლიანობა i .

სარგებლიანობის ფუნქცია განისაზღვრა ტრანსპორტის თითოეული სახეობისთვის, მგზავრობის დროის შესაბამისი პარამეტრების გათვალისწინებით

- $V1 = ASC_CAR + B_TIME * GC_CAR$,
- $V2 = ASC_CAR\ passengers + B_TIME * GC_BIKE$,
- $V3 = ASC_BIKE + B_TIME * GC_BIKE$,
- $V4 = ASC_PUT + B_TIME * GC_PUT$,
- $V5 = ASC_PED + B_TIME * GC_PED$

სადაც:

- ASC_CAR - ალტერნატივის სპეციფიკური მუდმივა ავტომობილისთვის;
- $ASC_CAR\ passengers$ - ალტერნატივის სპეციფიკური მუდმივა ავტომობილის მგზავრებისთვის;
- ASC_BIKE - ალტერნატივის სპეციფიკური მუდმივა ველოსიპედისთვის;
- ASC_PUT - ალტერნატივის სპეციფიკური მუდმივა საზოგადოებრივი ტრანსპორტისთვის;

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

- *ASC_PED_PUT* - ალტერნატივის სპეციფიკური მუდმივა ფეხით მოსიარულეებისათვის;
- *B_TIME* - დროის ფაქტორისადმი მგრძნობელობის კოეფიციენტი.

სარგებლიანობის ფუნქციის პარამეტრების მნიშვნელობები გამოითვალა *Pandas Biogeme*-ის გამოყენებით³⁶. ტრანსპორტის თითოეული სახეობისთვის მიღებული პარამეტრები მოცემულია მე-14 ცხრილში

ცხრილი 14. სატრანსპორტო საშუალების არჩევის პარამეტრები

მოთხოვნის სტრატა	beta_gc	ASC_Car	ASC_Car_Pas	ASC_Bike	ASC_PuT
01_Home-Work_CA	-0.375621	3.447182	0.251266	1.706249	-2.793617
01_Home-Work_NCA	-1.711648	0.112058	-1.700732	1.616824	-3.614826
02_Work-Home_NCA	0.000000	13.158963	10.566615	12.581519	-2.313686
02_Work-Home_CA	-8.160381	-1.632297	-14.988639	5.636349	-12.122000
03_Home-Study_CA	-2.936254	3.266280	-2.149501	1.748572	-12.114672
03_Home-Study_NCA	-3.943600	-1.101318	-5.227245	2.358664	-12.353725
04_Study-Home_CA	-4.042111	4.046029	-5.137157	1.934792	-12.210953
04_Study-Home_NCA	-13.918942	-0.201318	-38.227245	10.027840	-10.992081
05_Home-University_CA	-1.995838	2.459018	-2.541358	2.898978	-1.858040
05_Home-University_NCA	-1.909272	-10.613121	-0.983960	3.462678	-11.372766
06_Home-Other_CA	-0.171551	3.057898	1.110884	1.421853	-10.945536
06_Home-Other_NCA	-2.073472	-0.360620	-2.302454	1.185198	-3.685765
07_Other-Home_CA	-0.372141	2.967281	0.535933	1.122554	-10.945038
07_Other-Home_NCA	-0.755281	-1.691671	-2.247573	0.155426	-12.897940
08_Other-Other_CA	-0.855334	2.643669	-1.239793	0.332314	-11.574843
08_Other-Other_NCA	-4.632897	-1.301318	-5.227245	2.158664	-12.353725
09_Other-Work_CA	-2.493788	4.487561	-4.192769	1.043837	-11.787471
09_Other-Work_NCA	-3.675797	1.434459	-5.760413	0.681862	-12.726257

³⁶ <https://biogeme.epfl.ch/>

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

ფეხით მოსიარულეთათვის ალტერნატივის სპეციფიკური მუდმივა (ASC) მოთხოვნის ყველა სეგმენტისთვის ნულის ტოლია. მიღებული პარამეტრები მოთხოვნის სეგმენტებისთვის შეიყვანეს ინდივიდუალურად განსაზღვრული მახასიათებლების (UDA) სახით (სურათი 118).

List (Demand strata)							
Number: 18	Code	beta_gc	ASC_B	ASC_C	ASC_CP	ASC_PuT	ASC_P
1	01_HW_CA	-0.38	-2.79	3.45	0.25	1.71	0.00
2	01_HW_NCA	-1.71	-3.61	0.11	-1.70	1.62	0.00
3	02_WH_CA	0.00	-2.31	13.16	10.57	12.58	0.00
4	02_WH_NCA	-8.16	-12.12	-1.63	-14.99	5.64	0.00

სურათი 118. ინდივიდუალურად განსაზღვრული მახასიათებლების (UDA) მეშვეობით დადგენილი სარგებლიანობის ფუნქციის მნიშვნელობის მაგალითი

სატრანსპორტო სახეობის არჩევის გამოსათვლელად, ცალ-ცალკე შეიქმნა ორი პროცედურა: ავტომობილზე ხელმისაწვდომობის მქონე (CA) და ავტომობილზე ხელმისაწვდომობის არმქონე (NCA) მოთხოვნის სეგმენტებისთვის (სურათი 119).

Procedure sequence						
Number: 183	Execution	Active	Procedure	Reference object(s)	Variant/file	Messages
107		☒	Group Mode choice	108 - 109		10 messages ✓ Mode choice
108		☒	Mode choice	01_HW_CA, 02_WH_CA, 03_HS_CA, 04_SH_CA, 05_HUNI_CA, 06...		10 messages ✓ Mode choice CA
109		☒	Mode choice	01_HW_NCA, 02_WH_NCA, 03_HS_NCA, 04_SH_NCA, 05_HUNI_I...		10 messages ✓ Mode choice NCA

სურათი 119. სატრანსპორტო სახეობის არჩევის გასაანგარიშებელი პროცედურები

ტრანსპორტის სახეობის არჩევის მოდელში სარგებლიანობის ფუნქციის განსაზღვრის მაგალითი მოცემულია 120-ე სურათზე.

Parameters Mode choice							
Set any result demand matrix to 0 prior to calculation							
Key	Demand stratum	Mode	Utility function	Function type	a	b	c
1 01_HW_CA/BIKE	01_HW_CA	BIKE Bicycle	CONTEXT[DEMANDSTRATUM,ASC_B]+CONTEXT[DEMANDSTRATUM,BETA_GC]*Matrix([CODE]="Utility_B" & [NAME]="01_HW_CA")...	Logit	0	0	1
2 01_HW_CA/C	01_HW_CA	C Car	CONTEXT[DEMANDSTRATUM,ASC_C]+CONTEXT[DEMANDSTRATUM,BETA_GC]*Matrix([CODE]="Utility_C" & [NAME]="01_HW_CA")...	Logit	0	0	1
3 01_HW_CA/C_P	01_HW_CA	C_P C_Pass	CONTEXT[DEMANDSTRATUM,ASC_CP]+CONTEXT[DEMANDSTRATUM,BETA_GC]*Matrix([CODE]="Utility_CP" & [NAME]="01_HW_CA")...	Logit	0	0	1
4 01_HW_CA/PED	01_HW_CA	PED Pedestrian	Utility definition for demand stratum mode 01_HW_CA/BIKE				
5 01_HW_CA/PuT	01_HW_CA	PuT PuT					
6 02_WH_CA/BIKE	02_WH_CA	BIKE Bicycle					
7 02_WH_CA/C	02_WH_CA	C Car					
8 02_WH_CA/C_P	02_WH_CA	C_P C_Pass					
9 02_WH_CA/PED	02_WH_CA	PED Pedestrian					
10 02_WH_CA/PuT	02_WH_CA	PuT PuT					
11 03_HS_CA/BIKE	03_HS_CA	BIKE Bicycle					
12 03_HS_CA/C	03_HS_CA	C Car					
13 03_HS_CA/C_P	03_HS_CA	C_P C_Pass					
14 03_HS_CA/PED	03_HS_CA	PED Pedestrian					
15 03_HS_CA/PuT	03_HS_CA	PuT PuT					
16 04_SH_CA/BIKE	04_SH_CA	BIKE Bicycle					
17 04_SH_CA/C	04_SH_CA	C Car					
18 04_SH_CA/C_P	04_SH_CA	C_P C_Pass					
19 04_SH_CA/PED	04_SH_CA	PED Pedestrian					
20 04_SH_CA/PuT	04_SH_CA	PuT PuT					
21 05_HUNI_CA/BIKE	05_HUNI_CA	BIKE Bicycle					
22 05_HUNI_CA/C	05_HUNI_CA	C Car					
23 05_HUNI_CA/C_P	05_HUNI_CA	C_P C_Pass					
24 05_HUNI_CA/PED	05_HUNI_CA	PED Pedestrian					
25 05_HUNI_CA/PuT	05_HUNI_CA	PuT PuT	CONTEXT[DEMANDSTRATUM,ASC_PuT]+CONTEXT[DEMANDSTRATUM,BETA_GC]*Matrix([CODE]="Utility_PuT" & [NAME]="05_HUNI_CA")...	Logit	0	0	1

სურათი 120. სარგებლიანობის ფუნქციის ფორმულის მაგალითი ტრანსპორტის სახეობის არჩევისას

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

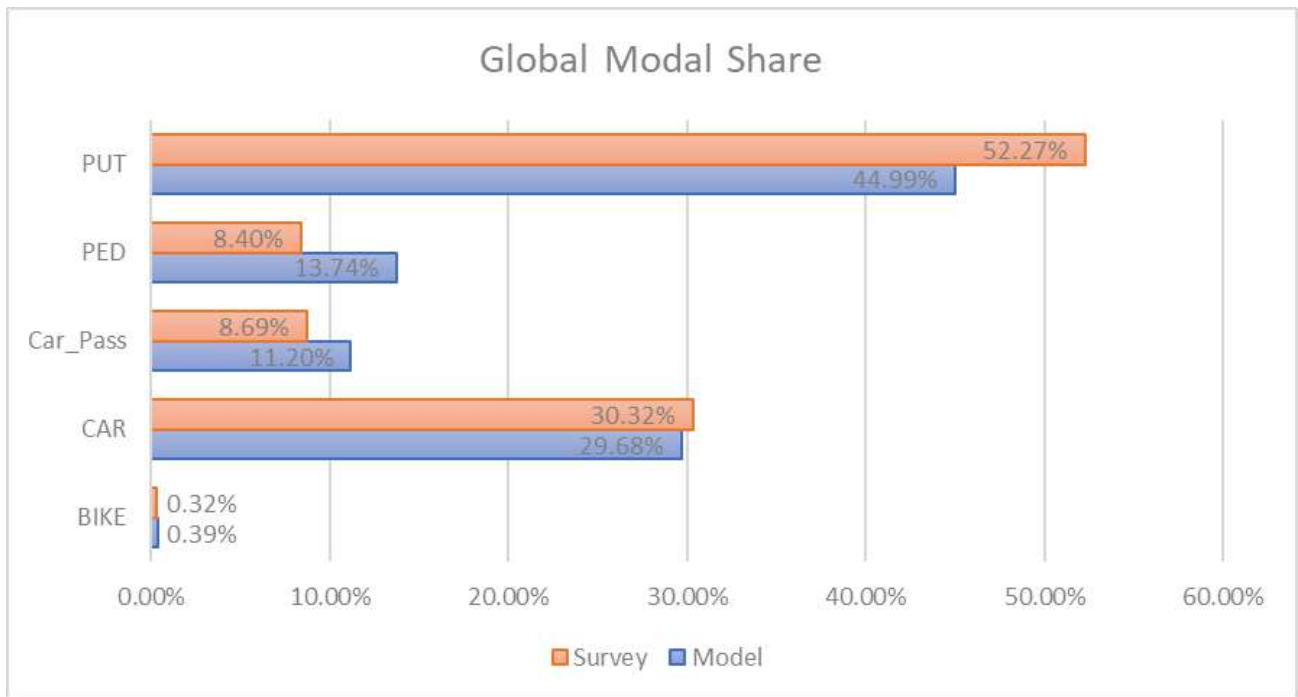
გაანგარიშების შედეგად მიღებულ იქნა 90 მატრიცა (18 მოთხოვნის ფენა * 5 ტრანსპორტის სახეობა), სურათი 121.

List (Matrices)						
Select list layout...						
Matrix filter: Matrix([NO] > 0)						
Number: 28	No	Code	Name	MatrixType	ObjectTypeRef	Sum
195	220	-----Mode Choice Matrices-----	-----Mode Choice Matrices-----	OD demand	Zone	0.000
196	221		Mode choice 01_HW_CA x BIKE	OD demand	Zone	331.182
197	222		Mode choice 01_HW_CA x C	OD demand	Zone	64605.436
198	223		Mode choice 01_HW_CA x C_P	OD demand	Zone	9730.250
199	224		Mode choice 01_HW_CA x PED	OD demand	Zone	1685.879
200	225		Mode choice 01_HW_CA x PuT	OD demand	Zone	26433.338
201	226		Mode choice 01_HW_NCA x BIKE	OD demand	Zone	766.742
202	227		Mode choice 01_HW_NCA x C	OD demand	Zone	9159.100
203	228		Mode choice 01_HW_NCA x C_P	OD demand	Zone	11695.356
204	229		Mode choice 01_HW_NCA x PED	OD demand	Zone	1198.989
205	230		Mode choice 01_HW_NCA x PuT	OD demand	Zone	103282.791
206	231		Mode choice 02_WH_CA x BIKE	OD demand	Zone	0.000
207	232		Mode choice 02_WH_CA x C	OD demand	Zone	1938.243
208	233		Mode choice 02_WH_CA x C_P	OD demand	Zone	168.543
209	234		Mode choice 02_WH_CA x PED	OD demand	Zone	0.004
210	235		Mode choice 02_WH_CA x PuT	OD demand	Zone	1264.072
211	236		Mode choice 02_WH_NCA x BIKE	OD demand	Zone	0.288
212	237		Mode choice 02_WH_NCA x C	OD demand	Zone	70.364
213	238		Mode choice 02_WH_NCA x C_P	OD demand	Zone	164.736
214	239		Mode choice 02_WH_NCA x PED	OD demand	Zone	5.974
215	240		Mode choice 02_WH_NCA x PuT	OD demand	Zone	5212.135

სურათი 121. ამონარიდი ტრანსპორტის სახეობის არჩევის (Mode Choice) ეტაპზე გამოთვლილი მატრიცების სიიდან

6.4.4. სატრანსპორტო საშუალების ტიპის არჩევის შედეგები

სატრანსპორტო საშუალების ტიპის არჩევის (Mode Choice) ეტაპის შედეგები, რომლებიც მოცემულია 122-ე სურათზე, გვიჩვენებს თუ რამდენად შეესაბამება მოდელში მიღებული მაჩვენებლები და 2025 წლის შინამეურნეობების კვლევის (HHS 2025) ტრანსპორტის სახეობის წილობრივი მაჩვენებლები მოთხოვნის სეგმენტების მიხედვით.



სურათი 122. ტრანსპორტის სახეობების წილობრივი განაწილების შედეგები

6.5. გარე მგზავრობები

თბილისის სატრანსპორტო მოდელის შემუშავების ერთ-ერთი მთავარი ამოცანა იყო გარე მგზავრობების (External trips) შეფასება, რომლებიც ხასიათდებოდა შემდეგი ასპექტებით:

- ამ მგზავრობების საწყისი წერტილი (Origin) და/ან დანიშნულების ადგილი (Destination) მოდელირებული არეალის მიღმა იმყოფებოდა.
- ამ მგზავრობებისთვის სრული დანახარჯი არ იყო განსაზღვრული, ვინაიდან მგზავრობის ნაწილი მოდელირებული არეალის გარეთ სრულდებოდა.

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

ამ მგზავრობების აღსარიცხად, ტრანსპორტის ანალიზის ზონების (TAZ) სისტემის ფარგლებში განისაზღვრა სპეციფიკური გარე ზონები, როგორც ეს ნაჩვენებია 21-ე სურათზე.

გარე ზონებისთვის ჩამოსვლისა და გამგზავრების (Arrivals/Departures) მოცულობები დადგინდა სატრანსპორტო ნაკადების მონაცემებზე დაყრდნობით (ავტომობილების რაოდენობა დღეში, ორივე მიმართულებით), რომლებიც დაფიქსირდა მოდელირების არეალის მთავარ გზებზე. აღნიშნული მონაცემები მოწოდებულ იქნა თბილისის ტრანსპორტისა და ურბანული განვითარების სააგენტოს (TUDA) მიერ და შემდგომში დაზუსტდა მოდელის კალიბრაციის პროცესში (ცხრილი 15).

ცხრილი 15. გარე ზონების ჩამოსვლისა და გამგზავრების მაჩვენებლები

მიმართულება	შემოსვლა/გასვლა	რაოდენობა
მარნეული	შემოსვლა	248
	გასვლა	106
ალგეთი	შემოსვლა	86
	გასვლა	37
საგარეჯო	შემოსვლა	300
	გასვლა	100
სტეფანწმინდა	შემოსვლა	300
	გასვლა	200
გორი	შემოსვლა	419
	გასვლა	179
წალკა	შემოსვლა	19
	გასვლა	8
ძეგვი	შემოსვლა	139
	გასვლა	60
რუსთავი	შემოსვლა	196
	გასვლა	84
ცხვარიჭამია	შემოსვლა	20
	გასვლა	10
თოხლიაური	შემოსვლა	300
	გასვლა	100

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

მიმართულება	შემოსვლა/გასვლა	რაოდენობა
კოტორაანთკარი	შემოსვლა	70
	გასვლა	30
მარტყოფის	შემოსვლა	10
მონასტერი	გასვლა	5

ექსპერტულ შეფასებაზე დაყრდნობით, ტრანზიტული მოძრაობის წილი განისაზღვრა 10%-ით მაგისტრალური გზებისთვის და 5%-ით მეორეხარისხოვანი გზებისთვის. აღნიშნული მნიშვნელობები ასახავს საგზაო ქსელის ფუნქციურ როლს და გამოყენებულ იქნა როგორც შემავალი პარამეტრები თბილისის სატრანსპორტო მოდელის კალიბრაციის პროცესში.

მიღებული სატრანსპორტო ნაკადებისა და მგზავრთა ნაკადების მოთხოვნის მონაცემები თბილისის სატრანსპორტო მოდელში გარე ზონებისთვის შეყვანილ იქნა ინდივიდუალურად განსაზღვრული პარამეტრი (UDA) სახით (სურათი 123)

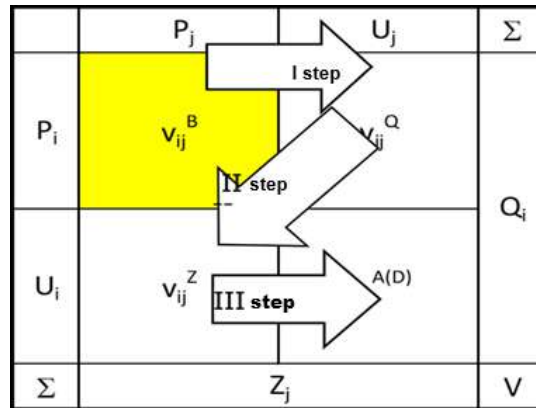
List (Zones)							
Number: 12	No	Code	Name	TypeNo	INCOMING_FLOW_CAR	OUTCOMING_FLOW_CAR	TRANSIT_SHEET_CAR
1	300001	Kordon	to Mameuli	9	248	106	0,10
2	300002	Kordon	to Gazakh	9	86	37	0,10
3	300003	Kordon	to Sagarejo	9	300	100	0,10
4	300004	Kordon	to Stepantsminda	9	300	200	0,10
5	300005	Kordon	to Gori	9	419	179	0,10
6	300006	Kordon	to Tsalka	9	19	8	0,05
7	300007	Kordon	to Dzegvi	9	139	60	0,05
8	300008	Kordon	to Rustavi	9	196	84	0,05
9	300009	Kordon	to Tskhvarichamia	9	20	10	0,05
10	300010	Kordon	to Tokhliauri	9	300	100	0,10
11	300011	Kordon	to Kotoraantkari	9	70	30	0,05
12	300012	Kordon	to Martkopi Monastery	9	10	5	0,05

სურათი 123. ინდივიდუალურად განსაზღვრული პარამეტრები (UDA) გარე ზონებისთვის

6.5.1. გარე ზონების სატრანსპორტო ნაკადების გამოთვლის ალგორითმი

გარე ზონებისთვის სატრანსპორტო ნაკადების გაანგარიშება განხორციელდა მგზავრობების საერთო მატრიცის ოთხ კვადრანტად (quadrant) დაყოფის გზით (იხ. სურათი 124).

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში



სურათი 124. გარე ზონების სატრანსპორტო ნაკადების გამოთვლის ეტაპები

მატრიცის დაყოფა ასახავს გარე ზონების სატრანსპორტო ნაკადების შეფასების თანმიმდევრულ ეტაპებს 4 ძირითად არეალს შორის: პირველი მეოთხედი, რომელიც მოდელირებული არეალის შიდა მგზავრობებს (Internal trips) შეესაბამება, უკვე გაანგარიშებულია ოთხ ეტაპიანი მოდელის (Four-stage model) გამოყენებით. მეორე და მესამე მეოთხედები წარმოადგენს სატრანსპორტო ნაკადებს გარე ზონების მიმართულებით და პირიქით, ხოლო მეოთხე მეოთხედი ასახავს ტრანზიტულ მოძრაობას (Through-traffic) გარე ზონებს შორის. გარე ზონების მგზავრობების გამოთვლა სრულდება შემდეგი ნაბიჯებით:

- გარე ზონებიდან მოდელირებული არეალისკენ მიმართული მგზავრობების შეფასება.
- მოდელირებული არეალიდან გარე ზონებისკენ მიმართული მგზავრობების შეფასება.
- გარე ზონებს შორის ტრანზიტული მგზავრობების შეფასება.

თითოეული ნაბიჯი დეტალურად არის აღწერილი მომდევნო ქვე-თავებში.

6.5.2. მოდელირებული არეალიდან გარე ზონებისკენ მიმართული მგზავრობების შეფასება

მგზავრობების მატრიცის მეორე მეოთხედი (სურათი 124) წარმოადგენს მოდელირებული არეალიდან გარე ზონებისკენ მიმართულ მგზავრობებს. აღნიშნული მგზავრობები გამოითვალა **შეწონილი ლოგიტ მოდელის (weighted Logit model)** გამოყენებით, რომელიც განსაზღვრულია შემდეგი ფორმულით:

$$v_{ij} = \frac{e^{-\beta A_{ij} \cdot E_i}}{\sum_k e^{-\beta A_{ik} \cdot E_k}} \cdot Z_j ,$$

სადაც:

β - ლოგიტ მოდელის კოეფიციენტი

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

A_{ij} - ზონა i- დან ზონა j-მდე მგზავრობის სრული დანახარჯი;

Z_j -შემომავალი სატრანსპორტო ნაკადის მოცულობა ზონა j-თვის;

E_i - ზონა i-ის სამიზნე მახასიათებელი (მაგალითად: მოსახლეობა, დასაქმება).

6.5.3. გარე ზონებიდან მოდელირებული არეალისკენ მიმართული მგზავრობების შეფასება

მგზავრობების მატრიცის მესამე მეოთხედი (სურათი 124) წარმოადგენს გარე ზონებიდან მოდელირებული არეალისკენ მიმართულ მგზავრობებს. აღნიშნული მგზავრობები **შეწონილი ლოგიტ მოდელის (weighted Logit model)** გამოყენებით, რომელიც განსაზღვრულია შემდეგი ფორმულით:

$$v_{ij} = \frac{e^{-\beta A_{kj}} \cdot E_j}{\sum_k e^{-\beta A_{kj}} \cdot E_k} \cdot Q_i ,$$

სადაც:

β - ლოგიტ მოდელის კოეფიციენტი

A_{ij} - ზონა i- დან ზონა j-მდე მგზავრობის სრული დანახარჯი;

Q_i - გამავალი სატრანსპორტო ნაკადის მოცულობა ზონა j-დან;

E_i - ზონა i-ის სამიზნე მახასიათებელი (მაგალითად: მოსახლეობა, დასაქმება).

გარე ზონების (სურათი 21) საწყისი მონაცემები ეფუძნებოდა თბილისის შოთა რუსთაველის სახელობის საერთაშორისო აეროპორტში მგზავრობა ჩამოსვლისა და გამგზავრების საშუალო დღიურ მაჩვენებლებს 2025 წლის ივნისი-სექტემბრის პერიოდისთვის, ასევე თბილისის ცენტრალური რკინიგზის სადგურის საშუალო დღიურ მგზავრობა ნაკადებს 2025 წლის იანვარი-სექტემბრის პერიოდისთვის (სურათი 125). აღნიშნული მონაცემები მოწოდებულ იქნა თბილისის ტრანსპორტისა და ურბანული განვითარების სააგენტოს (TUDA) მიერ, ხელმისაწვდომი წყაროების საფუძველზე, რაც მოიცავდა დეტალურ ინფორმაციას თბილისის აეროპორტსა და რკინიგზის სადგურზე მოხილობის ნაკადების შესახებ.

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

Passenger Flow							
Year	Origin	Destination	January	February	March	April	May
2024	Tbilisi	Various stations	54 186	44 505	53 085	49 945	59 986
2024	Various stations	Tbilisi	56 247	39 913	51 766	45 856	55 776
			110 433	84 418	104 851	95 801	115 762
2025	Tbilisi	Various stations	59 718	46 732	48 946	55 851	54 423
2025	Various stations	Tbilisi	49 846	34 705	45 060	47 763	42 043
			109 564	81 437	94 006	103 614	96 466

სურათი 125. ამონარიდი თბილისის აეროპორტის მგზავრთა ბრუნვის მონაცემებიდან

ვინაიდან მგზავრები, როგორც წესი, აეროპორტებსა და რკინიგზის სადგურებში რეისის გაფრენამდე/გასვლამდე გარკვეული დროით ადრე მიდიან, ხოლო ჩამოსვლის შემდეგ გარკვეული დაგვიანებით ტოვებენ აღნიშნულ ადგილებს, მხოლოდ 08:30-დან 09:30-მდე დაგეგმილი ფრენებისა თუ მატარებლების რაოდენობაზე ყურადღების გამახვილება არ იძლეოდა დილის პიკის საათში სატრანსპორტო აქტივობის ზუსტად შეფასების საშუალებას. შესაბამისად, მგზავრთა საშუალო დღიური ნაკადების დილის პიკის საათის პარამეტრებში გადასაყვანად გამოყენებულ იქნა საათობრივი კონცენტრაციის კოეფიციენტი. სატრანსპორტო მოდელირებისა და სამგზავრო ინფრასტრუქტურის დაგეგმარების საერთაშორისო პრაქტიკის³⁷ მიხედვით, პიკის საათების წილი დღიური ნაკადის 5%-დან 15%-მდე მერყეობს³⁸. მოცემულ სახელმძღვანელო მითითებებზე დაყრდნობით, მიჩნეულ იქნა, რომ 08:30-დან 09:30-მდე ინტერვალში აეროპორტსა და სადგურზე მგზავრთა მოხილვობა საშუალო დღიური მაჩვენებლის 10%-ს შეადგენს (ცხრილი 16).

ცხრილი 16. თბილისის აეროპორტისა და თბილისის რკინიგზის სადგურის მგზავრთა ბრუნვის საპროგნოზო მაჩვენებლები დილის პიკის საათისთვის

ობიექტი	მგზავრთა დღიური ბრუნვა		მგზავრთა ბრუნვა დილის პიკის საათებში, მგზ.	
	ჩამოსული მგზავრები	მგზავრები, რომლებიც მიემგზავრებიან	ჩამოსული მგზავრები	მგზავრები, რომლებიც მიემგზავრებიან

³⁷https://www.researchgate.net/publication/274381999_Modeling_pedestrian_flows_in_train_stations_The_example_of_Lausanne_railway_station

³⁸https://www.iata.org/en/iata-repository/publications/economic-reports/the-busiest-hour-at-the-busiest-airport-in-the-world/?utm_source=chatgpt.com

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

რკინიგზის სადგური	1809	2084	181	208
აეროპორტი	8871	8936	887	894

გარდა ამისა, დილის პიკის საათის მგზავრთა ნაკადის მოცულობა გამოითვალა თბილისის ყველა ძირითადი ავტოსადგურისთვის, მათ შორის: სადგურის მოედნის, დიდუბის, ორთაჭალისა და სამგორის ობიექტებისთვის. აღნიშნული ავტოსადგურები, თბილისის სატრანსპორტო მოდელში, ასევე განიხილება როგორც გარე ზონები (სურათი 21).

ვინაიდან თბილისის ავტოსადგურების მგზავრთა ბრუნვის შესახებ განახლებული მონაცემები არ მოიპოვებოდა, კვლევისთვის გამოყენებულ იქნა თბილისის ტრანსპორტისა და ურბანული განვითარების სააგენტოს (TUDA) მიერ მოწოდებული 2011-2012 წლების საარქივო მასალები საქალაქთაშორისო მგზავრობების შესახებ. აღნიშნული მონაცემთა ბაზა მოიცავდა ინფორმაციას მარშრუტების დასახელების, საშუალო დღიური რეისების რაოდენობისა და შესაბამისი ავტოსადგურების შესახებ (სურათი 126).

dedaqalaqSi moqmedi avtosadgurebi 2011-2012						
dasaxeleba	misamarTi	marSrutebis mimarTuleba	reisebis raodenoba	avtobusis kategoria		SeniSvna
				M2	M3	Passengers
			1490	1017	55	
avtosadguri "nige"	karaleTis 4 (didube)	Tbilisi-borjomi	7	15		129
avtosadguri "nige"	karaleTis 4 (didube)	waRveri	2	3		37
avtosadguri "nige"	karaleTis 4 (didube)	cemi	1	2		18
avtosadguri "nige"	karaleTis 4 (didube)	bakuriani	2	4		37
avtosadguri "nige"	karaleTis 4 (didube)	aspinZa	2	4		37
avtosadguri "nige"	karaleTis 4 (didube)	duSeTi	39	16		718

სურათი 126. ამონარიდი თბილისის ავტოსადგურებიდან საქალაქთაშორისო მგზავრობების შესახებ მონაცემთა ბაზიდან.

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

აღნიშნული მონაცემების თბილისის ავტოსადგურების დღევანდელ მგზავრთა ბრუნვასთან შესაბამისობაში მოსაყვანად (ექსტრაპოლაციისთვის), მიჩნეულ იქნა, რომ იმ პერიოდის შემდეგ მგზავრთა ნაკადი 15%-ით გაიზარდა. ამასთან, ადგილობრივი ექსპერტების შეფასებით, სამგზავრო ტრანსპორტის საშუალო ტევადობა დაახლოებით 16 ადამიანით განისაზღვრა. მარშრუტების მიხედვით მგზავრთა ნაკადების ყოველდღიური საპროგნოზო მაჩვენებლები დაჯგუფებულია იმ ავტოსადგურების მიხედვით, რომლებიც ამ მარშრუტებს ემსახურება.

ავტოსადგურებზე მგზავრთა ჩამოსვლისა და გამგზავრების წილი 08:30-დან 09:30-მდე ინტერვალში, აეროპორტისა და რკინიგზის სადგურის ანალოგიურად, საშუალო დღიური ნაკადის 10%-ით განისაზღვრა. აღნიშნული მაჩვენებელი საბაზისო დაშვებად იქნა მიღებული, ვინაიდან მგზავრთა ნაკადების მიმართულებების მიხედვით განაწილების შესახებ ზუსტი სტატისტიკური მონაცემები არ მოიპოვებოდა.

ცხრილი 17. თბილისის ავტოსადგურების საპროგნოზო მგზავრთა ბრუნვა

ობიექტი	მგზავრთა დღიური ბრუნვა		მგზავრთა ბრუნვა დილის პიკის საათებში, მგზ.	
	ჩამოსული მგზავრები	მგზავრები, რომლებიც მიემგზავრებიან	მგზავრები, რომლებიც მიემგზავრებიან	ჩამოსული მგზავრები
დიდუბის სადგური	11978	11978	1198	1198
ორთაჭალის სადგური	2134	2134	213	213
სამგორის სადგური	6918	6918	692	692
სადგურის მოედანი	2889	2889	289	289

საპროექტო არეალში არსებული ყველა გარე ზონისთვის მგზავრთა გადაადგილების სატრანსპორტო საშუალებების მიხედვით განაწილების მიზნით მიღებულ იქნა დაშვება, რომლის თანახმად, აღნიშნულ ზონებში მგზავრთა 60% გადაადგილდება კერძო ტრანსპორტით, ხოლო 40% - საზოგადოებრივი ტრანსპორტით. მოცემული დაშვება ეფუძნება ადგილობრივი ექსპერტების დაკვირვებებსა და შეფასებებს. მიღებული მონაცემები სატრანსპორტო ზონებს მიემატება დამატებითი ინფორმაციის სახით.

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

ამასთანავე, ვინაიდან სადგურის მოედნის ავტოსადგური და თბილისის რკინიგზის სადგური ერთმანეთთან ახლოს მდებარეობს და ერთიან გადაჯდომის კვანძს წარმოადგენს, ისინი გაერთიანდა ერთ გარე სატრანსპორტო ზონაში. შესაბამისად, აღნიშნულმა ზონამ მოიცვა ორივე ობიექტის ჯამური მგზავრთა ბრუნვა.

PTV Visum-ის პროგრამაში ასახული თბილისის აეროპორტის, რკინიგზის სადგურისა და ავტოსადგურების საპროგნოზო მგზავრთა ბრუნვის მაჩვენებლები მოცემულია 126-ე და 127-ე სურათებზე.

List (Zones)							
Number: 5	No	Code	Name	INCOMING_FLOW_CAR	INCOMING_FLOW_PUT	OUTCOMING_FLOW_CAR	OUTCOMING_FLOW_PUT
1	300013	Kordon	Tbilisi Railway Station	492	328	508	339
2	300014	Kordon	Airport	532	355	536	357
3	300015	Kordon	Ortachala	128	85	128	85
4	300016	Kordon	Samgori	415	277	415	277
5	300017	Kordon	Didube	719	479	719	479

სურათი 127. თბილისის აეროპორტის, რკინიგზის სადგურისა და ავტოსადგურების საპროგნოზო მგზავრთა ბრუნვა.

იმისთვის, რომ მოდელში გათვალისწინებული ყოფილიყო ქალაქგარეთა მგზავრობები ძირითად მაგისტრალებზე, გამოყენებულ იქნა თბილისის ტრანსპორტისა და ურბანული განვითარების სააგენტოს (TUDA) მიერ მოწოდებული მონაცემები მოძრაობის ინტენსივობის შესახებ (დეტალებისთვის იხილეთ პუნქტი 8.1).

მნიშვნელოვანია აღინიშნოს, რომ შემავალი და გამავალი ნაკადების კორექტირება ხორციელდება გარე ზონებში ტრანზიტული მოძრაობის წილის გათვალისწინებით.

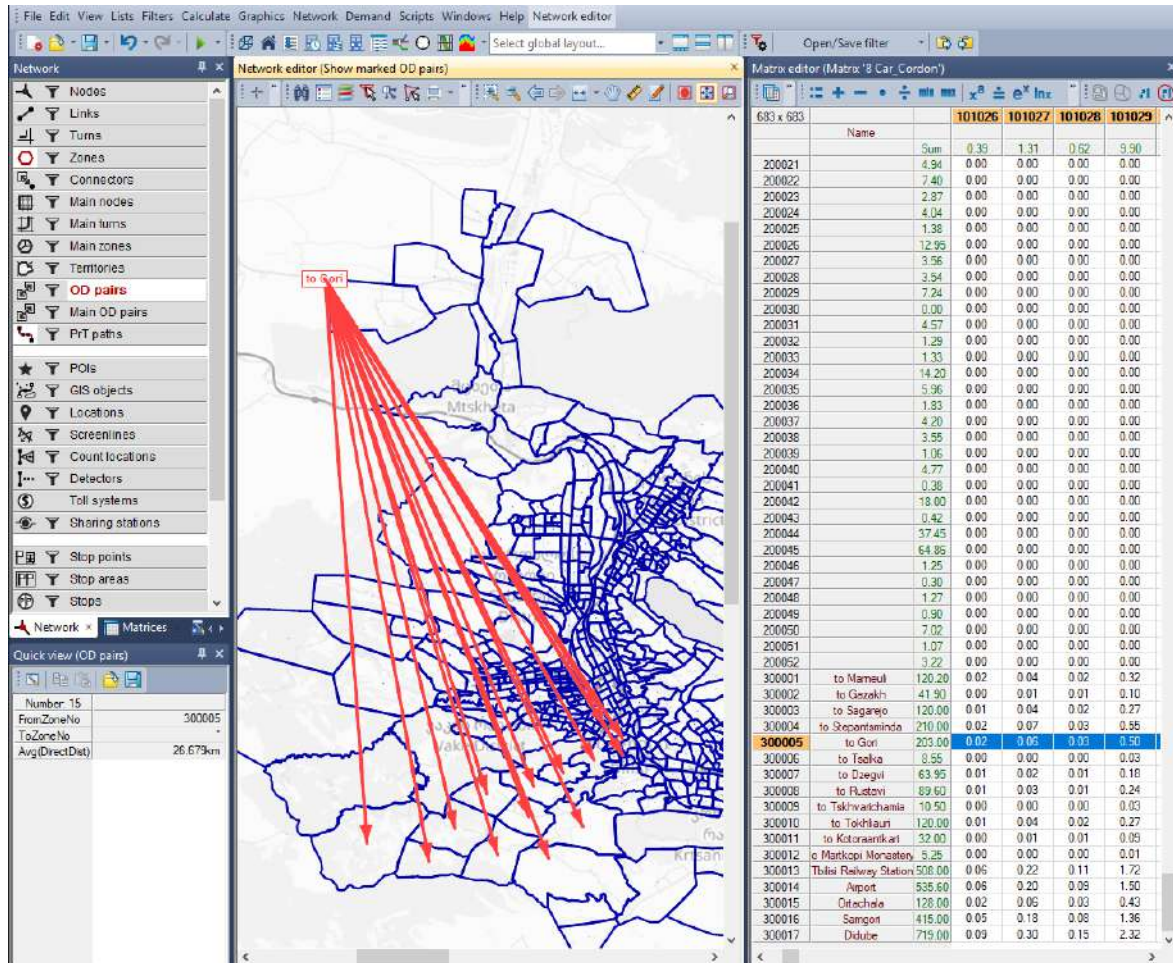
6.5.4. ტრანზიტული მოძრაობის მოცულობის გამოთვლა

მგზავრობების მატრიცის მეოთხე კვადრანტი (სურათი 124) მოიცავს ტრანზიტულ მგზავრობებსა და გარე ნაკადებს.

გამოთვლების შედეგად მომზადდა გარე მგზავრობების მატრიცები, რომელთა გავლენა შემდგომში საპროექტო არეალის ქუჩების ერთიან საგზაო ქსელში იქნა გათვალისწინებული.

128-ე სურათზე ნაჩვენებია ზემოთ აღწერილი ნაბიჯების თანმიმდევრულად შესრულების შედეგად მიღებული შედეგები VISUM-ში, გარე ზონის „გორის მიმართულების“ მაგალითზე.

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში



სურათი 128. ქალაქარე მეზარობების გამოთვლების მაგალითი „გორის ზონისთვის“

6.6. სატვირთო ავტომობილების მატრიცა

საპროექტო არეალის საგზაო ქსელში მოძრაობის რეალური პირობების გათვალისწინების მიზნით, თბილისის სატრანსპორტო მოდელის განახლებისას აუცილებელი გახდა სატვირთო ავტომობილების (GV) ნაკადების ჩართვა. თუმცა, ვინაიდან ქალაქში ტვირთების ლოგისტიკური მახასიათებლების დეტალური კვლევა ჩატარებული არ ყოფილა, გადაწყდა სატვირთო ავტომობილების (GV) კორესპონდენციების მატრიცის ფორმირება სატრანსპორტო ნაკადების მოცულობის კვლევებისა და მათი პოტენციური გენერირებისა და მიზიდვის ობიექტების განლაგების საფუძველზე

6.6.1. სატვირთო ავტომობილების მატრიცის გამოთვლა

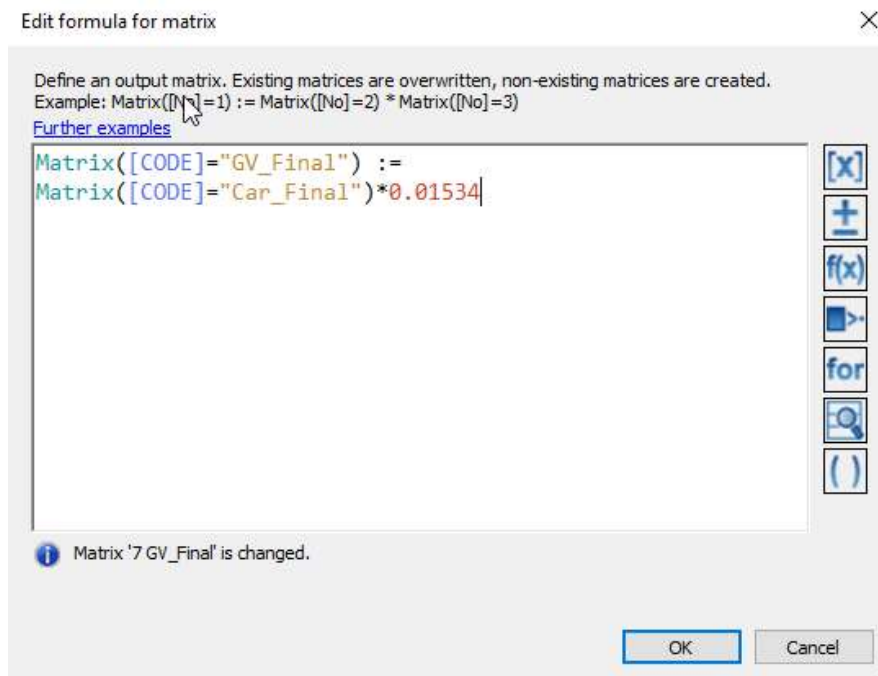
სატვირთო ავტომობილების (GV) OD მატრიცების გამოთვლა ორ ეტაპად განხორციელდა. პირველ ეტაპზე განისაზღვრა სატვირთო ავტომობილების წილი ტრანსპორტის საერთო ნაკადში. ამ ამოცანის შესასრულებლად გამოყენებულ იქნა საპროექტო არეალში არსებული ადმრიცხველი პუნქტების 2024 და 2025 წლების მონაცემები (სურათი 129).

Code	Name	GV	Total_flow	GV_share
Data Sheet (26.03.2025) Location 7	7.3_7.6	3	529	0,00567
Data Sheet (26.03.2025) Location 7	7.1_7.4	2	522	0,00575
Data Sheet (26.03.2025) Location 7	7.2_7.5	1	154	0,00649
Data Sheet (26.03.2025) Location 7	7.1_7.2	3	403	0,00993
Data Sheet (26.03.2025) Location 7	7.3_7.4	0	173	0,00000
Data Sheet (26.03.2025) Location 7	7.5_7.6	3	629	0,00477
Data Sheet (25.03.2025) Location 1	1.2_1.6	0	13	0,00000
Data Sheet (25.03.2025) Location 1	1.3_1.4_1.7	3	1354	0,00295
Data Sheet (25.03.2025) Location 1	1.1_1.5_1.8	8	1917	0,00417
Data Sheet (25.03.2025) Location 1	1.7_1.8	6	1224	0,00490
Data Sheet (25.03.2025) Location 1	1.4_1.5_1.6	2	1889	0,00106
Data Sheet (25.03.2025) Location 1	1.1_1.2_1.3	3	1198	0,00334
Data Sheet (25.03.2025) Location 2	2.3_2.5	2	874	0,00229
Data Sheet (25.03.2025) Location 2	2.1_2.4	3	571	0,00701
Data Sheet (25.03.2025) Location 2	2.2	2	808	0,00248
Data Sheet (25.03.2025) Location 2	2.5	0	373	0,00000
Data Sheet (25.03.2025) Location 2	2.1_2.2	5	1356	0,00442
Data Sheet (25.03.2025) Location 2	2.3_2.4	2	524	0,00382
Data Sheet (17.03.2025) Location 2	2.2_2.6_2.11	18	755	0,02384

სურათი 129. ამონარიდი მოძრაობის ინტენსივობის მონაცემებისა და სატვირთო ავტომობილების (GV) წილის გამოთვლებიდან.

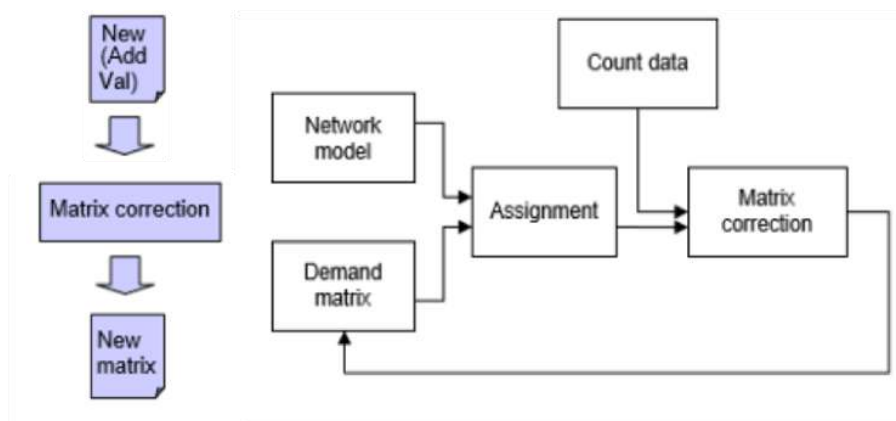
ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

ანალიზმა აჩვენა, რომ სატვირთო ავტომობილების (GV) საშუალო წილი ნაკადში 1.534%-ს შეადგენს. შესაბამისად, სატვირთო ავტომობილების საბაზისო მატრიცის მისაღებად, მსუბუქი ავტომობილების მატრიცა გამრავლდა შესაბამის კოეფიციენტზე - 0.01534 (სურათი 130).



სურათი 130. PTV Visum-ში სატვირთო ავტომობილების (GV) საბაზისო მატრიცის გამოთვლის პროცედურა

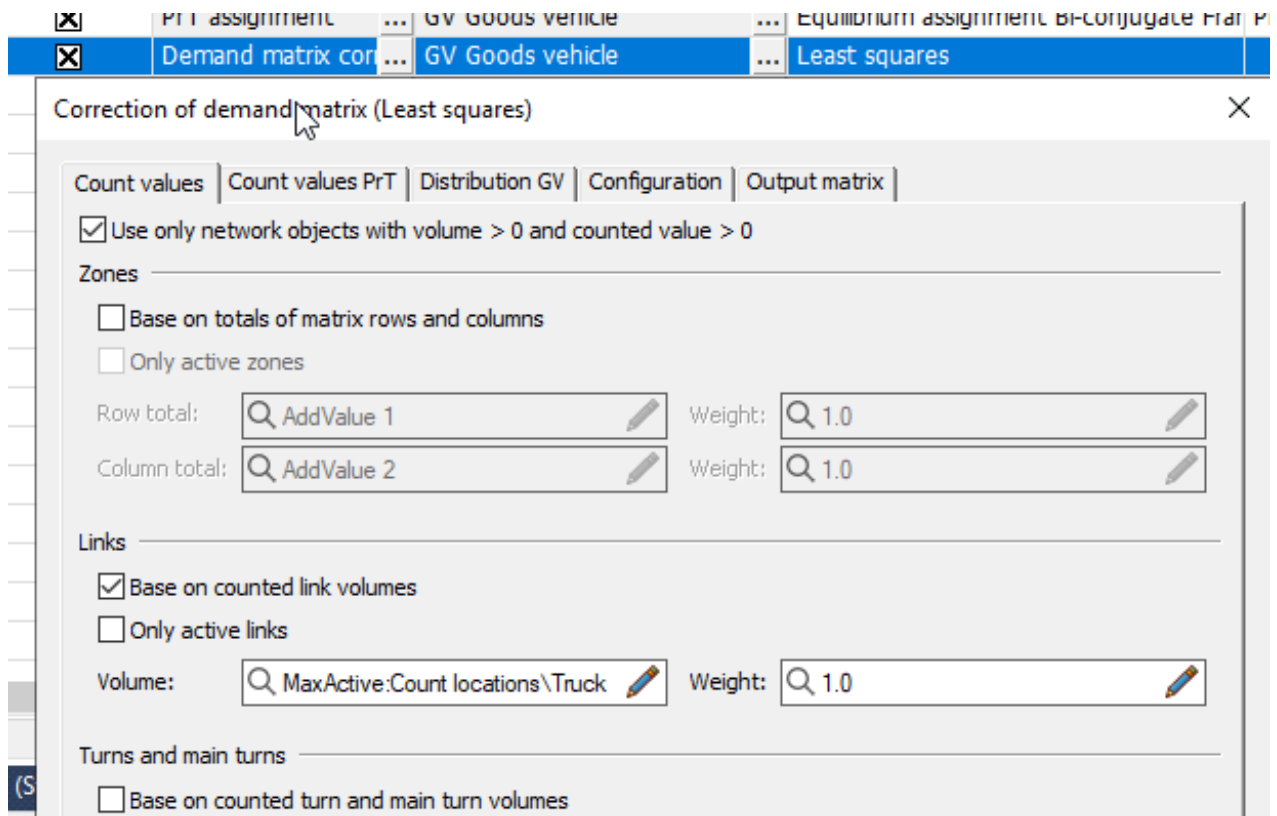
შემდგომ ეტაპზე გამოყენებულ იქნა უმცირეს კვადრატთა მეთოდი, რითაც შესაძლებელი გახდა სატვირთო ტრანსპორტის საბაზისო მატრიცის კორექტირება მოძრაობის ფაქტობრივი ინტენსივობის მაჩვენებლების შესაბამისად. მატრიცის კორექტირების პროცესი განხორციელდა 131-ე სურათზე მოცემული სქემის მიხედვით.



სურათი 131. სატვირთო ტრანსპორტის მატრიცის კორექტირების პროცესი

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

131-ე სურათზე მოცემული დიაგრამის შესაბამისად, PTV Visum-ში მომზადდა და დაკალიბრდა გამოთვლის სათანადო პროცედურები. სატვირთო ავტომობილების (GV) მატრიცის კორექტირების პროცედურის კონფიგურირების მაგალითი ნაჩვენებია 132-ე სურათზე.



სურათი 132. სატვირთო ავტომობილების (GV) მატრიცის კორექტირების პროცედურის კონფიგურაციის პროცესი.

შედეგად, მიღებულ იქნა სატვირთო ავტომობილების (GV) საბოლოო OD მატრიცა.

7. გადანაწილების ეტაპი

გადანაწილების (Assignment) ეტაპი წარმოადგენს პროცესს, რომლის დროსაც საპროგნოზო სატრანსპორტო მოთხოვნის მონაცემები (OD მატრიცები) აისახება სატრანსპორტო ქსელზე. ამ დროს მგზავრობები ნაწილდება გზის მონაკვეთებსა და მარშრუტებზე ქსელის ისეთი მახასიათებლების გათვალისწინებით, როგორიცაა გამტარუნარიანობა, მოძრაობის სიჩქარე, დაყოვნებები და მარშრუტის არჩევის ქცევა.

ამ პროცესის შედეგად მიიღება სატრანსპორტო და სამგზავრო ნაკადების მაჩვენებლები, ისევე როგორც საგზაო ქსელის ფუნქციონირების ძირითადი ინდიკატორები

7.1. მატრიცების კომბინირება

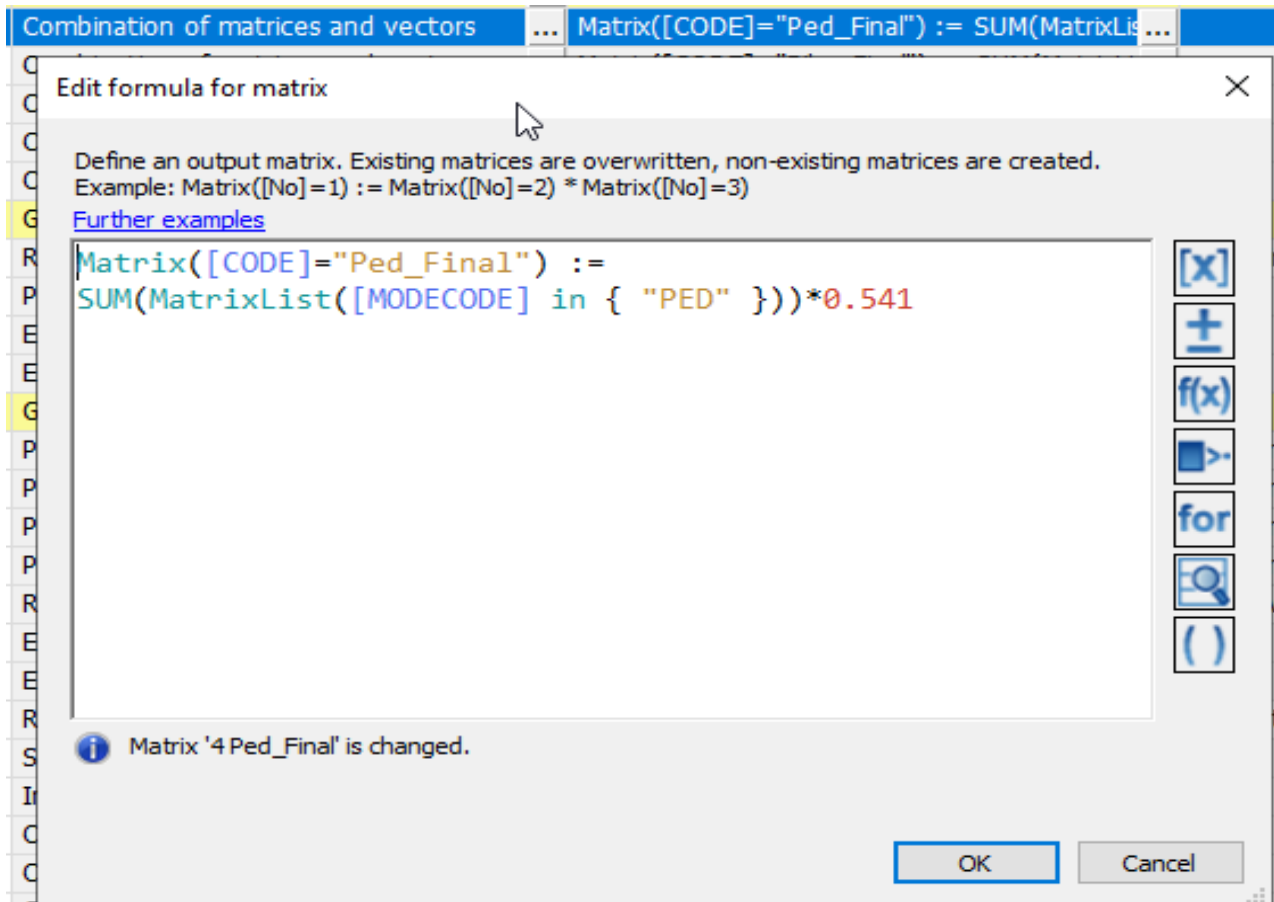
მატრიცების კომბინირება გულისხმობს ადრე გამოთვლილი მატრიცების (დეტალურად აღწერილია ქვეთავში 5.4) გაერთიანებას მოთხოვნის სეგმენტების მიხედვით.

Active	Procedure	Reference object(s)	Variant/file	Messages	Comment
☒	Group Aggregation of matrices by mode ...	122 - 126			Aggregation of matrices by mode
☒	Combination of matrices and vectors ...	Matrix([CODE]="Ped_Final") := SUM(MatrixLi ...		32 messages ✓	Summation of matrices by demand stratum with mode Pedestrians_peak hour factor from HHS
☒	Combination of matrices and vectors ...	Matrix([CODE]="Bike_Final") := SUM(MatrixLi ...		32 messages ✓	Summation of matrices by demand stratum with mode Bike_peak hour factor from HHS
☒	Combination of matrices and vectors ...	Matrix([CODE]="Car_Pass") := SUM(MatrixLi ...		32 messages ✓	Calculation of the number of Car Passengers_peak hour factor from HHS
☒	Combination of matrices and vectors ...	Matrix([CODE]="Car_Final") := Matrix([CODI ...		32 messages ✓	Calculation of the number of Car_Car occupancy rate
☒	Combination of matrices and vectors ...	Matrix([CODE]="PuT_Final") := SUM(MatrixL ...		32 messages ✓	Summation of matrices by demand stratas with mode PuT_peak hour factor from HHS

სურათი 133. პროცედურების ერთობლიობა, რომელიც სხვადასხვა ტიპის მგზავრობის მონაცემებს ერთიან მატრიცაში აჯამებს

სატრანსპორტო საშუალების არჩევის ეტაპზე, მოთხოვნის თითოეული სტრატისთვის გაანგარიშებული მატრიცები ცალ-ცალკე დაჯამდა შესაბამისი სეგმენტების მიხედვით (მსუბუქი ავტომობილით მოსარგებლე, მსუბუქი ავტომობილის მგზავრი, საზოგადოებრივი ტრანსპორტით მოსარგებლე, ველოსიპედი, ფეხით მოსიარულე). გარდა ამისა, 08:30-დან 09:30 საათამდე პერიოდისთვის (დილის პიკი) გამოყენებულ იქნა სკალირების კოეფიციენტები (სურათი 134)

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

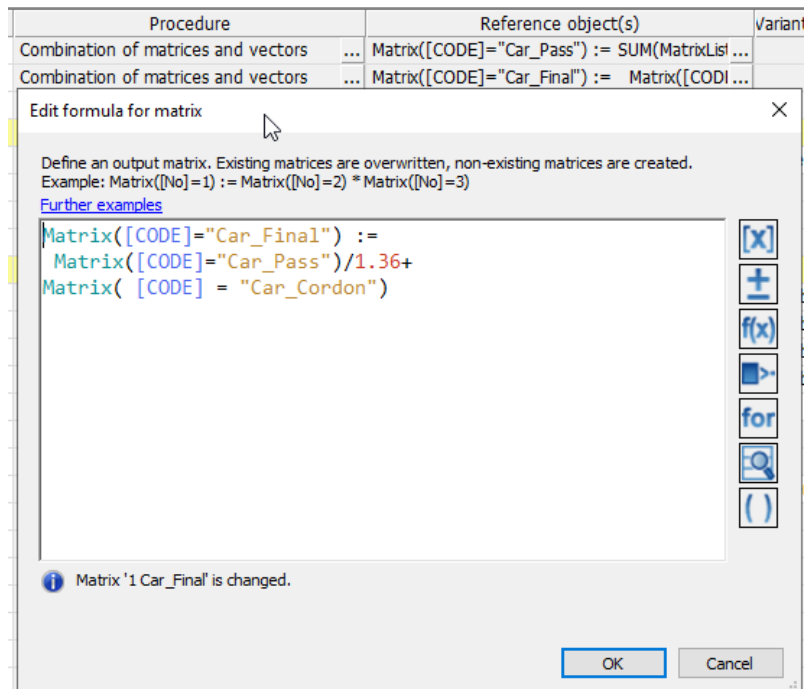


სურათი 134. მოთხოვნის სტრატეგიის მიხედვით ფეხით მოსიარულეთა მატრიცების შეჯამებისა და პიკური საათის კოეფიციენტის გამოყენების მაგალითი

მსუბუქი ავტომობილების მატრიცის ფორმირებისას მძღოლებისა და მგზავრების მატრიცების ჯამური მაჩვენებელი ავტომობილების რაოდენობაში იქნა გადაყვანილი. ამისათვის გამოყენებულ იქნა ავტომობილის დატვირთულობის კოეფიციენტი (Occupancy Rate) 1.36, რომელიც ერთ ავტომობილში მგზავრთა საშუალო რაოდენობას ასახავს.

გარდა ამისა, მსუბუქი და საზოგადოებრივი ტრანსპორტის მატრიცებს დაემატა გარე მიმოსვლისა და ტრანზიტული ნაკადების მატრიცები (სურათი 135).

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში



სურათი 135. გარე გადაადგილებების მატრიცის მოდელში ინტეგრირების მაგალითი

თითოეული მოთხოვნის სეგმენტისთვის ჩამოყალიბდა საბოლოო მატრიცები (სურათი 136):

- № 1_Car_Final - მსუბუქი ავტომობილების სეგმენტი;
- № 3_PuT_Final - საზოგადოებრივი ტრანსპორტის სეგმენტი;
- № 4_Ped_Final - ფეხით მოსიარულეთა სეგმენტი;
- № 5_Bike_Final - ველოსიპედით მოსარგებლეთა სეგმენტი.

შემდეგ ეტაპზე, აღნიშნული მოთხოვნის მატრიცები აისახა სატრანსპორტო ქსელის მოდელზე შემდგომი გამოთვლებისათვის.

OD demand data

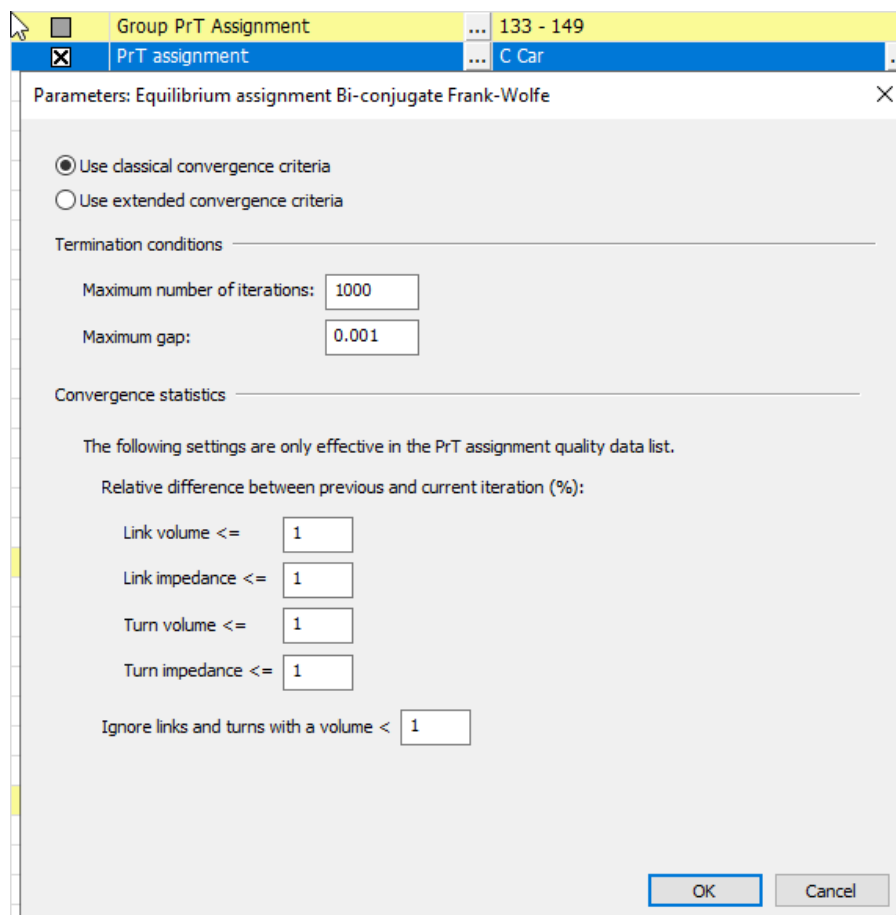
Demand segments Standard time series Demand time series					
Number: 6	Demand segment code	Demand segment name	Demand time series	Matrix	Matrix
1	BIKE	Bicycle	1 Default	Matrix([CODE]='Bike_Final')	5 Bike_Final
2	C	Car	1 Default	Matrix([CODE]='Car_Final')	1 Car_Final
3	C_P	C_Pass	1 Default	Matrix([CODE]='Car_Pass')	2 Car_Pass
4	GV	Goods vehicle	1 Default	Matrix([CODE]='GV_Final')	7 GV_Final
5	PED	Pedestrians	1 Default	Matrix([CODE]='Ped_Final')	4 Ped_Final
6	PuT	PuT	1 Default	Matrix([CODE]='PuT_Final')	3 PuT_Final

სურათი 136. მოთხოვნის სეგმენტების მატრიცები ქსელში გადასატანად

7.2. მატრიცების გადანაწილება

თბილისის სატრანსპორტო მოდელში საზოგადოებრივი და კერძო ტრანსპორტის ნაკადების ქსელზე გადანაწილებისას გამოყენებულ იქნა დიფერენცირებული მიდგომები. გარდა ამისა, კერძო ტრანსპორტის მოთხოვნის სხვადასხვა სეგმენტისთვის ასევე განსხვავებული განაწილების მეთოდოლოგია იქნა შერჩეული.

კერძო ტრანსპორტის (Car) სეგმენტისთვის გამოყენებულ იქნა ლოზეის წონასწორული განაწილების მეთოდი (**Equilibrium Lohse**). აღნიშნული მეთოდი სატრანსპორტო ნაკადებს ანაწილებს ქსელზე ისე, რომ მიიღწევა მოთხოვნასა და ქსელის შესაძლებლობებს შორის წონასწორობა; შედეგად, მძღოლები ირჩევენ ოპტიმალურ მარშრუტებს ქსელში არსებული დატვირთვისა და გადაადგილების დროის გათვალისწინებით. აღნიშნული მეთოდის პარამეტრები მოცემულია 137-ე სურათზე.

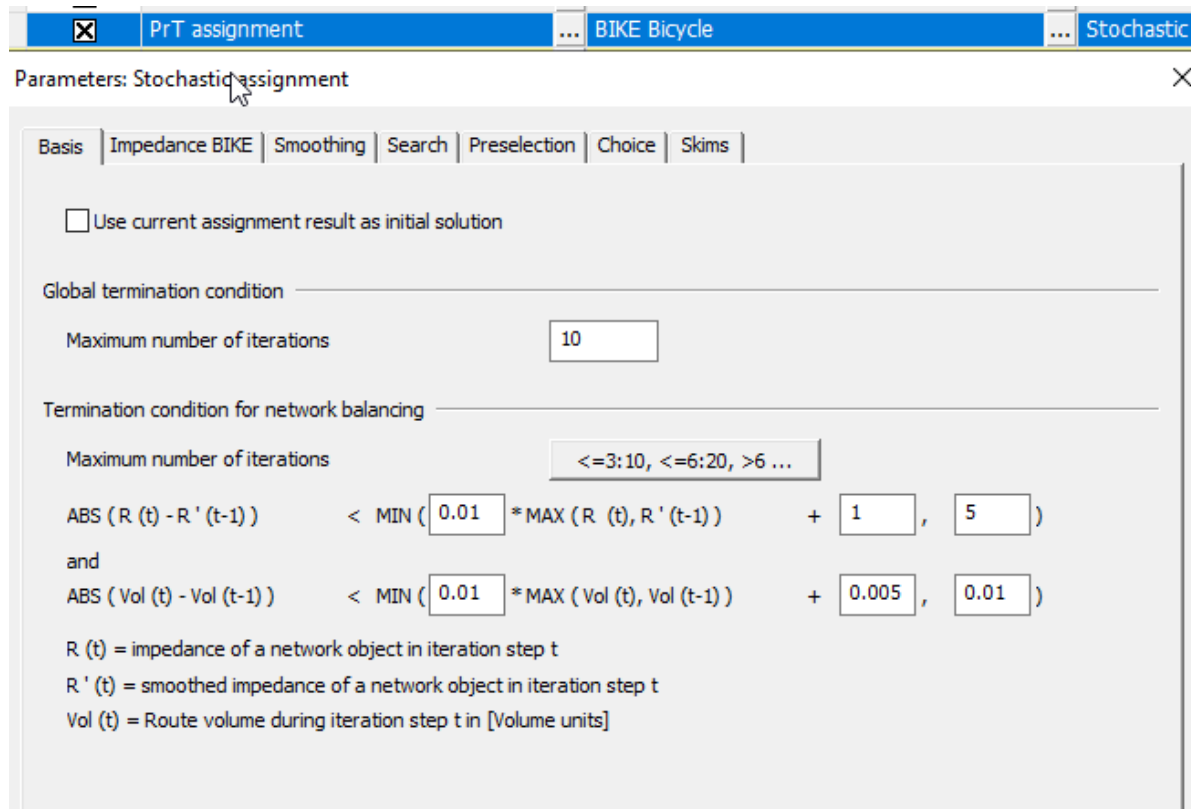


სურათი 137. მსუბუქი ავტომობილების ქსელზე განაწილების პროცედურის კონფიგურაცია

ველოსიპედის (Bike) სეგმენტისთვის გამოყენებულ იქნა სტოქასტიკური განაწილების (Stochastic Assignment) მეთოდი. აღნიშნული მიდგომა ითვალისწინებს ველოსიპედისტების მიერ

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

მარშრუტების სუბიექტურ აღქმას, არასრულ ინფორმაციასა და ინდივიდუალურ პრეფერენციებს. მოთხოვნა ალტერნატიულ მარშრუტებს შორის ნაწილდება ქცევითი მოდელების, მათ შორის ლოგიტ-მოდელის (Logit model), გამოყენებით, რაც მარშრუტის არჩევის პროცესის უფრო რეალისტურ ასახვას უზრუნველყოფს. აღნიშნული განაწილების მეთოდის კონფიგურაცია წარმოდგენილია სურათზე 138.



სურათი 138. დატვირთვის პროცედურის პარამეტრები ველოსიპედისტისთვის

საზოგადოებრივი ტრანსპორტის (PuT) სეგმენტისთვის გამოყენებულ იქნა განრიგზე დაფუძნებული (Timetable-Based) დატვირთვის მეთოდი. ეს მიდგომა მგზავრთა ნაკადებს ანაწილებს ტრანსპორტის მოძრაობის რეალური განრიგის მიხედვით, 08:30-დან 09:30 საათამდე პერიოდში არსებული დაბრუნებისა და გამგზავრების დროების გათვალისწინებით. ეს უზრუნველყოფს მგზავრთა გადაადგილების მოდელირებას რეალური სერვისების შესაბამისად. გარდა ამისა, აღნიშნული მეთოდი ითვალისწინებს თითოეული მარშრუტისთვის სატრანსპორტო საშუალების ტევადობის ლიმიტებს. მოცემული მეთოდის პარამეტრები ასახულია 139-ე სურათზე.

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

☐	Group PuT Assignment	...	152 - 158
☒	Read filter	...	Current_routes.fil
☒	PuT assignment	...	PuT PuT
		...	Timetable-based

Parameters: Assignment procedure: Timetable-based

Basis

Search

Branch and Bound search

Dominance

Shortest path search

Preselection

Impedance

Choice

Skim matrices

Extended consideration transpor

Connection export

Risk of delay

Fail to board

Basis

☒ Calculate assignment
☐ Use connector shares

☐ Calculate skim matrices
☒ Save detailed log files

☐ Analyze risk of delay

☒ Calculate service frequency

Restrict demand data

OD pairs considered for assignment: All

Restrict origin zones: ⓘ

From origin zone number:

To origin zone number:

Assignment time period

From: 08:30:00

To: 09:30:00

Pre-assignment period: 0min

Post-assignment period: 24h

სურათი 139. საზოგადოებრივი ტრანსპორტის გადანაწილების პროცედურის კონფიგურაცია

ფეხით მოსიარულეთა სეგმენტისთვის მოდელში მგზავრობის გადანაწილება (Assignment) არ განხორციელებულა. ეს განპირობებული იყო ფეხით გადაადგილების ლოკალური ხასიათით, იმით, რომ ფეხით მოსიარულეები, როგორც წესი, არჩევენ სხვადასხვა მარშრუტს შორის არ აკეთებენ და მათი გავლენა საგზაო საცობებზე მინიმალურია. შესაბამისად, ფეხით გადაადგილება განიხილება, როგორც მოდელის სტატიკური კომპონენტი.

186

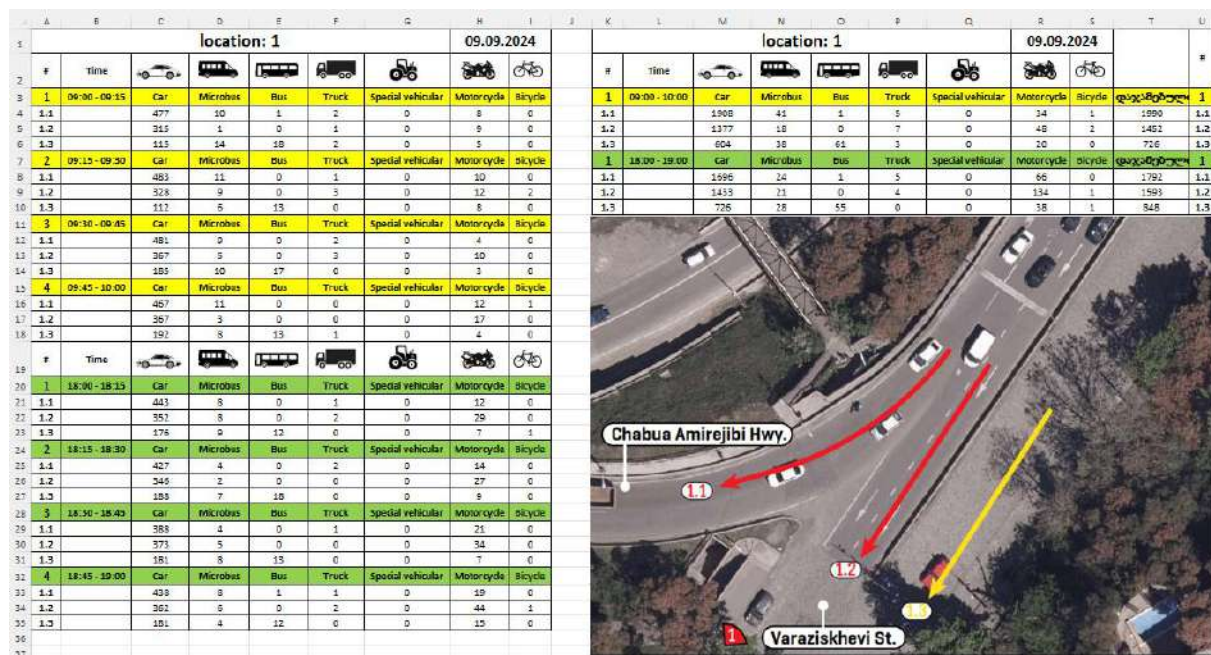
ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

8. მოდელის კალიბრაცია და ვალიდაცია

8.1. სატრანსპორტო ნაკადების მოცულობა

ვინაიდან ტექნიკური დავალება (ToR) საპროექტო არეალის საგზაო ქსელზე ნაკადების გამოთვლას არ ითვალისწინებდა, მოდელის შემდგომი ვალიდაციისთვის გამოყენებულ იქნა სხვადასხვა წყაროდან მოპოვებული მონაცემები.

მონაცემთა ძირითად წყაროს წარმოადგენს თბილისის ტრანსპორტისა და ურბანული განვითარების სააგენტოს (TUDA) მიერ მოწოდებული ინფორმაცია. ეს მონაცემები შეგროვდა 2023-2025 წლებში, ქუჩების რეაბილიტაციის პროექტების ფარგლებში ჩატარებული კვლევების საფუძველზე (პიკის საათებში: 09:00-10:00 და 18:00-19:00). მონაცემები დაყოფილია 15-წუთიან ინტერვალებად და სატრანსპორტო საშუალებების ტიპებად, როგორებიცაა: მსუბუქი ავტომობილი, მიკროავტობუსი, ავტობუსი, სატვირთო, სპეცტექნიკა, მოტოციკლი და ველოსიპედი (სურათი 140).



სურათი 140. სააგენტოს (TUDA) მიერ მოწოდებული სატრანსპორტო ნაკადების მონაცემების ნიმუში

ვინაიდან აღნიშნული მონაცემები 09:00-დან 10:00-მდე პერიოდს მოიცავდა, ტექნიკური დავალებით კი მოდელი 08:30-დან 09:30-მდე პერიოდისთვის შეიქმნა, გაკეთდა დაშვება, რომ საანალიზო ქსელში საგზაო ნაკადების მოცულობა დროის ამ მონაკვეთებში იდენტურია. საგზაო ნაკადების მაჩვენებლები მოდელში შეყვანილ იქნა როგორც ინდივიდუალურად განსაზღვრული

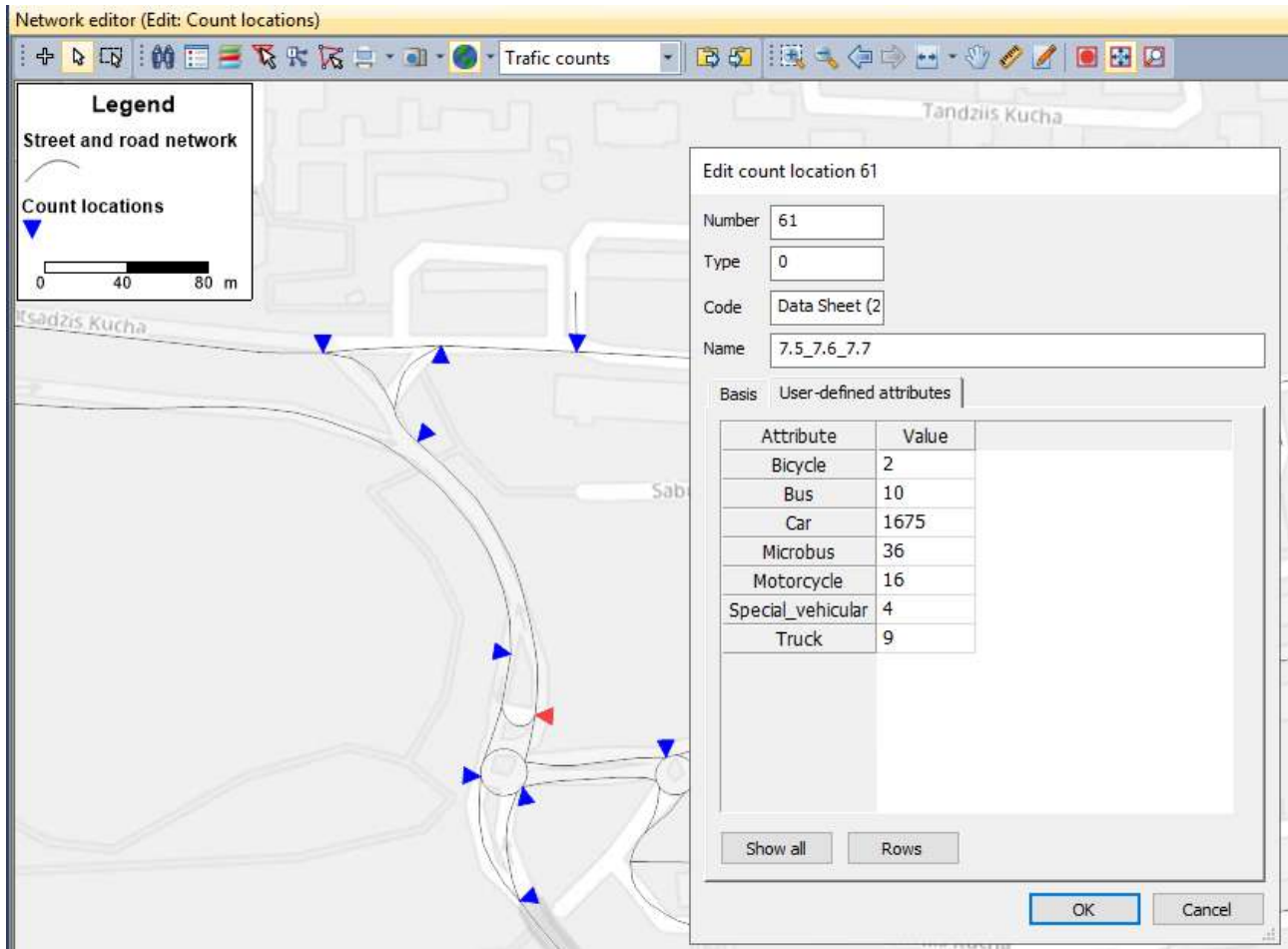
ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

პარამეტრები (UDAs) ქსელის იმ ელემენტებისთვის, სადაც განთავსებულია სააღრიცხვო პუნქტები (Count locations), კერძოდ:

- **Bicycle** - ველოსიპედების ნაკადის ინტენსივობა;
- **Bus** - დიდი ავტობუსების ნაკადის ინტენსივობა;
- **Car** - მსუბუქი ავტომობილების ნაკადის ინტენსივობა;
- **Microbus** - სამარშრუტო ტაქსებისა და მიკროავტობუსების ნაკადის ინტენსივობა;
- **Motorcycle** - მოტოციკლების, მოპედებისა და სკუტერების ნაკადის ინტენსივობა;
- **Special_vehicular** - სპეციალური დანიშნულების ტრანსპორტის ნაკადის ინტენსივობა (მაგ.: სასწრაფო დახმარება, სამაშველო, დასუფთავების ან საგზაო სამსახურების ტექნიკა);
- **Truck** - სატვირთო და კომერციული ავტომობილების ნაკადის ინტენსივობა (როგორც წესი, 3.5 ტონაზე მეტი).

141-ე სურათი გვიჩვენებს აღმრიცხველი პუნქტებისთვის ინდივიდუალურად განსაზღვრული პარამეტრების (UDA) მაგალითს Visum-ში.

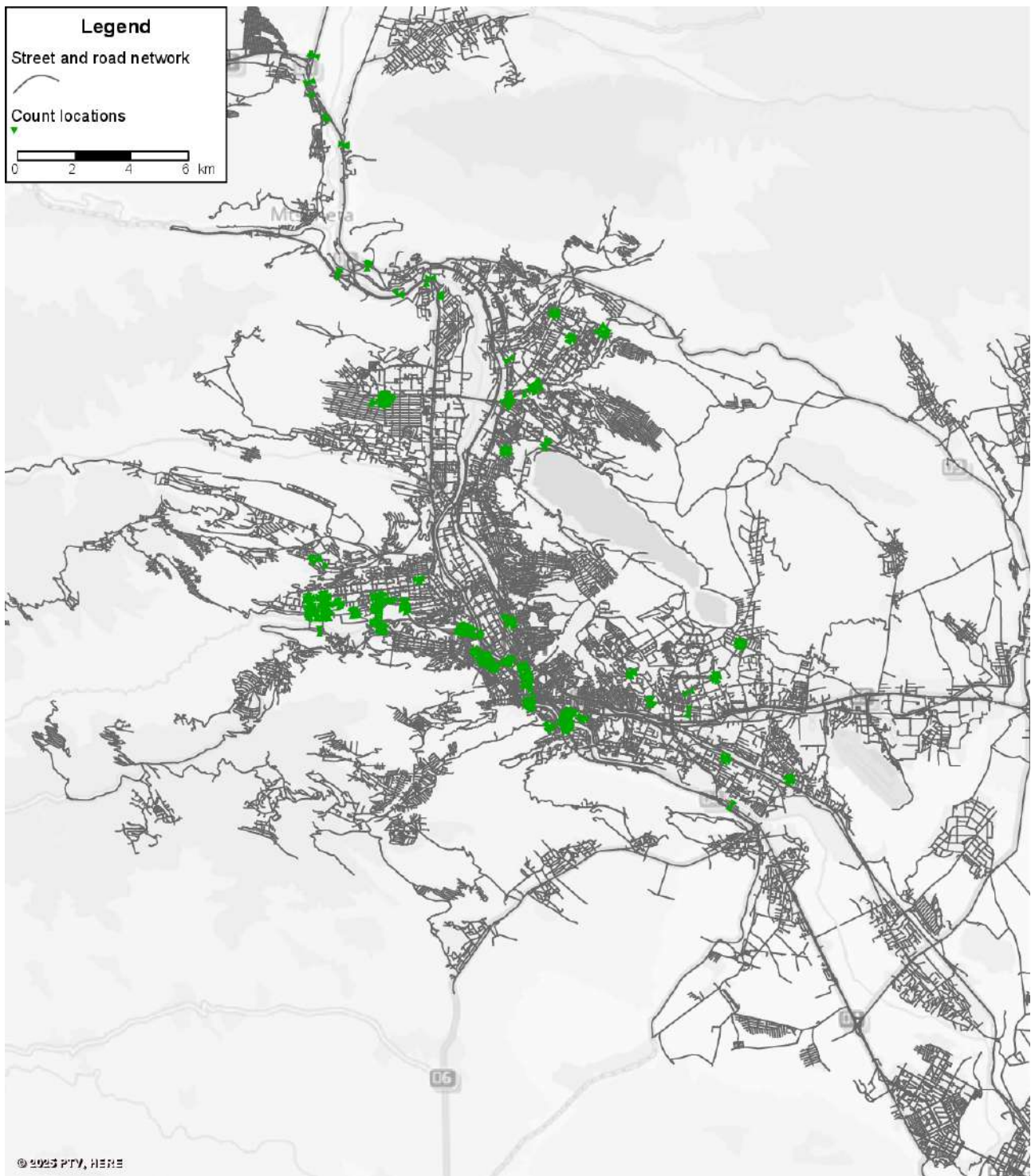
ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში



სურათი 141. ინდივიდუალურად განსაზღვრული პარამეტრების (UDA) მაგალითი აღმრიცხველი პუნქტებისთვის

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

საველე კვლევებისას შერჩეული აღმრიცხველი პუნქტების მდებარეობა თბილისის სატრანსპორტო მოდელის ქსელზე ნაჩვენებია 142-ე სურათზე.



სურათი 142. საველე კვლევების შედეგად განსაზღვრული აღმრიცხველი პუნქტების მდებარეობა

მონაცემთა კიდევ ერთი ნაკრები მოიცავდა საგზაო ნაკადების ინტენსივობას ტრანსპორტის ტიპების მიხედვით დიფერენცირების გარეშე. ეს მონაცემები შეგროვდა ავტომატური

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

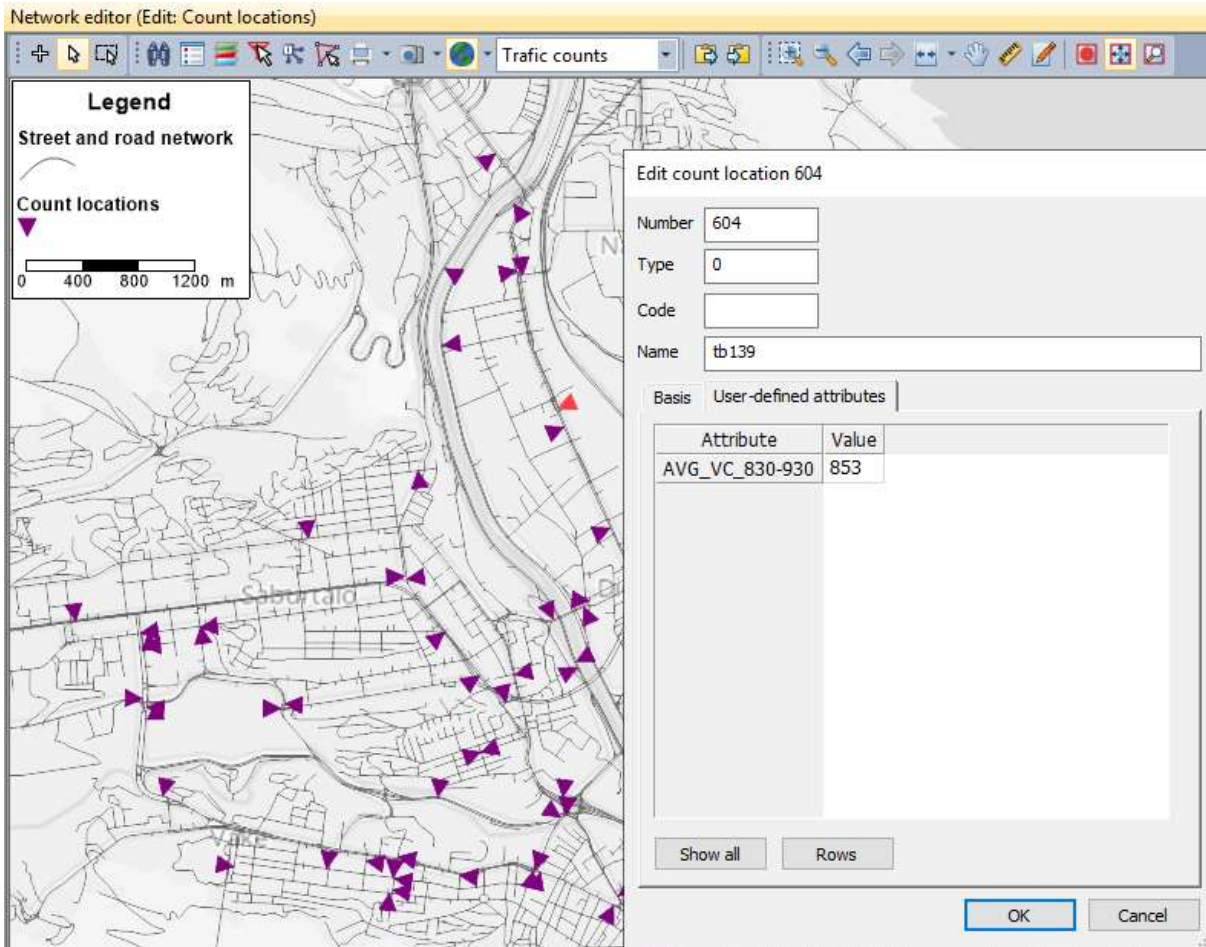
დეტექტორების მეშვეობით 2025 წლის 11 მარტიდან 27 მარტამდე პერიოდში, კერძოდ 07:00-დან 11:00 საათამდე და 17:00-დან 21:00 საათამდე შუალედებში. საგზაო ნაკადები აღირიცხებოდა 15-წუთიანი ინტერვალებით. ამ მონაცემების ნიმუში მოცემულია 143-ე სურათზე.

start	end	camera	count
2025-03-11 07:00	2025-03-11 07:15	tb005	80
2025-03-11 07:15	2025-03-11 07:30	tb005	73
2025-03-11 07:30	2025-03-11 07:45	tb005	137
2025-03-11 07:45	2025-03-11 08:00	tb005	139
2025-03-11 08:00	2025-03-11 08:15	tb005	227
2025-03-11 08:15	2025-03-11 08:30	tb005	305
2025-03-11 08:30	2025-03-11 08:45	tb005	311
2025-03-11 08:45	2025-03-11 09:00	tb005	319
2025-03-11 09:00	2025-03-11 09:15	tb005	333
2025-03-11 09:15	2025-03-11 09:30	tb005	309
2025-03-11 09:30	2025-03-11 09:45	tb005	300
2025-03-11 09:45	2025-03-11 10:00	tb005	195
2025-03-11 10:00	2025-03-11 10:15	tb005	200
2025-03-11 10:15	2025-03-11 10:30	tb005	180
2025-03-11 10:30	2025-03-11 10:45	tb005	185
2025-03-11 10:45	2025-03-11 11:00	tb005	178
2025-03-11 17:00	2025-03-11 17:15	tb005	285
2025-03-11 17:15	2025-03-11 17:30	tb005	291
2025-03-11 17:30	2025-03-11 17:45	tb005	302
2025-03-11 17:45	2025-03-11 18:00	tb005	298
2025-03-11 18:00	2025-03-11 18:15	tb005	290
2025-03-11 18:15	2025-03-11 18:30	tb005	282
2025-03-11 18:30	2025-03-11 18:45	tb005	283
2025-03-11 18:45	2025-03-11 19:00	tb005	270
2025-03-11 19:00	2025-03-11 19:15	tb005	251
2025-03-11 19:15	2025-03-11 19:30	tb005	235
2025-03-11 19:30	2025-03-11 19:45	tb005	209
2025-03-11 19:45	2025-03-11 20:00	tb005	161
2025-03-11 20:00	2025-03-11 20:15	tb005	181
2025-03-11 20:15	2025-03-11 20:30	tb005	192
2025-03-11 20:30	2025-03-11 20:45	tb005	166
2025-03-11 20:45	2025-03-11 21:00	tb005	191

სურათი 143. დეტექტორით აღრიცხული საგზაო ნაკადების მონაცემების ნიმუში

მთლიან მონაცემთა ნაკრებიდან სატრანსპორტო მოდელში შეტანილ იქნა მხოლოდ 08:30-09:30 დროის ინტერვალის მონაცემები. აღნიშნული მონაცემები აღმრიცხველი პუნქტებისთვის აისახა მომხმარებლის მიერ ინდივიდუალურად განსაზღვრული პარამეტრის (UDA) სახით - **AVG_VC_8.30-9.30** (სურათი 143).

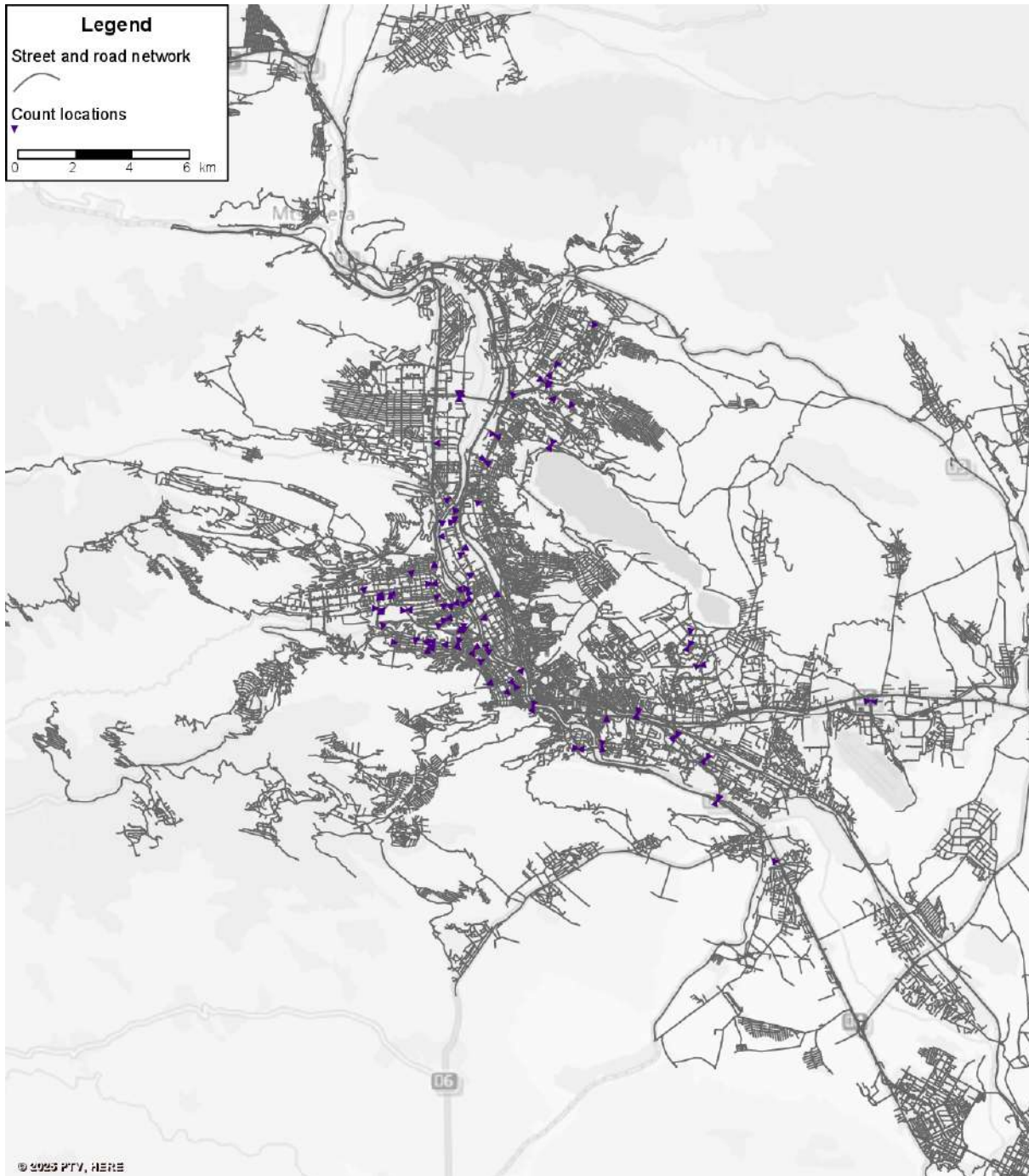
ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში



სურათი 144. დეტექტორებით აღჭურვილი აღმრიცხველი პუნქტების ინდივიდუალურად განსაზღვრული პარამეტრების (UDA) მაგალითი

თბილისის მოდელის რუკაზე (სურათი 145) დატანილია ის აღმრიცხველი პუნქტები, სადაც საგზაო ნაკადები ავტომატური დეტექტორებით იზომება.

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში



სურათი 145. დეტექტორების მონაცემებზე დაფუძნებული აღმრიცხველი პუნქტების მდებარეობა.

გარდა ამისა, საპროექტო არეალის შესასვლელებში არსებული საგზაო ნაკადების ინტენსივობის შესახებ მონაცემები, როგორც საწყისი ინფორმაცია, მიღებულ იქნა TUDA-დან. მონაცემები მოიცავდა 2025 წლის 15-დან 20 სექტემბრამდე პერიოდს, 08:00-დან 11:00 საათამდე შუალედში, 30-წუთიანი ინტერვალებით. ინფორმაცია წარმოდგენილი იყო მოძრაობის ორივე მიმართულებისთვის, ტრანსპორტის ტიპების მიხედვით დაყოფის გარეშე (სურათი 146):

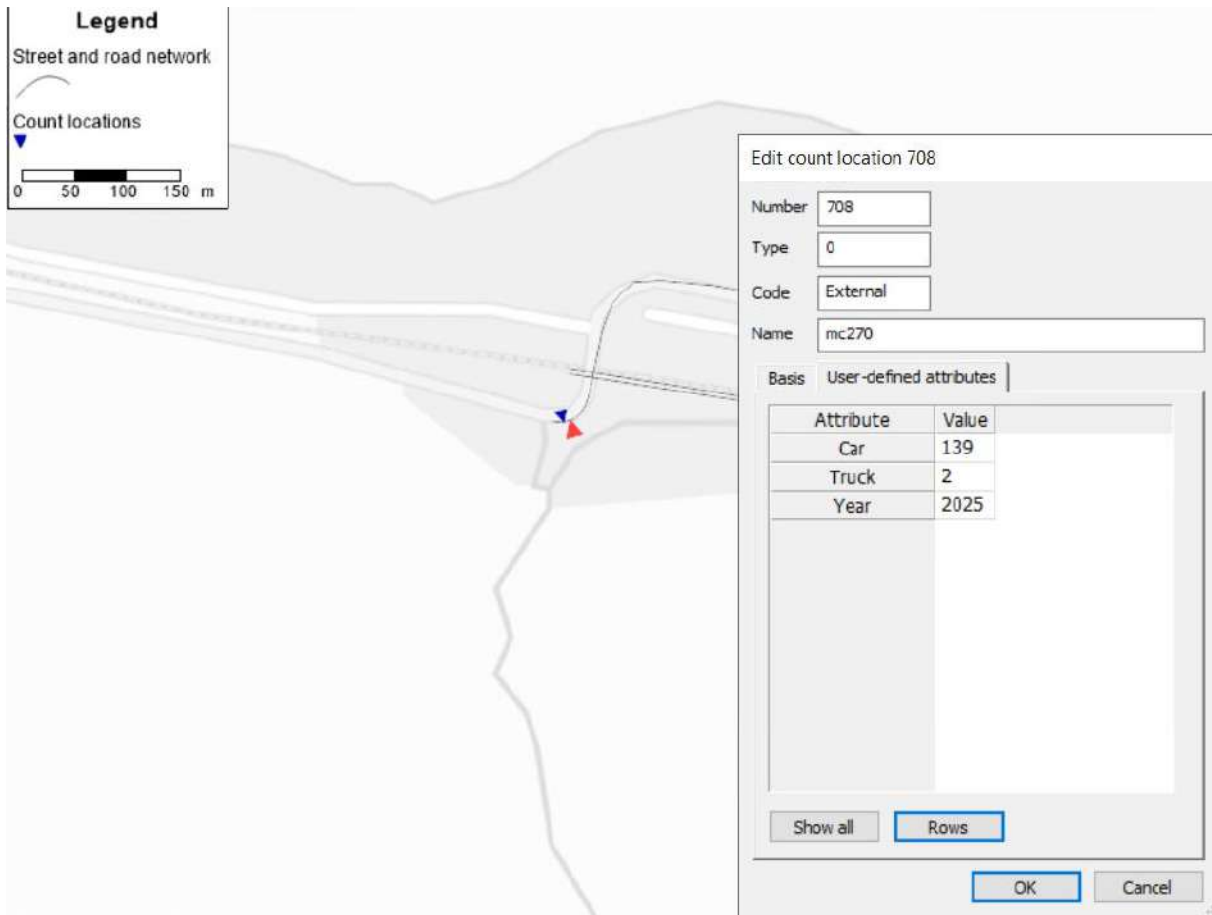
ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

	DAY_	HALF_HOUR_SLOT	LPR_NAME_SHORT	რაოდენობა	უნიკალურის რაოდენობა
1	15.09.2025	08:00	ga240	152	143
2	15.09.2025	08:00	ga380	486	485
3	15.09.2025	08:00	hwy004	736	736
4	15.09.2025	08:00	mc248	584	579
5	15.09.2025	08:00	mc259	173	167
6	15.09.2025	08:00	mc263	34	32
7	15.09.2025	08:00	mc270	208	199
8	15.09.2025	08:00	mc337	106	104
9	15.09.2025	08:00	ru497	134	133
10	15.09.2025	08:00	ter214	202	190
11	15.09.2025	08:00	tet226	12	12
12	15.09.2025	08:30	ga240	303	271
13	15.09.2025	08:30	ga380	381	379
14	15.09.2025	08:30	hwy004	686	686
15	15.09.2025	08:30	mc248	687	676
16	15.09.2025	08:30	mc259	245	237
17	15.09.2025	08:30	mc263	61	58
18	15.09.2025	08:30	mc270	230	219
19	15.09.2025	08:30	mc337	150	140
20	15.09.2025	08:30	ru497	136	135
21	15.09.2025	08:30	ter214	303	290
22	15.09.2025	08:30	tet226	25	23
23	15.09.2025	09:00	ga240	336	296
24	15.09.2025	09:00	ga380	349	349

სურათი 146. საპროექტო არეალის შესასვლელებში არსებული საგზაო ნაკადების ინტენსივობის ნიმუში.

ამ მონაცემების თბილისის სატრანსპორტო მოდელის განახლებისთვის გამოსაყენებლად, განხორციელდა მათი გადაყვანა მოდელირებისთვის შესაფერის ფორმატში. პირველ ეტაპზე დაითვალა სამუშაო დღეების დილის პიკის საათის (08:30-09:30) საშუალო საგზაო ნაკადი. შემდეგ ეტაპზე ნაკადის მთლიანი მოცულობა დაიყო ორ კატეგორიად: მსუბუქი ავტომობილები (CAR) და მძიმე სატვირთო ავტომობილები (HGV). მძიმე ტრანსპორტის წილად მიჩნეულ იქნა მთლიანი ნაკადის **1.5%**, რაც შეესაბამება თბილისის საშუალო მაჩვენებელს (იხ. 5.6.1), ხოლო დარჩენილი **98.5%** მიეკუთვნა მსუბუქ ავტომობილებს. გარდა ამისა, გაკეთდა დაშვება ნაკადის მიმართულებების მიხედვით გადანაწილებაზე: **70%** თბილისის მიმართულებით, ხოლო **30%** - საპირისპიროდ. მიუხედავად იმისა, რომ თბილისისთვის სპეციფიკური კვლევები არ გაგვაჩნია, ისეთი ურბანული სტრუქტურის მქონე ქალაქებში, სადაც სამუშაო ადგილების უმეტესობა ცენტრშია კონცენტრირებული, ხოლო დიდი საცხოვრებელი რაიონები (როგორიცაა გლდანი, ვარკეთილი და დიდი დილომი) პერიფერიებზე მდებარეობს, მსგავსი გადანაწილება ტიპურია. მოდელირების არეალის შესასვლელებისთვის გაანგარიშებული საგზაო ნაკადების ინტენსივობის მაჩვენებლები მოდელში შეიყვანეს, როგორც **აღმრიცხველი პუნქტები** (სურათი 147).

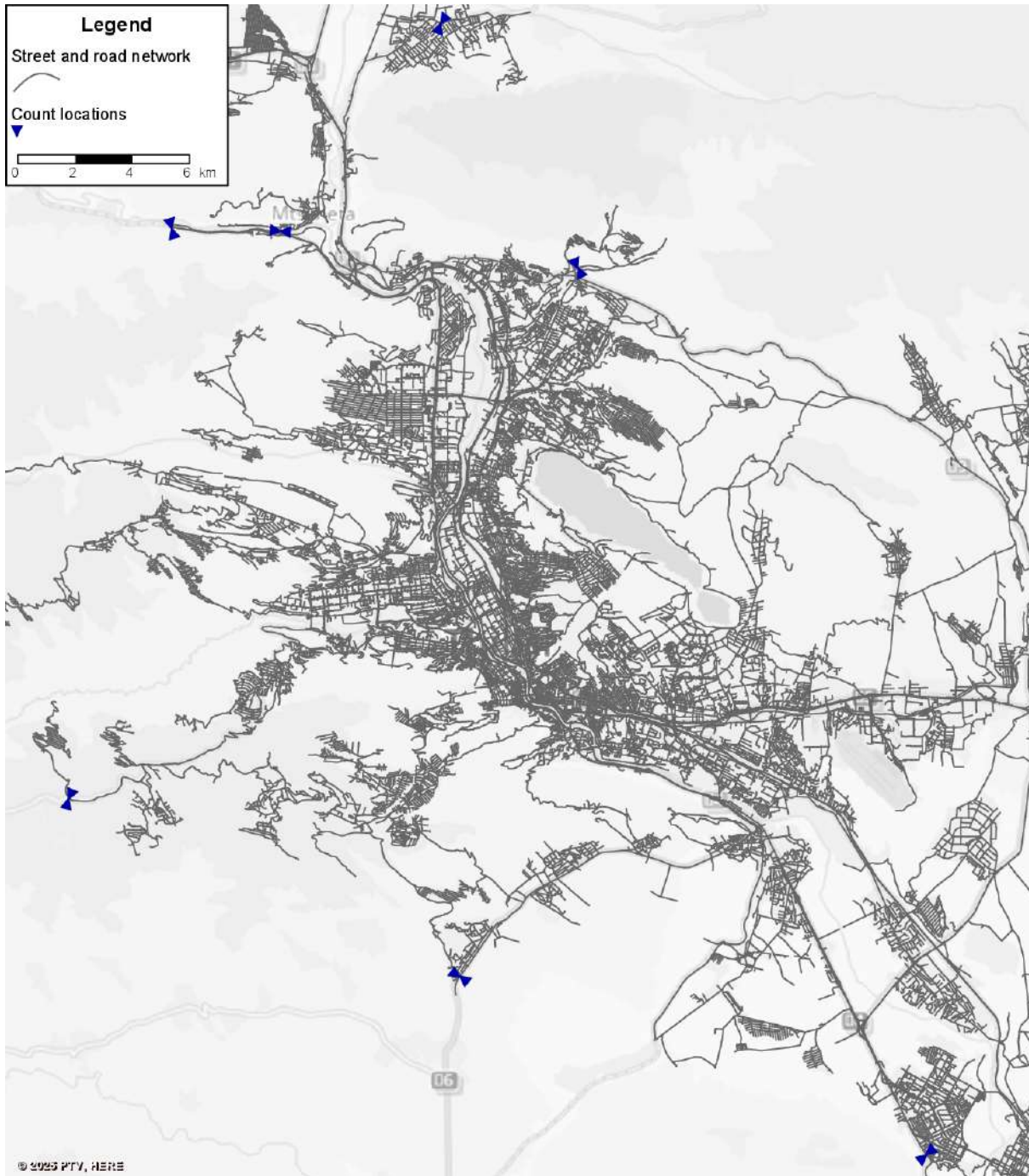
ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში



სურათი 147. საპროექტო არეალის შესასვლელებში არსებული აღმრიცხველი პუნქტების ინდივიდუალურად განსაზღვრული პარამეტრების (UDA) მაგალითი

საპროექტო არეალის შესასვლელებში არსებული აღმრიცხველი პუნქტების განლაგება ილუსტრირებულია 148-ე სურათზე.

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში



სურათი 148. საპროექტო არეალის შესასვლელებში არსებული აღმრიცხველი პუნქტების განლაგება

დეტექტორებიდან მიღებული მონაცემები მხოლოდ ნაწილობრივ და მხოლოდ იმ ადგილებში იქნა გამოყენებული, სადაც არ მოიპოვებოდა საველე კვლევის მონაცემები, რადგან ყველა დეტექტორი არ ფარავდა მოძრაობის ყველა ზოლს. საგზაო ნაკადების შესახებ ყველა სხვა მონაცემი გამოყენებულ იქნა სატრანსპორტო მოდელში კერძო ტრანსპორტის გადანაწილების ვერიფიკაციისა და კალიბრაციის პროცესში.

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

8.2. მგზავრთა ნაკადები

ავტობუსებისა და მიკროავტობუსების მარშრუტებისთვის, კვლევების შედეგად მიღებული მგზავრთა ნაკადების მონაცემები მოდელში შეიყვანეს, როგორც ინდივიდუალურად განსაზღვრული პარამეტრი (UDA) - Passenger_flow_survey_upd, რომელიც მიენიჭა ქსელის ელემენტს „Line“. ამ პარამეტრების მაგალითი ნაჩვენებია 149-ე სურათზე.

Number	Name	TSysCode	Passenger_flow_survey
1	Bus_N#101_Krtsanisi Vill - Varketili-3 IV M/D	BUS	801
2	Bus_N#102_6 Penitentiary Institution - Baratashvili str	BUS	441
3	Bus_N#107_Tsodoreti Vill - M/S Delisi	BUS	171
4	Bus_N#292_M/S Akhmeteli Theatre - Tbilisi Mall	BUS	552
5	Bus_N#293_M/S Sarajishvili - Didi Dighomi I-II M/D	BUS	846
6	Bus_N#294_M/S Akhmeteli - Mukhiani III M/R	BUS	462
7	Bus_N#295_Afrika Stlmt - M/S Varketili	BUS	642
8	Bus_N#296_St Barbare Ubani - M/S Isani	BUS	1880
9	Bus_N#297_Gldani Lake Setl - M/S Akhmeteli Theatre	BUS	1595
10	Bus_N#298_Square Station 2 - Saburtalo Blocks	BUS	243
11	Bus_N#299_Ljubljana str - M/S Didube	BUS	284
12	Bus_N#300_Saarbrücken - SqMarjani str	BUS	457
13	Bus_N#301_Ana Politkovskaia Street - St Barbare District	BUS	1452
14	Bus_N#302_Didi Dighomi IV M/D - Tbilisi State University H/B	BUS	1321
15	Bus_N#303_Varketili-3 IV M/D - M/S Varketili	BUS	715
16	Bus_N#304_Gldani Lake - State University H/B	BUS	930
17	Bus_N#305_Afrika Stlmt (Kiziki str) - Baratashvili str (Konka)	BUS	2496

სურათი 149. დილის პიკის საათის (08:30 - 09:30) მგზავრთა ნაკადების მაგალითი მარშრუტების მიხედვით (ორივე მიმართულებით)

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

კვლევების შედეგად მიღებული მეტროს სადგურების მგზავრთა ნაკადების მონაცემები მოდელში შეიყვანეს, როგორც ინდივიდუალურად განსაზღვრული პარამეტრები (UDA): ცალკე „ჩასხდომა“ (Boarding) და ცალკე „ჩამოსხდომა“ (Alighting). ეს მონაცემები მიენიჭა ქსელის ელემენტს „გაჩერების არეალი“ (Stop area). ამ პარამეტრების მაგალითი მოცემულია 150-ე სურათზე:

Number: 21	No	Code	Name	Boarding	Alighting
1	75764	M	Metro Sarajishvili	2813	1400
2	75766	M	Metro Avlabari	776	1096
3	75767	M	Metro Samgori 1,2	2270	1288
4	75768	M	Metro Varketili	5200	1045
5	75809	M	Metro Tsereteli Avenue	1342	1295
6	75811	M	Metro Polytechnical/Technical University 1,2	1425	2517
7	75813	M	Metro Medical University 1,2	956	2327
8	75817	M	Metro Vazha Pshavela	1019	1421
9	75820	M	Metro Akhmeteli Theatre	7618	1368
10	75823	M	Metro Guramishvili	931	301
11	75824	M	Metro Gmagele	1860	1128
12	75827	M	Metro Didube	2540	3726
13	75830	M	Metro Nadzalaveli	1970	663
14	75832	M	Metro Marjanishvili	1002	1813
15	75833	M	Metro Rustaveli	633	2565
16	75836	M	Metro Tavisuplebis/Liberty Square	725	3795
17	75838	M	Metro Aragveli 300	565	1277
18	75840	M	Metro Isani	2179	1193
19	76166	M	Metro Elektrodopo/Gotsiridze	576	710
20	76340	M	Metro Delisi 1,2	1221	2677
21	76343	M	Metro State University	962	2989

სურათი 150. მგზავრთა ნაკადების მოცულობის მაგალითი მეტროს სადგურებზე

8.3. სატრანსპორტო საშუალებების სიჩქარის მონაცემები

საგზაო ქსელში კერძო ტრანსპორტის სიჩქარეების კალიბრაციისთვის შეგროვდა მონაცემები სიჩქარის შესახებ. ამ მიზნით გამოყენებულ იქნა Google Maps Directions API³⁹.

აღნიშნულით შესაძლებელი გახდა მოძრაობის სიჩქარეების მიღება საგზაო ქსელის მონაკვეთებზე კონკრეტული პერიოდის განმავლობაში. აღნიშნული მონაცემები, მართალია, არ წარმოადგენს საგზაო მოძრაობის სიჩქარის პირდაპირი გაზომვების სრულფასოვან ეკვივალენტს, თუმცა ინფორმაციის მოპოვების ალტერნატიულ საშუალებას იძლევა.

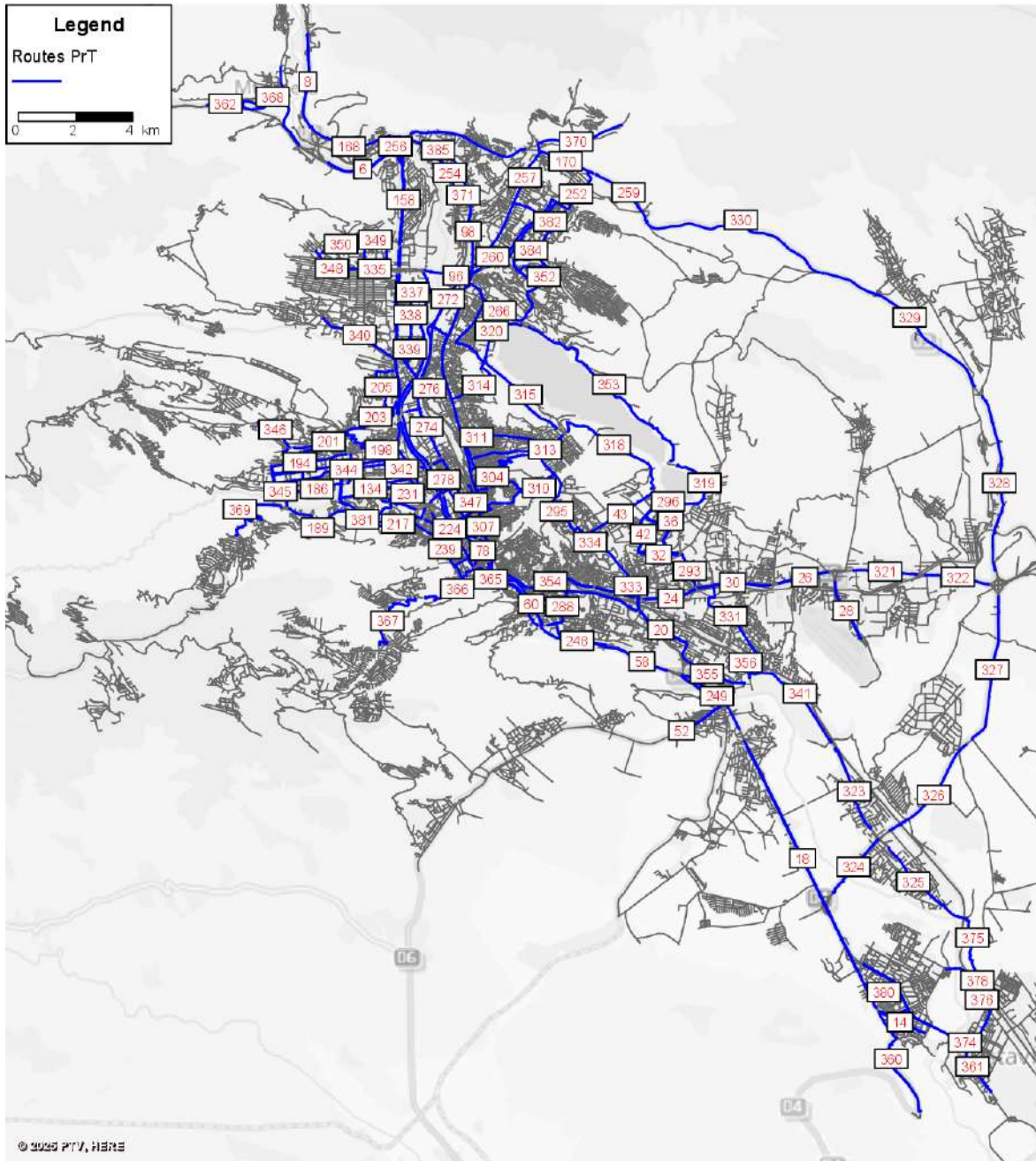
³⁹ [Google Maps Platform Documentation | Directions API \(Legacy\) | Google for Developers](#)

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

პროექტში გამოყენებული Google Maps Directions API წარმოადგენს Google-ის სანავიგაციო სისტემის ანალოგს, რომელიც ადაპტირებულია პროგრამულ კოდში გამოსაყენებლად.

საშუალო სიჩქარეებისა და მგზავრობის დროის გამოსათვლელად, ანალიზისთვის რელევანტური საგზაო ქსელის მონაკვეთები აღდგენილ იქნა გეოინფორმაციული სისტემების(GIS) ინსტრუმენტების გამოყენებით. შედეგად, ჯამში განხორციელდა 385 მონაკვეთის გენერაცია (სურათი 151).

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში



სურათი 151.. საგზაო ქსელის საანალიზო სეგმენტები

თითოეული სეგმენტისთვის მარშრუტის გამოსათვლელად განხორციელდა API მოთხოვნა, რის შედეგადაც მიღებულ იქნა შესაბამისი მანძილი (D_i) და მგზავრობის დრო (T_i). აღნიშნულ მონაცემებზე დაყრდნობით, თითოეული სეგმენტისთვის გამოითვალა სატრანსპორტო საშუალების მოძრაობის სიჩქარე (V_i):

$$V_i = \frac{D_i}{T_i} \times 3.6$$

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

ცალკეული მოთხოვნები განხორციელდა სამი სამუშაო დღისთვის (22.05.2025, 27.05.2025 და 28.05.2025) და ყოველი 15-წუთიანი ინტერვალისთვის 7:00-დან 10:00 საათამდე პერიოდში.

მიღებული მონაცემების შემდგომი დაჯგუფებისა და დამუშავების შედეგად დადგინდა

სარწმუნო საშუალო სიჩქარე და მგზავრობის დრო. ამგვარად, მომზადდა მონაცემთა

ერთობლიობა, რომელიც მოიცავს თითოეული საანალიზო სეგმენტისთვის გამოთვლილ

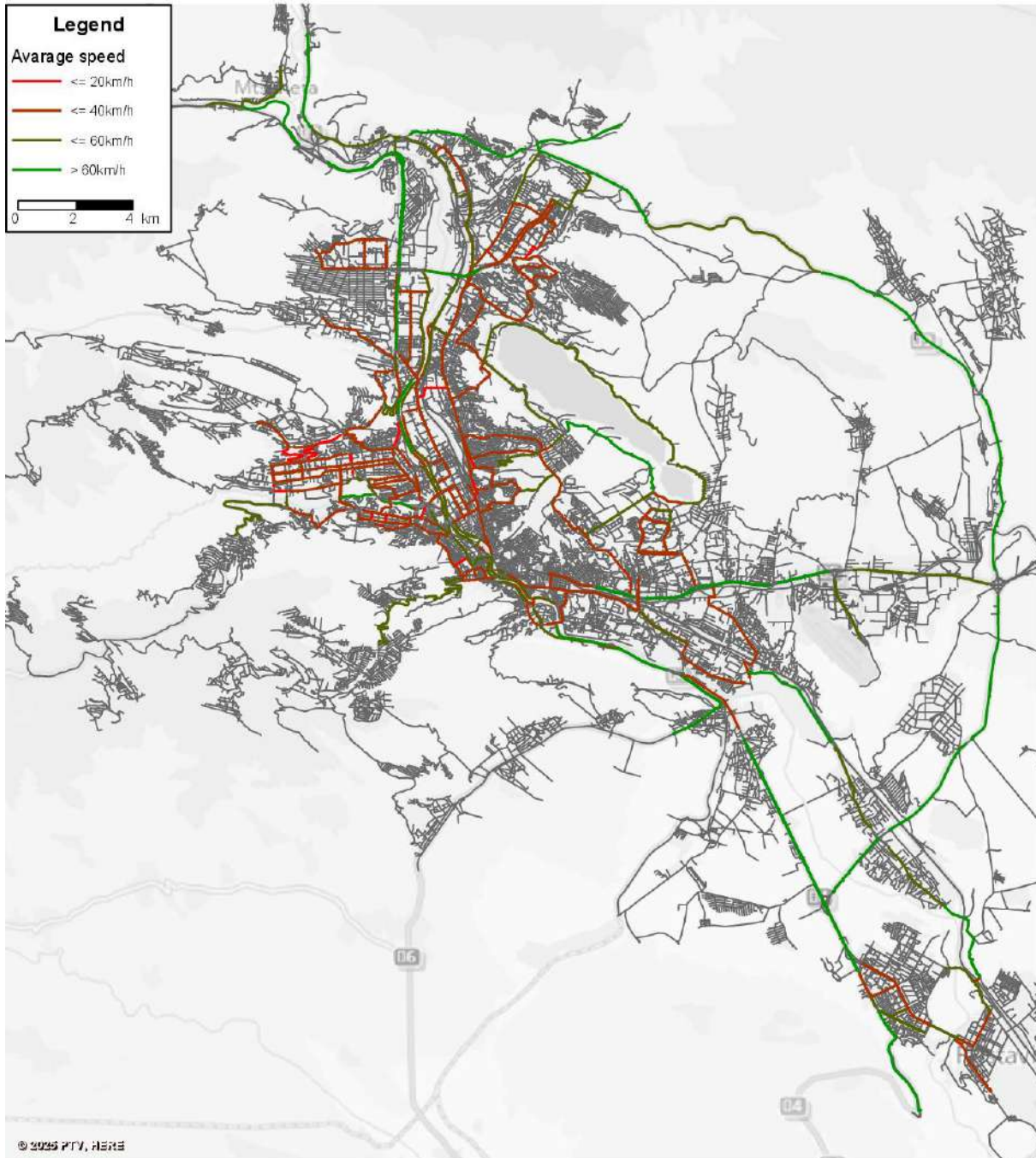
საშუალო სიჩქარეებსა და მგზავრობის შესაბამის დროებს (სურათი 152)

მარშრუტის_id	ხაზი	საშუალო_სიჩქარე (km/h)	საშუალო_დრო (s)	მარშრუტის მანძილი (m)
573	ხაზი 1_reverse	54,9	51,5	780
574	ხაზი 295_reverse	52,6	178,3	2590
575	ხაზი 289_reverse	74,8	128,7	2665
576	ხაზი 300_reverse	80,5	162,7	3633
577	ხაზი 301_reverse	27,8	242,1	1868
578	ხაზი 302_reverse	31,8	70,9	622
579	ხაზი 303_reverse	37,1	180,9	1863
580	ხაზი 304_reverse	20,9	238,3	1379
581	ხაზი 305_reverse	78,2	425,1	9230
582	ხაზი 306_reverse	20,5	348,1	1936
583	ხაზი 307_reverse	14,3	163,7	568
584	ხაზი 308_reverse	76,7	94,3	2008
585	ხაზი 309_reverse	84,8	87,4	2057
586	ხაზი 310_reverse	50,4	170,5	2385
587	ხაზი 311_reverse	82,9	114,7	2641
588	ხაზი 312_reverse	25,9	205,7	1476
589	ხაზი 313_reverse	27,4	245,9	1864
590	ხაზი 314_reverse	39,5	39,5	433
591	ხაზი 315_reverse	23,6	102,9	672
592	ხაზი 316_reverse	30,3	34,6	287
593	ხაზი 317_reverse	26,5	170,2	1216

სურათი 152. საშუალო სიჩქარისა და მგზავრობის დროის მონაცემების მაგალითი

აღნიშნული მნიშვნელობები სატრანსპორტო მოდელში გადატანილ იქნა საკონტროლო კვებებისთვის (Screenlines) ინდივიდუალურად განსაზღვრული პარამეტრების სახით (UDA - Average_time, Average_speed) (სურათი 153).

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში



სურათი 153. სატრანსპორტო მოდელში საკონტროლო კვებებისთვის (screenlines) განსაზღვრული სიჩქარის მაჩვენებლები

საზოგადოებრივი ტრანსპორტის სიჩქარისა და მგზავრობის დროის კალიბრაციისთვის მონაცემები შეგროვდა **BA კვლევების** საფუძველზე. საშუალო სიჩქარე და მგზავრობის საშუალო დრო გამოითვალა შესაბამისი საზოგადოებრივი ტრანსპორტის თითოეული მარშრუტისთვის.

თითოეული მიმართულებისთვის მგზავრობის ჯამური დრო მიღებულ იქნა შესაბამისი მარშრუტის თანმიმდევრულ წერტილებს შორის არსებული ყველა დროითი ინტერვალის

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

შეჯამებით. აღნიშნული მონაცემები სატრანსპორტო მოდელში შეიტანეს მარშრუტების ინდივიდუალურად განსაზღვრული პარამეტრების სახით: ROUTE_SPEED (მარშრუტის სიჩქარე) და ROUTE_TIME (მარშრუტის დრო) (სურათი 154).

Number: 33	TSysCode	Name	DirectionCode	ROUTE_SPEED	ROUTE_TIME
91	BUS	N:387_Vake	<	9km/h	68min
92	BUS	N:390_Baratashvili Str	<	17km/h	41min
93	BUS	N:390_Oqrokana	>	18km/h	34min
94	BUS	N:391_Gotua Str	<	10km/h	54min
95	BUS	N:391_M/S Avlabari	>	13km/h	43min
96	BUS	N:392_State University H/B	<	7km/h	81min
97	BUS	N:392_Station Square	>	12km/h	50min
98	BUS	N:393_Kvareli Street (Metromsheni)	>	14km/h	29min
99	BUS	N:393_Nikoloz Baratashvili Street	<	11km/h	43min
100	BUS	N:396_Airport Settlement	>	16km/h	49min
101	BUS	N:396_M/S Isani	<	18km/h	54min
102	BUS	N:397_Saburtalo	<	11km/h	92min
103	BUS	N:398_M/S Delisi	<	7km/h	63min
104	BUS	N:398_Nutsubidze M/D II-IV-V	>	10km/h	42min
105	MRS	N:401_Ioseliani IV Lane	<	10km/h	13min
106	MRS	N:401_M/S Technical University	>	11km/h	13min
107	MRS	N:402_Mrgvali Bagi Square	>	12km/h	35min
108	MRS	N:403_M/S Varketili	>	8km/h	21min
109	MRS	N:403_Nikoloz Landia St #21	<	9km/h	16min
110	MRS	N:405_M/S Crazy	>	7km/h	40min
111	MRS	N:405_Nutsubidze Plato M/D-5	<	11km/h	24min
112	MRS	N:406_M/S Varketili	>	9km/h	23min
113	MRS	N:407_Shota Nadirashvili St	<	9km/h	33min
114	MRS	N:408_M/S Rustaveli	>	11km/h	38min
115	MRS	N:409_Batumi Street	<	14km/h	30min
116	MRS	N:409_Kvemo Ponichala Center	>	13km/h	18min
117	MRS	N:410_Ponichala Nature Reservation	<	12km/h	44min
118	MRS	N:411_Aleksandre Beridze St #28	<	15km/h	11min
119	MRS	N:411_E Mtskheteli St	>	13km/h	14min
120	MRS	N:412_Abkhazia St	>	12km/h	32min
121	MRS	N:413_M/S Varketili	<	10km/h	18min
122	MRS	N:413_Mikheil Gakhokidze St N56	>	14km/h	13min
123	MRS	N:414_Dzmobi II Street	<	10km/h	16min
124	MRS	N:415_M/S Varketili	>	14km/h	38min
125	MRS	N:415_Military Settlement 2nd Street	<	16km/h	34min
126	MRS	N:416_Public School #11	<	5km/h	87min
127	MRS	N:417_David the Builder #100	<	16km/h	24min
128	MRS	N:417_M/S Akhmeteli Theater	>	9km/h	38min
129	MRS	N:418_Meri Shervashidze St	>	22km/h	16min
130	MRS	N:418_Railway Passage Bridge	<	15km/h	25min
131	MRS	N:419_M/S University	>	9km/h	48min
132	MRS	N:419_Village of Agarakebi	<	16km/h	26min
133	MRS	N:420_M/S Rustaveli	>	13km/h	25min
134	MRS	N:421_M/S Guramishvili	>	19km/h	19min
135	MRS	N:421_Sea Area Lane	<	14km/h	12min
136	MRS	N:422_M/S Didube	>	12km/h	45min

სურათი 154. საშუალო სიჩქარისა და მგზავრობის საშუალო დროის მონაცემების ამონარიდი საზოგადოებრივი ტრანსპორტის ხაზის მარშრუტების სიიდან

8.4. სტატისტიკური ინდიკატორები

სატრანსპორტო მოდელის ხარისხის სტანდარტულ ინდიკატორს პიკის საათისთვის წარმოადგენს **GEH ინდექსი**⁴⁰, რომელიც ასახავს მოძრაობის ნაკადების (მოცულობების) საერთო დონეს შემდეგი ფორმულის მიხედვით:

$$GEH = \sqrt{\frac{2(c - m)^2}{c + m}}$$

სადაც:

m - სატრანსპორტო მოდელირების შედეგად მიღებული სატრანსპორტო ნაკადი (მოცულობა);

c - საველე კვლევების შედეგად დაფიქსირებული სატრანსპორტო ნაკადი (მოცულობა);

კალიბრაციის ხარისხი ფასდება შემდეგი კრიტერიუმების მიხედვით:

- **GEH < 5:** კარგი კალიბრაცია;
- **5 < GEH < 10:** დამაკმაყოფილებელი კალიბრაცია;
- **10 < GEH < 20:** მნიშვნელოვანი ცდომილება მოდელირებულ და ფაქტობრივ მონაცემებს შორის.

GEH ინდექსი გაანგარიშდა ყველა იმ აღმრიცხველი პუნქტისთვის, რომელთათვისაც არსებობდა საველე კვლევის მონაცემები თითოეული მოთხოვნის სეგმენტის მიხედვით (ცხრილი 18)

ცხრილი 18. GEH ინდექსის მნიშვნელობები

ინდიკატორი	GEH ინდექსი			
	0-5	5-10	10-20	ჯამი
	მსუბუქი ავტომობილი			
აღმრიცხველი პუნქტების რაოდენობა	181	155	113	449

⁴⁰ <https://assets.publishing.service.gov.uk/media/664dad464f29e1d07fadcc39/tag-m3-1-highway-assignment-modelling.pdf>

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

GEH-ის სტანდარტების შესაბამისი მაჩვენებლის მქონე აღმრიცხველი პუნქტების წილი, %	39,2	36,7	24,1	100%
სატვირთო ავტომობილი				
აღმრიცხველი პუნქტების რაოდენობა	384	2	0	386
GEH-ის სტანდარტების შესაბამისი მაჩვენებლის მქონე აღმრიცხველი პუნქტების წილი, %	99,7	0,3	0	100%

მსუბუქი ავტომობილების (Car) მოთხოვნის სეგმენტისთვის აღმრიცხველი პუნქტების 39,2%-ში დაფიქსირდა კალიბრაციის კარგი დონე, ხოლო დამატებით 36,7%-ში - დამაკმაყოფილებელი მაჩვენებელი; ჯამში, აღმრიცხველი პუნქტების 75,9%-მა დააკმაყოფილა ვალიდაციის კრიტერიუმები.

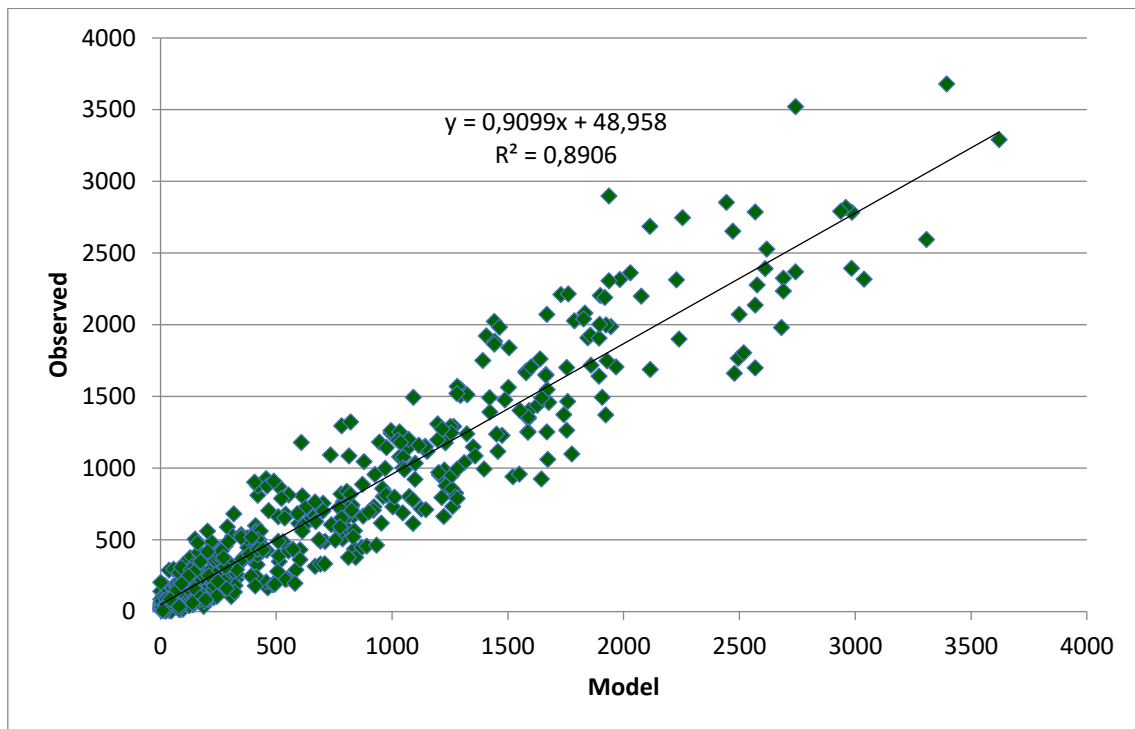
სატვირთო ავტომობილების (GV) მოთხოვნის სეგმენტისთვის აღმრიცხველი პუნქტების 99,7%-ში დაფიქსირდა კალიბრაციის კარგი დონე, ხოლო დანარჩენ 0,3%-ში - დამაკმაყოფილებელი მაჩვენებელი; ჯამში, აღმრიცხველი პუნქტების 100%-მა დააკმაყოფილა ვალიდაციის კრიტერიუმები..

მსუბუქი ავტომობილების (Car) მოთხოვნის სეგმენტისთვის აღმრიცხველი პუნქტების 24,1%-ში კალიბრაციის მოთხოვნებთან შეუსაბამობა აიხსნება იმით, რომ საველე კვლევის მონაცემები სხვადასხვა წელსა და პერიოდშია შეგროვებული. ეს ასახავს ქსელში არსებულ მარშრუტების დიდ მრავალფეროვნებასა და კვლევის არეალში მოძრაობის დინამიკურ პირობებს.

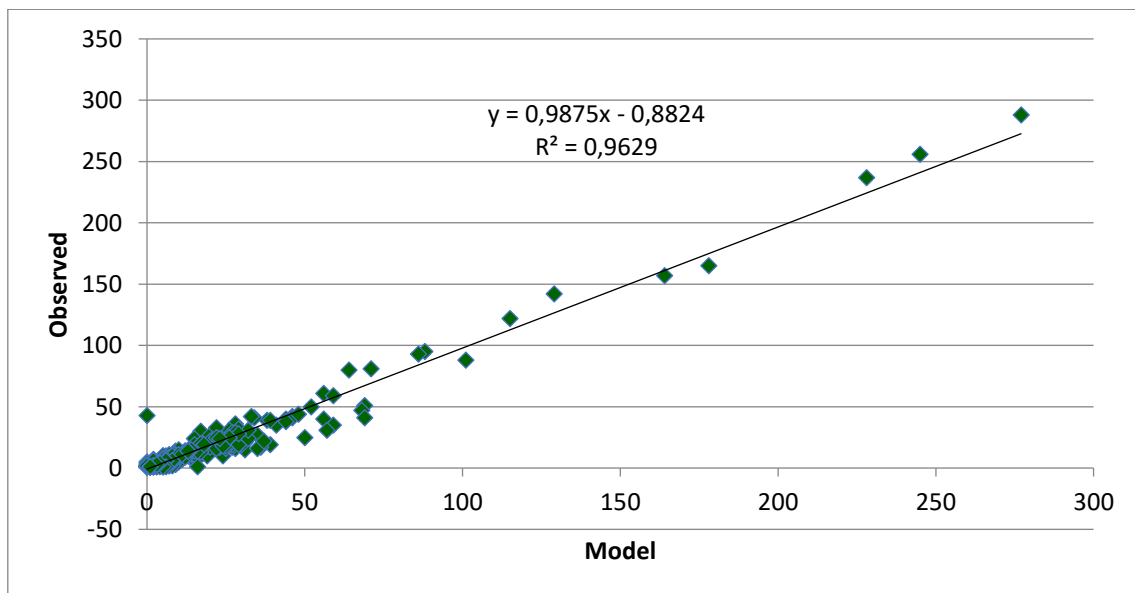
სატრანსპორტო ნაკადების განაწილების ანალიზის კიდევ ერთ ცალკეულ ინსტრუმენტს **განაწილების დიაგრამები** (Assignment diagrams) წარმოადგენს. აღნიშნული დიაგრამები აგებულია საკოორდინატო სისტემაზე ფაქტობრივი და მოდელირებული მნიშვნელობების დატანით. თითოეული **აღმრიცხველი პუნქტისთვის**, ფაქტობრივი (საველე) მონაცემები მოცემულია X ღერძზე, ხოლო მოდელირებული მნიშვნელობები -Y ღერძზე. ამ წერტილების საფუძველზე იგება აპროქსიმაციის ხაზი (approximation line), რომელიც იდეალურ შემთხვევაში მაქსიმალურად უნდა უახლოვდებოდეს $y = x$ წრფეს. მსუბუქი (Car) და სატვირთო (GV)

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

ავტომობილების მოთხოვნის სეგმენტებისთვის განაწილების დიაგრამები წარმოდგენილია 155-157 სურათებზე.

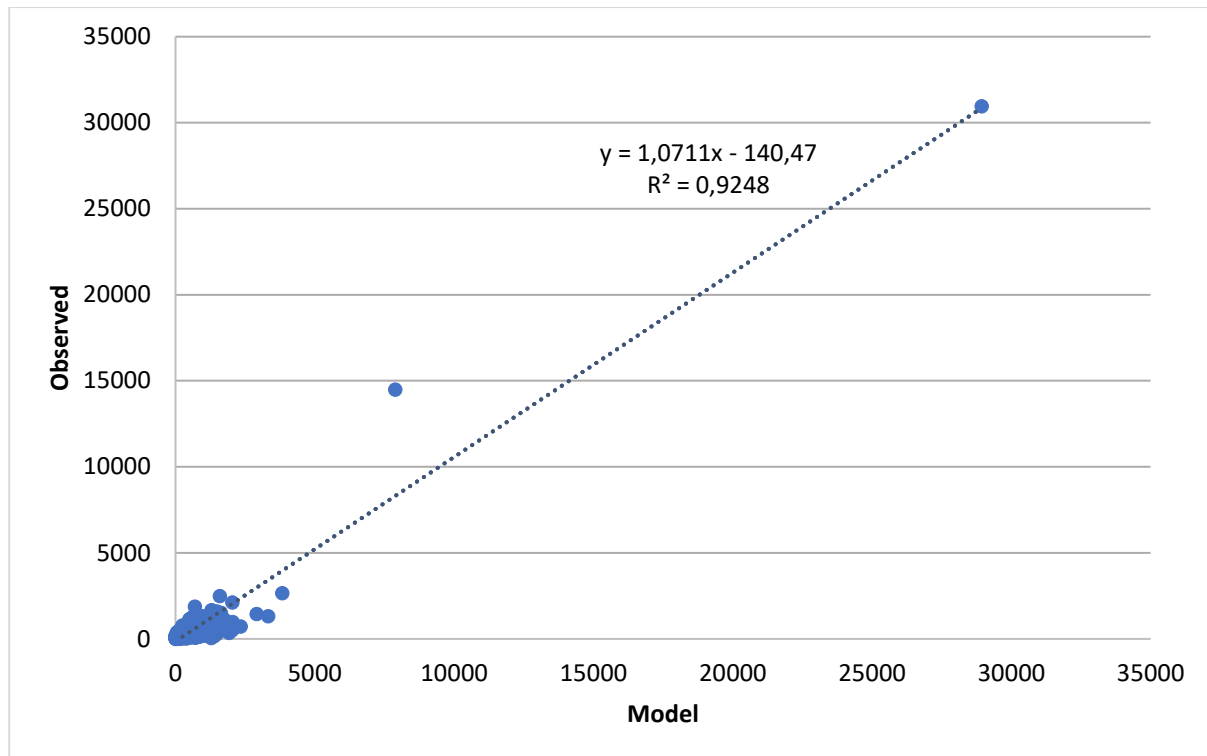


სურათი 155.. მსუბუქი ავტომობილების (Car) ნაკადების განაწილების ანალიზის დიაგრამა



სურათი 156. სატვირთო ავტომობილების (GV) ნაკადების განაწილების ანალიზის დიაგრამა

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში



სურათი 157. საზოგადოებრივი ტრანსპორტის (PuT) ნაკადების განაწილების ანალიზის დიაგრამა

ველოსიპედების მოთხოვნის სეგმენტისთვის **განაწილების დიაგრამები** არ აგებულა, ვინაიდან ველოსიპედისტების რაოდენობის შესახებ არსებული საველე მონაცემები არ იყო საკმარისი სარწმუნო ანალიზის ჩასატარებლად.

საერთაშორისო სტანდარტების⁴¹ მიხედვით, მოდელის⁴² ხარისხის შეფასება რეკომენდებულია შემდეგი ინდიკატორების გამოყენებით:

- R^2 - ინდიკატორი, რომელიც გამოიყენება სტატისტიკურ მოდელებში იმის საზომად, თუ რამდენად აიხსნება დამოკიდებული ცვლადის ვარიაცია (ცვალებადობა) დამოუკიდებელი ცვლადების ვარიაციით. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, იგი ასახავს ფაქტობრივ და მოდელირებულ მნიშვნელობებს შორის შესაბამისობის სიზუსტეს. რეკომენდებული მაჩვენებელია **> 85%**, ხოლო **JASPER**-ის სტანდარტების მიხედვით, დასაშვებია **0.80-0.85** დიაპაზონიც.
- **დახრის კუთხე (Slope)** - გვიჩვენებს მოდელირებული და ფაქტობრივი მნიშვნელობების საერთო ფარდობას. იდეალური შესაბამისობის შემთხვევაში იგი უდრის 1-ს; გადახრების

⁴¹ https://www.atap.gov.au/sites/default/files/T1_Travel_Demand_Modelling.pdf

⁴² <https://assets.publishing.service.gov.uk/media/664dad464f29e1d07fadcc39/tag-m3-1-highway-assignment-modelling.pdf>

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

არსებობისას კი მას შეუძლია მიიღოს ნებისმიერი რეალური მნიშვნელობა. რეკომენდებული დიაპაზონია **0.9-1.1**.

- **საშუალო ფარდობითი ცდომილება (Mean relative error)** - წარმოადგენს საშუალო გადახრას პროცენტულ გამოსახულებაში. რეკომენდებული მაჩვენებელია **< 30%**.
- **კორელაციის კოეფიციენტი (Correlation coefficient)** - ზომავს წრფივ კავშირს ფაქტობრივ და გაანგარიშებულ მონაცემებს შორის. მისი მნიშვნელობა მერყეობს **-1-დან +1-მდე**; რაც უფრო ახლოსაა კორელაციის კოეფიციენტი 1-თან, მით უფრო ზუსტად ასახავს გამოთვლილი დატვირთვის მნიშვნელობათა მწკრივი რეალურ მონაცემებს.

ნაკადების განაწილების შედეგების ხარისხი შეფასდა თითოეული მოთხოვნის სეგმენტისთვის ცალ-ცალკე, ხოლო მიღებული მაჩვენებლები წარმოდგენილია მე-19 ცხრილში.

ცხრილი 19. სატრანსპორტო ნაკადების განაწილების (Traffic Assignment) ხარისხის მაჩვენებლები

მოთხოვნის სეგმენტი	აღრიცხვის პუნქტების რაოდენობა	R2	დახრის კუთხე	საშუალო ფარდობითი ცდომილება	კორელაციის კოეფიციენტი
Car	449	0,891	0,979	23,6%	0,944
GV	386	0,963	0,975	21,2%	0,981
PuT	282	0,925	0,863	53,3%	0,962

8.5. სიჩქარეების ვალიდაცია

მოდელში განაწილებული ყველა სატრანსპორტო საშუალების საშუალო მოდელირებული სიჩქარეები მოცემულია მე-20 ცხრილში. აღნიშნული მონაცემები აჩვენებს კარგ შესაბამისობას დილის პიკის (AM peak) პერიოდში დაფიქსირებულ რეალურ სიჩქარეებთან.

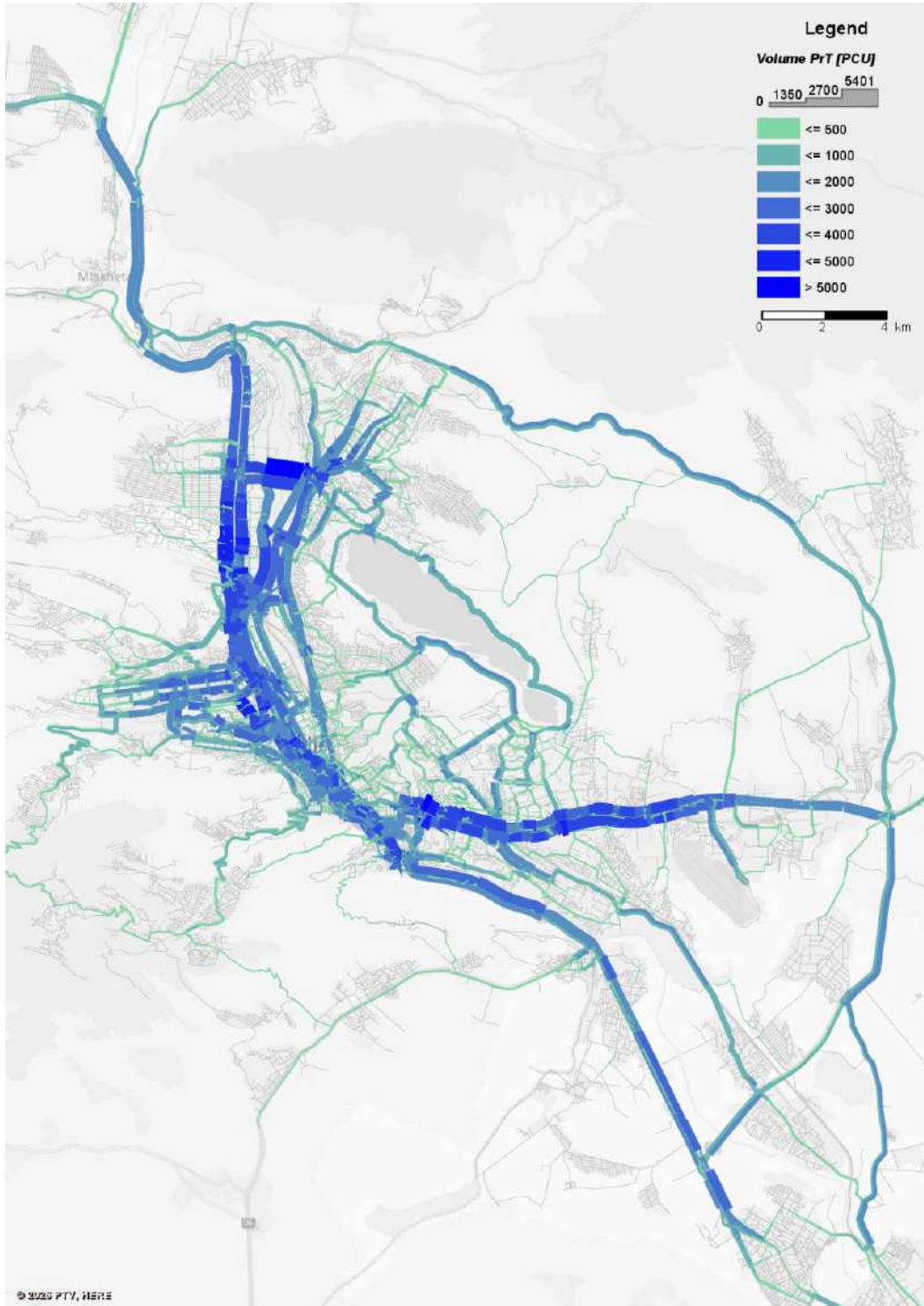
ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

ცხრილი 20. მგზავრობის საშუალო სიჩქარეების შეფასება სატრანსპორტო საშუალების მიხედვით

სატრანსპორტო საშუალება	სატრანსპორტო საშუალებების საშუალო სიჩქარე, დილის პიკის საათი (კმ/სთ)	
	მოდელის მონაცემები	ფაქტობრივი მონაცემები
მსუბუქი ავტომობილი	28	29
ავტობუსი	12	14
მიკროავტობუსი	13	13

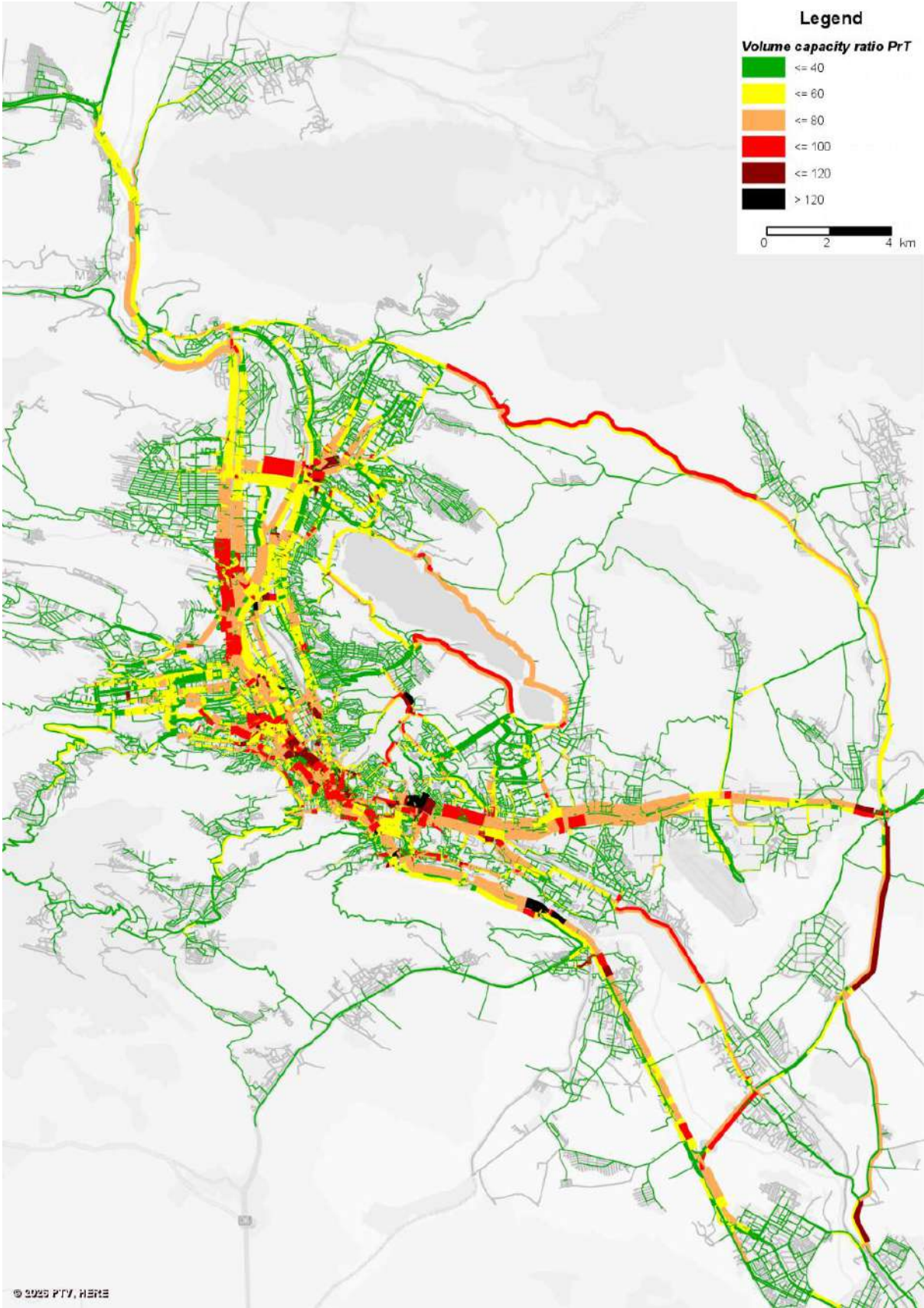
9. მოდელირების შედეგები

ქვემოთ მოცემულია სატრანსპორტო ნაკადების ინტენსივობის (მოცულობის), V/C კოეფიციენტისა და მგზავრთა ნაკადების ამსახველი რუკები.



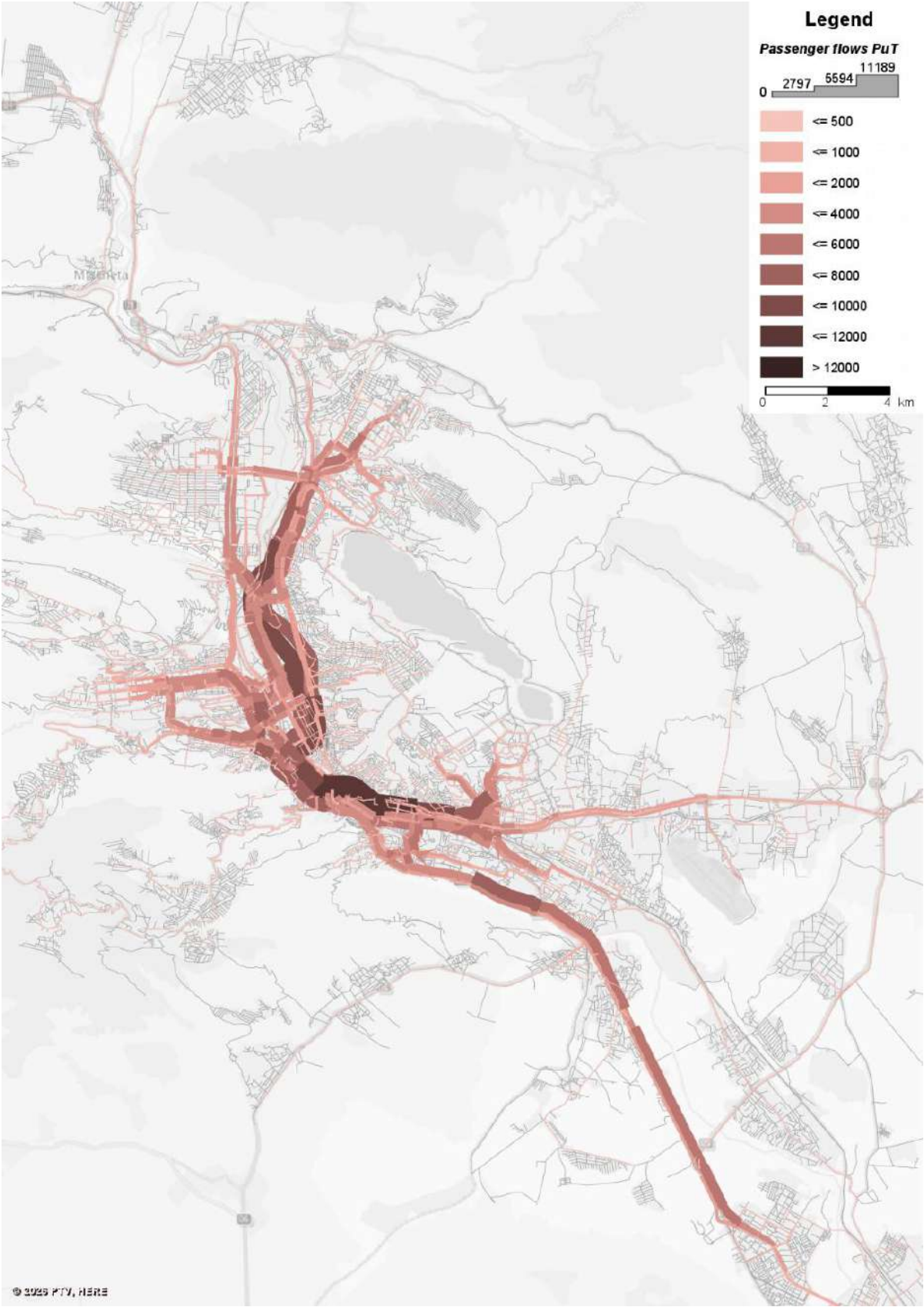
სურათი 158. სატრანსპორტო ნაკადების რუკა

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში



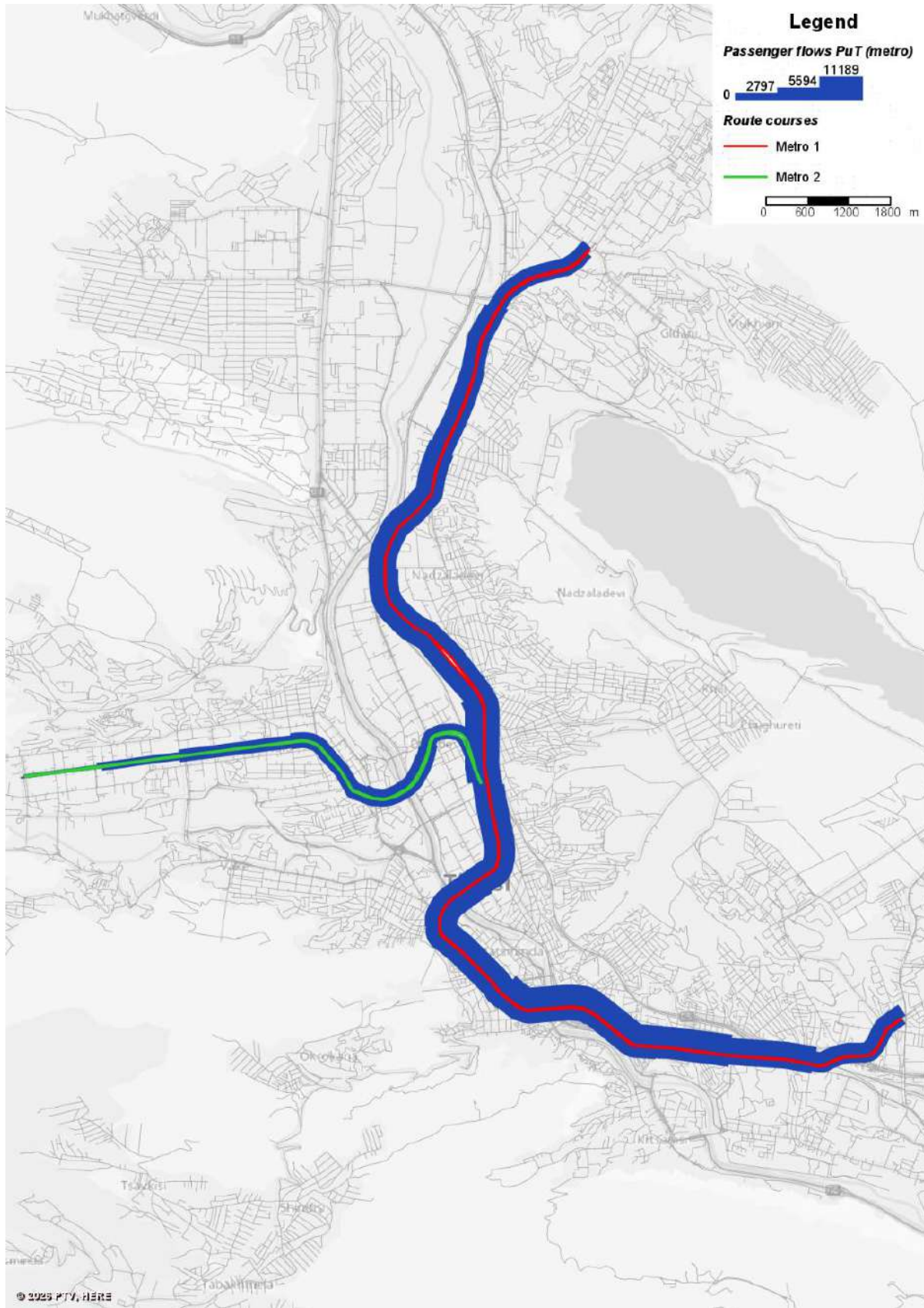
სურათი 159. გამტარუნარიანობის რუკა

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში



სურათი 160. მგზავრთა ნაკადების რუკა

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში



სურათი 161. მეტროს მგზავრთა ნაკადების რუკა

10. ლიმიტაციები და რეკომენდაციები

თბილისის სატრანსპორტო მოდელის განახლებისას გამოიკვეთა გარკვეული პრობლემები, რომლებიც უკავშირდება საწყისი მონაცემების სისრულეს, უტყუარობასა და ინფორმაციის სიღრმისეული დამუშავების ხარისხს. აღნიშნული გარემოებები ეჭვქვეშ არ აყენებს მოდელის ადეკვატურობასა და ვარგისიანობას მიმდინარე დავალებით დასახული მიზნების მისაღწევად, თუმცა ხაზს უსვამს მოდელის მუდმივი მონიტორინგისა და რეგულარული განახლების აუცილებლობას, რაც კრიტიკულად მნიშვნელოვანია საშუალო და გრძელვადიან პერსპექტივაში მოდელირების შედეგების მდგრადობისა და სანდოობის შესანარჩუნებლად.

მონაცემთა ბაზების ანალიზის შედეგად გამოიკვეთა შემდეგი გარემოებები:

- საგზაო ქსელზე ნაკადის ინტენსივობისა და ტრანსპორტის შემადგენლობის (Traffic Composition) შესახებ მონაცემების ნაკლებობა. 2024-2025 წლებში სხვადასხვა წყაროდან მოპოვებული ინფორმაცია ფრაგმენტულია და სრულად არ ფარავს საპროექტო არეალს;
- განახლებული სოციალურ-ეკონომიკური მონაცემების სიმწირე, განსაკუთრებით მოსახლეობის რაოდენობისა და სამუშაო ადგილების სივრცითი განაწილების კუთხით ტრანსპორტის საანალიზო ზონების მიხედვით (მოდელის განახლების პერიოდში 2025 წლის საყოველთაო აღწერის მონაცემები ჯერ კიდევ არ იყო ხელმისაწვდომი);
- შეზღუდული მონაცემები საგარეუბნო და საქალაქთაშორისო მომსახურების შესახებ, რაც მოიცავს ინფორმაციას მგზავრთა ნაკადების, მოძრაობის სიხშირისა და გარეუბნის ტრანსპორტის ქალაქის სისტემასთან ინტეგრაციის დონის თაობაზე;
- ავტოსადგურებსა და სხვა სატრანსპორტო ჰაბებში მგზავრთა ნაკადების გამტარუნარიანობის შესახებ განახლებული მონაცემების არარსებობა. აღნიშნული გარემოება ზღუდავს საგარეუბნო და საქალაქთაშორისო მგზავრობებზე მოთხოვნის, ასევე მათი საქალაქო სატრანსპორტო ქსელთან ურთიერთქმედების სიღრმისეულ ანალიზს.

მოდელის მიმდინარე განახლების ფარგლებში, მონაცემთა აღნიშნული შეზღუდვების აღმოსაფხვრელად მიღებული დაშვებების დეტალური აღწერა მოცემულია ანგარიშის წინა თავებში.

იმისათვის, რომ სატრანსპორტო მოდელი მუდმივად პასუხობდეს რეალობას, იყოს სანდო და მისი შედეგების გადამოწმება ნებისმიერ დროს მოხერხდეს, მიზანშეწონილია შემდეგი ნაბიჯების გადადგმა:

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

- სატრანსპორტო მონაცემების შეგროვების ერთიანი და სისტემური მიდგომის დანერგვა. ეს გულისხმობს ავტომატური დეტექტორებისა და GPS ტექნოლოგიების გამოყენებას, ასევე საზოგადოებრივი ტრანსპორტის მომსახურე ობიექტებისგან (ოპერატორებისგან) გადახდის ელექტრონული სისტემით მიღებული ინფორმაციის პირდაპირ დამუშავებას;
- სოციალურ-ეკონომიკური მონაცემების რეგულარული განახლება ტრანსპორტის საანალიზო ზონების (TAZ) მიხედვით. ეს მოიცავს ინფორმაციას მოსახლეობის რაოდენობის, დასაქმების მაჩვენებლებისა და მიწათსარგებლობის შესახებ.
- საგარეუბნო და საქალაქთაშორისო ტრანსპორტის შესახებ მონაცემთა ბაზების გაფართოება, რაც გულისხმობს მარშრუტების ქსელის, მგზავრთა ნაკადების მოცულობისა და ქალაქის შიდა სატრანსპორტო სისტემასთან მათი კავშირის დეტალურ ანალიზს.
- ავტოსადგურებში, რკინიგზის სადგურებსა და სხვა საკვანძო სატრანსპორტო პუნქტებში მგზავრთა ნაკადების აღრიცხვისა და მონიტორინგის სისტემის დანერგვა; ასევე, მოდელში გამტარუნარიანობის მაჩვენებლების რეგულარული განახლება

მოდელის სისტემური განახლების უზრუნველსაყოფად, მიზანშეწონილია შესაბამისი უწყებებისგან ინფორმაციის გამოთხოვა წელიწადში ერთხელ მაინც, რათა მიღებული ახალი მონაცემების საფუძველზე მოხდეს თბილისის სატრანსპორტო მოდელის მუდმივი სრულყოფა და მისი არსებულ რეალობასთან შესაბამეობა. სატრანსპორტო და სოციალურ-ეკონომიკური მონაცემების შეგროვების, განახლებისა და გამოყენების სისტემური, ინსტიტუციური მიდგომა საშუალებას მოგვცემს, თბილისის სატრანსპორტო მოდელი შენარჩუნდეს როგორც სანდო და თანამედროვე დაგეგმარების ინსტრუმენტი. ეს მნიშვნელოვნად შეუწყობს ხელს ქალაქის სატრანსპორტო სისტემის განვითარების პროცესში დასაბუთებული გადაწყვეტილებების მიღებას ისე, რომ აღარ გახდეს საჭირო მნიშვნელოვანი დამატებითი დროითი თუ ფინანსური რესურსების მობილიზება.

11. დანართი

11.1. TAZ-ების მიხედვით მოსახლეობის რაოდენობის გამოთვლის მაგალითი 2025 წლის მოდელისთვის

სატრანსპორტო მოდელის განახლებისთვის აუცილებელი იყო 2025 წლისთვის მუდმივი მოსახლეობის (resident population) რაოდენობის შეფასება TAZ-ების კრილში. ვინაიდან 2025 წლისთვის ასეთი ოფიციალური მონაცემები არ მოიპოვებოდა, გამოთვლა განხორციელდა 2022 წლის სატრანსპორტო მოდელის მოსახლეობის სივრცობრივი განაწილების მიხედვით, რომელიც შეჯერდა 2025 წლის მოსახლეობის საერთო ოფიციალურ მაჩვენებელთან.

2022 წლის მოდელში⁴³ თითოეული TAZ-თვის განსაზღვრული მოსახლეობის რაოდენობა გამოყენებულ იქნა, როგორც საბაზისო სივრცობრივი სტრუქტურა. ამ მონაცემებზე დაყრდნობით, თითოეული TAZ-ისთვის გამოითვალა მოსახლეობის წილობრივი მაჩვენებელი 2022 წლის მოდელში წარმოდგენილ მთლიან მოსახლეობასთან მიმართებით. მიჩნეულ იქნა, რომ ეს პროპორციული განაწილება ასახავს მოსახლეობის განსახლების არსებულ სივრცობრივ მოდელს, რის გამოც იგი მიზანშეწონილად იქნა მიჩნეული 2025 წლის განახლებული მთლიანი მოსახლეობის რაოდენობის ხელახალი გადანაწილებისთვის.

2025 წლისათვის მოსახლეობის ოფიციალური ჯამური მაჩვენებელი აღებულ იქნა საქართველოს სტატისტიკის ეროვნული სამსახურის პორტალიდან⁴⁴. ამის შემდეგ, განახლებული ჯამური მაჩვენებელი გადანაწილდა TAZ-ების სისტემაზე 2022 წლის მოდელიდან მიღებული პროპორციული წილების გამოყენებით. შედეგად, მიღებულ იქნა 2025 წლის მოსახლეობის საპროგნოზო მაჩვენებელი თითოეული TAZ-ისთვის რამაც უზრუნველყო სრული შესაბამისობა ოფიციალურ აგრეგირებულ მონაცემებთან

ქვემოთ წარმოდგენილია 2025 წლის მოსახლეობის რაოდენობის გამოთვლის ორი შემთხვევა:

- TAZ-ების უცვლელი საზღვრებით;
- TAZ-ების შეცვლილი საზღვრებით;

უნდა აღინიშნოს, რომ მოყვანილი მაგალითები TAZ-ის დონეზე მოსახლეობის შეფასების მხოლოდ ზოგად მეთოდოლოგიურ პრინციპებს ასახავს. პრაქტიკულად, გამოთვლის

⁴³ The total population for Tbilisi in the 2022 model is **1,184,704**

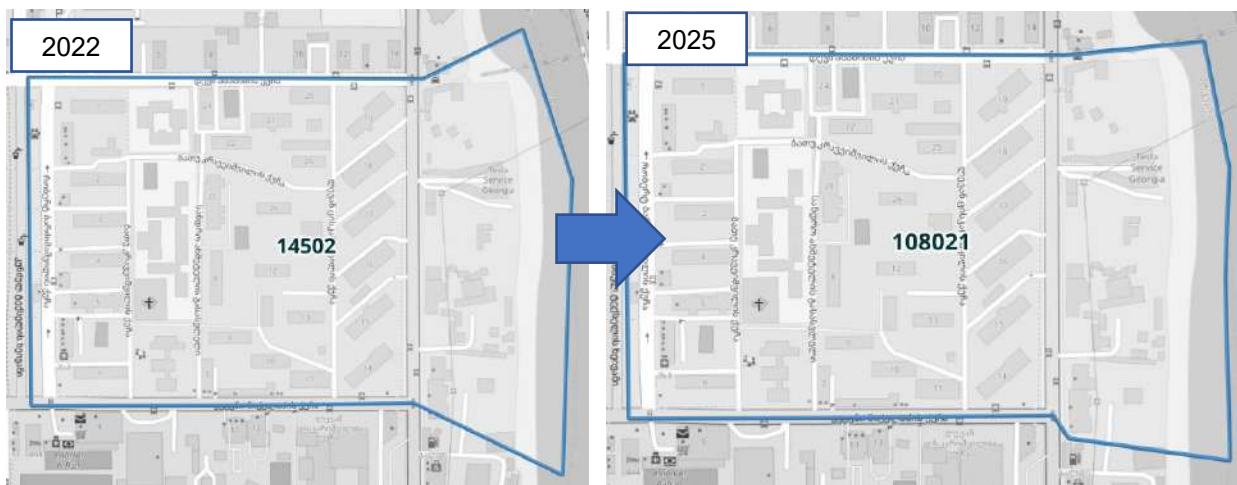
⁴⁴ <https://www.geostat.ge/en/modules/categories/41/population>

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

პროცედურა შესაძლოა შეიცვალოს ცალკეული TAZ-ებისათვის, ადგილობრივი თავისებურებებისა თუ მონაცემთა ხელმისაწვდომობის გათვალისწინებით.

1-ლი შემთხვევა: TAZ უცვლელი საზღვრებით;

იმ შემთხვევებში, როდესაც განახლებული მოდელის TAZ-ის საზღვრები სრულად შეესაბამებოდა 2022 წლის ზონირების სისტემას, მოსახლეობის ხელახლა დათვლილი მაჩვენებლები პირდაპირ გადაიტანეს ახალ მოდელში, დამატებითი შიდა გადანაწილების გარეშე.



სურათი 162 - TAZ-ების ნუმერაცია და საზღვრები 2022 და 2025 წლების მოდელებში

განვიხილოთ, მაგალითისთვის, TAZ №14502 (ნუმერაცია 2022 წლის მოდელიდან) (სურათი 162). 2022 წლის მონაცემებით, ამ TAZ-ის მოსახლეობის წილი ჯამურ მოსახლეობაში დაახლოებით 0.00369-ს შეადგენს:

$$\text{Share_TAZ} = \text{Pop_TAZ, 2022} / \text{Pop_Total, 2022}$$

$$\text{Share_TAZ №14502} = 4367 / 1\,184\,704 = 0,00369$$

საქართველოს სტატისტიკის ეროვნული სამსახურის მონაცემებით, თბილისის მოსახლეობა 2025 წლისათვის 1,286,556 ადამიანს შეადგენს, რაც ასახულ იქნა განახლებულ მოდელში. მოცემული TAZ-ის მოსახლეობის მაჩვენებლის მისაღებად 2025 წელს, აღნიშნული პროპორციული წილი გამრავლდა მოსახლეობის ჯამურ რაოდენობაზე:

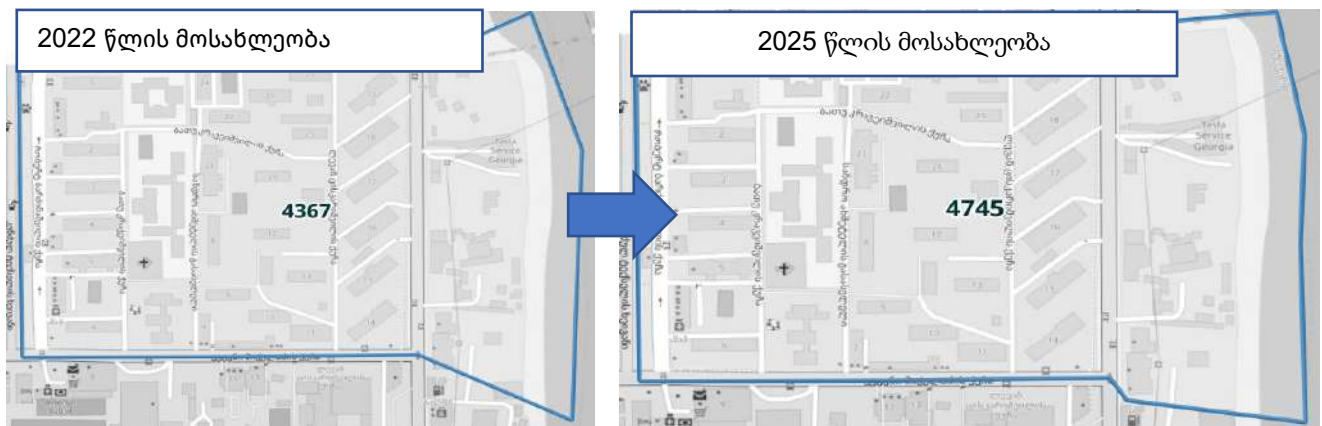
$$\text{Pop_TAZ, 2025} = \text{Share_TAZ} * \text{Pop_Total, 2025}$$

$$\text{Pop_TAZ №14052} = 0,00369 * 1\,286\,556 = 4747.$$

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

ვინაიდან TAZ-ის საზღვრები არ შეცვლილა, 2025 წლისათვის მიღებული მოსახლეობის მაჩვენებლები პირდაპირ მიეკუთვნა ახალი მოდელის შესაბამის ერთეულს (ახალი TAZ-ის ნომერია 108021) (სურათი 163).

2 ადამიანის სხვაობა გამოწვეულია გამოთვლის პროცესში წარმოქმნილი დამრგვალების ცდომილებით.



სურათი 163 - მოსახლეობის რაოდენობის ცვლილება TAZ-ის უცვლელი საზღვრების პირობებში

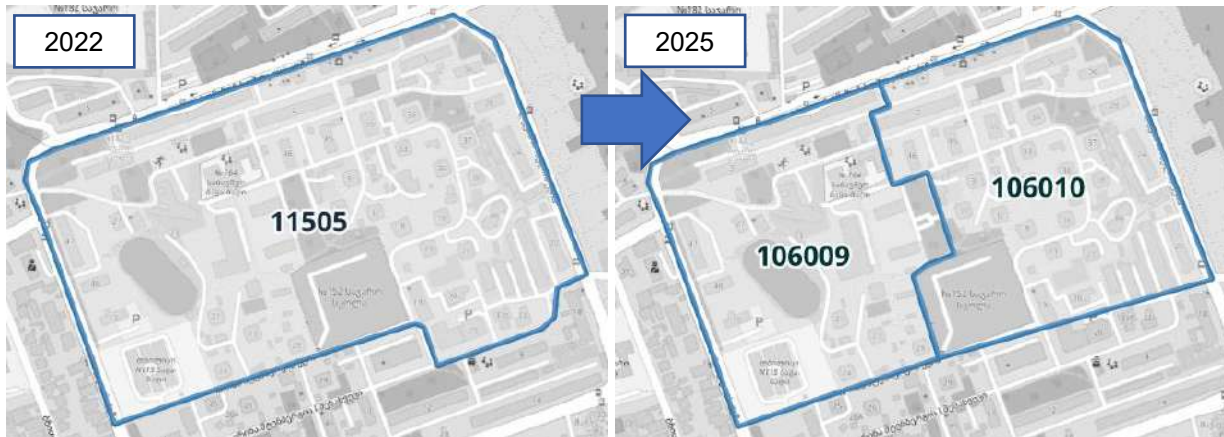
- მე-2 შემთხვევა: TAZ შეცვლილი საზღვრებით;

იმ შემთხვევებში, როდესაც განახლებული მოდელის TAZ-ის სტრუქტურა 2022 წლის მოდელისგან განსხვავდებოდა, საჭირო გახდა მოსახლეობის დამატებითი გადანაწილება. ეს ვითარება, როგორც წესი, მაშინ იქმნებოდა, როდესაც 2022 წლის მოდელის ერთი TAZ-ი განახლებულ მოდელში რამდენიმე მცირე ზონად იყოფოდა. ასეთ დროს, პროპორციული დაანგარიშების მეთოდით თავდაპირველად განისაზღვრებოდა 2022 წლის საწყისი TAZ-ის შესაბამისი 2025 წლის ჯამური მოსახლეობა, რის შემდეგაც ეს მაჩვენებელი ახლად შექმნილ ზონებზე ნაწილდებოდა.

მოდელიზირებული ზონების ფარგლებში მოსახლეობის გადანაწილება დაეფუძნა საცხოვრებელი განაშენიანების არსებულ სტრუქტურას. თითოეულ ახალ ზონაში საცხოვრებელი ფუნქციის ინტენსივობა შეფასდა თანამგზავრული გამოსახულებებისა და საცხოვრებელი კორპუსების რაოდენობის, ტიპისა და სართულების რაოდენობის შესახებ არსებული მონაცემების საფუძველზე. შესაბამისად, მოსახლეობის განაწილება ახალ ზონებში განხორციელდა მათი საცხოვრებელი ტევადობის პროპორციულად, რაც უზრუნველყოფს მჭიდროდ დასახლებული ან მაღალსართულიანი განაშენიანების მქონე არეალისათვის მოსახლეობის შესაბამისად მაღალი წილის მიკუთვნებას.

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში

განვიხილოთ, მაგალითისთვის, TAZ №11505 (ძველი ნუმერაცია). მოცემული TAZ-ის მოსახლეობის ჯამური რაოდენობა წინა შემთხვევის ანალოგიურად გადაანგარიშდა.



სურათი 164 - TAZ-ის საზღვრების ცვლილება 2025 წლის მოდელში.

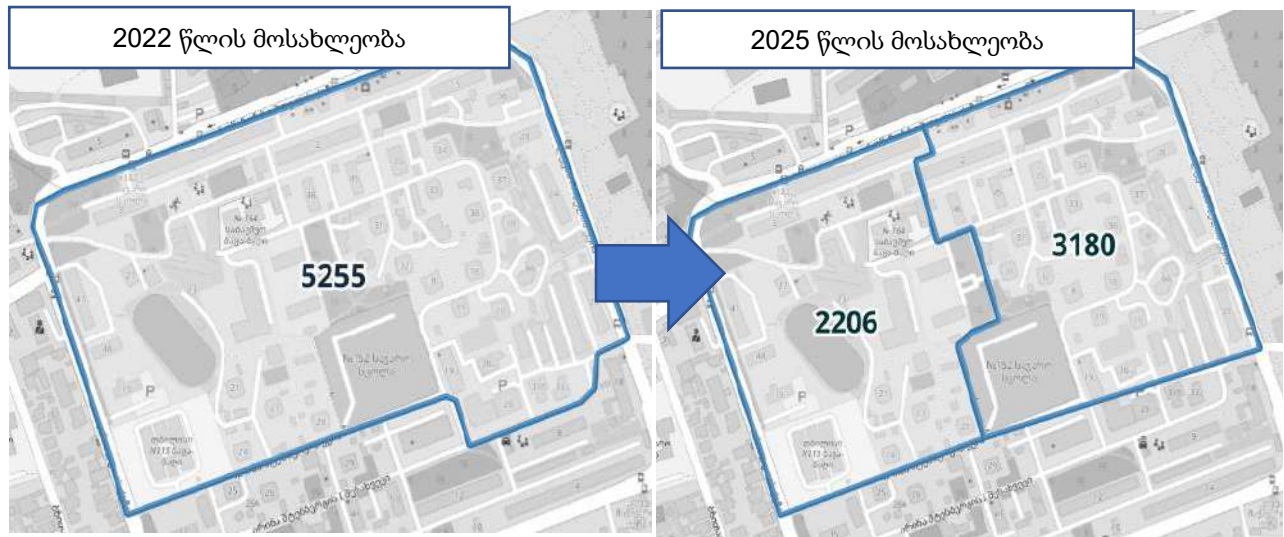
$$\text{Share_TAZ №11505} = 5255 / 1\,184\,704 = 0,00444$$

$$\text{Pop_TAZ №14052} = 0,00444 * 1\,286\,556 = 5707$$

რადგანაც განახლებულ მოდელში აღნიშნული TAZ-ი ორ ახალ ზონად დაიყო (სურათი 164). შესაბამისად, საჭირო გახდა 2025 წლის საპროგნოზო მოსახლეობის მათ შორის გადანაწილება. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ საწყისი TAZ 11505-ის სამხრეთ-აღმოსავლეთ ნაწილში არეალის გარკვეული მონაკვეთი მეზობელ TAZ-ს მიეკუთვნა. ვინაიდან ამ სექტორში სამი 9-სართულიანი და ერთი 5-სართულიანი კორპუსი მდებარეობს, მოსახლეობის ნაწილი (321 ადამიანი) სწორედ იმ მომიჯნავე TAZ-ში გადავიდა, რომლის საზღვრებშიც მოხვდა აღნიშნული შენობები.

დარჩენილი მოსახლეობა ორ ახალ TAZ-ს შორის საცხოვრებელი განაშენიანების სიმჭიდროვის მიხედვით გადანაწილდა. მაგალითად, ვინაიდან TAZ №106010-ში საცხოვრებელი კორპუსების რაოდენობა მეტია, ვიდრე TAZ №106009-ში, მოსახლეობის უფრო დიდი წილი სწორედ №106010-ზონას მიეკუთვნა (სურათი 165)

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში



სურათი 165. მოსახლეობის გადანაწილება ახალ TAZ-ებს შორის განაშენიანების სტრუქტურის მიხედვით

აღნიშნული მიდგომით უზრუნველყოფილ იქნა მოსახლეობის ისეთი გადანაწილება, რომელიც სრულად ასახავს როგორც TAZ-ის განახლებულ საზღვრებს, ისე საცხოვრებელი განაშენიანების რეალურ სივრცით განლაგებას.

მოსახლეობის რაოდენობრივი მაჩვენებლების გადამოწმება და მოდელთან შესაბამისობაში მოყვანა

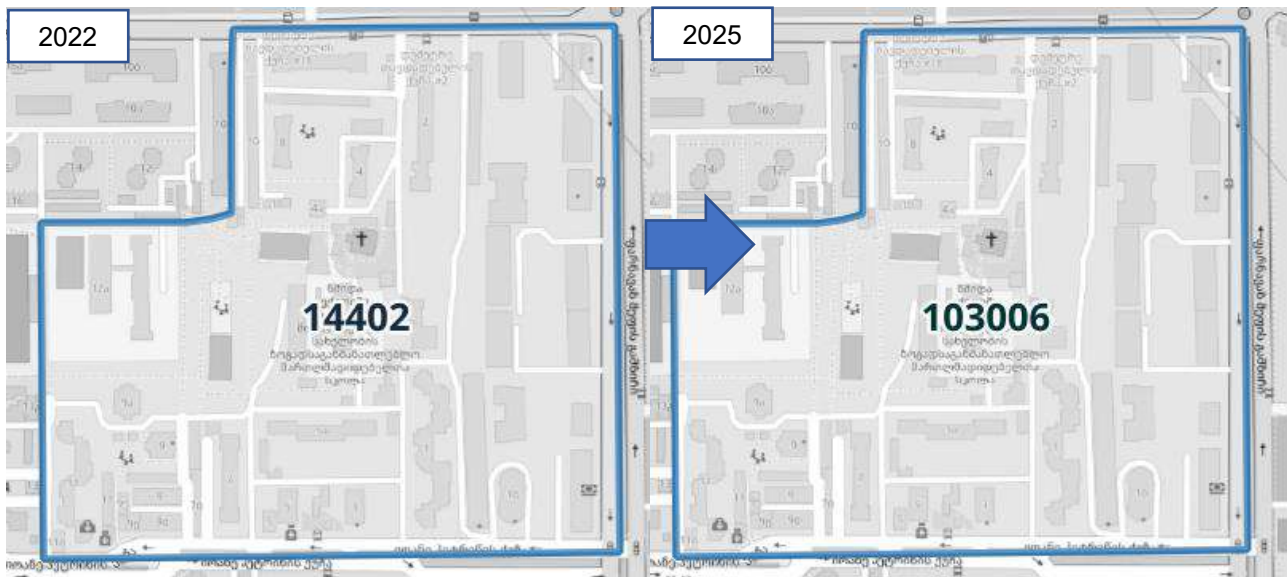
მოსახლეობის პირველადი გადანაწილების შემდეგ, 666-ვე TAZ სათითაოდ გადამოწმდა, რათა დადგენილიყო საპროგნოზო მაჩვენებლების ფაქტობრივობა. ხარისხის კონტროლის ეს ეტაპი მოიცავდა ვიზუალურ შედარებას: მოდელში ასახული მოსახლეობის რაოდენობა შეჯერდა თითოეული ზონის ფაქტობრივ განაშენიანებასთან, მის სიმჭიდროვესა და შენობების ტიპოლოგიასთან. იმ შემთხვევებში, როდესაც შეუსაბამობა გამოვლინდა, განხორციელდა მცირე კორექტირება. ეს უზრუნველყოფს მონაცემების უკეთ თავსებადობას ურბანული გარემოს ფიზიკურ მახასიათებლებთან, ისე, რომ 2025 წლისთვის თბილისის მოსახლეობის ოფიციალური ჯამური მაჩვენებელი უცვლელი დარჩა.

მაგალითისთვის განვიხილოთ №14402, რომლის წილმა 2022 წლის ჯამურ მოსახლეობაში 0.00234 შეადგინა. 2025 წლის საპროგნოზო მაჩვენებლებზე დაყრდნობით, ამ TAZ-ის მოსახლეობის საწყისი რაოდენობა შემდეგნაირად დაანგარიშდა.

$$\text{Share_TAZ №14402} = 2767 / 1\,184\,704 = 0,00234$$

$$\text{Pop_TAZ №14402} = 0,00234 * 1\,286\,556 = 3005$$

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში



სურათი 166. TAZ-ების ნუმერაცია და საზღვრები 2022 და 2025 წლის მოდელებში

თუმცა, მოცემულ TAZ-ში საცხოვრებელი განაშენიანების თვალსაზრისით გარკვეული ცვლილებები დაფიქსირდა. კერძოდ, დემეტრე თავდადებულის ქუჩა №2-ში, 2024 წლის მესამე კვარტალში, ექსპლუატაციაში შევიდა ახალი საცხოვრებელი კორპუსი. აღნიშნულმა ფაქტმა ამ ზონის მოსახლეობის საპროგნოზო მაჩვენებლის ზრდის მიმართულებით კორექტირება განაპირობა.

აღნიშნულ ახალ კორპუსში არსებული 55 შესახლებული ბინისა და საქართველოში საოჯახო მეურნეობის საშუალო ზომის⁴⁵ (3.2 ადამიანი ურბანულ დასახლებებში) გათვალისწინებით, მოსახლეობის ნამატი შემდეგნაირად დაანგარიშდა:

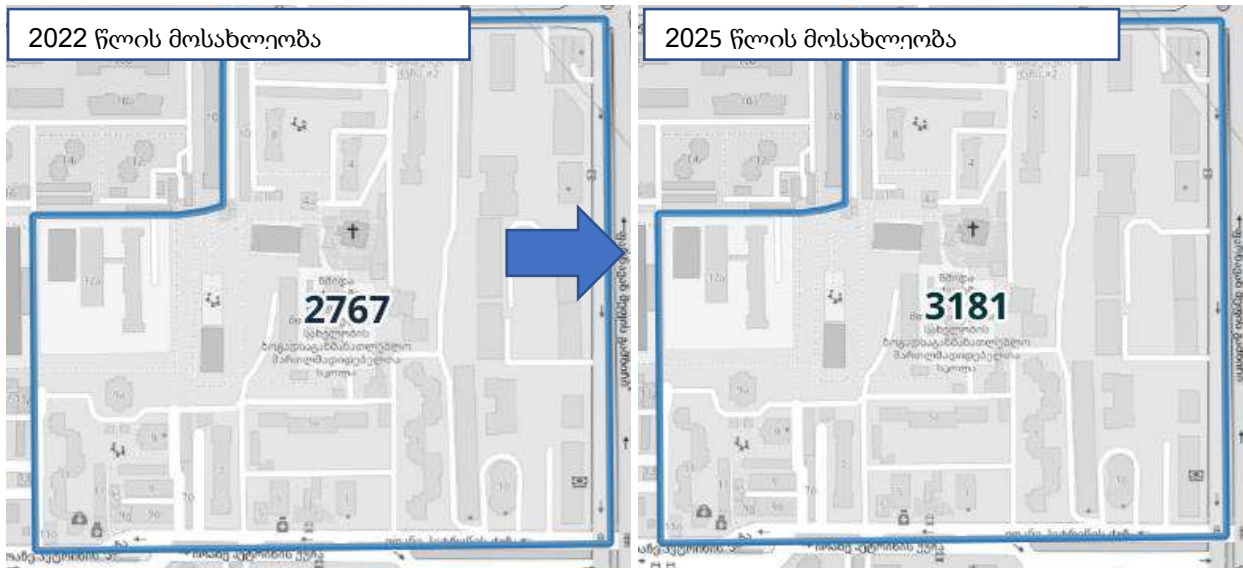
$$\Delta \text{Pop} = 55 \times 3.2 = 176 \text{ ადამიანი}$$

შესაბამისად, TAZ №14402-ის კორექტირებულმა მოსახლეობამ 2025 წლისთვის შეადგინა:

$$3005 + 176 = 3181 \text{ ადამიანი (სურათი 167).}$$

⁴⁵ <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/2f1b1188-a8f2-433f-9fdf-5d4b1c205bdd/content>

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში



სურათი 167. მოსახლეობის რაოდენობის ცვლილება ახალი განაშენიანების გათვალისწინებით.

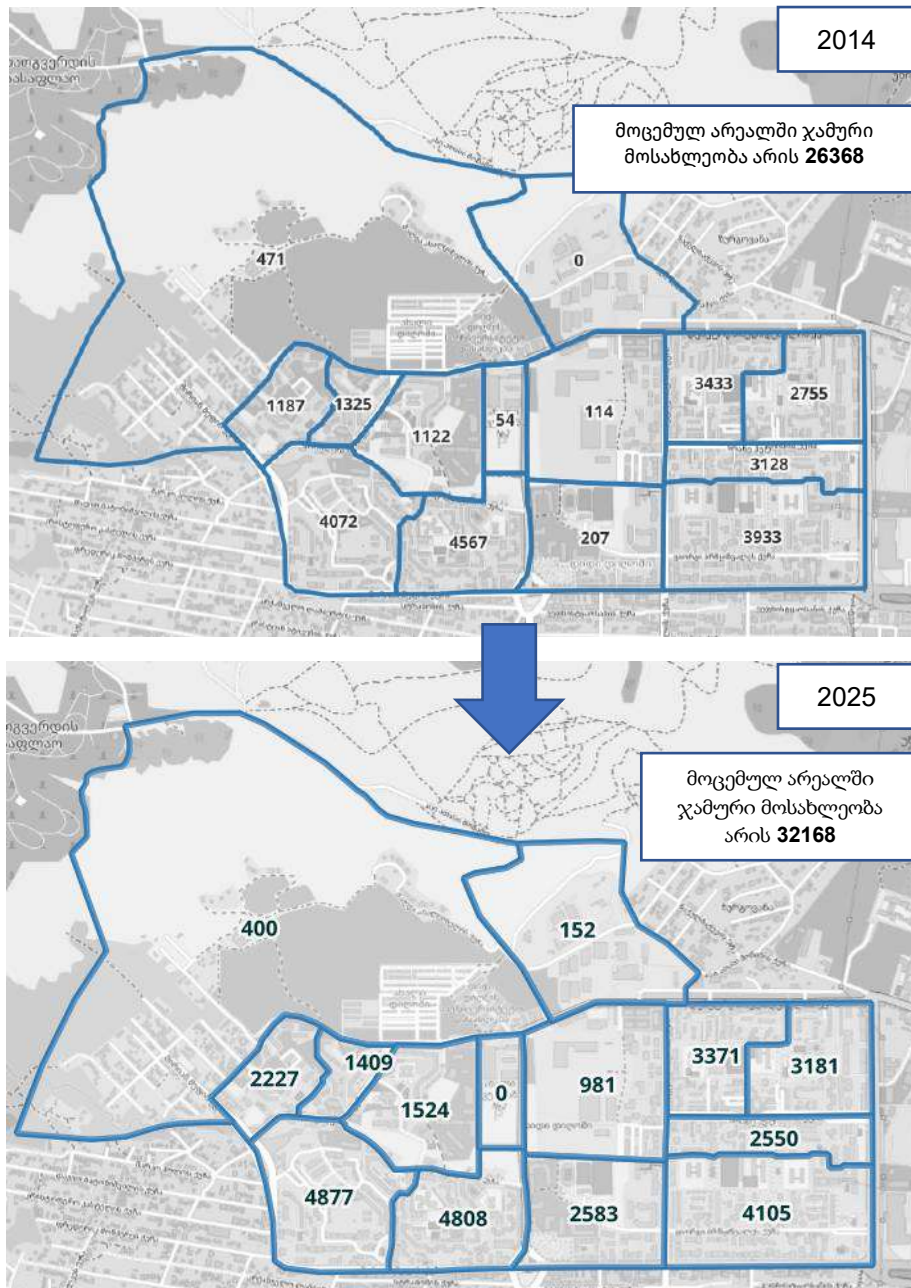
11.2. მოსახლეობის ნამატის გამოთვლა

2014 და 2025 წლებს შორის მოსახლეობის ზრდა ფარდობითი ცვლილების მეთოდით დაანგარიშდა. თითოეული სივრცითი ერთეულისთვის მოსახლეობის აბსოლუტური ცვლილება განისაზღვრა, როგორც სხვაობა 2025 წლის საპროგნოზო მაჩვენებელსა და 2014 წლის შესაბამის მონაცემს შორის. ზრდის პროცენტული მაჩვენებლის მისაღებად, აღნიშნული აბსოლუტური ცვლილება შეეფარდა 2014 წლის მოსახლეობის რაოდენობას.

მაგალითისთვის, დიდი დილმის არეალში (სურათი 168) მოსახლეობის რაოდენობა 2014 წლის 26,368 მცხოვრებლიდან 2025 წლისთვის 32,168-მდე გაიზარდა. აღნიშნული მაჩვენებელი 5,800 ადამიანის ტოლ აბსოლუტურ ნამატს შეესაბამება, რაც საანალიზო პერიოდში მოსახლეობის დაახლოებით 21.9%-იან (დამრგვალებით 22%) ზრდას ნიშნავს.

$$\text{ზრდის ტემპი} = \frac{32168 - 26368}{26368} \cdot 100\% = 21.9\% \approx 22\%$$

ქალაქ თბილისში ტრანსპორტთან დაკავშირებული მონაცემების შეგროვება და სატრანსპორტო მოდელის განახლება - სატრანსპორტო მოთხოვნის მოდელის განახლების ანგარიში



სურათი 168. მოსახლეობის რაოდენობა დიდი დილმის არეალში 2014 და 2025 წლის მოდელების მიხედვით