

Elaborat la comanda:

Consiliul Raional Sîngerei

Elaborat de:

Novaservice Mol SRL

# Studiu de fezabilitate



**Privind modernizarea și  
ecologizarea transportului  
public raional prin  
implementarea mobilității  
electrice și a stațiilor de  
încărcare alimentate cu  
energie solară în raionul  
Sîngerei**

Raionul Sîngerei



**Declinare de responsabilitate**

Responsabilitatea deplină cu privire la conținutul prezentului raport aparține autorilor. Informația, opiniile și rezultatele incluse în prezentul raport se bazează pe interpretarea datelor colectate, analizele și interviurile efectuate în timpul implementării sarcinii. Raportul poate conține informație sensibilă și confidențială.

## Cuprins

|                                                                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Introducere</b>                                                                                                           | 15 |
| <b>1 CONTEXTUL GLOBAL, NAȚIONAL ȘI RAIONAL AL MOBILITĂȚII ELECTRICE</b>                                                      | 22 |
| 1.1 Evoluții globale în electrificarea transportului                                                                         | 22 |
| 1.2 Transportul public electric pentru orașe mici și raioane rurale                                                          | 24 |
| 1.3 Mobilitate electrică și energie regenerabilă                                                                             | 26 |
| 1.4 Cadrul european și național privind mobilitatea durabilă                                                                 | 27 |
| 1.5 Relevanța pentru raionul Sîngerei                                                                                        | 28 |
| 1.6 Implicații pentru etapele următoare ale studiului                                                                        | 30 |
| <b>2 PROFILUL RAIONULUI SÎNGEREI ȘI CONTEXTUL SOCIO-ECONOMIC LOCAL</b>                                                       | 31 |
| 2.1 Amplasarea geografică și rolul raional                                                                                   | 31 |
| 2.2 Structura administrativă și populația relevantă pentru rutele analizate                                                  | 32 |
| 2.3 Economia locală și generatorii de mobilitate                                                                             | 33 |
| 2.4 Analiza celor 5 coridoare propuse și localitățile beneficiare                                                            | 35 |
| 2.4.1 Ruta R1: Coadă Iazului - Biliceni Vechi - Sîngerei                                                                     | 36 |
| 2.4.2 Ruta R2: Ciuciuieni - Iezărenii Vechi - Vrănești - Sîngerei                                                            | 36 |
| 2.4.3 Ruta R3: Cozăști - Brejeni - Sîngerei                                                                                  | 36 |
| 2.4.4 Ruta R4: Petrovca - Copăceni - Grigorăuca - Sîngerei                                                                   | 37 |
| 2.4.5 Ruta R5: Prepelița - Mihailovca - Copăceni - Grigorăuca - Sîngerei                                                     | 37 |
| 2.5 Scenariul operațional preliminar actualizat                                                                              | 37 |
| 2.6 Infrastructura rutieră, distanțe și implicații pentru transportul electric                                               | 38 |
| 2.7 Concluzii ale Capitolului 2                                                                                              | 39 |
| <b>3 SITUAȚIA ACTUALĂ A TRANSPORTULUI PUBLIC RAIONAL</b>                                                                     | 41 |
| 3.1 Rutele actuale și serviciile existente                                                                                   | 41 |
| 3.1.1 Profil operațional preliminar R5: Sîngerei - Grigorăuca - Copăceni - Prepelița                                         | 44 |
| 3.1.2 Profil operațional preliminar R2: Sîngerei - Rădoia - Drăgănești (propunere de autor)                                  | 45 |
| 3.1.3 Profil operațional preliminar: Sîngerei - Biliceni Vechi - Chișcăreni - Dumbrăvița (propunere de autor)                | 47 |
| 3.1.4 Profil operațional preliminar R4: Sîngerei - Biliceni Vechi - Bălți - Biruința - Alexandreni (rută propunere de autor) | 47 |
| 3.2 Parcul actual de vehicule                                                                                                | 49 |
| 3.3 Analiza rutelor și traseelor propuse de APL Raional Sîngerei                                                             | 52 |
| 3.4 Program de operare și necesarul preliminar de flotă                                                                      | 54 |
| 3.5 Compararea vehiculelor convenționale cu vehiculele electrice                                                             | 56 |
| 3.6 Analiza costurilor operaționale, emisiilor și eficienței pe termen mediu                                                 | 58 |
| 3.7 Costuri, tarife și sustenabilitatea serviciilor                                                                          | 62 |
| 3.8 Probleme identificate                                                                                                    | 64 |
| 3.9 Set de date tehnico-operaționale pentru dimensionarea etapelor următoare                                                 | 68 |
| 3.10 Profil sezonier și implicații pentru încărcarea nocturnă                                                                | 68 |

|          |                                                                                          |            |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>4</b> | <b>ANALIZA CERERII DE MOBILITATE ȘI A RUTELOR PRIORITARE .....</b>                       | <b>70</b>  |
| 4.1      | Identificarea coridoarelor prioritare .....                                              | 70         |
| 4.2      | Rute urbane și periurbane propuse .....                                                  | 72         |
| 4.3      | Rute intercomunale propuse și scenarii de cerere.....                                    | 75         |
| 4.4      | Program de operare și necesarul preliminar de flotă strategia de încărcare.....          | 77         |
| 4.5      | Compararea vehiculelor convenționale cu vehiculele electrice.....                        | 79         |
| 4.6      | Depou, mentenanță și siguranță operațională.....                                         | 82         |
| 4.7      | Sistem de management al flotei și grafic propus de implementare .....                    | 83         |
| 4.8      | Analiza costurilor operaționale, emisiilor și eficienței pe termen mediu .....           | 85         |
| 4.9      | Concluzii ale Capitolului 4 .....                                                        | 89         |
| 4.10     | Set de date tehnico-operaționale pentru dimensionarea etapelor următoare .....           | 90         |
| 4.11     | Profil sezonier și implicații pentru încărcarea nocturnă.....                            | 92         |
| <b>5</b> | <b>Soluția tehnică: vehicule electrice și model operațional.....</b>                     | <b>97</b>  |
| 5.1      | Tipuri de vehicule potrivite pentru raionul Sîngerei .....                               | 97         |
| 5.2      | Dimensionarea flotei electrice .....                                                     | 99         |
| 5.3      | Locații strategice pentru stații noi și criterii de amplasare .....                      | 101        |
| 5.4      | Tipuri de încărcare și dimensionarea puterii instalate .....                             | 102        |
| 5.5      | Integrarea energiei solare fotovoltaice pentru alimentarea stațiilor.....                | 104        |
| 5.6      | Comparații tehnico-economice între vehicule convenționale și electrice .....             | 105        |
| 5.7      | Sistem de stocare și management energetic .....                                          | 107        |
| 5.8      | Depou, mentenanță și siguranță operațională.....                                         | 107        |
| 5.9      | Sistem de management al flotei și grafic propus de implementare .....                    | 109        |
| 5.10     | Verificarea capacității rețelei electrice și condiții tehnice de racordare .....         | 113        |
| 5.11     | Evaluarea energetică și economică preliminară a infrastructurii de încărcare .....       | 114        |
| 5.12     | Specificații tehnice minime pentru achiziția stațiilor de încărcare .....                | 115        |
| 5.13     | Lucrări civile, securitate și organizarea fluxurilor în Gara Auto.....                   | 115        |
| 5.14     | Scenarii de etapizare a infrastructurii electrice.....                                   | 116        |
| 5.15     | Date care trebuie colectate înainte de proiectarea finală .....                          | 116        |
| 5.16     | Concluzii ale capitolului 5 .....                                                        | 117        |
| <b>6</b> | <b>Rețeaua de stații de încărcare și integrarea energiei solare PV .....</b>             | <b>118</b> |
| 6.1      | Infrastructura existentă de încărcare și rolul Gării Auto Sîngerei (in proiectare) ..... | 118        |
| 6.2      | Locații strategice pentru stații noi și criterii de amplasare .....                      | 119        |
| 6.3      | Tipuri de încărcare și dimensionarea puterii instalate.....                              | 121        |
| 6.4      | Integrarea energiei solare fotovoltaice pentru alimentarea stațiilor .....               | 122        |
| 6.5      | Sistem de stocare și management energetic .....                                          | 125        |
| 6.6      | Verificarea capacității rețelei electrice și condiții tehnice de racordare .....         | 128        |
| 6.7      | Evaluarea energetică și economică preliminară a infrastructurii de încărcare .....       | 130        |
| 6.8      | Grafic propus de implementare a infrastructurii de încărcare și PV .....                 | 130        |
| 6.9      | Concluziile generale ale capitolului.....                                                | 131        |
| 6.10     | Specificații tehnice minime pentru achiziția stațiilor de încărcare .....                | 132        |

|          |                                                                                                 |            |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 6.11     | Lucrări civile, securitate și organizarea fluxurilor în Gara Auto .....                         | 133        |
| 6.12     | Scenarii de etapizare a infrastructurii electrice .....                                         | 134        |
| 6.13     | Date care trebuie colectate înainte de proiectarea finală .....                                 | 135        |
| <b>7</b> | <b>ANALIZA VARIANTELOR TEHNICE ȘI OPERAȚIONALE .....</b>                                        | <b>137</b> |
| 7.1      | Varianta 0 - fără investiție .....                                                              | 137        |
| 7.2      | Varianta 1 - modernizare cu microbuze/autobuze diesel mai eficiente .....                       | 139        |
| 7.3      | Varianta 2 - vehicule electrice alimentate exclusiv din rețea.....                              | 140        |
| 7.4      | Varianta 3 - transport electric cu încărcare PV și management inteligent.....                   | 140        |
| 7.5      | Varianta 4 - implementare etapizată pe coridoare prioritare .....                               | 142        |
| 7.6      | Compararea și selectarea variantei optime .....                                                 | 143        |
| 7.7      | Analiza structural economică și operațională a scenariilor de operare ale rutelor propuse ..... | 147        |
| 7.7.1    | Varianta 0 - fără investiție .....                                                              | 147        |
| 7.7.2    | Varianta 1 - modernizare cu microbuze/autobuze diesel mai eficiente.....                        | 148        |
| 7.7.3    | Varianta 2 - vehicule electrice alimentate exclusiv din rețea .....                             | 149        |
| 7.7.4    | Varianta 3 - transport electric cu încărcare PV și management inteligent .....                  | 150        |
| 7.7.5    | Varianta 4 - implementare etapizată pe rute prioritare .....                                    | 151        |
| 7.8      | Compararea și selectarea variantei optime .....                                                 | 152        |
| 7.9      | Analiză suplimentară pentru fundamentarea deciziei .....                                        | 153        |
| 7.9.1    | Analiză suplimentară pentru fundamentarea deciziei.....                                         | 153        |
| 7.10     | Concluziile capitolului.....                                                                    | 156        |
| <b>8</b> | <b>ESTIMAREA COSTURILOR ȘI ANALIZA FINANCIAR-ECONOMICĂ .....</b>                                | <b>157</b> |
| 8.1      | Costul investiției .....                                                                        | 157        |
| 8.2      | Costuri de operare și mentenanță.....                                                           | 160        |
| 8.3      | Venituri, economii și costuri evitate.....                                                      | 163        |
| 8.4      | Indicatori financiari.....                                                                      | 164        |
| 8.5      | Analiza de sensibilitate .....                                                                  | 167        |
| 8.6      | Recomandări economico-financiare și grafic propus de implementare.....                          | 168        |
| 8.6.1    | Detalierea modelului financiar pentru etapa de finanțare .....                                  | 170        |
| 8.6.2    | Scenarii de creștere a parcursului și efectul asupra costurilor .....                           | 171        |
| 8.6.3    | Costuri pe ciclul de viață și înlocuiri planificate .....                                       | 172        |
| 8.6.4    | Pragul minim de grant și recomandarea de finanțare .....                                        | 173        |
| 8.6.5    | Elemente care trebuie validate înainte de decizia finală de investiție .....                    | 174        |
| 8.6.6    | Modelul de acoperire bugetară și mecanismul de compensare .....                                 | 175        |
| 8.6.7    | Recomandări pentru modelul economic utilizat în caietul de sarcini .....                        | 176        |
| 8.7      | Concluzii generale de capitol.....                                                              | 177        |
| 8.7.1    | Elemente care trebuie validate înainte de decizia finală de investiție.....                     | 178        |
| 8.7.2    | Modelul de acoperire bugetară și mecanismul de compensare.....                                  | 179        |
| 8.7.3    | Recomandări pentru modelul economic utilizat în caietul de sarcini.....                         | 179        |
| <b>9</b> | <b>IMPACTUL ENERGETIC, SOCIAL, ECONOMIC ȘI DE MEDIU .....</b>                                   | <b>180</b> |

|           |                                                                              |            |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 9.1       | Impact energetic .....                                                       | 180        |
| 9.2       | Impact climatic și de mediu.....                                             | 183        |
| 9.3       | Impact social și accesibilitate .....                                        | 185        |
| 9.4       | Impact economic local.....                                                   | 189        |
| 9.5       | Caracter inovativ, impact instituțional și replicabilitate.....              | 191        |
| 9.6       | Monitorizarea impactului după implementare .....                             | 193        |
| <b>10</b> | <b>IMPLEMENTARE, MANAGEMENT OPERAȚIONAL, RISCURI ȘI SUSTENABILITATE.....</b> | <b>194</b> |
| 10.1      | Planul de implementare .....                                                 | 194        |
| 10.2      | Calendar, achiziții și grafic de plăți .....                                 | 196        |
| 10.3      | Model instituțional și operațional .....                                     | 198        |
| 10.4      | Analiza riscurilor .....                                                     | 201        |
| 10.5      | Sustenabilitate și finanțare.....                                            | 202        |
| 10.6      | Monitorizare și indicatori de performanță.....                               | 204        |
| 10.7      | Concluziile Capitolului 10 .....                                             | 206        |
| 10.8      | Pregătirea operațională înainte de lansarea serviciului .....                | 207        |
| 10.9      | Comunicare publică și managementul schimbării.....                           | 208        |
| <b>11</b> | <b>CONCLUZII ȘI RECOMANDĂRI.....</b>                                         | <b>210</b> |
| 11.1      | Concluzii tehnice .....                                                      | 211        |
| 11.2      | Concluzii energetice și climatice .....                                      | 212        |
| 11.3      | Concluzii economice și sociale .....                                         | 213        |
| 11.4      | Recomandări pentru etapa de proiectare .....                                 | 215        |
| 11.5      | Recomandări pentru etapa de proiectare.....                                  | 218        |
| 11.6      | Pașii următori .....                                                         | 219        |
|           | <b>Anexa 1 Date și planuri locale .....</b>                                  | <b>222</b> |
|           | <b>Anexa 2. Cadrul de reglementare aplicabil.....</b>                        | <b>223</b> |

## Lista tabelelor

|                                                                                                        |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabelul 1. Un rezumat al rezultatelor AE (măsurii) .....                                               | 19 |
| Tabelul 2. Sursele principale utilizate pentru fundamentarea Capitolului 1.....                        | 22 |
| Tabelul 3. Tendințe globale relevante pentru proiectul Sîngerei.....                                   | 23 |
| Tabelul 4. Particularități ale transportului electric în raioane rurale .....                          | 25 |
| Tabelul 5. Scenarii posibile de alimentare energetică a transportului electric .....                   | 26 |
| Tabelul 6. Corelarea proiectului Sîngerei cu direcțiile europene și naționale .....                    | 27 |
| Tabelul 7. Argumente de oportunitate pentru implementarea proiectului în raionul Sîngerei .....        | 29 |
| Tabelul 8. Date care trebuie validate în capitolele următoare .....                                    | 30 |
| Tabelul 9. Date generale de referință pentru analiza de mobilitate .....                               | 31 |
| Tabelul 10. Populația localităților relevante pentru cele 5 coridoare analizate .....                  | 33 |
| Tabelul 11. Generatorii principali de mobilitate pentru coridoarele analizate .....                    | 34 |
| Tabelul 12. Localitățile de pe trasee, populația și distanța estimativă de la Sîngerei.....            | 35 |
| Tabelul 13. Scenariul operațional preliminar actualizat pe rute .....                                  | 37 |
| Tabelul 14. Implicații tehnice ale distanțelor pentru flota electrică .....                            | 39 |
| Tabelul 15. Sinteza concluziilor tehnice pentru Capitolul 2.....                                       | 40 |
| Tabelul 16. Date de bază utilizate pentru analiza situației actuale a transportului public .....       | 41 |
| Tabelul 17. Rutele inter-comunale actuale/analizate și localitățile beneficiare.....                   | 42 |
| Tabelul 18. Fișa operațională preliminară a rutei R5 .....                                             | 44 |
| Tabelul 19. Fișa operațională preliminară a rutei R2 .....                                             | 45 |
| Tabelul 20. Fișa operațională preliminară a rutei R3 .....                                             | 47 |
| Tabelul 21. Fișa operațională preliminară a rutei R4 .....                                             | 48 |
| Tabelul 22. Structura estimativă a parcului auto actual utilizat pe rutele analizate.....              | 49 |
| Tabelul 23. Indicatori tehnici preliminari ai parcului actual .....                                    | 50 |
| Tabelul 24. Probleme tehnice frecvente ale vehiculelor convenționale vechi.....                        | 51 |
| Tabelul 25. Fișă minimă de verificare a vehiculelor existente .....                                    | 52 |
| Tabelul 26. Cererea preliminară de pasageri pe rutele actualizate .....                                | 53 |
| Tabelul 27. Situația datelor demografice disponibile pentru noile rute.....                            | 54 |
| Tabelul 28. Program operațional actualizat și parcurs anual pe rute .....                              | 55 |
| Tabelul 29. Necesar preliminar de flotă pe scenarii .....                                              | 55 |
| Tabelul 30. Comparatie tehnică între vehicule convenționale și vehicule electrice .....                | 56 |
| Tabelul 31. Calcul comparativ al consumului anual de combustibil și energie electrică.....             | 57 |
| Tabelul 32. Ipoteze financiare și tehnice pentru calculul OPEX și emisiilor .....                      | 58 |
| Tabelul 33.. Costuri operaționale anuale: vehicule convenționale vs vehicule electrice .....           | 58 |
| Tabelul 34. Reducerea estimată a emisiilor CO <sub>2</sub> în scenariul actualizat .....               | 59 |
| Tabelul 35. Tipologia cererii de mobilitate pe rutele inter-comunale .....                             | 60 |
| Tabelul 36. Linia de bază financiară a serviciului actual de transport pe cele 4 rute .....            | 63 |
| Tabelul 37. Ipoteze tarifare și financiare pentru analiza situației actuale.....                       | 64 |
| Tabelul 38. Problemele principale ale transportului public actual și implicațiile pentru proiect ..... | 64 |
| Tabelul 39. Prioritizarea problemelor pentru formularea scenariilor de intervenție .....               | 66 |
| Tabelul 40. Sinteza liniei de bază pentru capitolele tehnico-economice următoare.....                  | 67 |
| Tabelul 41. Rezultate sintetice utilizabile în capitolele următoare.....                               | 68 |
| Tabelul 42. Date tehnico-operaționale de transmis către capitolele următoare.....                      | 68 |
| Tabelul 43. Factori sezonieri orientativi pentru cererea de transport și consumul energetic .....      | 68 |
| Tabelul 44. Baza de calcul utilizată pentru analiza cererii și a rutelor .....                         | 70 |
| Tabelul 45. Date operaționale de bază pentru selectarea vehiculelor electrice .....                    | 70 |
| Tabelul 46. Clase de vehicule electrice recomandate pentru scenariul actualizat .....                  | 71 |
| Tabelul 47. Opriri urbane recomandate pentru integrarea rutelor intercomunale .....                    | 73 |
| Tabelul 48. Configurația minimă recomandată a flotei pentru cele 5 rute .....                          | 75 |

|                                                                                                            |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabelul 49. Scenarii de dimensionare a flotei electrice .....                                              | 76  |
| Tabelul 50. Scenarii de creștere a cererii de transport.....                                               | 76  |
| Tabelul 51. Program operațional zilnic propus pentru rutele actualizate .....                              | 77  |
| Tabelul 52. Necesarul de energie și încărcare nocturnă pe rute .....                                       | 78  |
| Tabelul 53. Ipoteze tehnico-economice pentru comparația vehicule convenționale vs EV .....                 | 80  |
| Tabelul 54. Costuri operaționale anuale pe rute: situația actuală vs EV + PV/BESS .....                    | 80  |
| Tabelul 55. Reduceri de emisii și beneficii energetice pe rute .....                                       | 81  |
| Tabelul 56. Cerințe minime pentru amenajarea punctului de operare la Gara Auto Sîngerei .....              | 82  |
| Tabelul 57. Plan minim de mentenanță pentru flota electrică .....                                          | 83  |
| Tabelul 58. Funcționalități recomandate pentru sistemul de management al flotei .....                      | 83  |
| Tabelul 59. Comparație tehnică între vehicule convenționale și vehicule electrice .....                    | 83  |
| Tabelul 60. Etape propuse de implementare pentru flota electrică .....                                     | 85  |
| Tabelul 61. Ipoteze financiare și tehnice pentru calculul OPEX.....                                        | 85  |
| Tabelul 62. Costuri operaționale anuale: vehicule convenționale vs vehicule electrice .....                | 86  |
| Tabelul 63. Rezultate sintetice utilizabile în capitolele următoare.....                                   | 87  |
| Tabelul 64. Necesar preliminar de energie și putere pentru încărcarea nocturnă la Gara Auto Sîngerei ..... | 88  |
| Tabelul 65. Funcționalități recomandate pentru sistemul de management al flotei .....                      | 89  |
| Tabelul 66. Etape propuse de implementare pentru flota electrică .....                                     | 89  |
| Tabelul 67. Sinteza soluției tehnice propuse după revizuirea rutelor.....                                  | 90  |
| Tabelul 68. Matrice de compatibilitate între rute și modele posibile de vehicule electrice .....           | 91  |
| Tabelul 69. Compararea vehiculelor convenționale de referință cu vehicule electrice .....                  | 92  |
| Tabelul 70. Factori sezonieri orientativi pentru cererea de transport și consumul energetic .....          | 93  |
| Tabelul 71. Puterea preliminară a încărcării nocturne la Gara Auto Sîngerei.....                           | 94  |
| Tabelul 72. Opțiuni de vehicule electrice relevante pentru rutele analizate .....                          | 97  |
| Tabelul 73. Comparație tehnică între vehicule convenționale și electrice .....                             | 98  |
| Tabelul 74. Rolul locațiilor posibile pentru infrastructura de încărcare .....                             | 99  |
| Tabelul 75. Date de intrare pentru dimensionarea infrastructurii de încărcare revizuite.....               | 100 |
| Tabelul 76. Scenarii de dimensionare a flotei electrice .....                                              | 100 |
| Tabelul 77. Criterii de selectare a locației pentru stațiile de încărcare .....                            | 101 |
| Tabelul 78. Configurația propusă a charging hub-ului la Gara Auto Sîngerei .....                           | 102 |
| Tabelul 79. Calculul energiei zilnice și al puterii medii de încărcare.....                                | 102 |
| Tabelul 80. Comparația modurilor de încărcare pentru flota revizuită .....                                 | 103 |
| Tabelul 81. Dimensionarea preliminară a sistemului fotovoltaic .....                                       | 104 |
| Tabelul 82. Opțiuni de amplasare pentru sistemul PV .....                                                  | 105 |
| Tabelul 83. Configurații posibile pentru infrastructura de încărcare la Gara Auto Sîngerei .....           | 105 |
| Tabelul 84. Scenarii pentru BESS și management energetic .....                                             | 107 |
| Tabelul 85. Funcționalități recomandate pentru sistemul EMS/SCADA .....                                    | 107 |
| Tabelul 86. Cerințe tehnice minime pentru amenajarea punctului de operare la Gara Auto Sîngerei .....      | 108 |
| Tabelul 87. Plan minim de mentenanță pentru flota electrică .....                                          | 108 |
| Tabelul 88. Cerințe de siguranță pentru vehicule electrice și stații de încărcare .....                    | 109 |
| Tabelul 89. Funcționalități recomandate pentru sistemul de management al flotei .....                      | 109 |
| Tabelul 90. Etape propuse de implementare .....                                                            | 110 |
| Tabelul 91. Criterii tehnice minime recomandate pentru achiziția vehiculelor.....                          | 111 |
| Tabelul 92. Furnizori / repere tehnice care pot fi analizați în etapa de achiziție .....                   | 112 |
| Tabelul 93. Formule utilizate pentru verificarea autonomiei și a încărcării .....                          | 112 |
| Tabelul 94. Parametri care trebuie validați înainte de lansarea achiziției .....                           | 113 |
| Tabelul 95. Puterea instalată și puterea simultană recomandată .....                                       | 113 |
| Tabelul 96. Cerințe tehnice minime pentru racordare și siguranță.....                                      | 113 |
| Tabelul 97. Comparația costurilor energetice anuale pentru scenariul revizuit .....                        | 114 |
| Tabelul 98. Etapele propuse de implementare a infrastructurii de încărcare, PV și BESS .....               | 114 |

|                                                                                             |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabelul 99. Lucrări și amenajări necesare în zona charging hub .....                        | 115 |
| Tabelul 100. Scenarii de etapizare a puterii și echipamentelor .....                        | 116 |
| Tabelul 101. Checklist de date necesare pentru etapa următoare .....                        | 116 |
| Tabelul 102. Sinteza soluției tehnice propuse .....                                         | 117 |
| Tabelul 103. Date de intrare pentru dimensionarea infrastructurii de încărcare .....        | 118 |
| Tabelul 104. Rolul locațiilor posibile pentru infrastructura de încărcare .....             | 119 |
| Tabelul 105. Criterii de selectare a locației pentru stațiile de încărcare .....            | 120 |
| Tabelul 106. Configurația propusă a charging hub-ului de la Gara Auto Sîngerei .....        | 120 |
| Tabelul 107. Comparația modurilor de încărcare pentru flota Sîngerei .....                  | 121 |
| Tabelul 108. Dimensionarea preliminară a sistemului fotovoltaic .....                       | 122 |
| Tabelul 109. Opțiuni de amplasare pentru sistemul PV .....                                  | 123 |
| Tabelul 110. Scenarii pentru BESS și management energetic .....                             | 126 |
| Tabelul 111. Funcționalități recomandate pentru sistemul EMS/SCADA .....                    | 126 |
| Tabelul 112. Puterea instalată și puterea simultană recomandată .....                       | 128 |
| Tabelul 113. Cerințe tehnice minime pentru racordare și siguranță .....                     | 128 |
| Tabelul 114. Etapele propuse de implementare .....                                          | 130 |
| Tabelul 115. Recomandarea finală privind varianta optimă .....                              | 132 |
| Tabelul 116. Specificații tehnice minime pentru încărcătoarele propuse .....                | 132 |
| Tabelul 117. Lucrări și amenajări necesare în zona charging hub .....                       | 133 |
| Tabelul 118. Scenarii de etapizare a puterii și echipamentelor .....                        | 134 |
| Tabelul 119. Checklist de date necesare pentru etapa următoare .....                        | 135 |
| Tabelul 120. Ipoteze generale utilizate pentru analiza variantelor .....                    | 137 |
| Tabelul 121. Evaluarea Variantei 0 - menținerea situației actuale .....                     | 137 |
| Tabelul 122. Parametrii de calcul pentru Varianta 1 .....                                   | 139 |
| Tabelul 123. Componentele tehnice ale Variantei 3 .....                                     | 140 |
| Tabelul 124. Propunere de fazare a implementării .....                                      | 142 |
| Tabelul 125. Sinteza comparativă a variantelor .....                                        | 143 |
| Tabelul 126. Matrice multicriterială de evaluare a variantelor .....                        | 145 |
| Tabelul 127. Riscuri principale pe variante și măsuri de diminuare .....                    | 146 |
| Tabelul 128. Recomandarea finală privind varianta optimă .....                              | 146 |
| Tabelul 129. Ipoteze generale utilizate pentru analiza variantelor revizuite .....          | 147 |
| Tabelul 130. Evaluarea Variantei 0 - menținerea situației actuale .....                     | 147 |
| Tabelul 131. Parametrii de calcul pentru Varianta 1 .....                                   | 148 |
| Tabelul 132. Verificarea compatibilității rutelor cu vehicule electrice .....               | 149 |
| Tabelul 133. Componentele tehnice ale Variantei 3 .....                                     | 150 |
| Tabelul 134. Propunere de fazare a implementării .....                                      | 151 |
| Tabelul 135. Sinteza comparativă a variantelor .....                                        | 152 |
| Tabelul 136. Matrice multicriterială de evaluare a variantelor .....                        | 152 |
| Tabelul 137. Economii anuale estimate pe fiecare rută în varianta EV+PV/BESS .....          | 154 |
| Tabelul 138. Cost operațional estimat per pasager în varianta EV+PV/BESS .....              | 154 |
| Tabelul 139. Sensibilitatea perioadei de recuperare la nivelul grantului .....              | 154 |
| Tabelul 140. Prioritizarea operațională a rutelor .....                                     | 154 |
| Tabelul 141. Condiții tehnice minime înainte de lansarea pilotului .....                    | 154 |
| Tabelul 142. Decizia tehnică finală propusă pentru continuarea studiului .....              | 155 |
| Tabelul 143. Condiții tehnice minime înainte de lansarea pilotului .....                    | 156 |
| Tabelul 144. Decizia tehnică finală propusă pentru continuarea studiului .....              | 156 |
| Tabelul 145. Limitele modelului financiar și relația cu capitolele anterioare .....         | 157 |
| Tabelul 146. Deviz investițional preliminar pentru scenariul recomandat .....               | 157 |
| Tabelul 147. Comparația investițională a variantelor analizate .....                        | 159 |
| Tabelul 148. Costuri anuale ale situației actuale - vehicule convenționale .....            | 160 |
| Tabelul 149. Costuri anuale ale scenariului recomandat - vehicule electrice + PV/BESS ..... | 161 |

|                                                                                             |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabelul 150. Venituri operaționale estimate la tariful mediu de analiză .....               | 163 |
| Tabelul 151. Economii anuale față de situația actuală .....                                 | 163 |
| Tabelul 152. Ipoteze financiare utilizate pentru indicatorii de rentabilitate .....         | 165 |
| Tabelul 153. Flux de numerar actualizat pentru scenariul recomandat, grant 80%.....         | 165 |
| Tabelul 154. Indicatori financiari în funcție de nivelul grantului.....                     | 166 |
| Tabelul 155. Analiza de sensibilitate pentru scenariul recomandat .....                     | 167 |
| Tabelul 156. Indicatori unitari de comparație între variante .....                          | 168 |
| Tabelul 157. Structura recomandată a pachetelor de achiziții.....                           | 168 |
| Tabelul 158. Riscuri financiare relevante pentru etapa investițională și operațională ..... | 169 |
| Tabelul 159. Curba estimativă de plăți pentru implementarea proiectului.....                | 170 |
| Tabelul 160. Scenarii de parcurs, pasageri și acoperire a costurilor .....                  | 171 |
| Tabelul 161. Costuri de ciclu de viață și reînnoiri planificate.....                        | 173 |
| Tabelul 162. Pragul minim de grant pentru sustenabilitatea financiară .....                 | 174 |
| Tabelul 163. Date de validat înainte de decizia finală de investiție .....                  | 175 |
| Tabelul 164. Surse posibile de acoperire a costurilor operaționale .....                    | 175 |
| Tabelul 165. Cerințe economice minime recomandate pentru caietul de sarcini .....           | 177 |
| Tabelul 166. Indicatori unitari de comparație între variante .....                          | 177 |
| Tabelul 167. Structura recomandată a pachetelor de achiziții.....                           | 177 |
| Tabelul 168. Riscuri financiare relevante pentru etapa investițională și operațională ..... | 177 |
| Tabelul 169. Date de validat înainte de decizia finală de investiție .....                  | 179 |
| Tabelul 170. Surse posibile de acoperire a costurilor operaționale .....                    | 179 |
| Tabelul 171. Cerințe economice minime recomandate pentru caietul de sarcini .....           | 179 |
| Tabelul 172. Indicatorii de intrare utilizați pentru evaluarea impactului .....             | 180 |
| Tabelul 173. Impact energetic anual pe rutele operaționale revizuite .....                  | 181 |
| Tabelul 174. Indicatori specifici de eficiență energetică .....                             | 181 |
| Tabelul 175. Combustibil lichid înlocuit prin electrificarea rutelor .....                  | 182 |
| Tabelul 176. Indicatori specifici de eficiență energetică .....                             | 182 |
| Tabelul 177. Reducerea emisiilor de CO <sub>2</sub> pe rute .....                           | 183 |
| Tabelul 178. Efecte de mediu locale estimate .....                                          | 184 |
| Tabelul 179. Populație beneficiară și cerere estimată pe rutele revizuite.....              | 186 |
| Tabelul 180. Grupuri sociale și beneficii directe ale proiectului.....                      | 186 |
| Tabelul 181. Grupuri sociale și beneficii directe ale proiectului.....                      | 187 |
| Tabelul 182. Economii operaționale anuale pe rute .....                                     | 189 |
| Tabelul 183. Impact economic local și mecanisme de valorificare.....                        | 189 |
| Tabelul 184. Impact economic local și mecanisme de valorificare.....                        | 190 |
| Tabelul 185. Elemente inovative ale proiectului .....                                       | 191 |
| Tabelul 186. Condiții de replicare în alte raioane/localități .....                         | 192 |
| Tabelul 187. Indicatori de monitorizare a impactului după implementare.....                 | 192 |
| Tabelul 188. Indicatori de monitorizare a impactului după implementare.....                 | 193 |
| Tabelul 189. Concluziile Capitolului 9.....                                                 | 193 |
| Tabelul 190. Date de intrare utilizate pentru planul de implementare.....                   | 194 |
| Tabelul 191. Etapele principale de implementare .....                                       | 195 |
| Tabelul 192. Activități pregătitoare obligatorii înainte de achiziție .....                 | 195 |
| Tabelul 193. Pachete de achiziții recomandate .....                                         | 196 |
| Tabelul 194. Grafic orientativ de plăți investiționale .....                                | 196 |
| Tabelul 195. Roluri și responsabilități instituționale.....                                 | 199 |
| Tabelul 196. Opțiuni de organizare a serviciului .....                                      | 199 |
| Tabelul 197. Matricea riscurilor principale .....                                           | 201 |
| Tabelul 198. Măsuri de diminuare a riscurilor .....                                         | 201 |
| Tabelul 199. Surse potențiale de finanțare și relevanța lor.....                            | 203 |
| Tabelul 200. Condiții minime de sustenabilitate financiară .....                            | 203 |

|                                                                                    |     |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabelul 201. Responsabilități de sustenabilitate după punerea în funcțiune .....   | 203 |
| Tabelul 202. Indicatori tehnici de monitorizare .....                              | 204 |
| Tabelul 203. Indicatori financiari și sociali de monitorizare .....                | 205 |
| Tabelul 204. Indicatori de mediu și energie .....                                  | 206 |
| Tabelul 205. Recomandări finale pentru trecerea la etapa următoare .....           | 207 |
| Tabelul 206. Plan minim de testare înainte de lansarea serviciului.....            | 207 |
| Tabelul 207. Program de instruire recomandat .....                                 | 207 |
| Tabelul 208. Plan de comunicare și consultări publice .....                        | 208 |
| Tabelul 209. Registru lunar de date recomandat pentru operator.....                | 209 |
| Tabelul 210. Sinteza deciziei de fezabilitate .....                                | 210 |
| Tabelul 211. Configurația tehnică recomandată pentru etapa de bază revizuită ..... | 211 |
| Tabelul 212. Concluzii tehnice pe rute operaționale revizuite .....                | 211 |
| Tabelul 213. Indicatori energetici și climatici finali revizuiți .....             | 212 |
| Tabelul 214. Sinteza economică a scenariului recomandat revizuit.....              | 213 |
| Tabelul 215. Concluzii sociale pe categorii de beneficiari.....                    | 214 |
| Tabelul 216. Recomandări tehnice obligatorii înainte de proiectul tehnic .....     | 215 |
| Tabelul 217. Recomandarea finală a studiului de fezabilitate revizuit.....         | 216 |
| Tabelul 218. Sinteza economică a scenariului recomandat.....                       | 217 |
| Tabelul 219. Cerințe minime recomandate pentru caietele de sarcini .....           | 218 |
| Tabelul 220. Pașii următori pentru implementare .....                              | 220 |
| Tabelul 221. Indicatori de monitorizare după implementare.....                     | 220 |
| Tabelul 222. Recomandarea finală a studiului de fezabilitate.....                  | 221 |

## Figuri

|                                                                                                                                                   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. Evoluția vânzărilor globale de automobile electrice, 2020-2025 .....                                                                    | 23 |
| Figura 2. Comparație orientativă a consumului final specific pentru vehicule diesel și electrice .....                                            | 25 |
| Figura 3. Model conceptual al sistemului de transport electric rural: oraș-centru, sate deservite, depou, stații de încărcare și panouri PV ..... | 25 |
| Figura 4. Model conceptual PV - BESS - stații de încărcare - vehicule electrice .....                                                             | 26 |
| Figura 5. Structura drumurilor publice din raionul Sîngerei .....                                                                                 | 29 |
| Figura 6. Ponderi de evaluare indicate în Nota Conceptuală a proiectului.....                                                                     | 29 |
| Figura 7. Schemă conceptuală a celor 5 coridoare propuse pentru analiza de mobilitate electrică .....                                             | 32 |
| Figura 8. Populația localităților beneficiare pe coridoarele propuse .....                                                                        | 33 |
| Figura 9. Structura orientativă a cererii de mobilitate pe rutele analizate .....                                                                 | 34 |
| Figura 8. Kilometrajul operațional zilnic estimat pentru cele 5 rute propuse.....                                                                 | 36 |
| Figura 8. Cererea zilnică orientativă de pasageri pe cele 5 rute .....                                                                            | 38 |
| Figura 8. Structura drumurilor publice care traversează raionul Sîngerei .....                                                                    | 39 |
| Figura 14. Kilometraj zilnic estimativ pe rutele actuale analizate.....                                                                           | 42 |
| Figura 15. Harta rutelor actuale și a punctului de plecare/sosire la Gara Auto Sîngerei .....                                                     | 43 |
| Figura 16. Imagine reprezentativă a traseului și stării drumului pe ruta R1 .....                                                                 | 45 |
| Figura 17. Imagine reprezentativă a traseului și stării drumului pe ruta R2 .....                                                                 | 46 |
| Figura 18. Infrastructura stații de așteptare în sate .....                                                                                       | 46 |
| Figura 19. Imagine reprezentativă a traseului și stării drumului pe ruta R3 .....                                                                 | 47 |
| Figura 20. Imagine reprezentativă a traseului și stării drumului pe ruta R4 .....                                                                 | 48 |
| Figura 21. Vârsta estimativă a vehiculelor utilizate pe rutele analizate (calcul teoretic) .....                                                  | 50 |
| Figura 22. Exemple de vehicule existente utilizate pe rutele raionale (rută în așteptare în centru).....                                          | 50 |
| Figura 23. O rută în așteptare de pasageri în centru (locul fostei gări).....                                                                     | 52 |
| Figura 14. Cererea zilnică preliminară de pasageri pe rute .....                                                                                  | 53 |
| Figura 14. Încărcarea medie estimată pe cursă tur-retur.....                                                                                      | 54 |
| Figura 14. Scenarii de creștere a parcursului anual al serviciului .....                                                                          | 56 |
| Figura 14. Consum anual estimat de combustibil în situația actuală.....                                                                           | 57 |
| Figura 14. Consum anual estimat de energie electrică în scenariul EV .....                                                                        | 58 |
| Figura 14. Cost operațional anual pe rută - convențional vs electric.....                                                                         | 59 |
| Figura 14. Emisii anuale estimate pe rută - situația actuală vs scenariul electric .....                                                          | 60 |
| Figura 25. Vehicule Stații actuale de îmbarcare/debarcare locul actual de îmbarcare al rutelor existente.....                                     | 61 |
| Figura 26. Vederea de sus, locul actual de îmbarcare și debarcare al pasagerilor.....                                                             | 62 |
| Figura 27. Structura orientativă a costurilor anuale de operare .....                                                                             | 63 |
| Figura 28. Emisii CO <sub>2</sub> estimate pe rutele analizate în situația actuală .....                                                          | 65 |
| Figura 29. Starea drumurilor existente pe coridoarele analizate .....                                                                             | 66 |
| Figura 14. Distribuția lunară estimată a energiei pentru încărcare .....                                                                          | 69 |
| Figura 14. Parcurs zilnic pe cele 5 rute operaționale actualizate.....                                                                            | 71 |
| Figura 31. Harta raionului sîngerei cu lălițele spre deservire.....                                                                               | 72 |
| Figura 32. Noua amplasare a Gării auto Sîngerei (preventive, locația finală urmează a fi delimitată legal).....                                   | 73 |
| Figura 33. Noua locație propusă pentru gara auto .....                                                                                            | 74 |
| Figura 34. Teren pentru parcarele vehiculelor în staționare (așteptare) la noua locația a gării .....                                             | 74 |
| Figura 14. Compoziția minimă recomandată a flotei electrice .....                                                                                 | 76 |
| Figura 14. Necesari zilnic de energie electrică cu rezervă de 15% .....                                                                           | 78 |
| Figura 14. Durată orientativă de încărcare nocturnă la AC 22 kW .....                                                                             | 79 |
| Figura 37. Scenarii de creștere a parcursului anual al serviciului .....                                                                          | 79 |
| Figura 14. Costuri operaționale anuale pe rute.....                                                                                               | 81 |
| Figura 14. Emisii CO <sub>2</sub> estimate pe rute în scenariul actualizat .....                                                                  | 82 |
| Figura 38. Microbuz actual pe motorină sau benzină utilizat pe rutele raionale .....                                                              | 84 |
| Figura 39. Mercedes-Benz/DAF de pasageri utilizat ca referință convențională .....                                                                | 85 |
| Figura 45. Evoluția costurilor operaționale anuale pe 10 ani .....                                                                                | 87 |
| Figura 46. Economii operaționale cumulative pe 10 ani .....                                                                                       | 87 |
| Figura 47. Rutele propuse de Consiliul Raional pentru studiu, pentru calibrarea consumului real kWh/km .....                                      | 88 |
| Figura 48. Cost anual combustibil/energie pentru vehicule reprezentative la 45.000 km/an .....                                                    | 91 |

|                                                                                                          |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 49. Emisii anuale pentru vehicule convenționale reprezentative la 45.000 km/an.....               | 92  |
| Figura 50. Distribuția lunară estimată a energiei pentru încărcare.....                                  | 93  |
| Figura 51. Distribuția lunară estimată a cererii de pasageri .....                                       | 94  |
| Figura 52. Putere medie recomandată pentru încărcare nocturnă la Gara Auto .....                         | 94  |
| Figura 53. Vederea de sus Gara Auto Sîngerei pentru amplasarea încărcătoarelor și parcare nocturnă.....  | 95  |
| Figura 54. Exemple de stații de încărcare electrică autobuze.....                                        | 96  |
| Figura 55. Exemplu de minibus electric compact de tip Karsan e-JEST .....                                | 98  |
| Figura 56. Comparatie orientativă a consumului specific pentru vehicule convenționale și electrice ..... | 99  |
| Figura 14. Necesarul zilnic de energie electrică pe cele cinci rute revizuite.....                       | 100 |
| Figura 57. Necesarul zilnic de energie electrică pe rute .....                                           | 100 |
| Figura 59. Investiție estimativă în flotă pe scenarii.....                                               | 101 |
| Figura 14. Puterea medie de încărcare pe rută, în funcție de durata ferestrei nocturne .....             | 103 |
| Figura 14. Profil zilnic orientativ de sarcină pentru încărcarea la Gara Auto Sîngerei .....             | 104 |
| Figura 14. Producția PV estimată comparativ cu necesarul lunar de încărcare.....                         | 105 |
| Figura 64. Proiecția OPEX pe 10 ani pentru scenariul convențional și electric .....                      | 106 |
| Figura 65. Economii cumulative estimate din electrificarea celor patru rute .....                        | 106 |
| Figura 66. Grafic propus de implementare pentru etapa-pilot.....                                         | 110 |
| Figura 67. Exemplu de sisteme de încărcare rapidă pentru autobuze electrice .....                        | 111 |
| Figura 68.. Exemplu de minibus electric.....                                                             | 111 |
| Figura 14. Costul energetic anual estimat pentru încărcarea flotei revizuite.....                        | 114 |
| Figura 14. Grafic propus de implementare pentru infrastructura de încărcare, PV și BESS .....            | 115 |
| Figura 71. Exemplu de soluții de încărcare la depou pentru autobuze electrice.....                       | 121 |
| Figura 72. Profil zilnic orientativ de sarcină pentru încărcarea la Gara Auto Sîngerei .....             | 122 |
| Figura 73. Producția PV estimată comparativ cu necesarul lunar de încărcare.....                         | 123 |
| Figura 74. Locația propusă pentru amplasarea stației PV pentru Gara auto (vehicule electrice) .....      | 124 |
| Figura 75. Vederea terenului de la fața locului .....                                                    | 125 |
| Figura 76. Linia electrică din apropierea terenului indicat.....                                         | 125 |
| Figura 77. Capacitatea PV necesară în scenarii de creștere a parcursului.....                            | 127 |
| Figura 78. Structura orientativă a investiției pentru charging hub, PV și BESS .....                     | 127 |
| Figura 79. Linia electrică și un transformator deja existent la locația respectivă.....                  | 129 |
| Figura 80. Stații BESS compacte (stocare 200-500 kWh) .....                                              | 129 |
| Figura 84. Grafic propus de implementare pentru charging hub, PV și BESS.....                            | 131 |
| Figura 85. Exemple de stații compacte BESS încărcare auto.....                                           | 134 |
| Figura 86. Evoluția puterii electrice necesare pe etape de implementare.....                             | 135 |
| Figura 8. Model orientativ de acoperire a energiei de încărcare prin rețea, PV și BESS .....             | 135 |
| Figura 87. Stație PV deja existentă amplasată în raion (Copăceni).....                                   | 136 |
| Figura 88. Vehicule convenționale existente pe rutele raionale .....                                     | 138 |
| Figura 89. Infrastructura locală, Stație de așteptare în sate .....                                      | 138 |
| Figura 90. CAPEX comparativ pe variante.....                                                             | 139 |
| Figura 92. Costuri operaționale anuale estimative pe variante.....                                       | 141 |
| Figura 93. Cost operațional specific pe km pe variante .....                                             | 141 |
| Figura 94. Amplasarea gării proiectate împreună cu terenul de amplasare al panourilor PV propus.....     | 142 |
| Figura 95. Grafic propus de implementare etapizată.....                                                  | 143 |
| Figura 96. Emisii CO2 anuale estimate pe variante .....                                                  | 144 |
| Figura 97. Evoluția estimativă a costurilor operaționale pe 10 ani .....                                 | 144 |
| Figura 98. Economii cumulative față de situația actuală .....                                            | 145 |
| Figura 99. Scor multicriterial ponderat al variantelor .....                                             | 146 |
| Figura 100. Nivel relativ de risc după aplicarea măsurilor de diminuare.....                             | 146 |
| Figura 106..Structura costului investițional pentru scenariul EV + PV/BESS .....                         | 158 |
| Figura 14. Structura costului investițional pentru scenariul revizuit EV + PV/BESS.....                  | 159 |
| Figura 107. CAPEX estimat pe variante tehnice .....                                                      | 160 |
| Figura 110. Cost operațional pe kilometru pentru variantele analizate .....                              | 162 |
| Figura 8. Cost operațional pe kilometru pentru variantele analizate .....                                | 164 |
| Figura 8. Cost operațional estimat per pasager în scenariul EV + PV/BESS .....                           | 164 |
| Figura 8. Evoluția costurilor de operare pe 12 ani .....                                                 | 166 |
| Figura 8. Flux actualizat cumulativ în scenariul cu grant 80% .....                                      | 166 |

|                                                                                                                                |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 8. Perioada simplă de recuperare în funcție de nivelul grantului .....                                                  | 167 |
| Figura 8. Sensibilitatea VAN față de principalele variabile .....                                                              | 168 |
| Figura 117. Grafic propus de implementare a investiției .....                                                                  | 169 |
| Figura 118. Curba estimativă de plăți CAPEX în primul an de implementare .....                                                 | 171 |
| Figura 119. Evoluția OPEX în scenarii de creștere a parcursului .....                                                          | 172 |
| Figura 120. Acoperirea OPEX prin tarife în scenariul de bază .....                                                             | 172 |
| Figura 121. Structura costurilor operaționale pe ciclul de viață .....                                                         | 173 |
| Figura 122. Relația dintre grant și recuperarea contribuției locale .....                                                      | 174 |
| Figura 123. Structura recomandată a finanțării investiției .....                                                               | 176 |
| Figura 8. Cost total operațional pe 12 ani .....                                                                               | 178 |
| Figura 8. Necesari anual de energie electrică pe rute .....                                                                    | 181 |
| Figura 8. Combustibil lichid înlocuit anual prin electrificarea rutelor .....                                                  | 182 |
| Figura 8. Emisii CO <sub>2</sub> înainte și după implementarea proiectului .....                                               | 183 |
| Figura 8. Structura energiei utilizate pentru încărcarea flotei electrice .....                                                | 184 |
| Figura 129. Evoluția emisiilor anuale de CO <sub>2</sub> pe perioada de analiză .....                                          | 185 |
| Figura 130. Zona actuală improvizată a Gării Auto și sursele actuale de emisii locale .....                                    | 185 |
| Figura 8. Pasageri anual estimati pe rutele prioritare .....                                                                   | 186 |
| Figura 8. Parcurs anual monitorizat pe fiecare rută prioritară .....                                                           | 187 |
| Figura 8. Scor calitativ al impactului social după proiect .....                                                               | 187 |
| Figura 133. Scor calitativ al impactului social înainte și după proiect .....                                                  | 188 |
| Figura 134. Fotografii recomandate: stații existente din satele beneficiare și condiții de așteptare pentru pasageri .....     | 188 |
| Figura 8. Economii operaționale anuale pe rute .....                                                                           | 189 |
| Figura 8. Evoluția costurilor operaționale pe perioada de analiză .....                                                        | 190 |
| Figura 137. Indicatori-cheie de impact ai proiectului .....                                                                    | 191 |
| Figura 8. Indicatori-cheie de impact ai proiectului .....                                                                      | 193 |
| Figura 138. Grafic Gantt propus pentru implementarea proiectului .....                                                         | 195 |
| Figura 139. Curba de utilizare a bugetului investițional pe durata implementării .....                                         | 197 |
| Figura 140. Structura de finanțare recomandată pentru proiect .....                                                            | 198 |
| Figura 141. Model instituțional și operațional recomandat .....                                                                | 199 |
| Figura 8. Model instituțional și operațional recomandat .....                                                                  | 200 |
| Figura 8. Matrice sintetică a riscurilor principale .....                                                                      | 202 |
| Figura 8. Indicatori operaționali de monitorizare – valori țintă anuale .....                                                  | 205 |
| Figura 8. Periodicitatea minimă recomandată pentru mentenanță .....                                                            | 206 |
| Figura 145. Intensitatea recomandată a comunicării publice pe durata implementării .....                                       | 208 |
| Figura 146. Structura minimă a sistemului de raportare pe categorii de indicatori .....                                        | 209 |
| Figura 147. Evaluarea sintetică a fezabilității proiectului .....                                                              | 210 |
| Figura 8. Consum anual EV estimat pe rute, cu rezervă operațională de 15% .....                                                | 212 |
| Figura 8. Combustibil lichid înlocuit și reducere CO <sub>2</sub> estimată pe rute .....                                       | 213 |
| Figura 8. Pasageri anual estimati pe rutele operaționale revizuite .....                                                       | 214 |
| Figura 8. OPEX anual orientativ pe variante tehnice .....                                                                      | 215 |
| Figura 8. Structura orientativă a investiției revizuite .....                                                                  | 216 |
| Figura 8. Perioada simplă de recuperare în funcție de nivelul grantului .....                                                  | 217 |
| Figura 152. Traectoria estimată a costurilor operaționale .....                                                                | 218 |
| Figura 153. Locația agreată preventiv pentru amplasarea Gării Auto Sîngerei pentru depou, stații de încărcare și PV/BESS ..... | 219 |
| Figura 154. Stații existente și zonele de așteptare pe cele patru coridoare .....                                              | 219 |
| Figura 155. Pașii următori și calendarul recomandat .....                                                                      | 220 |

## Introducere

Prezentul Studiu de Fezabilitate este elaborat pentru proiectul **„Modernizarea și ecologizarea transportului public în raionul Sîngerei prin implementarea soluțiilor de mobilitate electrică”**, inițiat de Consiliul Raional Sîngerei. Studiul are drept scop evaluarea oportunității tehnice, economice, financiare, sociale și de mediu privind introducerea unui sistem modern de transport public electric pe rutele intercomunale prioritare ale raionului, cu integrarea infrastructurii de încărcare și a surselor regenerabile de energie, în special a panourilor fotovoltaice.

Necesitatea elaborării acestui studiu derivă din faptul că transportul public existent din raion este dependent de combustibili fosili, ceea ce generează costuri operaționale ridicate, emisii de gaze cu efect de seră, poluare locală și vulnerabilitate față de variațiile prețurilor la combustibili. Nota Conceptuală a proiectului indică faptul că raionul Sîngerei se află într-un proces activ de planificare strategică, inclusiv prin elaborarea Planului Integrat de Energie și Climă, unde reducerea emisiilor provenite din transport reprezintă un obiectiv important.

Proiectul propus urmărește crearea unei baze solide pentru transformarea transportului public raional într-un sistem sustenabil, prin analiza fezabilității achiziționării de autobuze și microbuze electrice pentru rutele intercomunale cheie, proiectarea unei rețele de stații de încărcare și integrarea surselor regenerabile de energie pentru alimentarea acestor stații. Un avantaj important îl constituie faptul că în orașul Sîngerei există deja o stație privată de încărcare rapidă cu capacitatea de 125 kW, ceea ce demonstrează potențialul tehnic al zonei pentru dezvoltarea mobilității electrice.

Raionul Sîngerei are o populație totală de **55.933 locuitori**, iar orașul Sîngerei, ca centru administrativ și principal nod de mobilitate, are **9.954 locuitori**, conform datelor RPL 2024 transmise pentru studiu. Caracterul predominant rural al raionului, dispersia localităților și necesitatea conectării acestora cu centrul raional justifică analiza unui sistem de transport electric intercomunal, dimensionat gradual și adaptat realităților locale.

Metodologia studiului include analiza documentelor puse la dispoziție de beneficiar, evaluarea situației existente a transportului public, estimarea cererii de mobilitate, analiza rutelor prioritare, compararea vehiculelor convenționale cu vehicule electrice, calculul consumurilor energetice și al costurilor operaționale, dimensionarea infrastructurii de încărcare, evaluarea integrării energiei solare fotovoltaice și elaborarea scenariilor de implementare. Acolo unde datele exacte nu au fost disponibile, au fost utilizate ipoteze tehnice responsabile, bazate pe consumuri specifice uzuale, distanțe estimate, parcurs zilnic/anual și costuri operaționale orientative, care urmează a fi validate în etapa de proiectare tehnică.

Prin implementarea proiectului se urmărește reducerea consumului de motorină și benzină pe rutele modernizate, diminuarea emisiilor de CO<sub>2</sub>, reducerea costurilor de operare, creșterea predictibilității serviciului de transport public și îmbunătățirea accesibilității pentru populația rurală. Totodată, integrarea energiei fotovoltaice în alimentarea stațiilor de încărcare creează premise pentru un model local de mobilitate verde, cu aplicabilitate și pentru alte raioane ale Republicii Moldova.

Studiul de Fezabilitate reprezintă documentul de bază pentru luarea deciziei investiționale, atragerea finanțării și pregătirea etapelor ulterioare de proiectare, achiziție și implementare. Rezultatele acestuia vor permite Consiliului Raional Sîngerei să selecteze varianta optimă de dezvoltare a transportului public electric, să prioritizeze rutele și investițiile necesare și să fundamenteze un proiect durabil, eficient și adaptat necesităților reale ale populației raionului.

Informația cu privire la beneficiarul final va fi prezentată în tabelul de mai jos.

| Beneficiar                                          |                                                  |          |
|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------|
| Persoană de contact                                 | Ala Guzun                                        |          |
| Funcție                                             | Sef direcția economie Consiliul Raional Sîngerei |          |
| Nr. de telefon                                      | 068464454                                        |          |
| Adresă de email                                     | sectia.economie.sg@gmail.com                     |          |
| Confirmare de acceptare a Studiului de Fezabilitate | Semnătură                                        | Ștampilă |

Informația cu privire la compania de audit și auditor elaborator este prezentată în tabelul de mai jos.

| Auditor energetic                                                       |                                                                          |          |
|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|----------|
| Denumirea companiei                                                     | Novaservice Mol SRL                                                      |          |
| Adresa de email a companiei                                             | <a href="mailto:Novaservice_mol@yahoo.com">Novaservice_mol@yahoo.com</a> |          |
| Nr. de telefon al companiei                                             | +37322313832                                                             |          |
| Adresă fizică a companiei                                               | Or Chișinău str-la Studenților 2/4                                       |          |
| Pagina web a companiei                                                  | www.novaservice.org                                                      |          |
| Numele, prenumele Auditorului                                           | Sergiu Ungureanu                                                         |          |
| Rolul Auditorului - Auditor principal / Auditor                         | Auditor                                                                  |          |
| Secțiunea / secțiunile raportului de audit elaborată/e de către Auditor | Colectare date, efectuare calcule, elaborare RAE                         |          |
| Adresa de email a Auditorului                                           | sergiuungureanu22@gmail.com                                              |          |
| Nr. de telefon al Auditorului                                           | +373 69091921                                                            |          |
| Nr. Auditorului emis de AEE                                             | 17/AE                                                                    |          |
| Data și nr. deciziei AEE privind înregistrarea Auditorului              | 17/AE, din 21.01.2021<br>prelungit prin<br>199/AE din 10.11.2025         |          |
| Confirmare de furnizare a AE.                                           | Semnătură                                                                | Ștampilă |

Detaliile privind finanțatorul studiului de fezabilitate existent sunt prezentate în tabelul de mai jos.

| Autoritatea Contractantă     |                                                                |
|------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Denumirea organizației       | GIZ Moldova                                                    |
| Denumirea proiectului        | Eficiență energetică și energie durabilă pentru Moldova        |
| Persoană de contact          | Victor Țurcan                                                  |
| Funcția persoanei de contact | Expert energetic                                               |
| Adresă de email              | <a href="mailto:victor.turcan@giz.de">victor.turcan@giz.de</a> |
|                              |                                                                |

## Sumar Executiv

### Studiu de Fezabilitate privind modernizarea și ecologizarea transportului public raional prin implementarea mobilității electrice și a stațiilor de încărcare alimentate cu energie solară în raionul Sîngerei

Prezentul Studiu de Fezabilitate analizează oportunitatea implementării unui sistem modern de transport public electric în raionul Sîngerei, cu integrarea infrastructurii de încărcare, a producerii locale de energie fotovoltaică și a unui sistem de stocare BESS. Studiul a fost revizuit în baza cerințelor actualizate ale beneficiarului, Consiliul Raional Sîngerei, prin trecerea de la analiza inițială a patru coridoare conceptuale la un scenariu operațional concret format din **cinci rute prioritare**, cu frecvențe și distanțe stabilite pentru etapa de implementare.

Scopul proiectului este de a reduce dependența transportului public raional de combustibili fosili, de a diminua costurile operaționale, de a reduce emisiile de CO<sub>2</sub> și poluarea locală, precum și de a îmbunătăți accesul populației din localitățile rurale către orașul Sîngerei, ca centru administrativ, economic și social al raionului. Soluția propusă urmărește dezvoltarea unui serviciu de transport public mai predictibil, mai eficient și mai ecologic, adaptat necesităților reale de mobilitate ale populației.

În urma consultărilor cu beneficiarul, scenariul operațional revizuit include următoarele rute:

| Nr.          | Rută propusă                                                 | Frecvență zilnică                                                | Distanță tur-retur | Parcurs estimat  |
|--------------|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|--------------------|------------------|
| R1           | Coada Iazului – Bilicenii Vechi – Sîngerei, cu itinerar mixt | 3 curse până la Coada Iazului și 2 curse până la Bilicenii Vechi | 27 km / 20 km      | 121 km/zi        |
| R2           | Ciuciuieni – Iezărenii Vechi – Vrancești – Sîngerei          | 6 curse/zi                                                       | 32 km              | 192 km/zi        |
| R3           | Cozăști – Brejeni – Sîngerei                                 | 3 curse/zi                                                       | 36 km              | 108 km/zi        |
| R4           | Petrovca – Copăceni – Grigorăuca – Sîngerei                  | 4 curse/zi                                                       | 28 km              | 112 km/zi        |
| R5           | Prepețița – Mihailovca – Copăceni – Grigorăuca – Sîngerei    | 6 curse/zi                                                       | 35 km              | 210 km/zi        |
| <b>Total</b> | <b>5 rute operaționale prioritare</b>                        | —                                                                | —                  | <b>743 km/zi</b> |

Pe baza acestui model, parcursul anual estimat al serviciului este de aproximativ **222.900 km/an**, calculat pentru 300 zile de operare pe an. Cererea de transport a fost estimată la aproximativ **520 pasageri/zi**, respectiv **156.000 pasageri/an**. Aceste valori reprezintă indicatori de planificare pentru faza de fezabilitate și urmează a fi validate în etapa de proiectare tehnică prin măsurători GIS, consultări cu APL-urile beneficiare, verificarea stațiilor și colectarea datelor reale de pasageri.

Soluția tehnică recomandată constă în achiziția unei flote minime de **5 vehicule electrice active**, câte unul pentru fiecare rută, la care se adaugă **1 vehicul electric de rezervă** pentru asigurarea continuității serviciului. Pentru rutele cu parcurs și cerere moderate sunt recomandate minibusuri electrice de 20–30 locuri, iar pentru rutele cu frecvență și parcurs mai ridicat pot fi utilizate vehicule electrice de capacitate mai mare, de tip midibus sau autobuz electric compact, în funcție de rezultatele finale ale proiectării și achiziției.

Infrastructura de încărcare va fi concentrată la **Gara Auto Sîngerei**, care va funcționa ca punct central de operare, parcare, încărcare nocturnă, monitorizare și management al flotei. Configurația tehnică recomandată include **5–6 stații AC de 22 kW** pentru încărcare nocturnă și **1 stație DC de 60 kW** pentru încărcare accelerată, rezervă operațională și flexibilitate în caz de întârzieri, consumuri mai mari sau necesități suplimentare de operare. Pentru etapa ulterioară poate fi prevăzută pregătirea infrastructurii pentru o stație rapidă de 120–125 kW, dacă cererea și gradul de utilizare vor justifica această extindere.

O componentă esențială a proiectului este integrarea unui sistem fotovoltaic de aproximativ **150 kWp**, completat, după caz, cu un sistem de stocare **BESS de 150–250 kWh**. Această soluție permite reducerea costului mediu al energiei utilizate pentru încărcarea vehiculelor, creșterea independenței energetice locale și diminuarea emisiilor indirecte asociate consumului de energie din rețea. Sistemul BESS este justificat în special pentru mutarea energiei solare produse în timpul zilei către orele de încărcare nocturnă și pentru limitarea vârfurilor de putere.

Consumul anual de energie electrică al flotei este estimat la aproximativ **101,9 MWh/an**, iar cu o rezervă operațională de 15% la aproximativ **117,1 MWh/an**. Înlocuirea transportului convențional cu vehicule electrice ar permite reducerea consumului de combustibil lichid cu aproximativ **33.042 litri/an** și diminuarea emisiilor cu aproximativ **70,1 t CO<sub>2</sub>/an**. Aceste valori sunt preliminare și depind de consumul real al vehiculelor, stilul de conducere, condițiile de drum, sezon, gradul de ocupare și ponderea energiei produse local din PV.

Analiza variantelor tehnice și operaționale a comparat următoarele scenarii: menținerea situației actuale fără investiție, modernizarea cu vehicule diesel/Euro VI, implementarea vehiculelor electrice alimentate exclusiv din rețea, implementarea vehiculelor electrice cu PV/BESS și implementarea etapizată. Rezultatul analizei indică drept variantă optimă scenariul **EV + PV/BESS**, implementat etapizat. Această variantă oferă cel mai bun echilibru între impactul energetic, reducerea emisiilor, costurile de operare, sustenabilitate și compatibilitatea cu obiectivele de dezvoltare durabilă ale raionului.

Devizul investițional preliminar pentru scenariul recomandat este estimat la aproximativ **2,151 milioane EUR**, echivalentul a circa **41,95 milioane lei**. Această valoare include vehiculele electrice, infrastructura de încărcare, sistemul PV, BESS, racordarea electrică, amenajarea depoului la Gara Auto Sîngerei, sistemul IT de monitorizare, proiectarea, instruirea și rezervele pentru neprevăzute. Valoarea finală a investiției trebuie confirmată prin oferte comerciale, proiect tehnic, aviz de racordare, clarificarea amplasamentelor și documentația de achiziții.

Din punct de vedere financiar, proiectul nu este recomandat pentru implementare exclusiv din resurse locale, din cauza costului investițional inițial ridicat. Totuși, acesta devine fezabil în condițiile unei finanțări nerambursabile majoritare, în special în scenarii cu grant de 70–80% sau mai mult. Economii operaționale generate de reducerea consumului de combustibil și de mentenanța mai redusă a vehiculelor electrice pot contribui la susținerea serviciului, stabilizarea tarifelor și acoperirea unei părți importante din costurile curente.

Impactul social al proiectului este semnificativ. Cele cinci rute propuse conectează localități rurale cu orașul Sîngerei și pot facilita accesul populației la servicii publice, educație, piață, locuri de muncă, servicii medicale și conexiuni regionale. Beneficiarii direcți și indirecti includ elevi, persoane vârstnice, navetiști, persoane fără automobil propriu, gospodării cu venituri moderate și APL-uri locale care au nevoie de o conectivitate mai bună cu centrul raional.

Implementarea proiectului se recomandă în mod etapizat. În prima etapă trebuie validate datele de traseu, stațiile, punctele de întoarcere, fluxurile reale de pasageri și capacitatea de racordare electrică. Ulterior se pot lansa achizițiile pentru vehicule, stații de încărcare, PV/BESS și sistemul de monitorizare. Operarea pilot trebuie începută pe rutele cu risc operațional mai redus și cu infrastructură mai ușor de organizat, urmată de extinderea către toate cele cinci rute prioritare.

Pentru etapa următoare sunt esențiale următoarele acțiuni: măsurarea GIS a traseelor, confirmarea stațiilor și punctelor de întoarcere, obținerea avizului de racordare electrică pentru Gara Auto Sîngerei,

validarea amplasamentului PV/BESS, consultarea APL-urilor beneficiare, colectarea datelor reale de pasageri timp de minimum 7 zile și elaborarea caietelor de sarcini pentru vehicule, stații, PV/BESS, lucrări de amenajare și sistem IT.

Concluzia generală a Studiului de Fezabilitate revizuit este că proiectul este **fezabil tehnic, justificat social, relevant energetic și climatic și realizabil financiar în condițiile unei finanțări nerambursabile majoritare**. Varianta recomandată este implementarea unui sistem de transport public electric pe cele cinci rute operaționale prioritare, cu încărcare la Gara Auto Sîngerei, integrare PV/BESS și management inteligent al flotei. Această soluție poate deveni un model replicabil de mobilitate electrică rurală pentru alte raioane ale Republicii Moldova.

Tabelul 1. Un rezumat al rezultatelor AE (măsurii)

| Indicator-cheie                                | Situația actuală                                                                                                                                         | Soluția propusă prin proiect                                                                                                                                                                                                                               | Rezultat / efect estimat                                                                                                |
|------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Tip transport public</b>                    | Transport public raional deservit preponderent cu microbuze/autobuze mici pe motorină sau benzină, cu eficiență redusă și costuri operaționale ridicate. | Introducerea unei flote de microbuze/autobuze electrice mici și medii, adaptate rutelor locale și frecvențelor solicitate de beneficiar.                                                                                                                   | Modernizarea serviciului de transport public și reducerea dependenței de combustibili fosili.                           |
| <b>Rute analizate</b>                          | Transport existent fragmentat, fără sistem integrat raional și cu frecvențe neuniforme.                                                                  | 5 rute operaționale prioritare: R1 Coadă Iazului–Bilicenii Vechi–Sîngerei; R2 Ciuciuieni–Iezărenii Vechi–Vrănești–Sîngerei; R3 Cozăști–Brejeni–Sîngerei; R4 Petrovca–Copăcenii–Grigorăuca–Sîngerei; R5 Prepelița–Mihailovca–Copăcenii–Grigorăuca–Sîngerei. | Conectarea localităților rurale cu centrul raional Sîngerei și crearea unui serviciu mai predictibil.                   |
| <b>Regim de operare</b>                        | Curse neuniforme, frecvență limitată sau adaptată parțial cererii reale.                                                                                 | Operare zilnică pe 5 rute, cu frecvențe diferențiate: 3–6 curse/zi, conform solicitării beneficiarului.                                                                                                                                                    | Acoperirea necesităților principale de navetă, acces la servicii publice, educație, piață și locuri de muncă.           |
| <b>Parcurs operațional</b>                     | Parcurs dispersat și dificil de monitorizat energetic și financiar.                                                                                      | Scenariu revizuit cu aproximativ <b>743 km/zi</b> și <b>222.900 km/an</b> .                                                                                                                                                                                | Bază clară pentru dimensionarea flotei, consumului de energie, infrastructurii de încărcare și costurilor operaționale. |
| <b>Punct principal de operare și încărcare</b> | Lipsa unei infrastructuri publice integrate dedicate transportului electric raional.                                                                     | Organizarea punctului central de operare la <b>Gara Auto Sîngerei</b> , cu parcare, încărcare nocturnă, monitorizare și management al flotei.                                                                                                              | Operare predictibilă, încărcare organizată și control mai bun al serviciului.                                           |
| <b>Sursă de energie</b>                        | Motorină și benzină, cu expunere la variația prețurilor și emisii directe.                                                                               | Energie electrică din rețea, completată cu sistem fotovoltaic de circa <b>150 kWp</b> și posibil BESS de <b>150–250 kWh</b> .                                                                                                                              | Reducerea costului energiei, creșterea independenței energetice locale și diminuarea emisiilor indirecte.               |
| <b>Infrastructură de încărcare</b>             | Infrastructură publică dedicată insuficientă pentru transport electric raional.                                                                          | <b>5–6 stații AC 22 kW</b> pentru încărcare nocturnă și <b>1 stație DC 60 kW</b> pentru rezervă operațională și încărcare accelerată.                                                                                                                      | Asigurarea încărcării zilnice a flotei și flexibilitate pentru situații neprevăzute.                                    |
| <b>Tip vehicule recomandate</b>                | Vehicule convenționale vechi sau cu eficiență redusă, operate pe combustibili fosili.                                                                    | <b>5 vehicule electrice active + 1 vehicul de rezervă</b> , de tip minibus electric 20–30 locuri și, după caz, midibus/autobuz electric compact pentru rutele mai solicitate.                                                                              | Vehicule adaptate rutelor scurte și medii, cu consum redus și emisii locale zero.                                       |
| <b>Consum energetic</b>                        | Consum de motorină/benzină, cu costuri ridicate și emisii directe.                                                                                       | Consum EV estimat la circa <b>101,9 MWh/an</b> , respectiv <b>117,1 MWh/an</b> cu rezervă operațională de 15%.                                                                                                                                             | Energie măsurabilă, controlabilă și parțial produsă local din surse regenerabile.                                       |
| <b>Impact energetic</b>                        | Dependență ridicată de combustibili fosili.                                                                                                              | Înlocuirea unei părți importante a consumului de combustibil lichid cu energie electrică.                                                                                                                                                                  | Reducerea consumului de combustibil cu aproximativ <b>33.042 litri/an</b> .                                             |
| <b>Impact climatic și de mediu</b>             | Emisii directe de CO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , particule și zgomot pe rutele deservite.                                                           | Vehicule electrice cu emisii locale zero și integrare PV/BESS pentru reducerea emisiilor indirecte.                                                                                                                                                        | Reducere estimată de aproximativ <b>70,1 t CO<sub>2</sub>/an</b> , plus diminuarea poluării locale și a zgomotului.     |

|                                         |                                                                                                           |                                                                                                                                                     |                                                                                                                                    |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Impact social</b>                    | Acces limitat sau imprevizibil al populației rurale către centrul raional.                                | Serviciu de transport public organizat pe 5 rute, cu aproximativ <b>520 pasageri/zi</b> și <b>156.000 pasageri/an</b> estimați.                     | Îmbunătățirea accesului la educație, servicii medicale, administrație, piață, locuri de muncă și conexiuni regionale.              |
| <b>Costuri și economie operațională</b> | Costuri ridicate cu combustibilul și mentenanța vehiculelor convenționale.                                | Operare cu vehicule electrice, încărcare la depou și utilizare parțială a energiei PV.                                                              | Economii operaționale anuale estimate la circa <b>1,36 mil. lei/an</b> , în funcție de tarife, consum real și gradul de utilizare. |
| <b>Investiție preliminară</b>           | Lipsa unui sistem integrat de transport electric și infrastructură dedicată.                              | CAPEX preliminar revizuit de aproximativ <b>2,151 mil. EUR / 41,95 mil. lei</b> .                                                                   | Proiect fezabil în condițiile unei finanțări nerambursabile majoritare și ale implementării etapizate.                             |
| <b>Implementare recomandată</b>         | Fără sistem integrat raional de mobilitate electrică.                                                     | Implementare etapizată: validare date, proiect tehnic, achiziții, amenajare Gara Auto, instalare stații/PV/BESS, operare pilot și extindere.        | Reducerea riscurilor investiționale și testarea modelului operațional înainte de extinderea completă.                              |
| <b>Condiții critice de succes</b>       | Date incomplete privind pasagerii, distanțele exacte, starea drumurilor și capacitatea rețelei electrice. | Măsurări GIS, aviz de racordare, studiu de pasageri, consultări cu APL-urile, validarea amplasamentului PV/BESS și caiete de sarcini bine definite. | Fundamentarea corectă a investiției, reducerea incertitudinilor și pregătirea proiectului pentru finanțare.                        |

### **Notă explicativă privind baza de date, ipotezele de calcul și limitele metodologice ale Studiului de Fezabilitate**

Prezentul Studiu de Fezabilitate a fost elaborat utilizând în mod prioritar datele locale disponibile, documentele strategice existente, informațiile transmise de beneficiar, datele statistice oficiale și informațiile tehnico-economice relevante pentru sectorul transportului public și al mobilității electrice. În același timp, este necesar de menționat că pentru anumite componente ale analizei nu au fost disponibile date locale complete, centralizate și verificabile, în special cele referitoare la consumul real de combustibil pe fiecare vehicul, parcursul anual efectiv, numărul exact de pasageri transportați pe fiecare rută, costurile operaționale detaliate și structura completă a flotei care deservește rutele raionale.

Această situație este explicată prin faptul că, la nivelul raionului Sîngerei, nu există o întreprindere publică separată sau o entitate operațională unică de tip „Gara Auto Sîngerei” care să gestioneze integral transportul public raional și să dețină o bază de date consolidată privind vehiculele, cursele, consumurile, costurile, frecvențele și fluxurile de pasageri. Transportul raional este asigurat în mare parte prin operatori existenți, curse regulate sau semiregulate și vehicule convenționale, iar informațiile tehnice și financiare aferente acestora nu sunt disponibile într-un format complet și uniform pentru toate rutele analizate.

În aceste condiții, pentru fundamentarea scenariului de bază și pentru realizarea comparațiilor tehnico-economice, o parte dintre datele privind consumul de combustibil, parcursul anual, costurile de operare și emisiile aferente transportului existent au fost estimate teoretic. Estimările au fost realizate pornind de la necesarul de transport identificat pentru rutele prioritare, lungimea traseelor, frecvența minimă de operare propusă, tipurile uzuale de vehicule utilizate în transportul raional și consumurile specifice caracteristice acestor categorii de autovehicule. Aceste ipoteze au fost corelate cu date statistice disponibile la nivel național, cu informații tehnice din surse de specialitate și cu parametri utilizați în practica de evaluare energetică și climatică a transportului public.

Totodată, studiul a utilizat date locale concrete acolo unde acestea au fost disponibile. Acestea includ date privind populația raionului și a localităților deservite, structura administrativă și teritorială, rutele principale propuse pentru analiză, poziționarea orașului Sîngerei ca nod administrativ și de mobilitate, existența infrastructurii de încărcare rapidă în oraș, precum și informațiile strategice privind necesitatea reducerii emisiilor din transport și dezvoltarea mobilității electrice la nivel raional.

Prin urmare, ipotezele utilizate în studiu nu reprezintă valori arbitrare, ci estimări tehnice fundamentate, construite pe baza unei metodologii prudente și coerente. Acestea au fost necesare pentru definirea

unui scenariu de referință, față de care pot fi calculate reducerile potențiale de consum de combustibil, economiile operaționale, diminuarea emisiilor de CO<sub>2</sub>, beneficiile sociale și impactul energetic al trecerii la transport electric. Scenariul de bază are rolul de a permite comparația între situația actuală și variantele de investiție propuse, inclusiv varianta transportului electric alimentat din rețea și varianta optimizată cu integrare fotovoltaică și sistem de stocare.

Datele indisponibile la nivel local au fost asumate pe baze științifice, statistice și tehnico-economice, prin combinarea informațiilor locale existente cu indicatori naționali și internaționali relevanți. Au fost luate în considerare caracteristicile reale ale raionului, distanțele dintre localități, necesarul minim de conectivitate, nivelul estimat al cererii de transport, tipurile de vehicule adecvate pentru trasee intercomunale și condițiile locale de implementare.

Rezultatele prezentate în Studiul de Fezabilitate trebuie interpretate ca estimări preliminare robuste, adecvate etapei de fundamentare investițională. Acestea oferă o bază suficientă pentru luarea deciziei privind oportunitatea proiectului, selectarea variantei tehnice optime, structurarea investiției și pregătirea aplicației de finanțare. În etapa următoare de proiectare tehnică și pregătire a achizițiilor, se recomandă validarea și actualizarea acestor ipoteze prin colectarea de date reale privind fluxurile de pasageri, numărul de curse, consumurile efective ale vehiculelor existente, capacitatea rețelei electrice și condițiile concrete de operare.

Astfel, Studiul de Fezabilitate utilizează maximal datele disponibile direct, iar pentru datele lipsă aplică ipoteze justificate metodologic, raportate la statistici locale, naționale și internaționale, precum și la situația tehnico-economică a raionului Sîngerei. Această abordare permite elaborarea unui cadru realist de analiză și asigură comparabilitatea variantelor propuse pentru modernizarea și ecologizarea transportului public raional.

## 1 CONTEXTUL GLOBAL, NAȚIONAL ȘI RAIONAL AL MOBILITĂȚII ELECTRICE

Capitolul prezintă fundamentarea strategică a proiectului de modernizare și ecologizare a transportului public în raionul Sîngerei prin implementarea soluțiilor de mobilitate electrică. Analiza pornește de la evoluțiile internaționale privind electrificarea transportului, continuă cu abordările europene de mobilitate durabilă și integrare a surselor regenerabile, apoi le raportează la contextul Republicii Moldova și la particularitățile teritoriale ale raionului Sîngerei. Pentru acest capitol, datele locale provin din Nota Conceptuală a proiectului, Strategia de dezvoltare socio-economică a raionului Sîngerei 2021-2028 și din surse publice internaționale. Acolo unde lipsesc date exacte, sunt utilizate valori orientative de planificare, marcate explicit și care urmează a fi validate în capitolele tehnico-economice următoare.

Tabelul 2. Sursele principale utilizate pentru fundamentarea Capitolului 1

| Categorie            | Sursă / document                                                       | Utilizare în studiu                                                                                                                              |
|----------------------|------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Document local       | Nota Conceptuală a Consiliului Raional Sîngerei                        | Definește obiectivul proiectului, existența stației rapide de 125 kW, necesitatea rutelor inter-comunale, integrarea PV și criteriile de impact. |
| Document strategic   | Strategia de dezvoltare socio-economică a raionului Sîngerei 2021-2028 | Oferă cadrul local de planificare, date privind drumurile, populația, infrastructura și direcțiile de dezvoltare.                                |
| Sursă internațională | IEA - Global EV Outlook 2025/2026                                      | Fundamentează trendul global al electrificării transportului și al autobuzelor electrice.                                                        |
| Sursă europeană      | Comisia Europeană - SUMP / Urban Mobility Framework / AFIR             | Oferă bune practici privind mobilitatea urbană durabilă, accesibilitatea, reducerea emisiilor și infrastructura de încărcare.                    |
| Sursă tehnică        | IRENA - Smart charging and renewables-based electrification            | Fundamentează integrarea vehiculelor electrice cu energia regenerabilă, încărcarea inteligentă și stocarea energiei.                             |

### 1.1 Evoluții globale în electrificarea transportului

Transportul rutier trece printr-o schimbare tehnologică accelerată, determinată de trei factori principali: necesitatea reducerii emisiilor de gaze cu efect de seră, creșterea costurilor și volatilității combustibililor fosili și maturizarea rapidă a tehnologiilor de baterii, motoare electrice, încărcare rapidă și management digital al flotelor. În ultimii ani, vehiculele electrice au depășit etapa de tehnologie de nișă și au devenit o componentă centrală a politicilor de transport, energie și climă în statele dezvoltate și în tot mai multe economii emergente.

Conform Agenției Internaționale pentru Energie, vânzările globale de automobile electrice au depășit 17 milioane unități în 2024, iar pentru anul 2025 estimările indică depășirea pragului de 20 milioane unități. Această dinamică demonstrează că lanțurile de producție, tehnologiile de baterii, infrastructura de încărcare și modelele de finanțare pentru mobilitate electrică au intrat într-o etapă de maturizare. Pentru un raion precum Sîngerei, relevanța acestor evoluții nu constă în copierea modelelor metropolitane, ci în adaptarea principiilor de bază la rute predictibile, distanțe moderate, transport public de capacitate mică și medie și alimentare parțială din surse regenerabile locale.

Electrificarea flotelor de autobuze are o logică tehnică diferită de electrificarea automobilelor personale. Autobuzele și microbuzele publice circulă pe trasee relativ fixe, au orare cunoscute și se întorc periodic în puncte de staționare sau depou. Aceste caracteristici permit planificarea încărcării, estimarea consumului de energie, dimensionarea stațiilor și integrarea energiei solare. În plus, transportul public electric are un impact direct asupra calității aerului în localități, nivelului de zgomot, confortului pasagerilor și imaginii serviciilor publice.

La nivel mondial, orașele care au introdus autobuze electrice au constatat că simpla achiziție a vehiculelor nu este suficientă. Succesul depinde de analiza rutelor, planificarea încărcării, instruirea personalului, adaptarea mentenanței, monitorizarea consumului și asigurarea finanțării pentru întregul ciclu de viață. Din acest motiv, prezentul studiu va trata mobilitatea electrică nu doar ca achiziție de microbuze/autobuze, ci ca sistem integrat: vehicul - stație de încărcare - energie electrică - management operațional - tarif - impact social.

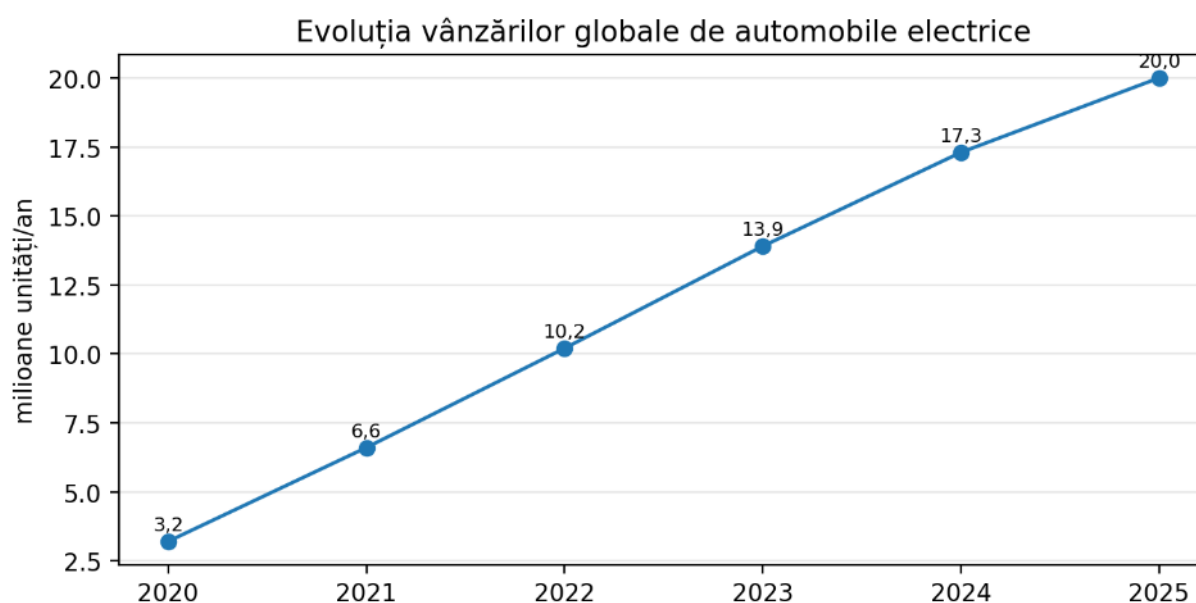


Figura 1. Evoluția vânzărilor globale de automobile electrice, 2020-2025

Sursa: prelucrare autor pe baza IEA Global EV Outlook 2025 și Global EV Outlook 2026; valorile sunt rotunjite pentru prezentare.

Tabelul 3. Tendințe globale relevante pentru proiectul Sîngerei

| Tendință                            | Descriere sintetică                                                                                           | Relevanță pentru raionul Sîngerei                                                                                     |
|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Creșterea rapidă a pieței EV        | Vehiculele electrice au trecut de la o tehnologie de nișă la o componentă principală a pieței auto globale.   | Confirmă disponibilitatea tehnologică și scăderea treptată a riscurilor de implementare.                              |
| Electrificarea transportului public | Tot mai multe orașe trec de la autobuze diesel la autobuze electrice, în special pe rute cu orar predictibil. | Rutele intercomunale scurte și medii pot fi operate cu microbuze electrice încărcate la bază sau la capete de traseu. |
| Digitalizarea flotelor              | Monitorizare GPS, consum kWh/km, stare baterie, ticketing și planificare a mentenanței.                       | Permite controlul costurilor, justificarea subvențiilor și ajustarea rutelor după cererea reală.                      |

|                       |                                                                                                              |                                                                                                    |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Încărcare inteligentă | Încărcarea se programează pentru a evita vârfurile de consum și pentru a folosi energia regenerabilă locală. | Importantă pentru reducerea presiunii asupra rețelei electrice și a costului operațional.          |
| Integrarea PV + BESS  | Sursele solare și bateriile staționare pot susține stațiile de încărcare și pot reduce costul energiei.      | Corelată direct cu obiectivul Notei Conceptuale de alimentare a stațiilor cu energie fotovoltaică. |

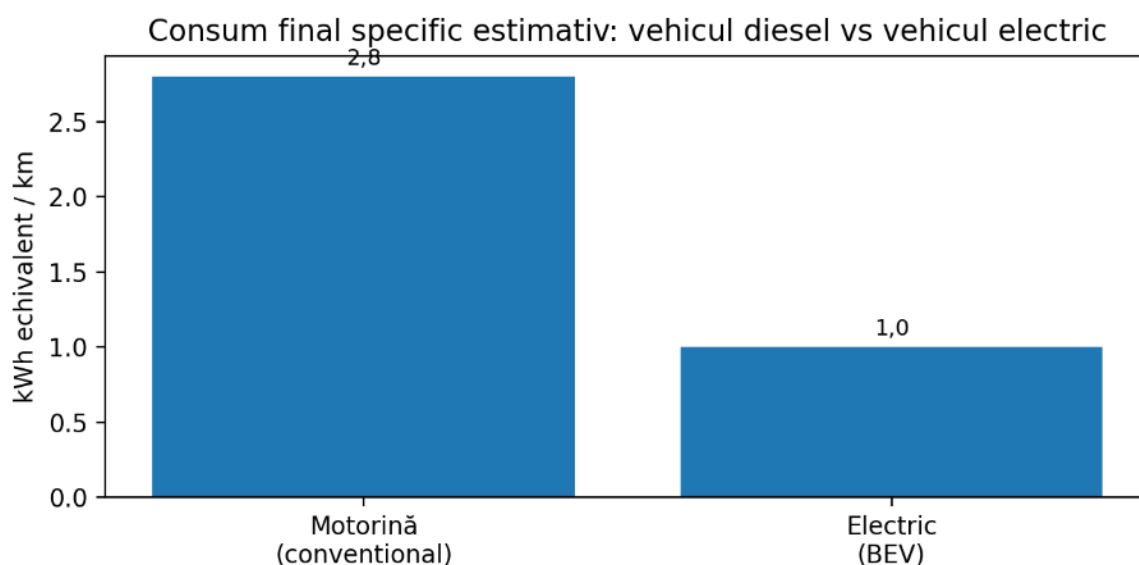
## 1.2 Transportul public electric pentru orașe mici și raioane rurale

În contextul raioanelor rurale și al orașelor mici, transportul public electric trebuie proiectat diferit față de sistemele mari urbane. Cererea de pasageri este mai dispersată, distanțele dintre localități sunt moderate, iar orele de vârf sunt legate de naveta spre școală, serviciu, piață, servicii medicale și instituții administrative. Din acest motiv, cea mai potrivită soluție tehnică nu este obligatoriu autobuzul urban mare, ci un mix de microbuze electrice de 15-25 locuri și autobuze electrice mici/medii pentru coridoarele cu cerere mai mare.

Pentru raionul Sîngerei, avantajul tehnic principal al transportului electric este predictibilitatea rutelor intercomunale. Rutele dintre orașul Sîngerei și localitățile apropiate pot fi planificate pe baza distanțelor zilnice, a curselor dimineața și seara și a posibilității de staționare la capete de rută. În asemenea condiții, autonomia vehiculului, capacitatea bateriei și puterea încărcătorului pot fi dimensionate fără supradimensionări majore.

Transportul electric devine fezabil mai ales când este analizat prin costul total de proprietate, nu doar prin costul de achiziție. Vehiculul electric are, de regulă, un cost inițial mai ridicat decât un vehicul diesel comparabil, dar are un cost energetic mai mic, mai puține componente mecanice supuse uzurii, frânare regenerativă și posibilitatea de monitorizare digitală a performanței. Într-un sistem public finanțat parțial din granturi sau programe de dezvoltare, această structură de cost poate deveni competitivă.

O limitare importantă este necesitatea unui sistem de operare disciplinat. Vehiculele electrice trebuie încărcate conform unui program, consumul real trebuie monitorizat, iar rutele trebuie ajustate în funcție de sezon și cerere. Temperaturile scăzute din perioada de iarnă pot reduce autonomia, iar starea drumurilor poate influența consumul specific. Din acest motiv, studiul de fezabilitate va evalua scenarii prudente de consum, autonomie și rezervă operațională.





### 1.3 Mobilitate electrică și energie regenerabilă

Una dintre cele mai importante evoluții recente în sectorul transporturilor este conectarea directă dintre mobilitatea electrică și producerea locală de energie regenerabilă. Vehiculul electric nu trebuie privit doar ca un consumator suplimentar de energie, ci ca parte a unui sistem energetic local care poate utiliza energia produsă din panouri fotovoltaice, poate încărca în perioadele cu producție solară ridicată și poate reduce costurile în comparație cu alimentarea exclusivă din rețea sau cu motorina.

Pentru Sîngerei, această abordare este deosebit de relevantă deoarece Nota Conceptuală propune expres integrarea surselor regenerabile, în special panouri fotovoltaice, pentru alimentarea noilor stații de încărcare. Proiectul nu urmărește doar înlocuirea combustibilului fosil cu energie electrică, ci crearea unui model de mobilitate cu impact energetic redus, în care stațiile de încărcare sunt amplasate strategic și pot fi asociate cu producție locală de energie.

Integrarea PV trebuie dimensionată pe baza profilului real de încărcare. Dacă vehiculele se încarcă preponderent noaptea la depou, producția solară din timpul zilei nu poate fi utilizată integral fără stocare sau fără consumatori locali. Dacă programul rutelor permite încărcare parțială la prânz sau la capete de rută, autoconsumul solar crește. Din acest motiv, studiul va compara scenarii fără baterii, cu baterii minime și cu baterii dimensionate pentru reducerea vârfurilor de putere.

O stație de încărcare rapidă necesită putere mare disponibilă în rețea și poate genera costuri semnificative dacă nu este gestionată corect. În schimb, o combinație de încărcare lentă la depou, încărcare rapidă doar în puncte-cheie și management inteligent poate reduce necesarul de putere instalată și costul de racordare. Pentru rutele rurale, soluția optimă poate fi o rețea mixtă de încărcătoare: AC/slow pentru staționare lungă și DC/fast pentru vehicule cu rulaj mare.

#### Flux integrat de energie și date pentru mobilitate electrică

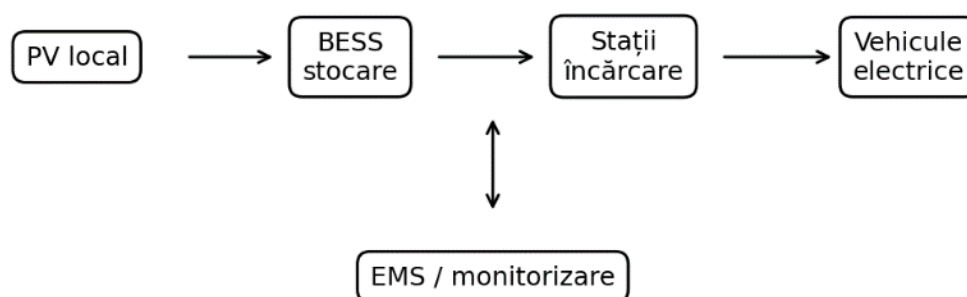


Figura 4. Model conceptual PV - BESS - stații de încărcare - vehicule electrice

Sursa: concept elaborat pentru Studiul de Fezabilitate Sîngerei, pe baza recomandărilor IRENA privind încărcarea inteligentă și integrarea SRE.

Tabelul 5. Scenarii posibile de alimentare energetică a transportului electric

| Scenariu                        | Descriere                                                             | Avantaje                                | Limitări                                                                      |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| A. Încărcare exclusiv din rețea | Vehiculele se încarcă din rețeaua electrică publică, fără PV dedicat. | Implementare mai simplă, CAPEX mai mic. | Cost energetic mai expus tarifelor; impact climatic depinde de mixul rețelei. |

|                                      |                                                                                                    |                                                            |                                                                     |
|--------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| B. Rețea + PV fără baterii           | PV produce energie pentru încărcare în timpul zilei; surplusul poate fi livrat sau consumat local. | Reduce costul energiei în ore solare; investiție moderată. | Autoconsum limitat dacă vehiculele se încarcă noaptea.              |
| C. Rețea + PV + BESS minim           | Baterie pentru reducerea vârfurilor și utilizarea parțială a energiei solare după-amiaza/seara.    | Reduce puterea de vârf și crește autoconsumul.             | Necesită management energetic și cost suplimentar.                  |
| D. Hub de încărcare PV + BESS extins | Stație principală cu PV, baterie, încărcare rapidă și monitorizare.                                | Soluție scalabilă și inovatoare; bună pentru rută-pilot.   | CAPEX mai mare; necesită analiză de rețea și operare profesionistă. |

#### 1.4 Cadrul european și național privind mobilitatea durabilă

La nivel european, mobilitatea urbană durabilă este abordată prin conceptul SUMP - Sustainable Urban Mobility Plan. Acesta presupune planificarea serviciilor de transport în funcție de nevoile reale ale populației și ale activităților economice, cu accent pe accesibilitate, siguranță, incluziune socială, reducerea emisiilor și integrarea transportului public cu alte moduri de deplasare. Pentru un raion rural, această abordare poate fi adaptată prin elaborarea unei rețele intercomunale predictibile, cu noduri de transport, stații de încărcare și orare conectate la serviciile publice.

Regulamentul european privind infrastructura pentru combustibili alternativi și inițiativele conexe ale Uniunii Europene confirmă că infrastructura de încărcare nu este un element secundar, ci o condiție de bază pentru trecerea la transport cu emisii reduse. Pentru Sîngerei, această lecție este esențială: achiziția de vehicule electrice trebuie analizată împreună cu stațiile, puterea de racordare, producția PV și modelul de operare. Un vehicul electric fără infrastructură sigură de încărcare poate deveni un activ subutilizat.

În Republica Moldova, direcția de electrificare a transportului este corelată cu tranziția energetică, eficiența energetică și reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră. Ministerul Energiei indică progrese în dezvoltarea transportului electric și hibrid și obiective privind creșterea ponderii vehiculelor electrice și hibride până în 2030. Chiar dacă aceste obiective se referă în mare parte la parc auto general, ele creează un cadru favorabil pentru proiecte-pilot de transport public electric în orașe mici și raioane.

Nota Conceptuală Sîngerei se înscrie în această logică, deoarece menționează că raionul se află într-un proces de planificare strategică și lucrează la Planul Integrat de Energie și Climă, iar reducerea emisiilor din transport este un pilon central al acestui plan. Prin urmare, studiul de fezabilitate nu trebuie să fie doar un document de achiziție, ci un instrument de planificare climatică, energetică și socială.

*Tabelul 6. Corelarea proiectului Sîngerei cu direcțiile europene și naționale*

| Direcție de politică              | Element relevant                                                                      | Aplicare în proiectul Sîngerei                                                               |
|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| SUMP / mobilitate urbană durabilă | Planificare orientată spre oameni, accesibilitate, calitate și integrare teritorială. | Rețea de rute intercomunale bazată pe cerere, servicii publice și conectivitate rural-urban. |
| Urban Mobility Framework          | Sisteme de transport sigure, accesibile, incluzive, inteligente și cu emisii reduse.  | Vehicule electrice accesibile, stații de așteptare sigure și servicii predictibile.          |

|                                                |                                                                             |                                                                         |
|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| AFIR / infrastructură combustibili alternativi | Necesitatea infrastructurii de încărcare interoperabile și bine amplasate.  | Stații publice strategice și hub de încărcare în orașul Sîngerei.       |
| IRENA / electrificare cu SRE                   | Încărcare inteligentă, integrare PV și flexibilitate a sistemului electric. | PV + BESS pentru reducerea costurilor și a presiunii pe rețea.          |
| PNIEC/PIEC/SECAP                               | Reducerea emisiilor și eficiență energetică în transport.                   | Înlocuirea motorinei pe rutele modernizate și calculul reducerilor CO2. |

### 1.5 Relevanța pentru raionul Sîngerei

Raionul Sîngerei are un profil teritorial preponderent rural, cu orașul Sîngerei în rol de centru administrativ și de servicii pentru localitățile din jur. Transportul public intercomunal este important pentru accesul populației la instituții, educație, servicii medicale, piață, locuri de muncă și conexiuni regionale. În contextul migrației, îmbătrânirii populației și dispersiei localităților, transportul public predictibil devine o condiție pentru menținerea accesului la servicii de bază.

Strategia de dezvoltare socio-economică a raionului indică existența unei rețele de drumuri publice naționale și locale de 356,75 km, dintre care 149,48 km sunt drumuri publice locale de interes raional aflate în administrarea Consiliului raional. Această infrastructură reprezintă baza fizică pentru proiectarea rutelor electrice, dar starea diferită a drumurilor și structura localităților impun o abordare etapizată. Nu toate rutele pot fi electrificate simultan, iar etapa-pilot trebuie să selecteze coridoarele cu cel mai bun raport între cerere, distanță, stare rutieră și acces la încărcare.

Nota Conceptuală subliniază că transportul public din raion este în prezent dependent de combustibili fosili și că pe teritoriul raionului există deja o stație privată de reîncărcare electrică rapidă de 125 kW în orașul Sîngerei. Această stație este un element important deoarece demonstrează posibilitatea tehnică de utilizare a infrastructurii de încărcare rapidă în zonă, dar nu este suficientă pentru un sistem public integrat. Proiectul trebuie să extindă strategic infrastructura și să o lege de rutele prioritare.

Economia locală a raionului, bazată în mare parte pe agricultură, comerț, servicii și activități publice, generează fluxuri regulate de mobilitate între sate, orașul Sîngerei și municipiul Bălți. În special, coridoarele spre Biruința, Alexandreni, Sîngerei Noi, Mărinești, Țambula, Rădoaia, Pepeni, Heciul Nou și Cubolta trebuie analizate în capitolele următoare prin prisma numărului de pasageri, lungimii rutei, stării drumului și posibilității de încărcare.

Pentru acest studiu, abordarea recomandată este una graduală. Etapa I ar trebui să confirme rutele cu cerere ridicată și distanță favorabilă pentru microbuze electrice, să amplaseze o stație principală/hub în orașul Sîngerei și să integreze PV pentru reducerea costurilor de încărcare. Etapa II poate extinde rețeaua spre coridoare mai lungi sau spre localități cu cerere mai redusă, folosind vehicule cu autonomie mai mare sau încărcare oportunistă. Etapa III poate transforma sistemul într-o rețea raională de mobilitate verde, conectată cu PIEC/SECAP și cu potențialele programe de finanțare.

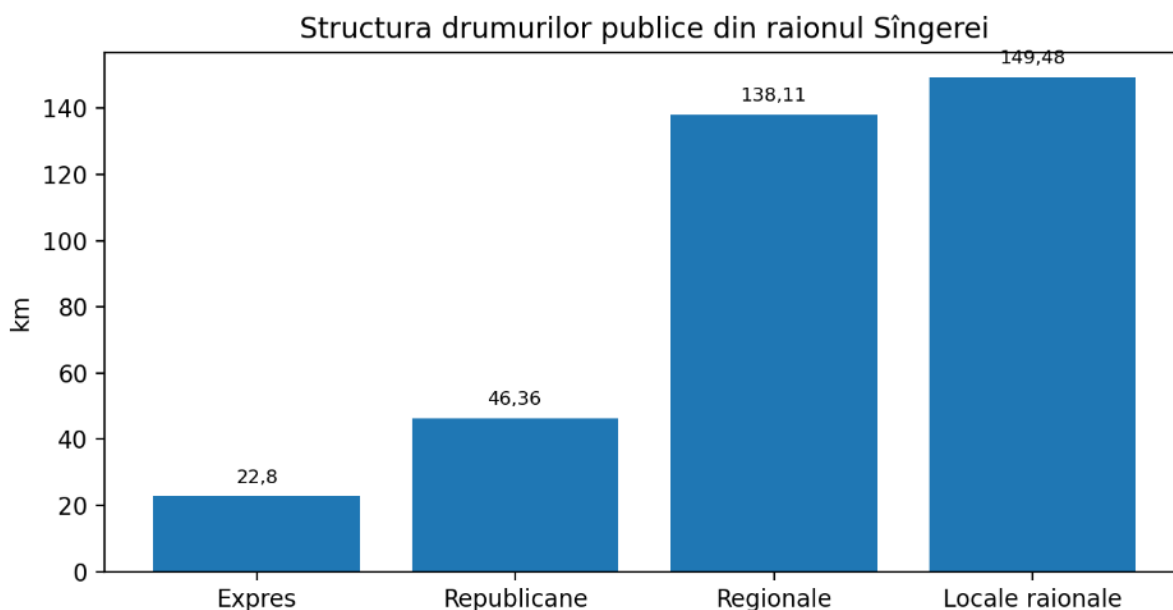


Figura 5. Structura drumurilor publice din raionul Sîngerei

Sursa: Strategia de dezvoltare socio-economică a raionului Sîngerei 2021-2028, secțiunea Infrastructura transportului.

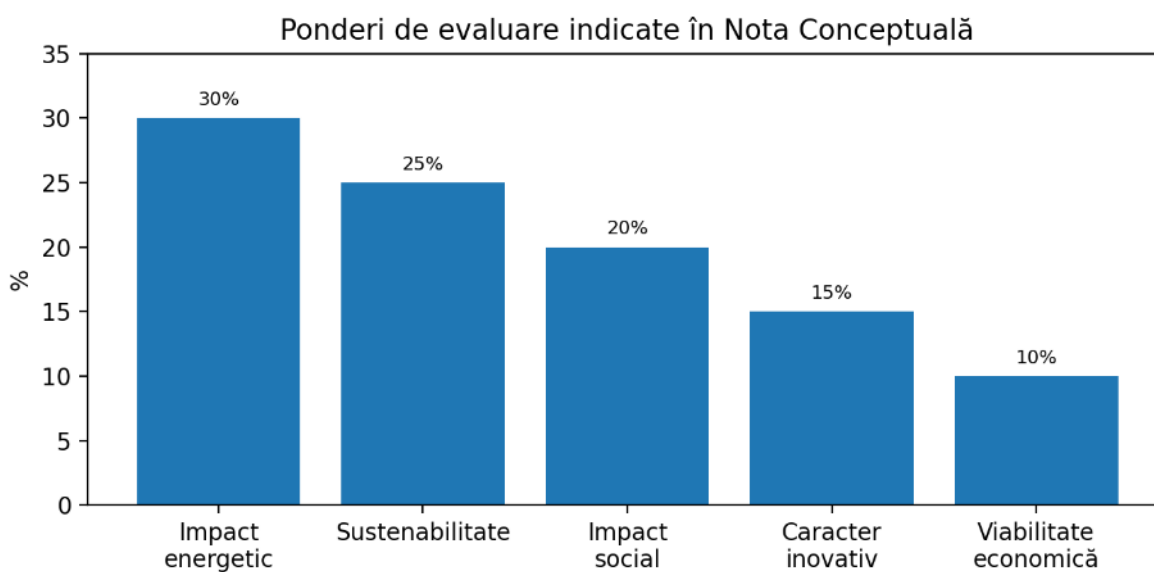


Figura 6. Ponderi de evaluare indicate în Nota Conceptuală a proiectului

Sursa: Nota Conceptuală privind elaborarea studiului de fezabilitate pentru transport public electric în raionul Sîngerei.

Tabelul 7. Argumente de oportunitate pentru implementarea proiectului în raionul Sîngerei

| Argument                                 | Situație locală / observație                                                               | Concluzie pentru studiul de fezabilitate                                        |
|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| Centru raional cu funcții administrative | Orașul Sîngerei concentrează servicii publice, educaționale, comerciale și administrative. | Rutele trebuie orientate spre accesul populației rurale la serviciile din oraș. |
| Profil rural pronunțat                   | Localitățile rurale au nevoie de legături predictibile cu centrul raional.                 | Microbuzele electrice pot fi potrivite pentru rute cu fluxuri moderate.         |

|                                     |                                                                                                   |                                                                                          |
|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| Rețea rutieră existentă             | Raionul dispune de drumuri naționale, regionale și locale, dar starea acestora este diferențiată. | Rutele pilot trebuie alese și după starea drumurilor și siguranța circulației.           |
| Stație rapidă existentă             | În orașul Sîngerei există deja o stație privată rapidă de 125 kW.                                 | Poate servi ca punct de referință tehnică, dar sistemul public necesită stații dedicate. |
| Planificare energetică și climatică | Raionul lucrează la PIEC, iar reducerea emisiilor din transport este un obiectiv central.         | Proiectul poate deveni măsură demonstrativă în portofoliul PIEC/SECAP.                   |
| Potențial PV                        | Energia solară poate susține costurile de încărcare, mai ales la hub-uri și depouri.              | Se vor analiza scenarii PV, BESS și încărcare inteligentă.                               |

## 1.6 Implicații pentru etapele următoare ale studiului

Din analiza contextului rezultă că studiul de fezabilitate trebuie să fie construit pe o combinație de date locale și ipoteze tehnico-economice prudente. În capitolele următoare este necesară evaluarea rutelor actuale și propuse, colectarea datelor privind pasagerii, estimarea kilometrajului zilnic și anual, alegerea tipului de vehicul, dimensionarea stațiilor de încărcare, calculul capacității PV și compararea financiară a scenariilor diesel, electric din rețea și electric alimentat parțial din PV.

Pentru a evita o investiție supradimensionată, se recomandă ca proiectul să fie modelat în minimum trei scenarii: scenariu pilot, scenariu mediu și scenariu extins. Scenariul pilot va include 2-3 rute și un număr redus de vehicule; scenariul mediu va include 4-5 rute și o stație/hub principală; scenariul extins va analiza o rețea raională cu mai multe puncte de încărcare. Această abordare permite finanțatorilor și Consiliului Raional să aleagă o variantă realistă în funcție de buget, capacitatea rețelei electrice și disponibilitatea granturilor.

Capitolele tehnice trebuie să includă calcule clare și verificabile: km/zi, kWh/km, kWh/zi, capacitate de baterie, putere de încărcare, producție PV, consum de motorină evitat, emisii CO<sub>2</sub> evitate, cost/km și cost/pasager. În lipsa datelor exacte, vor fi utilizate ipoteze de lucru, dar fiecare ipoteză va fi marcată și va putea fi înlocuită ulterior cu date validate de operatori, APL-uri și Consiliul Raional.

*Tabelul 8. Date care trebuie validate în capitolele următoare*

| Categorie de date | Date necesare                                                                | Sursă recomandată                                                       |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| Rute              | Lungime traseu, opriri, stare drum, posibilitate întoarcere, sezonabilitate. | Google Maps/OpenStreetMap, inspecții în teren, Secția drumuri, APL-uri. |
| Pasageri          | Pasageri/zi, ore de vârf, categorii sociale, cerere latentă.                 | Operatori, autogară, sondaje 5-7 zile, școli, primării.                 |
| Vehicule          | Tip, capacitate, autonomie, consum kWh/km, cost achiziție, garanții.         | Oferte furnizori, cataloage tehnice, consultări de piață.               |
| Încărcare         | Putere disponibilă, locații, tip stație, cost racordare, capacitate rețea.   | Operator distribuție, APL, proprietari terenuri, proiectant electric.   |
| PV/BESS           | Suprafață disponibilă, producție specifică, autoconsum, baterie, surplus.    | PVGIS, Global Solar Atlas, cadastru, proiectant, furnizori.             |
| Economie          | Cost motorină, cost electricitate, mentenanță, venituri, subvenții.          | Operatori, bugete locale/raionale, ANRE, contracte și facturi.          |

## 2 PROFILUL RAIONULUI SÎNGEREI ȘI CONTEXTUL SOCIO-ECONOMIC LOCAL

Capitolul prezintă profilul teritorial, administrativ, demografic, economic și infrastructural al raionului Sîngerei, cu accent pe cele patru coridoare de transport propuse pentru analiza de fezabilitate: Sîngerei - Prepeleța, Sîngerei - Drăgănești, Sîngerei - Dumbrăvița și Sîngerei - Alexăndreni/Biruința prin direcția Bălți. În această versiune revizuită, analiza este structurată în jurul localităților beneficiare de pe traseu, populației aferente și distanțelor operaționale necesare pentru dimensionarea flotei electrice, a stațiilor de încărcare și a capacității fotovoltaice asociate.

Nota Conceptuală a Consiliului Raional Sîngerei stabilește că proiectul urmărește modernizarea și ecologizarea transportului public prin achiziția de autobuze/microbuze electrice pentru rute inter-comunale cheie, proiectarea unei rețele de stații de încărcare publice și integrarea panourilor fotovoltaice pentru alimentarea acestor stații. Din acest motiv, profilul local nu este tratat doar descriptiv, ci ca bază de calcul pentru rute, pasageri, kilometraj, energie și costuri.

Tabelul 9. Date generale de referință pentru analiza de mobilitate

| Indicator                        | Valoare / descriere                                                                                                         | Relevanță pentru studiul de fezabilitate                                                          |
|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Denumirea proiectului            | Modernizarea și ecologizarea transportului public în raionul Sîngerei prin implementarea soluțiilor de mobilitate electrică | Definește orientarea spre transport public electric, stații de încărcare și energie regenerabilă. |
| Solicitant                       | Consiliul Raional Sîngerei                                                                                                  | Autoritate responsabilă pentru coordonarea proiectului la scară raională.                         |
| Centrul raional                  | Orașul Sîngerei                                                                                                             | Nod principal pentru rutele analizate și pentru amplasarea depoului/stațiilor principale.         |
| Populație raion, RPL 2024        | 55.933 locuitori                                                                                                            | Bază pentru estimarea impactului social și a potențialului de pasageri.                           |
| Populație or. Sîngerei, RPL 2024 | 9.954 locuitori                                                                                                             | Punct de origine/destinație pentru fluxurile intercomunale analizate.                             |
| Număr localități raion           | 70 localități                                                                                                               | Confirmă necesitatea unei abordări etapizate și intercomunale.                                    |
| Model preliminar de serviciu     | 2 dus-întors/zi/rută, dimineața și seara                                                                                    | Bază pentru calculul km/zi, kWh/zi, număr vehicule și costuri.                                    |

Sursa: Nota Conceptuală Sîngerei; Anexa populației RPL 2024; Consiliul Raional Sîngerei; prelucrarea autorului.

### 2.1 Amplasarea geografică și rolul raional

Raionul Sîngerei este amplasat în partea de nord a Republicii Moldova și are un profil teritorial predominant rural, organizat în jurul orașului Sîngerei ca centru administrativ. Orașul concentrează funcții de administrație publică, servicii educaționale, servicii medicale, comerț, piață, conexiuni rutiere și activități de servicii, ceea ce generează deplasări zilnice din localitățile rurale apropiate și medii.

Poziția raionului în apropierea municipiului Bălți este importantă pentru analiza transportului public. Bălți funcționează ca pol regional de muncă, educație, comerț și servicii, iar coridorul Sîngerei - Biliceni Vechi - Bălți - Biruința - Alexăndreni trebuie tratat separat deoarece are o funcție dublă:

conectare internă raională și legătură cu un centru economic regional. Această caracteristică poate justifica un nivel mai ridicat de frecvență sau vehicule cu capacitate mai mare în etapele ulterioare.

Pentru transportul electric, amplasarea geografică impune o logică de rețea radială. Orașul Sîngerei este punctul natural pentru depou, încărcare peste noapte, mentenanță, dispecerat și management al flotei. Localitățile beneficiare trebuie conectate prin coridoare care să permită revenirea vehiculelor la bază fără încărcare intermediară sau, pentru rutele mai lungi, să justifice instalarea unor puncte de încărcare la capete de traseu ori în noduri intermediare.

Harta raionului și lista rutelor principale transmise de beneficiar indică patru direcții prioritare de analiză: spre Prepețița prin Grigorăuca și Copăcenii; spre Drăgănești cu intrare prin Rădoia; spre Dumbrăvița cu intrare prin Bilicenii Vechi și Chișcărenii; și spre Alexăndrenii cu intrare prin Bilicenii Vechi, Bălți și Biruința. Aceste patru coridoare acoperă atât localități apropiate, cât și rute mai lungi cu rol regional.

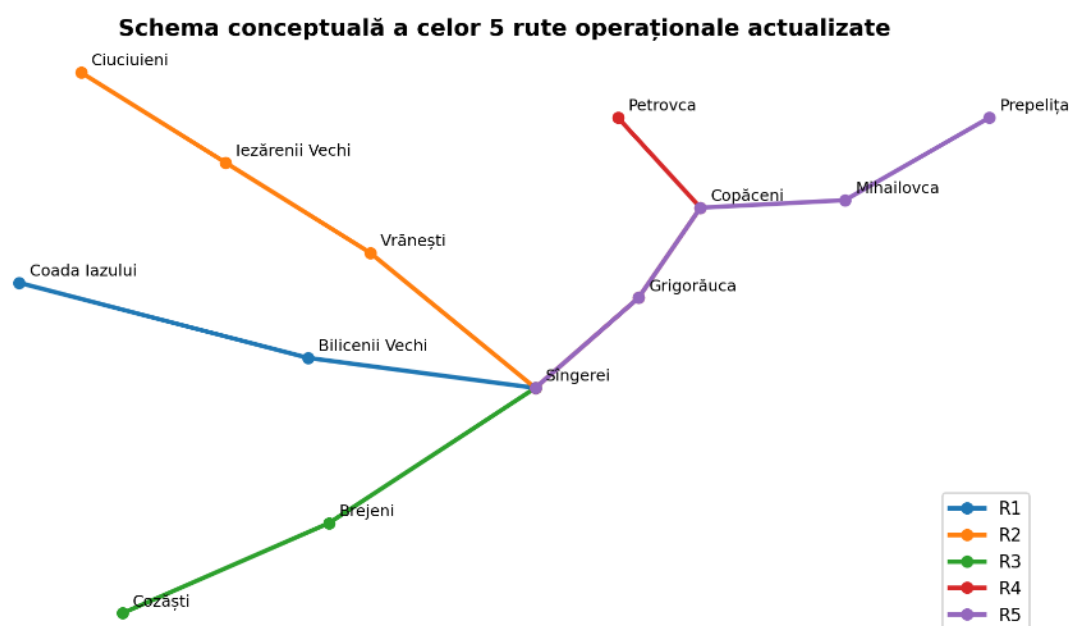


Figura 7. Schemă conceptuală a celor 5 coridoare propuse pentru analiza de mobilitate electrică

## 2.2 Structura administrativă și populația relevantă pentru rutele analizate

Conform datelor RPL 2024 transmise pentru raionul Sîngerei, populația cu reședință obișnuită a raionului este de 55.933 persoane, dintre care 26.383 bărbați și 29.550 femei. Orașul Sîngerei are 9.954 locuitori, iar orașul Biruința are 2.203 locuitori. Aceste valori sunt utilizate ca bază de planificare pentru estimarea populației deservite de cele patru coridoare de transport public electric.

Cele patru coridoare propuse includ localități cu populație semnificativă pentru scara rurală a raionului. Pe traseele analizate se regăsesc, printre altele, Rădoia cu 3.307 locuitori, Chișcărenii cu 3.289 locuitori, Alexăndrenii cu 3.922 locuitori, Bilicenii Vechi cu 2.122 locuitori, Prepețița cu 2.098 locuitori și Biruința cu 2.203 locuitori. Aceste localități pot asigura o bază suficientă pentru curse regulate de tip navetă, în special dacă serviciul este corelat cu orele de muncă, școală și acces la servicii publice.

În total, fără a dubla localitatea Bilicenii Vechi care apare pe două coridoare, populația localităților direct deservite de cele patru rute propuse, împreună cu orașul Sîngerei, este estimată la 33.522 locuitori. Aceasta reprezintă aproximativ 60% din populația raionului. Valoarea nu înseamnă că toți locuitorii vor

utiliza transportul public, dar arată aria socială maximă asupra căreia proiectul poate produce impact direct sau indirect.

Tabelul 10. Populația localităților relevante pentru cele 5 coridoare analizate

| Localitate / UAT     | Populație RPL 2024 | Rol în proiectul de mobilitate                                                                                                  |
|----------------------|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| or. Sîngerei         | 9.954              | Centru raional, punct principal de origine/destinație, posibil depou și stație centrală de încărcare pentru toate rutele R1–R5. |
| com. Bilicenii Vechi | 2.122              | Nod intermediar pe ruta R1 și punct de întoarcere pentru cursele parțiale spre Sîngerei.                                        |
| sat Coadă Iazului    | 1.184              | Capăt de traseu pentru 3 curse/zi pe ruta R1, localitate deservită direct.                                                      |
| com. Ciuciuieni      | 2.041              | Capăt de traseu pe ruta R2, localitate cu cerere potențială ridicată pentru navetă spre Sîngerei.                               |
| sat Iezărenii Vechi  | 1.067              | Punct intermediar pe ruta R2, localitate rurală conectată direct cu centrul raional.                                            |
| sat Vrănești         | 1.236              | Punct intermediar pe ruta R2, contribuie la formarea fluxului de pasageri spre Sîngerei.                                        |
| sat Cozăști          | 824                | Capăt de traseu pe ruta R3, localitate beneficiară directă a serviciului propus.                                                |
| com. Brejeni         | 1.943              | Punct intermediar major pe ruta R3, cu rol de colectare a pasagerilor spre Sîngerei.                                            |
| sat Petrovca         | 1.087              | Capăt de traseu pe ruta R4, localitate conectată cu Sîngerei prin Copăceni și Grigorăuca.                                       |
| com. Copăceni        | 1.534              | Nod intermediar comun pentru rutele R4 și R5, punct important de transfer și localitate cu cerere de navetă.                    |
| com. Grigorăuca      | 1.792              | Nod intermediar comun pentru rutele R4 și R5, localitate de legătură spre Sîngerei.                                             |
| com. Prepețița       | 2.098              | Capăt de traseu pe ruta R5, localitate importantă cu potențial de navetă.                                                       |
| sat Mihailovca       | 746                | Punct intermediar pe ruta R5, localitate rurală inclusă în serviciul regulat propus.                                            |

Sursa: Anexa nr. 2 - populația RPL 2024 transmisă de beneficiar; prelucrarea autorului.

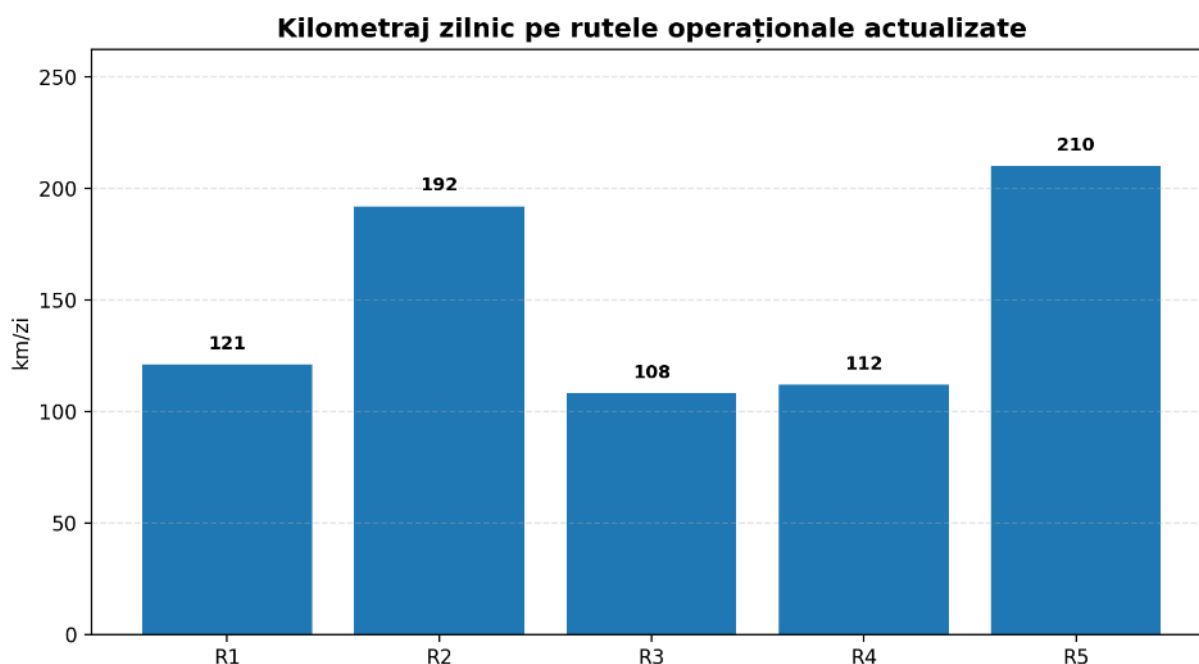


Figura 8. Populația localităților beneficiare pe coridoarele propuse

Sursa: calcul pe baza datelor RPL 2024 transmise de beneficiar; populația orașului Sîngerei nu este inclusă în valorile pe coridor pentru a evita dublarea centrului de origine/destinație.

### 2.3 Economia locală și generatorii de mobilitate

Economia raionului Sîngerei are un profil predominant agricol, completat de servicii, comerț, prelucrare a produselor agricole și activități administrative. Într-un asemenea profil economic, mobilitatea

zilnică este determinată de accesul populației rurale la locuri de muncă, piețe agricole, instituții educaționale, servicii medicale, servicii publice și conexiuni către Bălți. Transportul public electric trebuie să fie proiectat nu doar ca serviciu de mediu, ci ca infrastructură de acces economic și social.

Pentru localitățile rurale incluse pe trasee, orașul Sîngerei funcționează ca punct de concentrare a serviciilor. O parte din deplasări sunt previzibile: dimineața spre oraș pentru muncă, școală, instituții publice sau conexiuni spre Bălți; seara înapoi spre localitățile de domiciliu. Această structură susține ipoteza operațională propusă de două curse dus-întors pe zi pe fiecare coridor, cel puțin pentru etapa-pilot.

Rutele propuse trebuie analizate în raport cu generatorii concreți de mobilitate: școli, licee, spital/centre medicale, piață, autogară, Consiliul Raional, Primăria orașului Sîngerei, servicii de stare civilă și documentare, instituții bancare, puncte comerciale, unități economice și legături regionale. În capitolele următoare, fiecare rută va fi verificată printr-o grilă de cerere: populație, instituții, distanță, număr estimat de pasageri și compatibilitate cu vehiculele electrice.

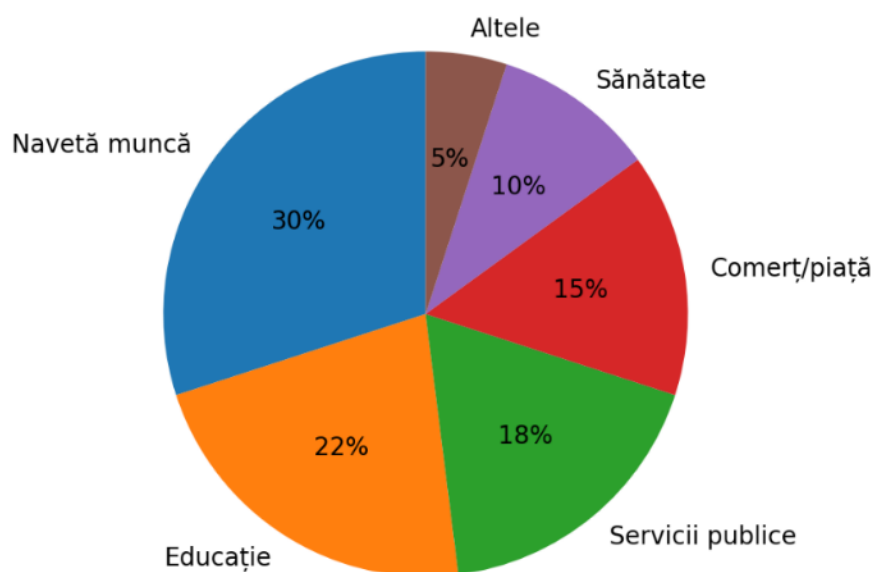


Figura 9. Structura orientativă a cererii de mobilitate pe rutele analizate

Sursa: estimare de planificare elaborată de autor; valorile vor fi validate prin sondaj de pasageri și date de la operatori.

Tabelul 11. Generatorii principali de mobilitate pentru coridoarele analizate

| Categorie de generator        | Exemple relevante pentru raionul Sîngerei                                     | Implicații pentru transportul electric                                                        |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Administrație publică         | Consiliul Raional, Primăria or. Sîngerei, primării comunale, servicii publice | Necesită curse dimineața și seara, plus posibilă cursă de mijlocul zilei în scenariul extins. |
| Educație                      | Școli, gimnazii, licee, elevi care fac naveta                                 | Necesită orar corelat cu începutul și sfârșitul programului școlar.                           |
| Sănătate și asistență socială | Centre medicale, consultații, servicii sociale, persoane vârstnice            | Justifică vehicule accesibile, cu podea joasă și spațiu pentru persoane cu mobilitate redusă. |
| Comerț și piață               | Piața din oraș, magazine, servicii bancare, aprovizionare rurală              | Poate genera cerere suplimentară în anumite zile ale săptămânii.                              |
| Navetă economică              | Angajați, mici producători, conexiuni spre Bălți                              | Susține coridorul R4 și potențiale curse cu frecvență mai ridicată.                           |

|                     |                                                               |                                                               |
|---------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Conexiuni regionale | Autogară, legături spre Bălți, drumuri naționale și regionale | Necesită integrare cu rutele existente și puncte de transfer. |
|---------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|

Sursa: Strategia de dezvoltare socio-economică a raionului Sîngerei; estimări de planificare ale autorului.

## 2.4 Analiza celor 5 coridoare propuse și localitățile beneficiare

În urma consultărilor suplimentare cu beneficiarul, Consiliul Raional Sîngerei, scenariul de planificare a fost ajustat de la patru coridoare conceptuale la cinci rute operaționale prioritare. Aceste rute sunt tratate în prezentul capitol ca trasee preliminare de lucru pentru dimensionarea serviciului de transport electric, urmând ca distanțele, stațiile și punctele de întoarcere să fie confirmate prin măsurători GIS și verificări în teren în etapa de proiectare tehnică.

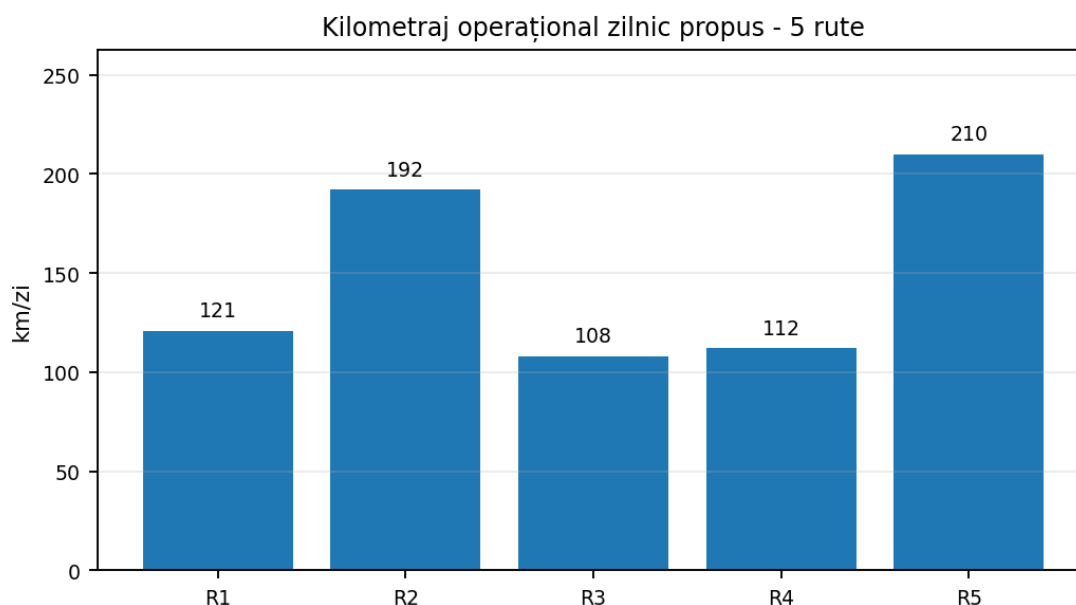
Rutele sunt organizate radial, cu orașul Sîngerei drept punct principal de origine/destinație și posibil depou pentru flota electrică. Acest model este avantajos pentru transportul electric deoarece permite încărcarea vehiculelor la același punct, simplifică managementul operațional, reduce necesitatea stațiilor de încărcare dispersate în prima etapă și permite monitorizarea centralizată a consumului de energie, kilometrilor parcurși și punctualității.

Spre deosebire de scenariul inițial cu două curse dus-întors pe zi pentru fiecare coridor, noile rute includ frecvențe diferențiate stabilite de beneficiar. Ruta R1 are un itinerar mixt, cu trei curse până la Coda Iazului și două curse până la Bilicenii Vechi, iar rutele R2 și R5 au frecvențe mai ridicate, de câte șase curse pe zi. Această modificare apropie studiul de un model de operare mai realist pentru serviciul raional propus.

Tabelul 12. Localitățile de pe trasee, populația și distanța estimativă de la Sîngerei

| Rută | Localitate / punct   | Populație considerată | Distanță de la Sîngerei, km | Rol pe traseu                                      |
|------|----------------------|-----------------------|-----------------------------|----------------------------------------------------|
| R1   | or. Sîngerei         | 9 954                 | 0.0                         | Start / depou propus                               |
| R1   | com. Bilicenii Vechi | 2 122                 | 10.0                        | Stație intermediară / punct de întoarcere parțială |
| R1   | sat Coda Iazului     | 1 184                 | 13.5                        | Capăt traseu                                       |
| R2   | or. Sîngerei         | 9 954                 | 0.0                         | Start / depou propus                               |
| R2   | sat Vrancești        | 1 236                 | 6.0                         | Stație intermediară                                |
| R2   | sat Iezărenii Vechi  | 1 067                 | 11.0                        | Stație intermediară                                |
| R2   | com. Ciuciuieni      | 2 041                 | 16.0                        | Capăt traseu                                       |
| R3   | or. Sîngerei         | 9 954                 | 0.0                         | Start / depou propus                               |
| R3   | com. Brejeni         | 1 943                 | 11.0                        | Stație intermediară                                |
| R3   | sat Cozăști          | 824                   | 18.0                        | Capăt traseu                                       |
| R4   | or. Sîngerei         | 9 954                 | 0.0                         | Start / depou propus                               |
| R4   | com. Grigorăuca      | 1 792                 | 7.0                         | Stație intermediară                                |
| R4   | com. Copăceni        | 1 534                 | 10.5                        | Stație intermediară                                |
| R4   | sat Petrovca         | 1 087                 | 14.0                        | Capăt traseu                                       |
| R5   | or. Sîngerei         | 9 954                 | 0.0                         | Start / depou propus                               |
| R5   | com. Grigorăuca      | 1 792                 | 7.0                         | Stație intermediară                                |
| R5   | com. Copăceni        | 1 534                 | 10.5                        | Stație intermediară                                |
| R5   | sat Mihailovca       | 746                   | 14.0                        | Stație intermediară                                |
| R5   | com. Prepețița       | 2 098                 | 17.5                        | Capăt traseu                                       |

Sursa: rutele actualizate transmise de beneficiar; populația - RPL 2024; distanțele sunt estimări de planificare și vor fi validate prin GIS/Google Maps.



*Figura 10. Kilometrajul operațional zilnic estimat pentru cele 5 rute propuse*

#### 2.4.1 Ruta R1: Coada Iazului - Bilicenii Vechi - Sîngerei

Ruta R1 conectează orașul Sîngerei cu Bilicenii Vechi și satul Coada Iazului, având un model de operare mixt. Beneficiarul a indicat 3 curse pe zi până la Coada Iazului, cu distanță tur-retur de 27 km, și 2 curse pe zi până la Bilicenii Vechi, cu distanță tur-retur de 20 km. Kilometrajul zilnic rezultat este de circa 121 km/zi, respectiv aproximativ 36.300 km/an pentru 300 zile de operare.

Această rută este importantă deoarece include Bilicenii Vechi ca nod intermediar și punct de întoarcere parțială. Din punct de vedere tehnic, ruta este compatibilă cu un microbuz electric de 20-30 locuri încărcat la depou peste noapte. Itinerarul mixt permite adaptarea serviciului la cererea reală, fără a trimite toate cursele până la capătul cel mai îndepărtat al traseului.

#### 2.4.2 Ruta R2: Ciuciuieni - Iezărenii Vechi - Vrănești - Sîngerei

Ruta R2 conectează localitățile Ciuciuieni, Iezărenii Vechi și Vrănești cu orașul Sîngerei. Frecvența indicată de beneficiar este de 6 curse pe zi, cu distanță tur-retur de 32 km. Kilometrajul operațional rezultat este de circa 192 km/zi, respectiv aproximativ 57.600 km/an.

Prin frecvența ridicată, R2 este una dintre rutele cu solicitare operațională importantă. Pentru această rută se recomandă un vehicul electric cu autonomie reală suficientă pentru o zi completă de operare sau cu posibilitatea de încărcare intermediară la depou în intervalele dintre curse. Din punct de vedere social, ruta are rol de conectare a unor localități rurale la serviciile administrative, educaționale, comerciale și medicale din Sîngerei.

#### 2.4.3 Ruta R3: Cozăști - Brejeni - Sîngerei

Ruta R3 deservește localitățile Cozăști și Brejeni, cu punct final operațional în orașul Sîngerei. Beneficiarul a indicat 3 curse pe zi și o distanță tur-retur de 36 km. Astfel, kilometrajul zilnic estimat este de circa 108 km/zi, respectiv aproximativ 32.400 km/an.

Din perspectiva transportului electric, R3 este o rută scurtă-medie, potrivită pentru microbuz electric sau autobuz electric mic. Distanța zilnică poate fi acoperită cu o singură încărcare nocturnă, cu condiția ca vehiculul să aibă rezervă suficientă pentru sezonul rece, variații de trafic și posibile devieri operaționale.

#### 2.4.4 Ruta R4: Petrovca - Copăceni - Grigorăuca - Sîngerei

Ruta R4 conectează localitățile Petrovca, Copăceni și Grigorăuca cu orașul Sîngerei. Frecvența indicată este de 4 curse pe zi, cu distanță tur-retur de 28 km. Kilometrajul operațional rezultat este de circa 112 km/zi, respectiv aproximativ 33.600 km/an.

R4 are avantajul că utilizează localități deja relevante pentru coridorul Grigorăuca-Copăceni și poate fi operată eficient cu un vehicul electric compact. Deoarece traseul include localități apropiate de Sîngerei, este potrivit pentru etapa-pilot și pentru testarea consumului real kWh/km pe drumuri locale.

#### 2.4.5 Ruta R5: Prepelița - Mihailovca - Copăceni - Grigorăuca - Sîngerei

Ruta R5 conectează Prepelița, Mihailovca, Copăceni și Grigorăuca cu orașul Sîngerei. Beneficiarul a indicat 6 curse pe zi, cu distanță tur-retur de 35 km. Aceasta este ruta cu cel mai mare kilometraj zilnic dintre cele propuse, respectiv circa 210 km/zi și aproximativ 63.000 km/an pentru 300 zile de operare.

Pentru R5 este necesară o atenție specială la alegerea vehiculului, la autonomia reală în sezon rece și la programul de încărcare. Deși distanța tur-retur nu este mare, frecvența de 6 curse pe zi generează un parcurs zilnic ridicat. Se recomandă utilizarea unui vehicul electric cu baterie suficientă sau planificarea unei încărcări suplimentare la depou în timpul zilei, dacă intervalele dintre curse permit acest lucru.

### 2.5 Scenariul operațional preliminar actualizat

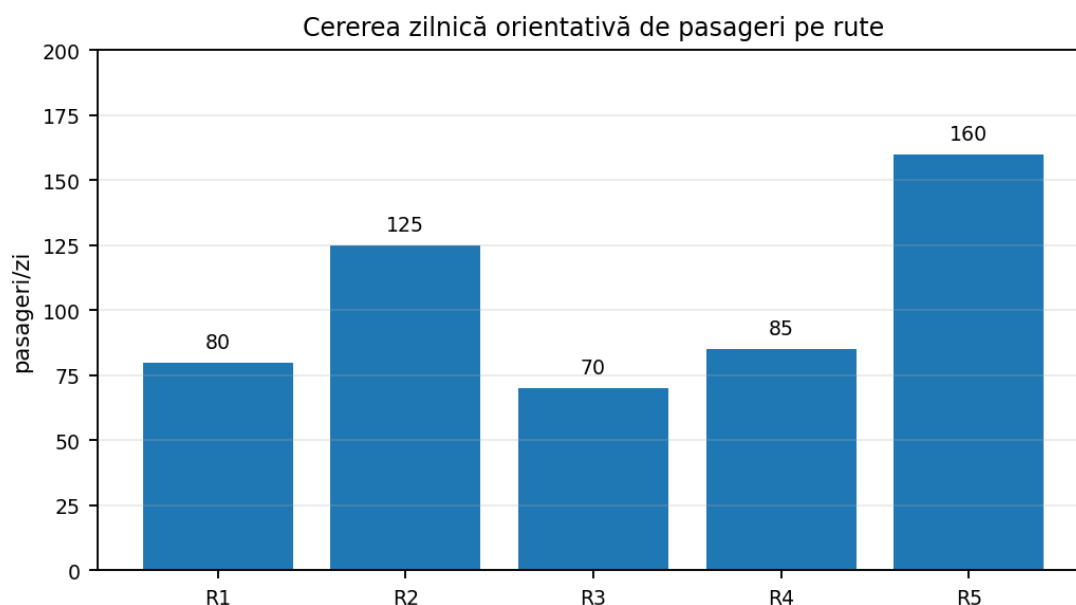
Modelul operațional revizuit se bazează pe frecvențele concrete transmise de beneficiar. În total, cele cinci rute generează un kilometraj zilnic de aproximativ 743 km/zi. La o ipoteză de 300 zile de operare pe an, kilometrajul anual ajunge la circa 222.900 km/an. Această valoare va fi utilizată în capitolele următoare pentru dimensionarea flotei electrice, calculul consumului de energie, necesarul de încărcare, analiza costurilor de operare și estimarea reducerii emisiilor de CO<sub>2</sub>.

Cererea zilnică orientativă este estimată la aproximativ 520 pasageri/zi pentru toate rutele, ceea ce corespunde unui volum anual de aproximativ 156.000 pasageri/an. Estimarea are caracter preliminar și reflectă un nivel moderat de utilizare pentru un serviciu rural de navetă. În etapa următoare, valorile trebuie validate prin numărători în teren, consultări cu APL-urile, sondaje în localități și analiza fluxurilor existente de pasageri.

*Tabelul 13. Scenariul operațional preliminar actualizat pe rute*

| Rută                 | Traseu                                                    | Frecvență zilnică                 | Distanță tur-retur, km | Km/zi      | Km/an, 300 zile | Pasageri/zi estimați | Pasageri/an estimați |
|----------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------|------------|-----------------|----------------------|----------------------|
| R1                   | Coadă Iazului - Bilicenii Vechi - Sîngerei; itinerar mixt | 3 curse x 27 km + 2 curse x 20 km | mixt                   | 121        | 36 300          | 80                   | 24 000               |
| R2                   | Ciuciuieni - Iezărenii Vechi - Vrancești - Sîngerei       | 6 curse/zi x 32 km                | 32.0                   | 192        | 57 600          | 125                  | 37 500               |
| R3                   | Cozăști - Brejeni - Sîngerei                              | 3 curse/zi x 36 km                | 36.0                   | 108        | 32 400          | 70                   | 21 000               |
| R4                   | Petrovca - Copăceni - Grigorăuca - Sîngerei               | 4 curse/zi x 28 km                | 28.0                   | 112        | 33 600          | 85                   | 25 500               |
| R5                   | Prepelița - Mihailovca - Copăceni - Grigorăuca - Sîngerei | 6 curse/zi x 35 km                | 35.0                   | 210        | 63 000          | 160                  | 48 000               |
| <b>Total / medie</b> | <b>5 rute operaționale</b>                                | <b>24 curse/zi total</b>          | —                      | <b>743</b> | <b>222 900</b>  | <b>520</b>           | <b>156 000</b>       |

*Sursa: ipoteze de planificare pe baza solicitărilor beneficiarului; distanțele și cererea vor fi validate prin studiu de trafic și măsurători GIS.*



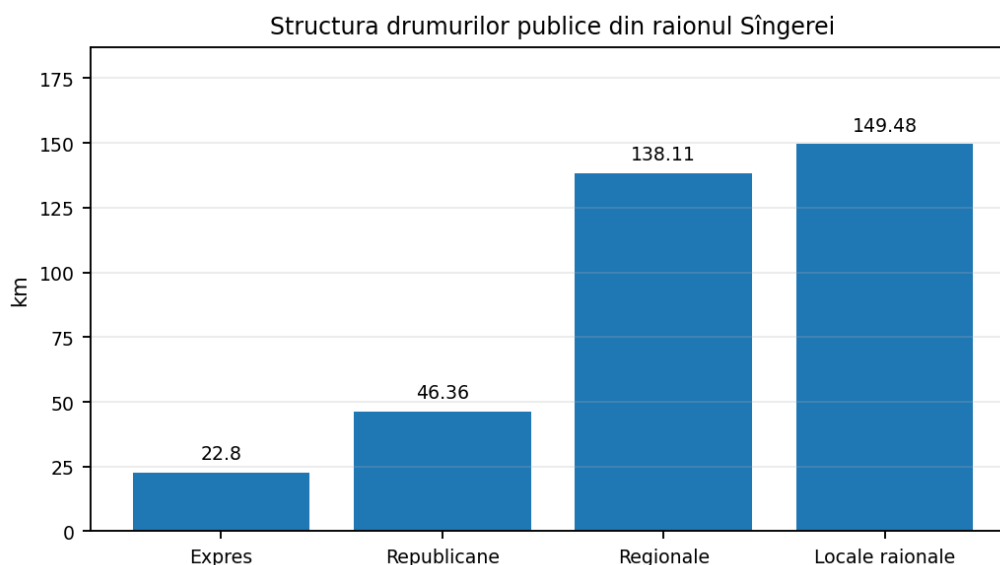
*Figura 11. Cererea zilnică orientativă de pasageri pe cele 5 rute*

## 2.6 Infrastructura rutieră, distanțe și implicații pentru transportul electric

Infrastructura rutieră rămâne o condiție esențială pentru fezabilitatea transportului electric. Strategia de dezvoltare socio-economică a raionului Sîngerei indică o lungime totală de 356,75 km de drumuri publice naționale și locale care traversează raionul, inclusiv 22,8 km de drumuri expres, 46,36 km de drumuri republicane, 138,11 km de drumuri regionale și 149,48 km de drumuri publice locale de interes raional. Drumurile locale de interes raional sunt administrate de Consiliul Raional și au o importanță directă pentru funcționarea rutelor intercomunale.

Pentru vehiculele electrice, calitatea drumurilor influențează consumul kWh/km, uzura anvelopelor, confortul pasagerilor, viteza comercială și autonomia reală. Drumurile cu îmbrăcăminte asfaltică permit un consum mai stabil, în timp ce sectoarele degradate, din piatră spartă sau pământ profilat pot crește consumul, pot reduce viteza medie și pot impune rezerve suplimentare de autonomie.

În noul scenariu, rutele R2 și R5 sunt cele mai solicitante din punct de vedere al parcursului zilnic, având 192 km/zi, respectiv 210 km/zi. R1, R3 și R4 au solicitare medie, cu valori între 108 și 121 km/zi. Din acest motiv, dimensionarea vehiculelor trebuie să țină cont nu doar de distanța tur-retur, ci și de frecvența zilnică efectivă și de posibilitatea încărcării suplimentare la depou.



*Figura 12. Structura drumurilor publice care traversează raionul Sîngerei*

Sursa: Strategia de dezvoltare socio-economică a raionului Sîngerei 2021-2028; prelucrarea autorului.

**Tabelul 14.** Implicații tehnice ale distanțelor pentru flota electrică

| Rută | Km/zi estimat | Nivel de solicitare pentru vehicul electric | Recomandare preliminară                                                                                                              |
|------|---------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| R1   | 121 km/zi     | mediu                                       | Microbuz electric 20-30 locuri; încărcare la depou peste noapte; itinerar mixt cu întoarcere parțială la Biliceni Vechi.             |
| R2   | 192 km/zi     | ridicat                                     | Vehicul electric cu autonomie sporită; se recomandă verificarea ferestrelor pentru încărcare intermediară.                           |
| R3   | 108 km/zi     | mediu                                       | Microbuz electric 20-30 locuri; potrivit pentru operare cu încărcare nocturnă.                                                       |
| R4   | 112 km/zi     | mediu                                       | Microbuz electric compact; rută potrivită pentru etapa-pilot și monitorizarea consumului real.                                       |
| R5   | 210 km/zi     | ridicat                                     | Vehicul electric cu baterie mai mare sau încărcare suplimentară la depou între curse; rută prioritară pentru verificarea autonomiei. |

## 2.7 Concluzii ale Capitolului 2

Analiza profilului raionului Sîngerei confirmă că proiectul de transport public electric trebuie tratat ca proiect raional de conectare rural-urbană, nu doar ca inițiativă de modernizare tehnologică. Orașul Sîngerei este centrul natural de operare și conectare, iar cele cinci rute propuse acoperă localități relevante pentru navetă, acces la servicii publice, educație, comerț și conexiuni administrative.

Populația unică a localităților deservite direct de cele cinci rute, fără dublarea localităților comune și fără orașul Sîngerei, este estimată la circa 17.674 locuitori. Dacă se include orașul Sîngerei ca punct principal de origine/destinație, aria directă de influență ajunge la aproximativ 27.628 locuitori. Aceste valori justifică analiza aprofundată a unui serviciu etapizat de transport electric și confirmă necesitatea validării datelor prin sondaje și consultări locale.

Scenariul operațional actualizat generează un kilometraj total de aproximativ 743 km/zi și 222.900 km/an. Aceste valori vor fi utilizate în capitolele următoare pentru dimensionarea flotei, calculul consumului de energie electrică, necesarul de stații de încărcare, capacitatea PV/BESS și analiza

economică. Pentru rutele R2 și R5, frecvența ridicată impune atenție specială la autonomia vehiculelor, ferestrele de încărcare și rezerva pentru sezonul rece.

Pentru etapa următoare se recomandă validarea printr-un studiu scurt de trafic și pasageri pe 5-7 zile, completat cu măsurarea GIS exactă a distanțelor, identificarea stațiilor existente, verificarea stării drumurilor, confirmarea punctelor de întoarcere și consultări cu APL-urile de pe trasee. Aceste acțiuni vor reduce incertitudinea în calculul tehnico-economic și vor permite selectarea unei configurații realiste pentru flota electrică și infrastructura de încărcare.

*Tabelul 15. Sinteza concluziilor tehnice pentru Capitolul 2*

| Element analizat                                 | Rezultat preliminar                | Utilizare în capitolele următoare                                                     |
|--------------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Populație raion RPL 2024                         | 55.933 locuitori                   | Bază pentru calculul impactului social și al acoperirii teritoriale.                  |
| Populație unică deservită, inclusiv or. Sîngerei | circa 27.628 locuitori             | Justifică implementarea etapizată a serviciului pe rute operaționale.                 |
| Rute analizate                                   | 5 rute operaționale prioritare     | Vor fi utilizate în capitolele tehnice și economice pentru dimensionarea serviciului. |
| Kilometraj zilnic total                          | circa 743 km/zi                    | Bază pentru calculul energiei electrice și al costurilor de operare.                  |
| Kilometraj anual                                 | circa 222.900 km/an                | Bază pentru TCO, emisii evitate și dimensionarea mentenanței.                         |
| Rute cu solicitare ridicată                      | R2 și R5                           | Necesită analiză de autonomie, încărcare și tip vehicul.                              |
| Infrastructură rutieră                           | 356,75 km drumuri publice în raion | Bază pentru evaluarea compatibilității rutelor cu vehicule electrice.                 |

*Sursa: prelucrarea autorului pe baza datelor transmise de beneficiar, RPL 2024 și Strategia raională.*

### 3 SITUAȚIA ACTUALĂ A TRANSPORTULUI PUBLIC RAIONAL

Prezentul capitol descrie situația actuală a serviciilor de transport public raional în raport cu obiectivul general al proiectului de modernizare și ecologizare a mobilității în raionul Sîngerei. Analiza este construită în baza Notei Conceptuale transmise de Consiliul Raional Sîngerei, a datelor statistice privind populația localităților, a Strategiei de dezvoltare socio-economică a raionului Sîngerei, a hărții localităților și a celor patru coridoare propuse pentru analiză. Capitolul are rolul de a fixa linia de bază operațională: rutele existente/analizate, tipurile de vehicule, fluxurile de pasageri, costurile curente și principalele probleme care justifică trecerea la transport electric.

Conform Notei Conceptuale, infrastructura actuală de transport public din raion este dependentă de combustibili fosili, iar studiul trebuie să analizeze fezabilitatea achiziționării de autobuze/microbuze electrice pentru rutele inter-comunale cheie, precum și amplasarea strategică a stațiilor de încărcare. În această etapă a studiului, datele privind vehiculele, consumurile și fluxurile de pasageri sunt tratate ca valori de lucru, deoarece urmează a fi confirmate prin chestionarea operatorilor, prin observații în teren și prin consultări cu APL-urile de pe trasee.

Tabelul 16. Date de bază utilizate pentru analiza situației actuale a transportului public

| Indicator                                                    | Valoare / descriere                                                                            | Observație pentru studiu                                                                 |
|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| Document de proiect                                          | Nota Conceptuală privind modernizarea și ecologizarea transportului public în raionul Sîngerei | Definește direcțiile de analiză: vehicule electrice, stații de încărcare și integrare PV |
| Zona de analiză                                              | Raionul Sîngerei, cu accent pe 4 coridoare inter-comunale                                      | Rutele au fost indicate de beneficiar în documentul privind harta localităților          |
| Stație de încărcare propusă pentru operare de bază           | Gara Auto Sîngerei                                                                             | Locație propusă de beneficiar pentru încărcarea vehiculelor pe timpul nopții             |
| Stație de încărcare existentă menționată în Nota Conceptuală | Stație rapidă privată de 125 kW în orașul Sîngerei                                             | Confirmă fezabilitatea tehnică inițială a încărcării electrice în oraș                   |
| Regim propus de operare pentru analiza inițială              | 2 curse dus-întors/zi pe fiecare rută: dimineața și seara                                      | Ipoteză de lucru pentru calculul kilometrilor, energiei și vehiculelor                   |
| Tipuri de vehicule actuale                                   | Microbuze și autobuze mici, 10-15 ani vechime, benzină și motorină                             | Valori asumate responsabil; se vor valida cu operatorii de transport                     |

#### 3.1 Rutele actuale și serviciile existente

Rețeaua actuală de transport inter-comunal analizată pornește din orașul Sîngerei, care funcționează ca centru administrativ și principal punct de acces la servicii publice raionale. În lipsa unui serviciu public raional unificat de mobilitate, deservirea localităților se realizează preponderent prin operatori privați, microbuze și autobuze mici care circulă după grafice limitate sau în funcție de cererea curentă. Pentru studiul de fezabilitate, analiza se concentrează pe patru coridoare propuse de beneficiar, considerate relevante pentru etapa-pilot de transport electric.

Cele patru rute analizate acoperă localități cu rol diferit în sistemul raional de mobilitate: sate apropiate de centrul raional, localități cu populație relativ numeroasă, localități aflate pe direcții rurale cu acces mai dificil și coridorul strategic spre Bălți/Biruința/Alexandreni. Rutele au fost tratate ca trasee funcționale cu plecare/sosire la Gara Auto Sîngerei, deoarece beneficiarul a indicat această locație ca punct principal de încărcare pe timp de noapte și ca nod operațional pentru viitorul sistem electric.

Tabelul 17. Rutele inter-comunale actuale/analizate și localitățile beneficiare

| Cod   | Traseu solicitat de beneficiar                             | Frecvență zilnică                                               | Distanță tur-retur | Parcurs zilnic | Observație                                                  |
|-------|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------|----------------|-------------------------------------------------------------|
| R1    | Coada Iazului - Bilicenii Vechi - Sîngerei                 | 3 curse până la Coada Iazului + 2 curse până la Bilicenii Vechi | 27 km / 20 km      | 121 km/zi      | rută mixtă, cu capăt variabil                               |
| R2    | Ciuciuieni - Iezărenii Vechi - Vrancești - Sîngerei        | 6 curse/zi                                                      | 32 km              | 192 km/zi      | frecvență ridicată, necesită vehicul dedicat                |
| R3    | Cozăști - Brejeni - Sîngerei                               | 3 curse/zi                                                      | 36 km              | 108 km/zi      | rută scurtă-medie, cerere de validat                        |
| R4    | Petrovca - Copăcenii - Grigorașca - Sîngerei               | 4 curse/zi                                                      | 28 km              | 112 km/zi      | compatibilă cu minibuz electric compact                     |
| R5    | Prepeștea - Mihailovca - Copăcenii - Grigorașca - Sîngerei | 6 curse/zi                                                      | 35 km              | 210 km/zi      | cel mai mare parcurs zilnic, necesită încărcare planificată |
| Total | 5 rute operaționale                                        | -                                                               | -                  | 743 km/zi      | bază nouă de calcul pentru capitolele 5-11                  |

Sursa: Harta raionului și localitățile; distanțe estimative de planificare, de verificat prin GIS/Google Maps

Din punct de vedere operațional, o cursă dus-întors dimineața și una seara reprezintă un regim minim realist pentru localitățile rurale care au nevoie de acces către Sîngerei pentru muncă, educație, servicii medicale, servicii administrative și piață. Acest regim nu substituie integral transportul ocazional sau transportul privat, dar creează o coloană vertebrală de mobilitate predictibilă.

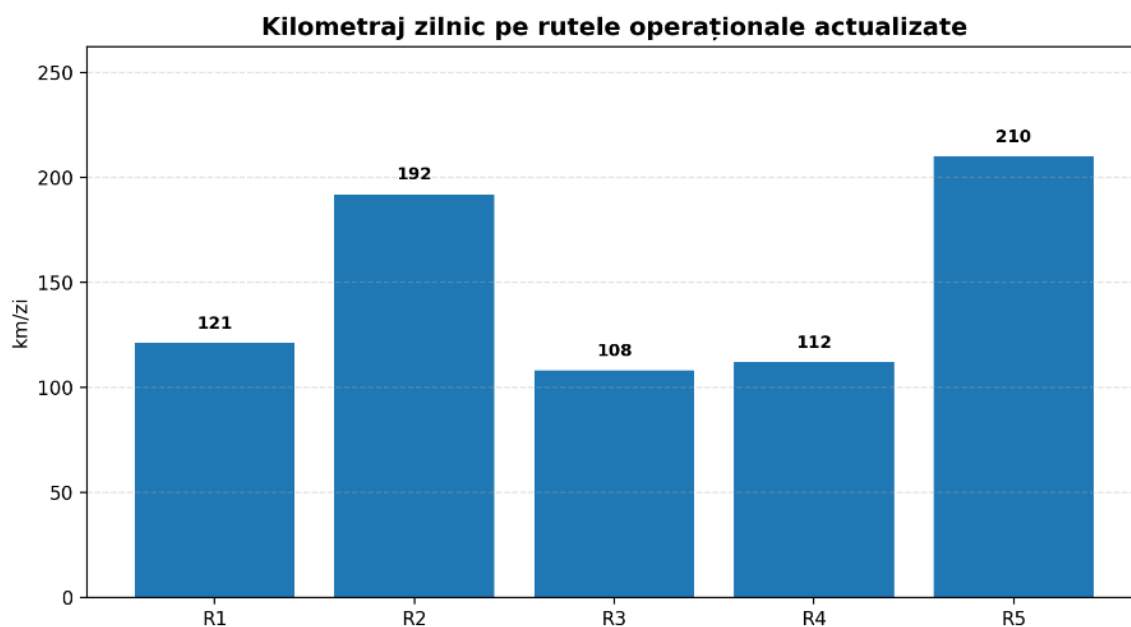


Figura 13. Kilometraj zilnic estimativ pe rutele actuale analizate

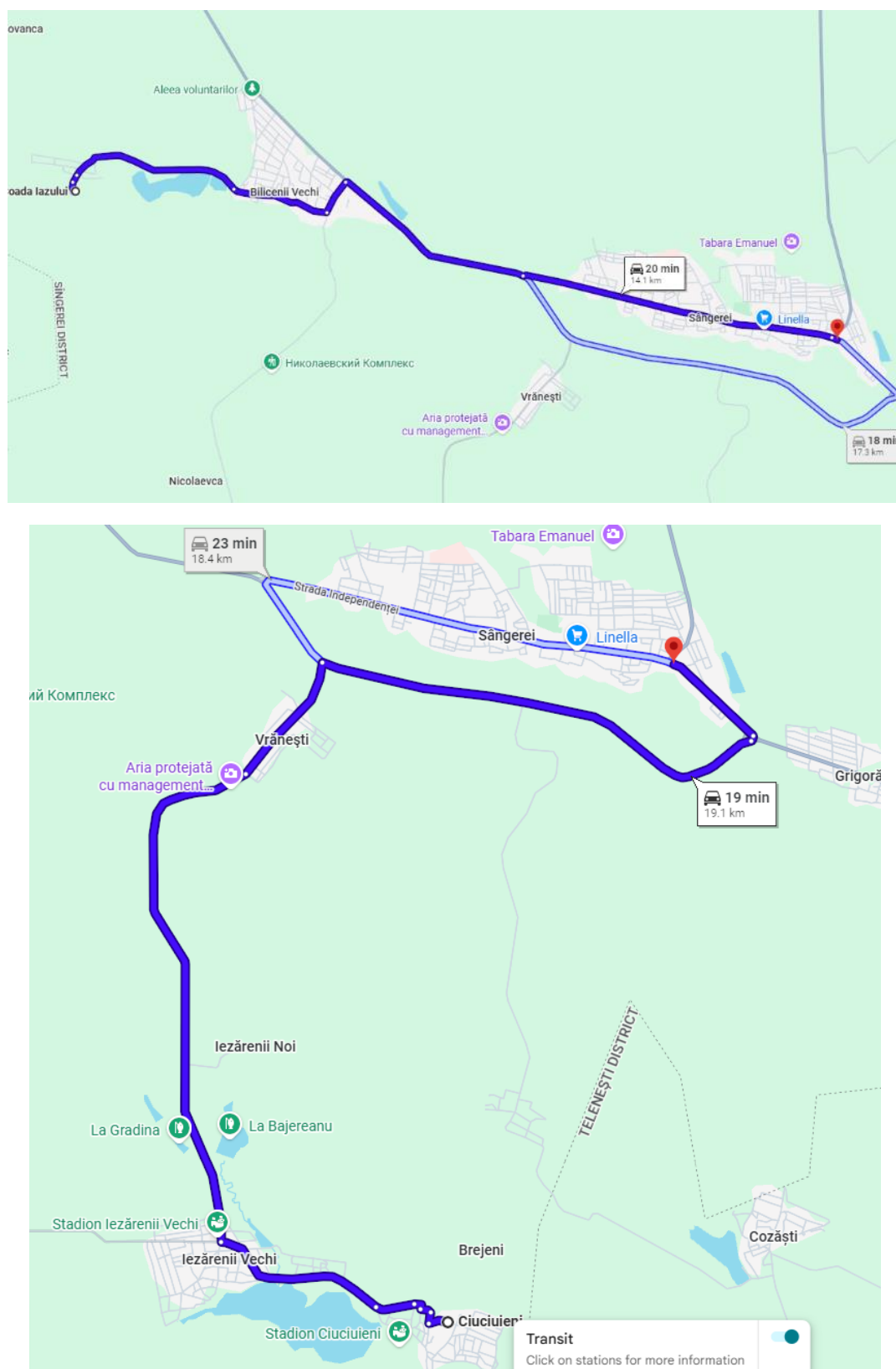
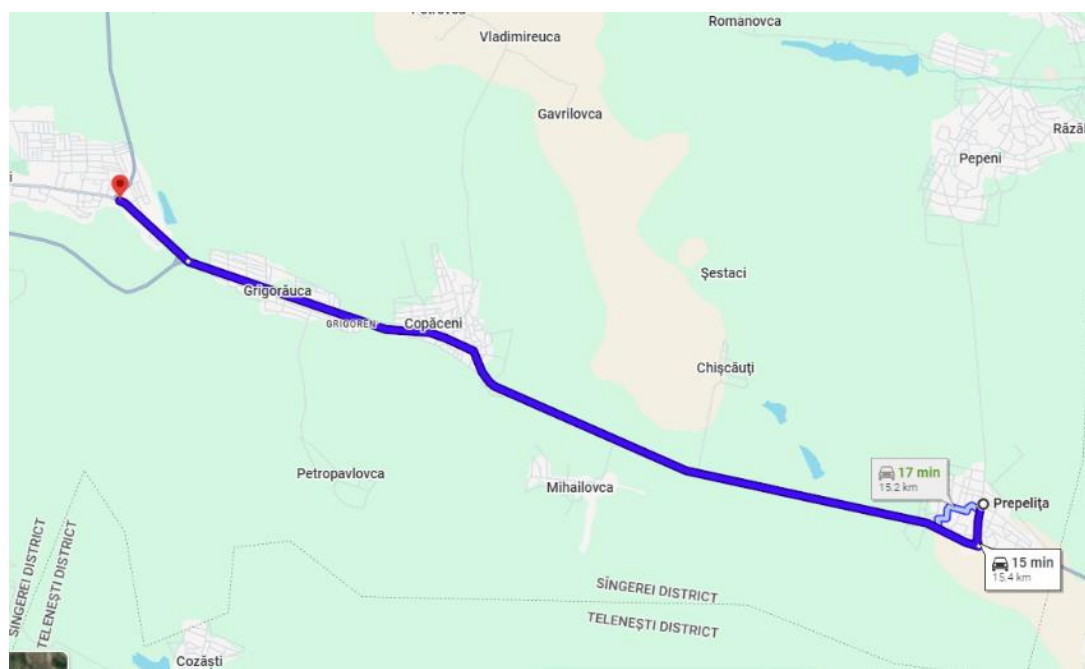


Figura 14. Harta rutelor actuale și a punctului de plecare/sosire la Gara Auto Sîngerei



Notă explicativă: Deoarece la moment nu este încă o gară auto dedicată la Sîngerei, se va considera punctul de pornire centrul orașului unde la moment se opresc 3 rute raionale.

Pentru o analiză mai apropiată de realitatea operațională, fiecare coridor a fost descris separat. Această abordare permite evaluarea diferențiată a lungimii, a cererii, a stării probabile a drumurilor și a necesarului de vehicul. În etapa de proiect tehnic, pentru fiecare traseu vor fi confirmate stațiile exacte, punctele de întoarcere, timpii de parcurs și posibilitatea de respectare a graficului dimineața/seara.

### 3.1.1 Profil operațional preliminar R5: Sîngerei - Grigorăuca - Copăceni - Prepețița

Ruta R1 are o lungime estimativă într-o direcție de 23.5 km și un tur-retur de 47.0 km. În regimul minim propus cu două curse dus-întors pe zi vehiculul alocat ar parcurge aproximativ 94 km/zi și 28 200 km/an calculat pentru 300 zile de operare. Localitățile beneficiare sunt: Grigorăuca Copăceni Prepețița.

Coridor de conectare a localităților Grigorăuca, Copăceni și Prepețița la centrul raional, relevant pentru acces la servicii publice, educație, piață și conexiuni ulterioare. În situația actuală, serviciul este asigurat prin vehicule convenționale de capacitate mică sau medie, ceea ce limitează confortul și predictibilitatea. Pentru transport electric, traseul trebuie analizat împreună cu autonomia vehiculului, posibilitatea încărcării nocturne la Gara Auto Sîngerei și eventualele rezerve pentru temperaturi scăzute sau devieri operaționale.

Tabelul 18. Fișa operațională preliminară a rutei R5

| Parametru               | Valoare de lucru      | Implicație tehnică                       |
|-------------------------|-----------------------|------------------------------------------|
| Lungime într-o direcție | 23.5 km               | Determină autonomia minimă necesară      |
| Regim zilnic propus     | 2 curse dus-întors/zi | O cursă dimineața și una seara           |
| Kilometraj zilnic       | 94 km/zi              | Bază pentru calculul consumului electric |

|                             |                                                                          |                                     |
|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| Pasageri actuali estimați   | 75 persoane/zi                                                           | Bază pentru veniturile actuale      |
| Pasageri potențiali         | 110 persoane/zi                                                          | Bază pentru scenariul optimizat     |
| Tip vehicul actual/probabil | microbuz 17-19 locuri                                                    | Se compară cu alternativa electrică |
| Starea drumului             | preponderent regional/local; necesită verificare a porțiunilor pietruite | Necesită verificare în teren        |

*Sursa: Calcule preliminare pe baza hărții rutelor și ipotezelor de operare*



Figura 15. Imagine reprezentativă a traseului și stării drumului pe ruta R1

### 3.1.2 Profil operațional preliminar R2: Sîngerei - Rădoia – Drăgănești (propunere de autor)

Ruta R2 are o lungime estimativă într-o direcție de 20.5 km și un tur-retur de 41.0 km. În regimul minim propus cu două curse dus-întors pe zi vehiculul alocat ar parcurge aproximativ 82 km/zi și 24 600 km/an calculat pentru 300 zile de operare. Localitățile beneficiare sunt: Rădoia Drăgănești.

Coridor rural cu intrare prin Rădoia, important pentru localități cu populație compactă și necesitate de acces zilnic spre centrul raional. În situația actuală, serviciul este asigurat prin vehicule convenționale de capacitate mică sau medie, ceea ce limitează confortul și predictibilitatea. Pentru transport electric, traseul trebuie analizat împreună cu autonomia vehiculului, posibilitatea încărcării nocturne la Gara Auto Sîngerei și eventualele rezerve pentru temperaturi scăzute sau devieri operaționale.

Tabelul 19. Fișa operațională preliminară a rutei R2

| Parametru                 | Valoare de lucru      | Implicație tehnică                       |
|---------------------------|-----------------------|------------------------------------------|
| Lungime într-o direcție   | 20.5 km               | Determină autonomia minimă necesară      |
| Regim zilnic propus       | 2 curse dus-întors/zi | O cursă dimineața și una seara           |
| Kilometraj zilnic         | 82 km/zi              | Bază pentru calculul consumului electric |
| Pasageri actuali estimați | 70 persoane/zi        | Bază pentru veniturile actuale           |
| Pasageri potențiali       | 100 persoane/zi       | Bază pentru scenariul optimizat          |

|                             |                                                                      |                                     |
|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| Tip vehicul actual/probabil | microbuz 16-20 locuri                                                | Se compară cu alternativa electrică |
| Starea drumului             | drumuri locale și regionale, cu sectoare vulnerabile în sezonul rece | Necesită verificare în teren        |

*Sursa: Calcule preliminare pe baza hărții rutelor și ipotezelor de operare*



Figura 16. Imagine reprezentativă a traseului și stării drumului pe ruta R2



Figura 17. Infrastructura stații de așteptare în sate

### 3.1.3 Profil operațional preliminar: Sîngerei - Bilicenii Vechi - Chișcăreni – Dumbrăvița (propunere de autor)

Ruta R3 are o lungime estimativă într-o direcție de 42.0 km și un tur-retur de 84.0 km. În regimul minim propus cu două curse dus-întors pe zi vehiculul alocat ar parcurge aproximativ 168 km/zi și 50 400 km/an calculat pentru 300 zile de operare. Localitățile beneficiare sunt: Bilicenii Vechi Chișcăreni Dumbrăvița.

Coridor mai lung spre Bilicenii Vechi, Chișcăreni și Dumbrăvița, cu potențial ridicat de pasageri datorită localităților cu populație mare și distanței față de centru. În situația actuală, serviciul este asigurat prin vehicule convenționale de capacitate mică sau medie, ceea ce limitează confortul și predictibilitatea. Pentru transport electric, traseul trebuie analizat împreună cu autonomia vehiculului, posibilitatea încărcării nocturne la Gara Auto Sîngerei și eventualele rezerve pentru temperaturi scăzute sau devieri operaționale.

Tabelul 20. Fișa operațională preliminară a rutei R3

| Parametru                   | Valoare de lucru                                                           | Implicație tehnică                       |
|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| Lungime într-o direcție     | 42.0 km                                                                    | Determină autonomia minimă necesară      |
| Regim zilnic propus         | 2 curse dus-întors/zi                                                      | O cursă dimineața și una seara           |
| Kilometraj zilnic           | 168 km/zi                                                                  | Bază pentru calculul consumului electric |
| Pasageri actuali estimați   | 105 persoane/zi                                                            | Bază pentru veniturile actuale           |
| Pasageri potențiali         | 150 persoane/zi                                                            | Bază pentru scenariul optimizat          |
| Tip vehicul actual/probabil | autobuz mic 22-30 locuri                                                   | Se compară cu alternativa electrică      |
| Starea drumului             | coridor mai lung; necesită vehicul cu autonomie ridicată și program stabil | Necesită verificare în teren             |

*Sursa: Calcule preliminare pe baza hărții rutelor și ipotezelor de operare*



Figura 18. Imagine reprezentativă a traseului și stării drumului pe ruta R3

### 3.1.4 Profil operațional preliminar R4: Sîngerei - Bilicenii Vechi - Bălți - Biruința – Alexăndreni (rută propunere de autor)

Ruta R4 are o lungime estimativă într-o direcție de 46.0 km și un tur-retur de 92.0 km. În regimul minim propus cu două curse dus-întors pe zi vehiculul alocat ar parcurge aproximativ 184 km/zi și 55 200 km/an calculat pentru 300 zile de operare. Localitățile beneficiare sunt: Bilicenii Vechi Bălți Biruința Alexăndreni.

Coridor strategic care conectează Sîngerei cu Bilicenii Vechi, Bălți, Biruința și Alexăndreni, având rol regional și potențial de cerere mai ridicat. În situația actuală, serviciul este asigurat prin vehicule

convenționale de capacitate mică sau medie, ceea ce limitează confortul și predictibilitatea. Pentru transport electric, traseul trebuie analizat împreună cu autonomia vehiculului, posibilitatea încărcării nocturne la Gara Auto Sîngerei și eventualele rezerve pentru temperaturi scăzute sau devieri operaționale.

Tabelul 21. Fișa operațională preliminară a rutei R4

| Parametru                   | Valoare de lucru                                                      | Implicație tehnică                       |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| Lungime într-o direcție     | 46.0 km                                                               | Determină autonomia minimă necesară      |
| Regim zilnic propus         | 2 curse dus-întors/zi                                                 | O cursă dimineața și una seara           |
| Kilometraj zilnic           | 184 km/zi                                                             | Bază pentru calculul consumului electric |
| Pasageri actuali estimați   | 120 persoane/zi                                                       | Bază pentru veniturile actuale           |
| Pasageri potențiali         | 170 persoane/zi                                                       | Bază pentru scenariul optimizat          |
| Tip vehicul actual/probabil | autobuz mic/mediu 25-35 locuri                                        | Se compară cu alternativa electrică      |
| Starea drumului             | coridor strategic spre Bălți/Biruința/Alexândreni; trafic mai ridicat | Necesită verificare în teren             |

*Sursa: Calcule preliminare pe baza hărții rutelor și ipotezelor de operare*



Figura 19. Imagine reprezentativă a traseului și stării drumului pe ruta R4

Analiza preliminară indică un kilometraj zilnic total de aproximativ 528 km pentru cele patru rute, în cazul operării fiecărei rute cu două curse dus-întors pe zi. Pe baza a 300 zile de operare anuală, rezultă un volum anual de aproximativ 158 400 km. Acest nivel de parcurs este suficient de mare pentru a justifica analiza economică a transportului electric, deoarece economiile de combustibil și mentenanță devin relevante pe durata de viață a vehiculelor.

### 3.2 Parcul actual de vehicule

Parcul actual utilizat pe rutele inter-comunale analizate este format, în principal, din microbuze și autobuze mici cu vechime estimată de 10-15 ani. În lipsa unui registru centralizat complet transmis pentru toate rutele, studiul utilizează o structură de parc auto de lucru, bazată pe specificul transportului rural din Republica Moldova: vehicule cu capacitate redusă sau medie, preponderent diesel, cu unele unități pe benzină, exploatate intensiv, cu dotări limitate pentru confort, siguranță și accesibilitate.

Vehiculele actuale sunt adecvate doar parțial cerințelor moderne de mobilitate publică. Acestea pot asigura deplasarea de bază a populației, însă nivelul de confort, predictibilitatea serviciului, accesul persoanelor cu mobilitate redusă și performanța energetică sunt limitate. În plus, vehiculele vechi generează costuri ridicate de mentenanță, consumuri mai mari de combustibil și emisii semnificative de gaze cu efect de seră și poluanți locali.

Tabelul 22. Structura estimativă a parcului auto actual utilizat pe rutele analizate

| Vehicul | Rută    | Tip vehicul           | Capacitate, locuri | An fabricație | Vechime, ani | Combustibil | Consum, l/100 km | Statut                                |
|---------|---------|-----------------------|--------------------|---------------|--------------|-------------|------------------|---------------------------------------|
| V1      | R1      | Microbuz intercomunal | 18                 | 2012          | 14           | motorină    | 13.5             | activ, stare tehnică medie            |
| V2      | R2      | Microbuz intercomunal | 18                 | 2013          | 13           | motorină    | 14.0             | activ, uzură ridicată la suspensie    |
| V3      | R3      | Autobuz mic           | 26                 | 2011          | 15           | motorină    | 18.5             | activ, necesită reparații frecvente   |
| V4      | R4      | Autobuz mic/mediu     | 30                 | 2010          | 16           | motorină    | 22.0             | activ, consum ridicat                 |
| V5      | rezervă | Microbuz              | 16                 | 2014          | 12           | benzină     | 15.0             | rezervă, utilizare ocazională         |
| V6      | rezervă | Microbuz              | 18                 | 2011          | 15           | motorină    | 15.5             | rezervă, stare tehnică satisfăcătoare |

*Sursa: Ipoteze de lucru pe baza informației beneficiarului privind microbuze/autobuze mici de 10-15 ani; valori de validat prin chestionarea operatorilor*

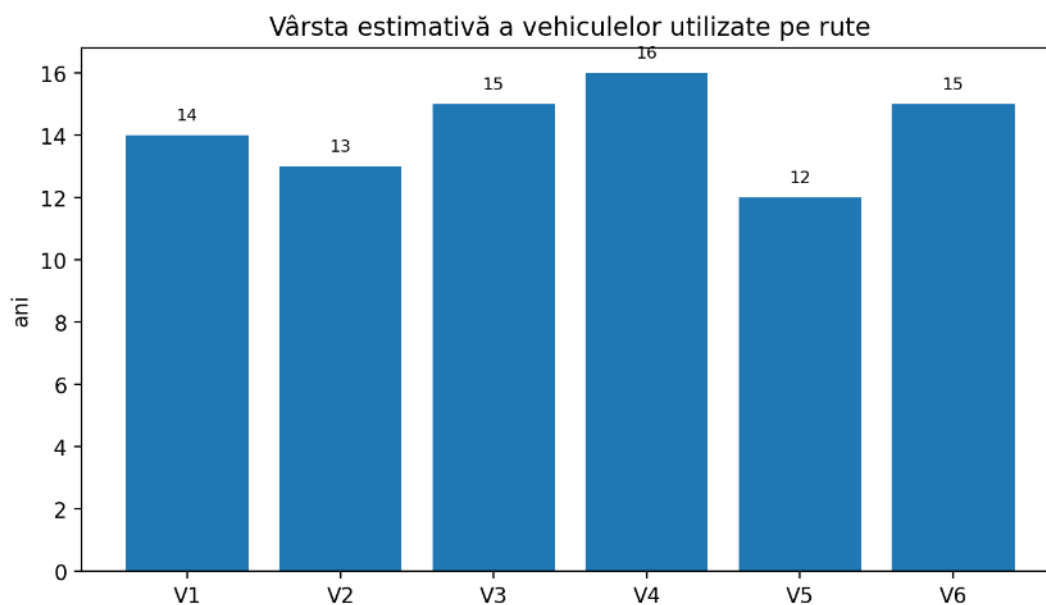


Figura 20. Vârsta estimativă a vehiculelor utilizate pe rutele analizate (calcul teoretic)



Figura 21. Exemple de vehicule existente utilizate pe rutele raionale (rută în așteptare în centru)

Pentru calculele preliminare s-a considerat că fiecare din cele patru rute este deservită de câte un vehicul activ, iar două vehicule suplimentare sunt utilizate ca rezervă operațională sau pentru acoperirea perioadelor de vârf. Această ipoteză este minimă și trebuie revizuită în funcție de frecvența finală, numărul de curse, durata de încărcare și posibilitatea efectuării mai multor rute cu același vehicul electric într-o zi.

Tabelul 23. Indicatori tehnici preliminari ai parcului actual

| Indicator                                 | Valoare estimată | Comentariu                                           |
|-------------------------------------------|------------------|------------------------------------------------------|
| Număr vehicule active pe rutele analizate | 4 unități        | 1 vehicul pentru fiecare rută                        |
| Vehicule de rezervă / suport              | 2 unități        | Utilizare ocazională, înlocuire în caz de defecțiuni |

|                                                |                              |                                                             |
|------------------------------------------------|------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Vechime medie estimată                         | 14.2 ani                     | Flotă în prag de înlocuire tehnologică                      |
| Consum mediu ponderat al vehiculelor active    | 18.1 l/100 km                | Calculat după kilometrajul anual estimat                    |
| Capacitate medie vehicule active               | 23 locuri                    | Adecvată pentru microtransport, dar limitată la ore de vârf |
| Accesibilitate pentru persoane cu dizabilități | foarte redusă / neconfirmată | Se recomandă vehicule noi cu podea joasă sau rampă          |

*Sursa: Calculele consultantului; date de validat prin inspecție tehnică și chestionar operatori*

Pe lângă vârsta vehiculelor, un criteriu esențial pentru evaluarea situației existente este disponibilitatea tehnică. Vehiculele vechi tind să aibă perioade mai dese de indisponibilitate, iar rutele rurale sunt afectate imediat atunci când unul dintre microbuze intră în reparație. Pentru un serviciu public previzibil, parcul electric propus trebuie să includă nu doar vehicule active, ci și cel puțin o unitate de rezervă, un plan de mentenanță și un stoc minim de consumabile și piese critice.

Tabelul 24. Probleme tehnice frecvente ale vehiculelor convenționale vechi

| Componentă / aspect            | Problemă frecventă                            | Efect asupra serviciului                          | Relevanță pentru soluția electrică                                    |
|--------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| Motor și sistem de alimentare  | Consum ridicat, pornire dificilă iarna, fum   | Întârzieri, costuri mari, disconfort              | Motor electric cu randament ridicat și pornire stabilă                |
| Sistem de frânare și suspensie | Uzură accelerată pe drumuri locale            | Costuri de reparație și risc de indisponibilitate | Necesită selecția vehiculelor cu suspensie adaptată drumurilor rurale |
| Caroserie și salon             | Uzură, izolație fonică redusă, confort scăzut | Atractivitate redusă pentru pasageri              | Vehicule noi cu confort și accesibilitate sporită                     |
| Accesibilitate                 | Trepte înalte, lipsă rampă, lipsă spațiu PMR  | Excluderea persoanelor cu mobilitate redusă       | Cerință obligatorie pentru vehicule noi                               |
| Sistem electric auxiliar       | Defecțiuni la iluminat, încălzire, ventilație | Calitate redusă a serviciului                     | Monitorizare digitală și mentenanță predictibilă                      |

*Sursa: Ipoteze bazate pe caracteristicile flotelor rurale vechi; de validat prin inspecție tehnică*



Figura 22. O rută în așteptare de pasageri în centru (locul fostei gări)

Pentru validarea capitolului tehnic se recomandă colectarea pașapoartelor tehnice ale vehiculelor, verificarea kilometrilor parcurși anual, a consumului real pe ultimii doi ani și a cheltuielilor efective de reparații. Aceste date vor permite ajustarea analizei TCO și compararea corectă cu vehiculele electrice. În cazul în care operatorii nu pot furniza date complete, se recomandă cel puțin completarea unei fișe de inspecție vizuală pentru fiecare vehicul activ.

Tabelul 25. Fișă minimă de verificare a vehiculelor existente

| Element verificat           | Date necesare                            | Utilizare în studiu                            |
|-----------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------------|
| Certificat de înmatriculare | An, model, combustibil, masă, capacitate | Confirmarea vârstei și capacității vehiculului |
| Consum combustibil          | Litri/100 km sau litri/lună              | Calculul costurilor și emisiilor actuale       |
| Kilometraj anual            | Km/an pe rută                            | Dimensionarea alternativelor electrice         |
| Reparații și mentenanță     | Lei/an și tipuri de defecțiuni           | Calcul OPEX actual                             |
| Stare accesibilitate        | Trepte, rampă, bare, loc PMR             | Cerințe pentru vehicule noi                    |
| Disponibilitate             | Zile de indisponibilitate/an             | Necesitatea vehiculului de rezervă             |

Sursa: Format recomandat pentru colectarea datelor de la operatorii actuali

### 3.3 Analiza rutelor și traseelor propuse de APL Raional Sîngerei

#### Rute intercomunale propuse și scenarii de cerere

Cererea de mobilitate a fost recalibrată pe baza noului număr de curse și a distanțelor transmise de beneficiar. În lipsa unor numărători reale de pasageri pe fiecare rută, valorile din prezentul

capitol trebuie interpretate ca estimări de planificare, utilizate pentru dimensionarea preliminară a flotei și a infrastructurii. Ele trebuie validate printr-un studiu rapid de pasageri înainte de lansarea achizițiilor.

Pentru a evita supraestimarea, cererea zilnică a fost calculată pornind de la o încărcare moderată pe cursă tur-retur. Rutele cu frecvență mai mare, R2 și R5, au fost tratate ca rute cu potențial mai ridicat, dar și cu risc mai mare de subutilizare dacă orarul nu este corelat cu necesitățile reale ale populației.

Tabelul 26. **Cererea preliminară de pasageri pe rutele actualizate**

| Rută  | Traseu principal                                            | Curse tur-retur/zi    | Pasageri medii/cursă | Pasageri/zi estimați | Pasageri/an estimați |
|-------|-------------------------------------------------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| R1    | Cooda Iazului - Bilicenii Vechi - Sîngerei                  | 5                     | 18.0                 | 90                   | 27 000               |
| R2    | Ciuciuieni - Iezărenii Vechi - Vrancești - Sîngerei         | 6                     | 22.0                 | 132                  | 39 600               |
| R3    | Cozăști - Brejeni - Sîngerei                                | 3                     | 20.0                 | 60                   | 18 000               |
| R4    | Petrovca - Copăcenii - Grigorăuca - Sîngerei                | 4                     | 22.0                 | 88                   | 26 400               |
| R5    | Prepelești - Mihailovca - Copăcenii - Grigorăuca - Sîngerei | 6                     | 25.0                 | 150                  | 45 000               |
| Total | 5 rute prioritare                                           | 24 curse tur-retur/zi | -                    | 520                  | 156 000              |

Sursa: estimări de planificare pe baza frecvențelor solicitate; de validat prin numărători de pasageri.

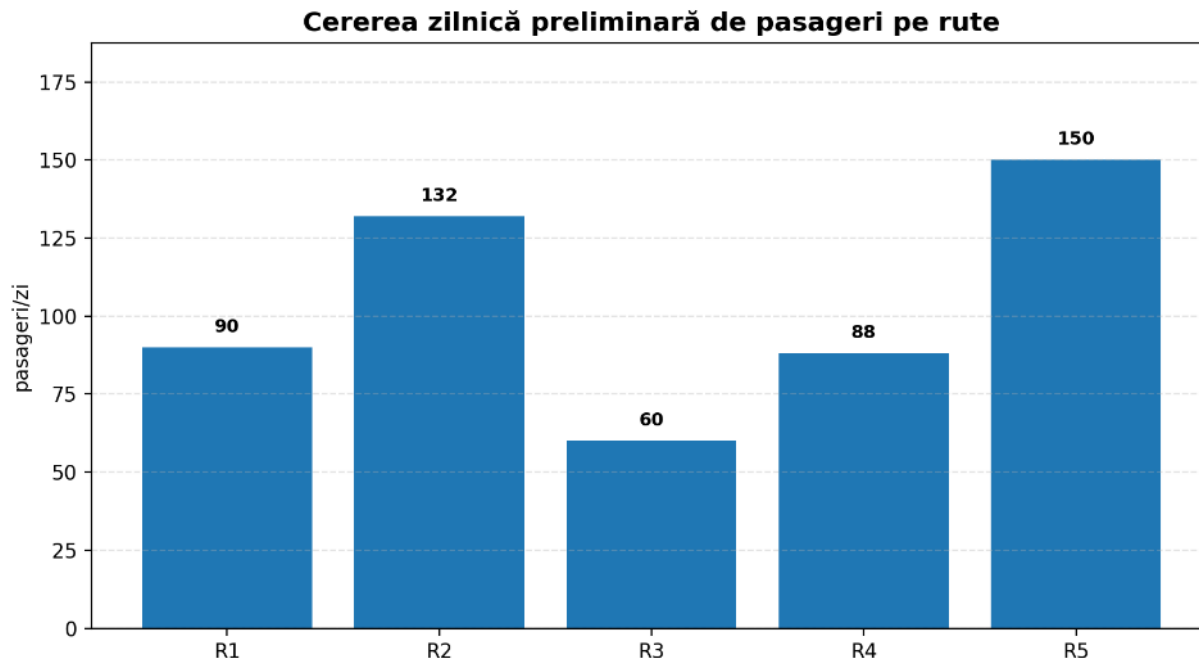


Figura 23. **Cererea zilnică preliminară de pasageri pe rute**

Sursa: estimări de planificare; valorile vor fi validate în etapa de pregătire tehnică.

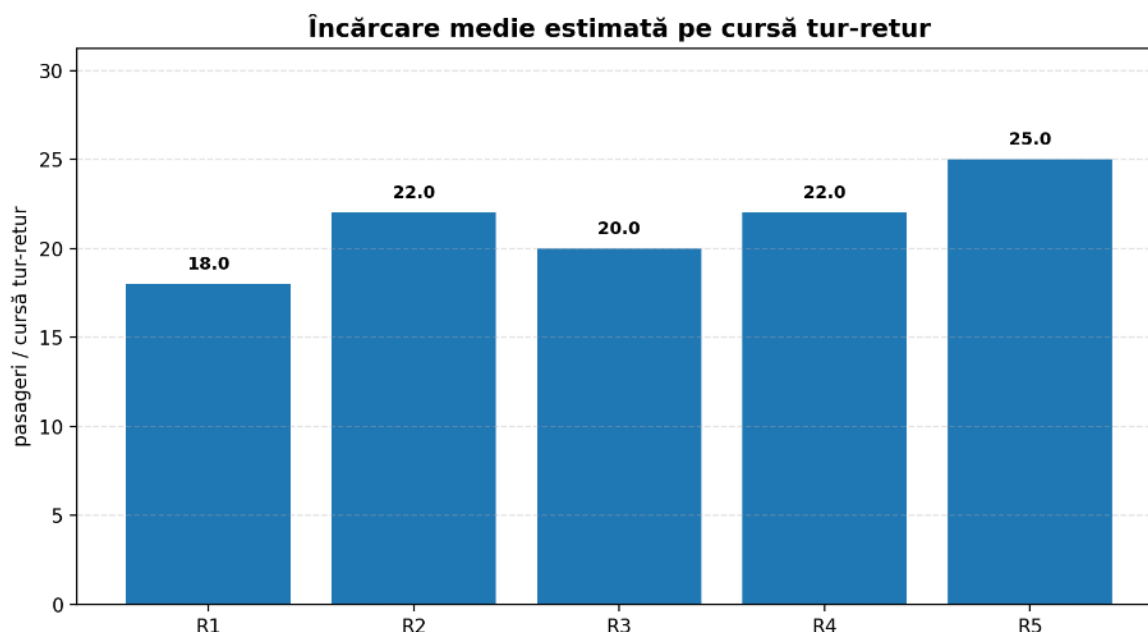


Figura 24. **Încărcarea medie estimată pe cursă tur-retur**

Sursa: calcul propriu: pasageri/zi împărțiți la numărul de curse tur-retur/zi.

Tabelul 27. **Situația datelor demografice disponibile pentru noile rute**

| Rută | Localități pentru care există date directe în anexă | Populație disponibilă în anexă         | Date de validat                                             |
|------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| R1   | Biliceni Vechi                                      | 2 122                                  | Coadă Iazului - verificare apartenență UAT/populație locală |
| R2   | Ciuciuieni, Iezărenii Vechi                         | 1 970                                  | Vrănești - populație și puncte de oprire                    |
| R3   | -                                                   | date insuficiente în anexa disponibilă | Cozăști și Brejeni - populație locală, UAT, cerere reală    |
| R4   | Copăceni, Grigorăuca                                | 3 326                                  | Petrovca - populație locală și stații                       |
| R5   | Prepeleța, Copăceni, Grigorăuca                     | 5 424                                  | Mihailovca - populație locală și stații                     |

Sursa: Anexa populație RPL 2024 disponibilă pentru unele UAT; localitățile fără date în anexă se vor valida cu APL.

Tabelul anterior arată că pentru unele localități există date demografice directe la nivel de UAT, iar pentru alte sate este necesară verificarea separată. Această limitare nu împiedică analiza de fezabilitate, dar trebuie menționată explicit și tratată ca acțiune obligatorie înainte de proiectarea finală.

### 3.4 Program de operare și necesarul preliminar de flotă

Noul program de operare este mai intens decât scenariul inițial cu două curse dus-întors pe zi. În total, sunt propuse 24 curse tur-retur pe zi pe cele cinci rute. Din acest motiv, scenariul minim realist presupune câte un vehicul activ pe fiecare rută și un vehicul suplimentar de rezervă, utilizabil pentru mentenanță, avarii, vârfuri de cerere sau rotații speciale.

În faza de proiectare, programul zilnic trebuie construit astfel încât cursele de dimineață să permită sosirea în Sîngerei înainte de începutul programului de lucru, școlar sau administrativ, iar cursele de după-amiază/seară să permită întoarcerea în localități. Pentru R2 și R5, unde sunt prevăzute

șase curse pe zi, este necesară verificarea timpului real de parcurs și a pauzelor de încărcare/operationale.

Tabelul 28. **Program operațional actualizat și parcurs anual pe rute**

| Rută  | Curse tur-retur/zi | Km/zi | Km/an   | Tip vehicul recomandat                | Observație operațională                                     |
|-------|--------------------|-------|---------|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| R1    | 5                  | 121   | 36 300  | minibus electric 20-25 locuri         | rută mixtă, cu capăt variabil                               |
| R2    | 6                  | 192   | 57 600  | minibus/midibus electric 25-35 locuri | frecvență ridicată, necesită vehicul dedicat                |
| R3    | 3                  | 108   | 32 400  | minibus electric 20-25 locuri         | rută scurtă-medie, cerere de validat                        |
| R4    | 4                  | 112   | 33 600  | minibus electric 20-25 locuri         | compatibilă cu minibus electric compact                     |
| R5    | 6                  | 210   | 63 000  | minibus/midibus electric 25-35 locuri | cel mai mare parcurs zilnic, necesită încărcare planificată |
| Total | 24                 | 743   | 222 900 | 5 active + 1 rezervă                  | configurație minimă pentru operare zilnică                  |

Sursa: solicitarea beneficiarului; calcule proprii la 300 zile/an.

Tabelul 29. **Necesar preliminar de flotă pe scenarii**

| Scenariu              | Descriere                                       | Vehicule active | Rezervă | Total flotă | Utilizare recomandată                  |
|-----------------------|-------------------------------------------------|-----------------|---------|-------------|----------------------------------------|
| S1 - minim pilot      | operare inițială pe 3 rute cu cerere mai sigură | 3               | 1       | 4           | testare, date reale, ajustare orar     |
| S2 - bază recomandată | toate cele 5 rute solicitate de beneficiar      | 5               | 1       | 6           | scenariul de bază pentru SF actualizat |
| S3 - extins           | 5 rute + suplimentări urbane/ore de vârf        | 6-7             | 1-2     | 7-9         | după validarea cererii și finanțării   |

Sursa: estimare preliminară; numărul final depinde de orar, autonomie, ofertă tehnică și cererea validată.

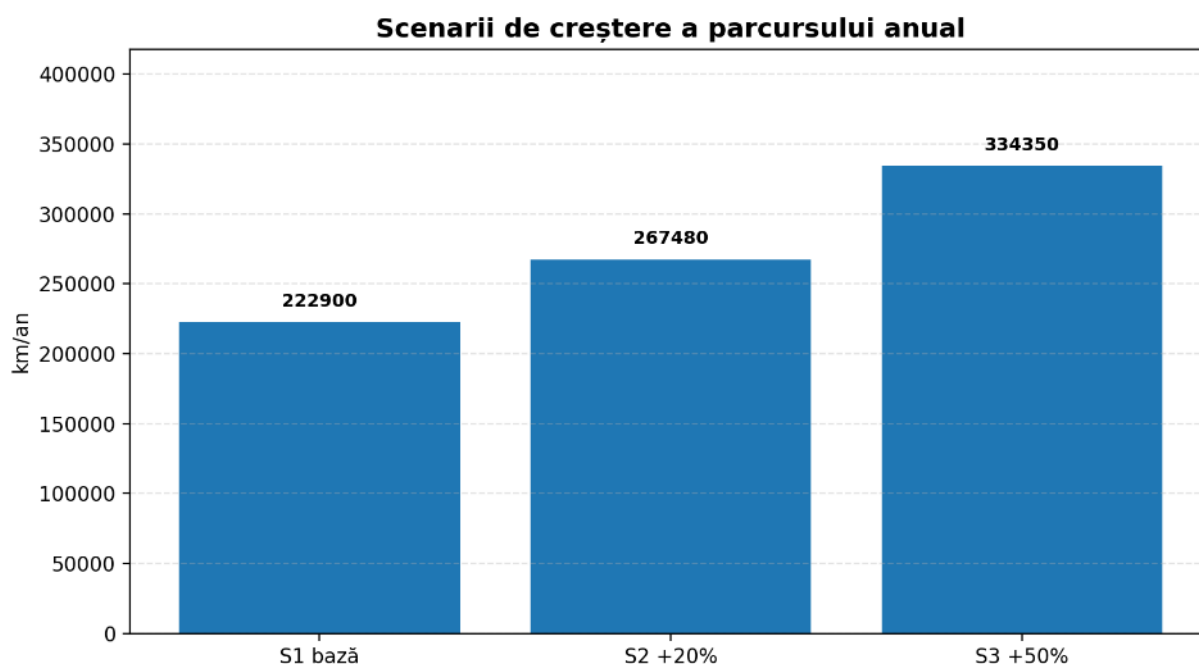


Figura 25. **Scenarii de creștere a parcursului anual al serviciului**

Sursa: calcule proprii: S1 - baza actualizată, S2 - creștere moderată, S3 - extindere graduală.

Parcursul anual de 222.900 km/an devine noua bază pentru capitolele ulterioare. Dacă serviciul va fi extins către rute urbane locale sau vor fi introduse curse suplimentare la ore de vârf, infrastructura de încărcare trebuie proiectată cu posibilitate de extindere.

### 3.5 Compararea vehiculelor convenționale cu vehiculele electrice

Pentru comparație, situația actuală a fost aproximată prin vehicule convenționale de tip microbuz sau autobuz mic, cu consumuri diferențiate în funcție de lungimea rutei, frecvență și profilul de exploatare. În scenariul electric, rutele R1, R3 și R4 pot fi deservite cu minibuze electrice compacte, iar R2 și R5 necesită vehicule cu autonomie și disponibilitate operațională mai ridicată.

Consumul specific electric utilizat în acest capitol este o valoare de lucru pentru faza de fezabilitate și include o rezervă rezonabilă pentru opriri, variații de sarcină și condiții sezoniere. Valorile finale se vor actualiza după selectarea modelelor concrete de vehicule și confirmarea consumului garantat de producător.

Tabelul 30. **Comparație tehnică între vehicule convenționale și vehicule electrice**

| Tip vehicul / rută                    | Utilizare recomandată             | Consum convențional de referință | Consum EV de lucru | Observație                                               |
|---------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|--------------------|----------------------------------------------------------|
| Microbuz diesel vechi                 | rute scurte/medii                 | 14-15 l/100 km                   | -                  | referință pentru situația actuală                        |
| Minibus electric 20-25 locuri         | R1, R3, R4                        | -                                | 0,40-0,42 kWh/km   | potrivit pentru rute scurte și frecvență moderată        |
| Minibus/midibus electric 25-35 locuri | R2, R5                            | -                                | 0,50 kWh/km        | necesar pentru frecvență ridicată și parcurs zilnic mare |
| Vehicul de rezervă                    | înlocuire temporară pe orice rută | -                                | 0,40-0,50 kWh/km   | trebuie să fie compatibil cu                             |

|  |  |  |  |                          |
|--|--|--|--|--------------------------|
|  |  |  |  | majoritatea<br>traseelor |
|--|--|--|--|--------------------------|

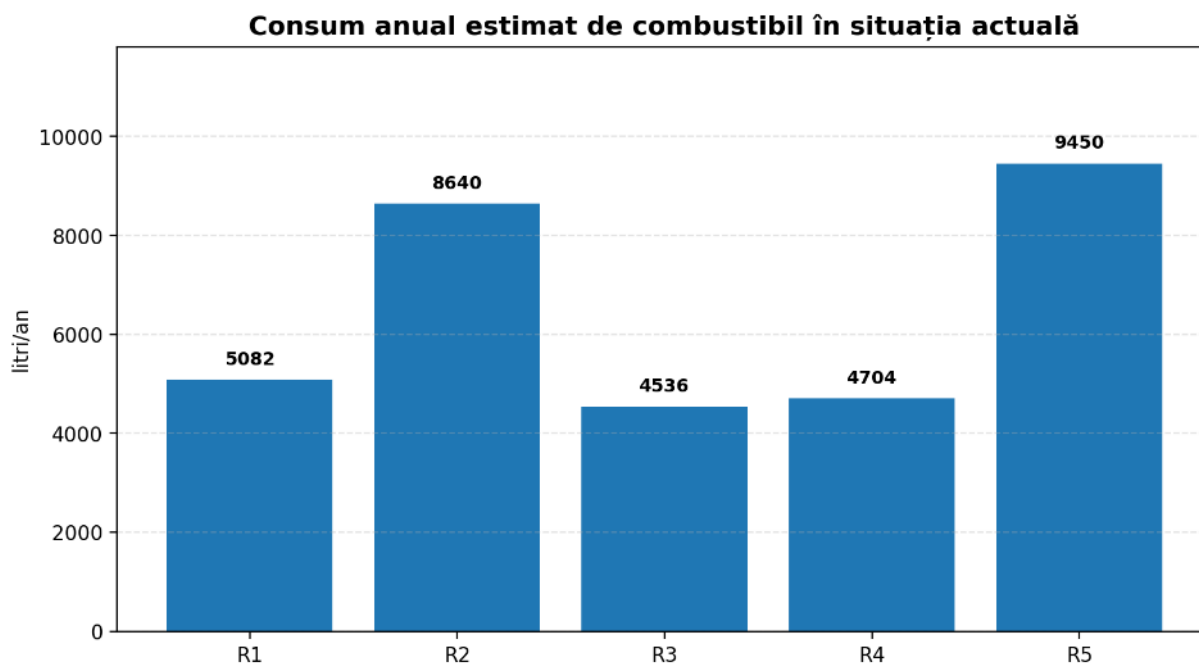
Sursa: ipoteze de planificare și date tehnice orientative pentru vehicule electrice de capacitate mică/medie.

Sursa: imagine/fotografie de inserat de beneficiar în versiunea finală.

**Tabelul 31. Calcul comparativ al consumului anual de combustibil și energie electrică**

| Rută  | Km/an   | l/100 km<br>referință | Combustibil,<br>litri/an | kWh/km<br>EV | Energie<br>EV,<br>MWh/an | Energie<br>cu rezervă<br>15%,<br>MWh/an |
|-------|---------|-----------------------|--------------------------|--------------|--------------------------|-----------------------------------------|
| R1    | 36 300  | 14                    | 5082                     | 0.40         | 14.5                     | 16.7                                    |
| R2    | 57 600  | 15                    | 8640                     | 0.50         | 28.8                     | 33.1                                    |
| R3    | 32 400  | 14                    | 4536                     | 0.42         | 13.6                     | 15.6                                    |
| R4    | 33 600  | 14                    | 4704                     | 0.40         | 13.4                     | 15.5                                    |
| R5    | 63 000  | 15                    | 9450                     | 0.50         | 31.5                     | 36.2                                    |
| Total | 222 900 | -                     | 32412                    | -            | 101.9                    | 117.1                                   |

Sursa: calcule proprii; valorile se vor actualiza după confirmarea vehiculelor și măsurarea traseelor.



**Figura 26. Consum anual estimat de combustibil în situația actuală**

Sursa: calcule proprii pe baza parcursului anual și a consumurilor convenționale de referință.

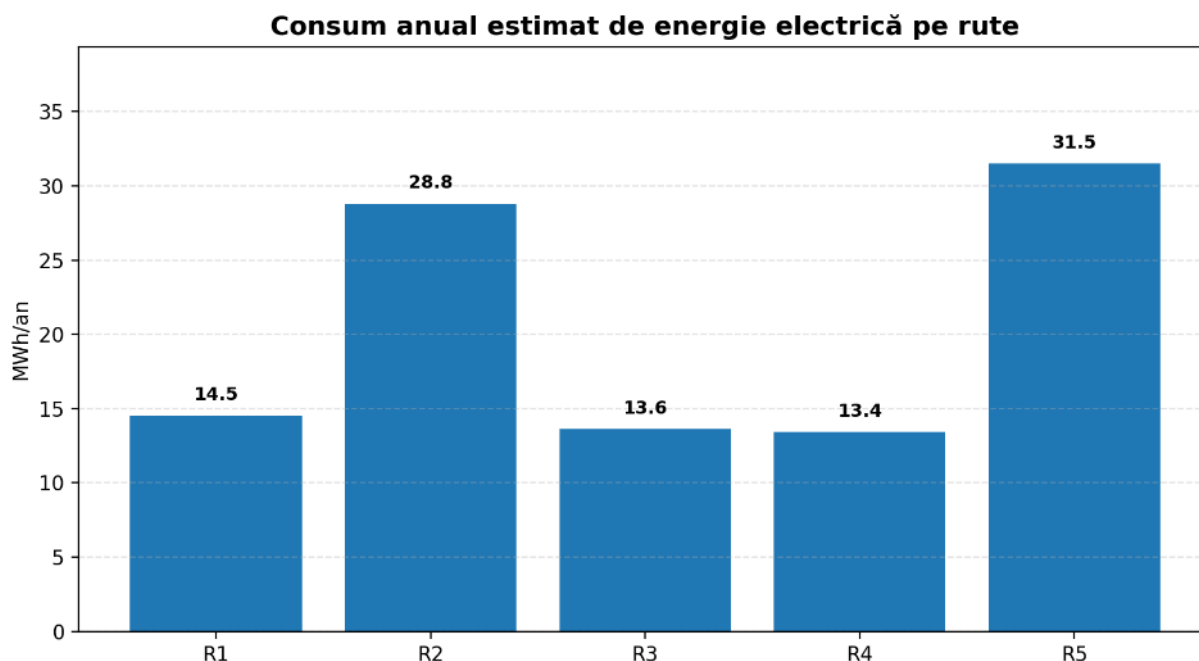


Figura 27. **Consum anual estimat de energie electrică în scenariul EV**

Sursa: calcule proprii pe baza parcursului anual și a consumurilor specifice kWh/km.

### 3.6 Analiza costurilor operaționale, emisiilor și eficienței pe termen mediu

Analiza preliminară a costurilor operaționale arată că, deși noul scenariu are un parcurs anual mai ridicat, costul total de exploatare în varianta electrică rămâne semnificativ mai redus decât în situația convențională. Aceasta se explică prin eficiența energetică a vehiculelor electrice, posibilitatea de utilizare a energiei PV și costurile de mentenanță mai mici.

Tabelul 32. **Ipoteze financiare și tehnice pentru calculul OPEX și emisiilor**

| Parametru                          | Valoare utilizată              | Comentariu                                                          |
|------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| Preț combustibil                   | 33 lei/litru                   | valoare de planificare, de actualizat la data depunerii proiectului |
| Cost mediu energie EV              | 2,08 lei/kWh                   | mix rețea + PV/BESS, valoare de lucru                               |
| Mentenanță convențională           | 4,5 lei/km                     | vehicule vechi/uzate, cost ridicat de exploatare                    |
| Mentenanță EV                      | 2,5 lei/km                     | ipoteză preliminară pentru minibus/midibus electric                 |
| Factor CO <sub>2</sub> combustibil | 2,68 kg CO <sub>2</sub> /litru | factor de calcul pentru motorină/combustibil lichid                 |
| Pondere energie din rețea          | 45%                            | ipoteză compatibilă cu 55% PV/BESS în scenariul recomandat          |

Sursa: ipoteze de planificare; valorile finale se vor actualiza cu tarife ANRE, oferte și date reale.

Tabelul 33.. **Costuri operaționale anuale: vehicule convenționale vs vehicule electrice**

| Rută  | OPEX convențional, lei/an | OPEX EV + PV/BESS, lei/an | Economie anuală, lei/an | Reducere OPEX |
|-------|---------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------|
| R1    | 331056                    | 120952                    | 210104                  | 63%           |
| R2    | 544320                    | 203904                    | 340416                  | 63%           |
| R3    | 295488                    | 109305                    | 186183                  | 63%           |
| R4    | 306432                    | 111955                    | 194477                  | 63%           |
| R5    | 595350                    | 223020                    | 372330                  | 63%           |
| Total | 2072646                   | 769135                    | 1303511                 | 63%           |

Sursa: calcule proprii pentru scenariul actualizat; nu include salarii, amortizare și administrare generală.

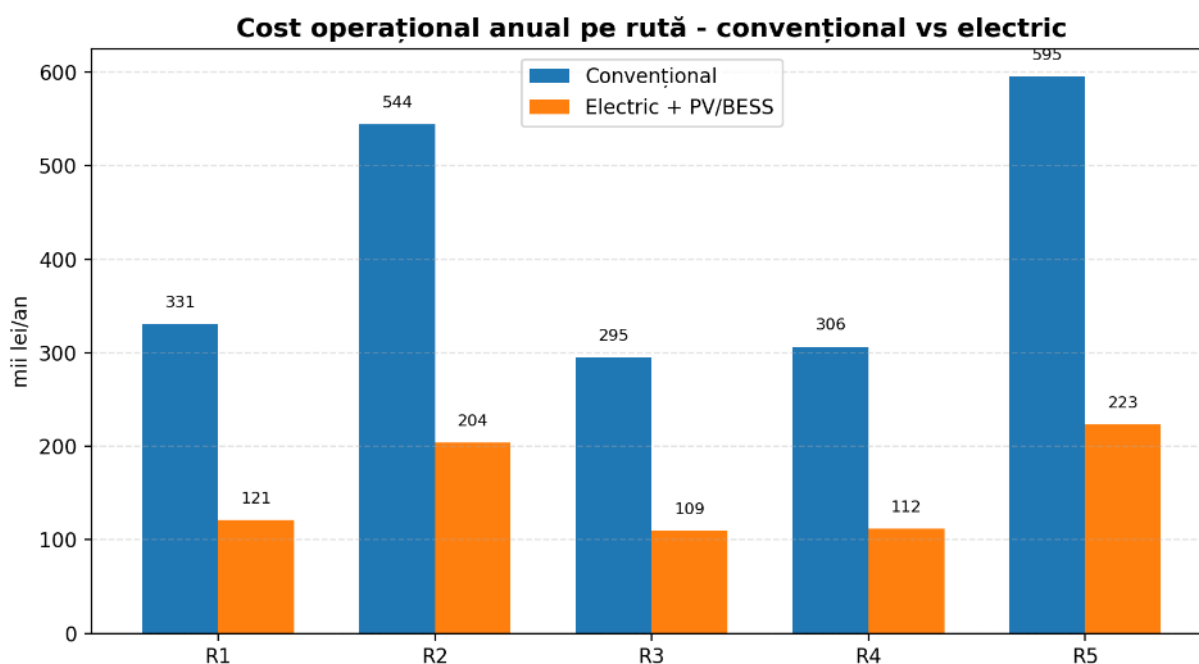


Figura 28. Cost operațional anual pe rută - convențional vs electric

Sursa: calcule proprii pe baza ipotezelor din Tabelul 4.10.

Tabelul 34. Reducerea estimată a emisiilor CO<sub>2</sub> în scenariul actualizat

| Rută  | CO <sub>2</sub> situația actuală, t/an | CO <sub>2</sub> EV + PV/BESS, t/an | Reducere estimată, t/an | Reducere relativă |
|-------|----------------------------------------|------------------------------------|-------------------------|-------------------|
| R1    | 13.6                                   | 2.3                                | 11.3                    | 83%               |
| R2    | 23.2                                   | 4.5                                | 18.6                    | 80%               |
| R3    | 12.2                                   | 2.1                                | 10.0                    | 82%               |
| R4    | 12.6                                   | 2.1                                | 10.5                    | 83%               |
| R5    | 25.3                                   | 5.0                                | 20.4                    | 80%               |
| Total | 86.9                                   | 16.0                               | 70.8                    | 82%               |

Sursa: calcule proprii; factorii de emisie sunt valori de planificare pentru faza de fezabilitate.

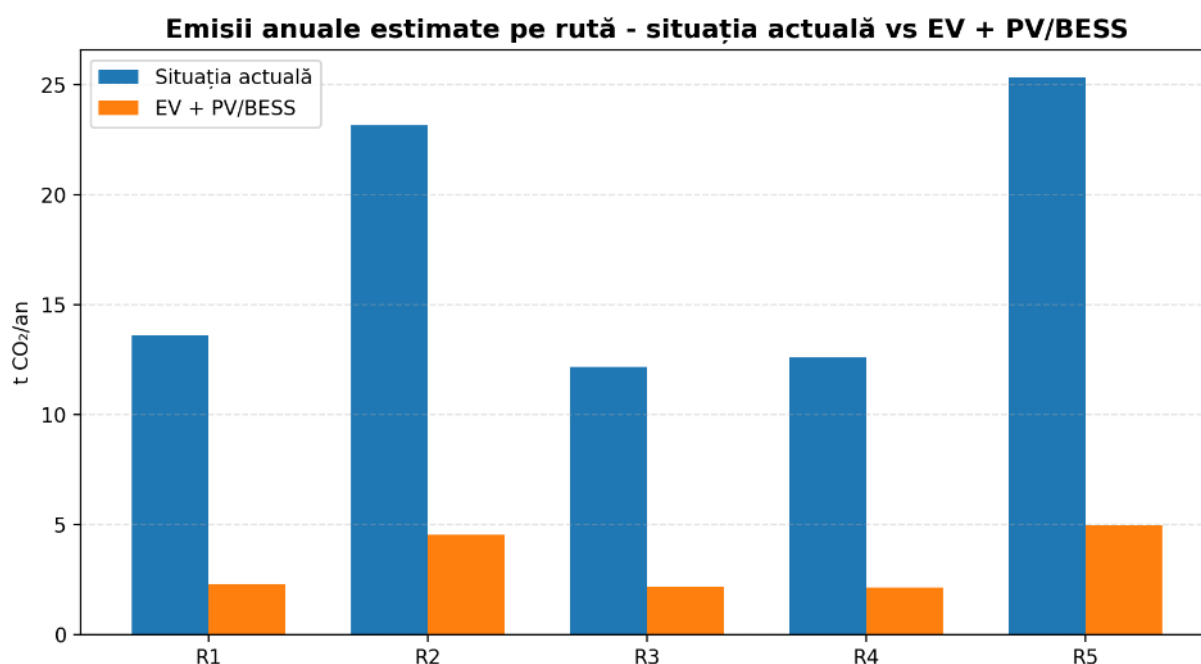


Figura 29. **Emisii anuale estimate pe rută - situația actuală vs scenariul electric**

Sursa: calcule proprii pe baza consumului de combustibil și a ponderii estimative PV/BESS.

Rezultatele confirmă că beneficiul major al electrificării nu este doar reducerea consumului de combustibil, ci și reducerea expunerii la volatilitatea prețurilor, diminuarea costurilor de mentenanță și crearea unui cadru de monitorizare a performanței pe fiecare rută.

Sursa: Estimări de lucru ale consultantului

În varianta de lucru, fluxul actual estimat este de aproximativ 370 pasageri/zi pe cele patru rute, ceea ce corespunde unui volum anual de circa 111 000 pasageri/an. Cererea potențială poate ajunge la aproximativ 530 pasageri/zi dacă serviciul devine predictibil, confortabil și accesibil tarifar. Diferența dintre fluxul actual și cel potențial reprezintă cerere latentă: persoane care astăzi utilizează transport informal, automobil personal, taxi ocazional sau renunță la deplasări din cauza lipsei unei opțiuni stabile.

Tabelul 35. Tipologia cererii de mobilitate pe rutele inter-comunale

| Categorie de utilizatori                                    | Pondere orientativă | Moment principal de deplasare | Relevanță pentru proiect                                |
|-------------------------------------------------------------|---------------------|-------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Elevi și studenți                                           | 20-25%              | dimineața/seara               | Necesită orar predictibil și tarife accesibile          |
| Angajați și navetiști                                       | 30-35%              | dimineața/seara               | Necesită punctualitate și conexiuni spre Sîngerei/Bălți |
| Persoane vârstnice                                          | 15-20%              | dimineața/prânz               | Necesită vehicule accesibile și opriri apropiate        |
| Persoane care accesează servicii medicale și administrative | 10-15%              | dimineața                     | Necesită stații în apropierea instituțiilor publice     |

|                                 |        |                                  |                                               |
|---------------------------------|--------|----------------------------------|-----------------------------------------------|
| Călătorii ocazionale/comerciale | 10-15% | zile de piață și zile lucrătoare | Crește necesitatea flexibilității programului |
|---------------------------------|--------|----------------------------------|-----------------------------------------------|

*Sursa: Estimare de lucru pe baza funcțiilor orașului Sîngerei și a profilului rural al raionului*

Pentru proiectarea transportului electric, cererea de pasageri trebuie corelată cu capacitatea vehiculului și cu frecvența curselor. Un microbuz electric de 16-22 locuri poate fi adecvat pentru rutele scurte și medii cu flux de 70-110 pasageri/zi, în timp ce un autobuz electric mic sau mediu de 25-35 locuri devine mai justificat pe rutele lungi și pe coridoarele cu potențial mai mare, cum ar fi direcția Dumbrăvița și direcția Alexandreni/Biruința/Bălți.



Figura 30. Vehicule Stații actuale de îmbarcare/debarcare locul actual de îmbarcare al rutelor existente



Figura 31. Vederea de sus, locul actual de îmbarcare și debarcare al pasagerilor

Autoritatea publică (Consiliul Raional și primăria) au în vedere o altă locație pentru Gara auto, aceasta se va afla

### 3.7 Costuri, tarife și sustenabilitatea serviciilor

Costurile actuale de operare sunt influențate în principal de consumul de combustibil, mentenanța vehiculelor vechi, costurile cu personalul, taxele de operare și reparațiile neplanificate. Transportul rural cu microbuze vechi este sensibil la fluctuațiile prețului motorinei și benzinei, iar orice creștere a costurilor se transmite fie în majorarea tarifelor, fie în reducerea frecvenței curselor. Această situație afectează în special localitățile rurale și categoriile vulnerabile de populație.

În absența unor date contabile detaliate de la operatorii existenți, studiul utilizează ipoteze tehnico-economice prudente: preț combustibil 24 lei/litru, consum mediu ponderat de aproximativ 18.1 l/100 km pentru vehiculele active și costuri de mentenanță cuprinse între 4,8 și 7,2 lei/km, în funcție de tipul vehiculului. Aceste valori trebuie verificate înainte de elaborarea analizei financiare finale, însă sunt suficiente pentru a construi o linie de bază realistă a costurilor actuale.

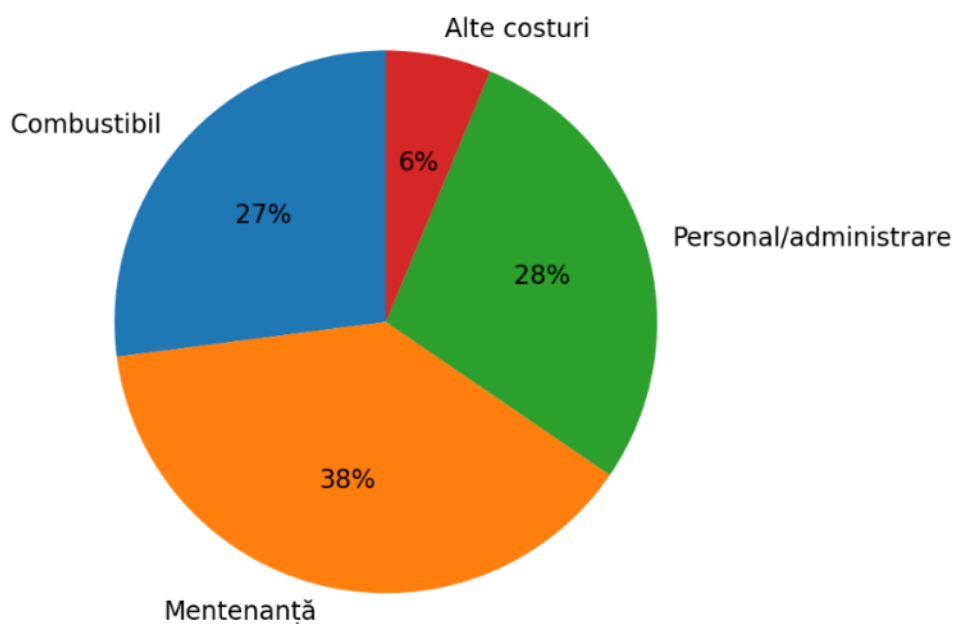


Figura 32. Structura orientativă a costurilor anuale de operare

Sursa: Ipoteze de lucru ale consultantului

Pe baza ipotezelor de lucru, consumul anual al vehiculelor active de pe cele patru rute este de aproximativ 28 719 litri/an, iar costul combustibilului se apropie de 689 256 lei/an. Costurile de mentenanță pentru vehiculele vechi pot depăși 978 480 lei/an. Aceste valori arată că transportul existent are o presiune operațională semnificativă și că electrificarea poate deveni relevantă dacă se asigură un parcurs anual suficient, încărcare la cost redus și mentenanță predictibilă.

Tabelul 36. Linia de bază financiară a serviciului actual de transport pe cele 4 rute

| Indicator                              | Valoare estimată    | Comentariu                                                  |
|----------------------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------|
| Km operaționali/an                     | 158 400 km/an       | 2 tur-retur/zi/rută, 300 zile/an                            |
| Pasageri actuali/an                    | 111 000 pasageri/an | Estimare de lucru                                           |
| Cost combustibil/an                    | 689 256 lei/an      | La 24 lei/litru                                             |
| Cost mentenanță/an                     | 978 480 lei/an      | Vehicule 10-15 ani, cu reparații frecvente                  |
| Cost total combustibil + mentenanță/km | 10.53 lei/km        | Nu include integral salarii, impozite, amortizare și profit |
| Tarif mediu de lucru                   | 12-18 lei/călătorie | Variază în funcție de distanță; de confirmat cu operatorii  |

Sursa: Calcule preliminare ale consultantului

Sustenabilitatea economică a serviciului actual este limitată de trei factori: număr relativ mic de pasageri pe unele rute, costuri variabile ridicate ale combustibilului și uzura flotei. Într-un model electric, costul energiei pe kilometru poate scădea, dar investiția inițială este mai mare și trebuie susținută prin granturi, cofinanțare publică sau mecanisme de achiziție etapizată. De aceea, linia de bază actuală este esențială pentru calculul diferenței de cost pe ciclul de viață între transportul convențional și transportul electric.

Stația de încărcare de bază propusă la Gara Auto Sîngerei modifică logica economică a serviciului. În modelul convențional, vehiculul depinde de alimentări repetate cu motorină/benzină și de fluctuația

prețurilor de piață. În modelul electric, o parte importantă a costului se mută către energia electrică achiziționată noaptea, mentenanța stațiilor de încărcare și, eventual, energia produsă local prin instalații fotovoltaice. Pentru Capitolul 6 al studiului se va analiza dacă încărcarea nocturnă poate fi combinată cu PV și sistem de stocare sau dacă energia PV va fi utilizată pentru compensarea consumului zilnic al nodului de transport.

Tabelul 37. Ipoteze tarifare și financiare pentru analiza situației actuale

| Indicator                                         | Valoare de lucru        | Comentariu                                                    |
|---------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Tarif mediu scurt/mediu                           | 12-15 lei/călătorie     | Rute apropiate de Sîngerei; de verificat cu operatorii        |
| Tarif mediu rută lungă                            | 18-25 lei/călătorie     | Rute spre Dumbrăvița/Alexăndreni/Bălți; de verificat          |
| Venit anual estimativ din bilete                  | 1,8-2,5 milioane lei/an | Depinde de pasageri, distanță și tariful mediu                |
| Subvenție publică actuală                         | neconfirmată            | Date de solicitat de la Consiliul Raional/APL                 |
| Nivel de suport necesar pentru transport electric | de calculat             | Depinde de CAPEX, finanțare nerambursabilă și costul energiei |

*Sursa: Ipoteze preliminare; tarifele finale vor fi colectate de la operatori și APL*

În studiul final, sustenabilitatea serviciului va fi evaluată nu doar prin profitabilitatea strictă, ci și prin valoarea socială a mobilității. Pentru localitățile rurale, două curse pe zi pot genera beneficii indirecte importante: acces la muncă, educație, servicii publice, servicii medicale și piață. Aceste beneficii justifică utilizarea unor mecanisme mixte de finanțare: venituri din bilete, contribuții publice, granturi pentru investiția inițială și reducerea costurilor prin încărcare electrică optimizată.

### 3.8 Probleme identificate

Analiza situației existente confirmă existența unor probleme structurale ale transportului public raional. Acestea țin atât de partea tehnică, cât și de partea socială și financiară. Principala problemă este dependența de vehicule convenționale vechi, care funcționează pe motorină și benzină, au consumuri ridicate, generează emisii și necesită reparații frecvente. În plus, serviciul nu este suficient de predictibil și nu acoperă întotdeauna nevoile persoanelor din localitățile rurale.

Strategia raională evidențiază faptul că raionul dispune de o infrastructură de transport diversificată și ramificată, dar menționează și reabilitarea insuficientă a drumurilor regionale și locale, precum și lipsa mijloacelor de transport adecvate și a căilor speciale de acces pentru persoanele cu handicap. Aceste constatări sunt relevante pentru proiectul de mobilitate electrică, deoarece un serviciu modern trebuie să combine vehicule eficiente energetic cu accesibilitate, siguranță și drumuri adecvate pentru operare regulată.

Tabelul 38. Problemele principale ale transportului public actual și implicațiile pentru proiect

| Problemă identificată | Manifestare în situația actuală                                 | Implicație pentru transport electric                           |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Vehicule vechi        | Microbuze și autobuze mici de 10-15 ani, uzură tehnică ridicată | Necesitatea înlocuirii cu vehicule electrice noi sau etapizate |

|                                   |                                                                  |                                                                       |
|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| Consum ridicat de combustibil     | Consum mediu ponderat estimat 18.1 l/100 km                      | Economii potențiale prin utilizarea energiei electrice și PV          |
| Costuri mari de mentenanță        | Reparații frecvente, piese uzate, indisponibilitate operațională | Mentenanță predictibilă, garanții și service specializat              |
| Accesibilitate redusă             | Vehicule fără rampă/podea joasă, stații neamenajate              | Cerință pentru vehicule accesibile și stații modernizate              |
| Frecvență limitată                | Serviciu minim sau variabil în funcție de cerere                 | Model propus: 2 tur-retur/zi/rută, cu posibilitate de extindere       |
| Emisii și zgomot                  | Motorină/benzină, emisii locale și zgomot în localități          | Reducere directă prin vehicule electrice                              |
| Dependență de combustibili fosili | Costuri sensibile la prețul motorinei                            | Încărcare electrică la Gara Auto și integrare PV în etapele următoare |

Sursa: Strategia raională; Nota Conceptuală; estimările consultantului

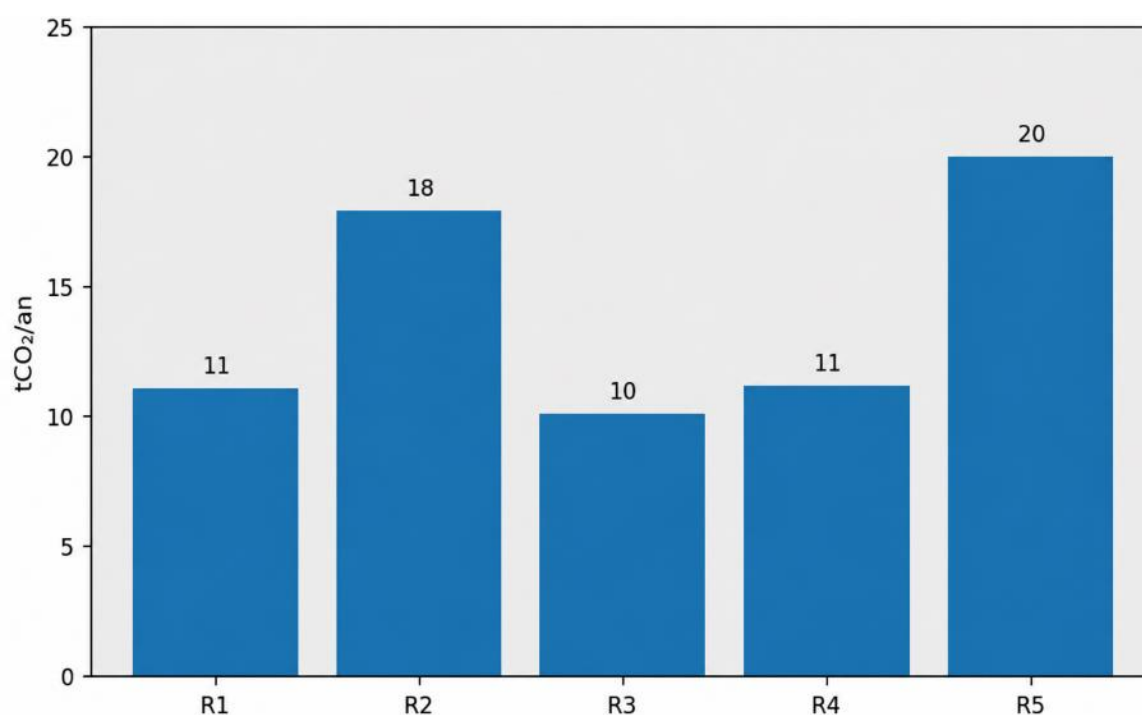


Figura 33. Emisii CO<sub>2</sub> estimate pe rutele analizate în situația actuală

Sursa: Calcule preliminare ale consultantului; factor de emisie orientativ 2,68 kg CO<sub>2</sub>/litru



Figura 34. Starea drumurilor existente pe coridoarele analizate

Din punct de vedere al infrastructurii de încărcare, soluția propusă de beneficiar este ca vehiculele să fie încărcate noaptea la locația Gării Auto din Sîngerei. Această abordare este potrivită pentru etapa inițială, deoarece simplifică operarea, permite parcare și supravegherea vehiculelor într-un singur punct și reduce necesitatea amplasării imediate a încărcătoarelor în fiecare localitate. Pentru rutele mai lungi, în special R3 și R4, se va analiza în capitolele următoare dacă autonomia vehiculelor permite efectuarea întregului program zilnic fără încărcare intermediară.

Problemele identificate pot fi grupate în trei categorii. Prima categorie este tehnică: vehicule îmbătrânite, consum mare, mentenanță dificilă și lipsa dotărilor moderne. A doua categorie este operațională: frecvență limitată, lipsă de monitorizare GPS, lipsă de date digitale privind pasagerii și grafic neuniform. A treia categorie este socială: acces redus pentru persoanele vulnerabile, dificultăți de deplasare pentru locuitorii satelor și costuri de transport care pot deveni împovărătoare pentru gospodăriile cu venituri reduse.

Tabelul 39. Prioritizarea problemelor pentru formularea scenariilor de intervenție

| Problemă              | Severitate | Probabilitate | Prioritate  | Măsură recomandată în scenariile următoare          |
|-----------------------|------------|---------------|-------------|-----------------------------------------------------|
| Vechimea flotei       | ridicată   | ridicată      | foarte mare | Înlocuire etapizată cu microbuze/autobuze electrice |
| Cost combustibil      | ridicată   | ridicată      | foarte mare | Electrificare și încărcare controlată la Gara Auto  |
| Lipsa accesibilității | ridicată   | medie         | mare        | Vehicule cu podea joasă/rampă și stații modernizate |

|                                     |          |          |            |                                                              |
|-------------------------------------|----------|----------|------------|--------------------------------------------------------------|
| Date operaționale insuficiente      | medie    | ridicată | mare       | GPS, ticketing sau evidență digitală minimă                  |
| Starea drumurilor pe unele sectoare | medie    | medie    | medie-mare | Verificare trasee și adaptarea vehiculelor la drumuri rurale |
| Capacitate electrică neconfirmată   | ridicată | medie    | mare       | Aviz de racordare și studiu tehnic la Gara Auto              |

#### Concluzie tehnică preliminară

Situația actuală a transportului public raional justifică analiza unei soluții de modernizare prin vehicule electrice. Cele patru rute analizate generează un parcurs anual estimativ de peste 150 mii km și conectează localități cu populație relevantă la centrul raional. Vehiculele actuale sunt vechi, dependente de motorină/benzină și au costuri ridicate de operare. Pentru etapa următoare se recomandă confirmarea datelor prin chestionarea operatorilor, numărarea pasagerilor și verificarea tehnică a Gării Auto Sîngerei ca punct de încărcare nocturnă.

Tabelul 40. Sinteza liniei de bază pentru capitolele tehnico-economice următoare

| Indicator de bază              | Valoare de lucru                     | Utilizare în capitolele următoare                  |
|--------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Număr rute analizate           | 4 coridoare inter-comunale           | Dimensionarea rețelei de transport                 |
| Regim de operare               | 2 tur-retur/zi/rută                  | Calcul km/zi, consum energie, număr vehicule       |
| Kilometraj total               | 528 km/zi; 158 400 km/an             | Calcul TCO, consum combustibil și consum electric  |
| Pasageri actuali estimați      | 370 pasageri/zi; 111 000 pasageri/an | Estimare venituri, impact social                   |
| Flotă actuală de lucru         | 4 vehicule active + 2 rezervă        | Compararea cu flota electrică necesară             |
| Consum combustibil actual      | 28 719 litri/an                      | Calcul economii și reduceri de emisii              |
| Emisii CO <sub>2</sub> actuale | 77.0 tCO <sub>2</sub> /an            | Calcul impact climatic                             |
| Punct de încărcare propus      | Gara Auto Sîngerei                   | Dimensionarea încărcătoarelor și operarea nocturnă |

Sursa: Calcule preliminare ale consultantului pe baza rutelor indicate de beneficiar

Datele prezentate în acest capitol constituie baza pentru Capitolul 4, în care se va analiza cererea de mobilitate și prioritizarea rutelor, precum și pentru capitolele tehnice privind selecția vehiculelor electrice, dimensionarea stațiilor de încărcare și evaluarea costurilor. Toate valorile asumate trebuie privite ca valori de planificare și vor fi actualizate după colectarea datelor primare de la operatori și APL-uri.

Capitolul 4 actualizat stabilește noua bază operațională a Studiului de Fezabilitate: cinci rute prioritare, 24 curse tur-retur pe zi, 743 km/zi și aproximativ 222.900 km/an. Această modificare trebuie preluată în toate capitolele următoare, deoarece afectează flota, încărcarea, energia, costurile, emisiile și indicatorii de impact.

În comparație cu scenariul inițial, noul model este mai apropiat de necesitățile operaționale concrete ale beneficiarului. El indică o cerere de transport structurată pe frecvențe reale, nu doar

pe coridoare conceptuale. În același timp, frecvențele mai mari impun o planificare mai atentă a orarului, a timpilor de pauză, a încărcării nocturne și a disponibilității vehiculelor.

Tabelul 41. **Rezultate sintetice utilizabile în capitolele următoare**

| Indicator            | Valoare actualizată                   | Utilizare în capitolele următoare                   |
|----------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Rute analizate       | 5 rute operaționale                   | bază pentru flota electrică și programul de operare |
| Curse tur-retur/zi   | 24                                    | bază pentru cerere și orar                          |
| Parcurs zilnic total | 743 km/zi                             | dimensionare autonomie și încărcare                 |
| Parcurs anual total  | 222 900 km/an                         | calcul OPEX, energie, emisii                        |
| Cerere estimată      | 520 pasageri/zi; 156 000 pasageri/an  | analiză socială și venituri potențiale              |
| Consum EV estimat    | 101,9 MWh/an; 117,1 MWh/an cu rezervă | dimensionare PV/BESS și încărcătoare                |
| Flotă minimă         | 5 active + 1 rezervă                  | dimensionare CAPEX și achiziții                     |

Sursa: sinteză a calculelor actualizate din Capitolul 4.

### 3.9 Set de date tehnico-operaționale pentru dimensionarea etapelor următoare

Pentru a menține coerența studiului, valorile din tabelul următor trebuie utilizate ca date de intrare pentru capitolele 5-11. Dacă în etapa de validare se modifică distanțele sau numărul de curse, toate calculele derivate trebuie actualizate corespunzător.

Tabelul 42. **Date tehnico-operaționale de transmis către capitolele următoare**

| Domeniu          | Date de intrare recomandate                          | Observație                                                       |
|------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| Flotă            | 5 vehicule active + 1 rezervă                        | numărul poate crește dacă se introduc rute urbane                |
| Încărcare AC     | minimum 5-6 puncte AC 22 kW                          | permite încărcarea simultană/nocturnă a flotei                   |
| Încărcare DC     | 1 stație DC 60 kW, cu pregătire pentru 120-125 kW    | rezervă operațională și încărcare accelerată                     |
| PV               | 150 kWp ca bază; verificare pentru extindere         | rămâne compatibil cu consumul anual estimat                      |
| BESS             | 150-250 kWh                                          | stocare, limitare vârf și utilizare PV pentru încărcare nocturnă |
| Date de pasageri | numărători minimum 7 zile pe fiecare rută            | condiție pentru proiectarea finală                               |
| GIS              | măsurare finală trasee, stații, puncte de întoarcere | condiție pentru autonomii și grafic                              |

Sursa: recomandări de proiectare pe baza scenariului actualizat.

### 3.10 Profil sezonier și implicații pentru încărcarea nocturnă

Consumul de energie electrică al flotei nu va fi uniform pe tot parcursul anului. În sezonul rece, încălzirea salonului, temperaturile scăzute și condițiile de drum pot crește consumul specific, iar în sezonul cald climatizarea poate avea un efect similar, deși mai moderat. De aceea, dimensionarea infrastructurii de încărcare trebuie să includă o rezervă tehnică de minimum 15% față de consumul anual de bază.

Tabelul 43. **Factori sezonieri orientativi pentru cererea de transport și consumul energetic**

| Perioadă  | Efect asupra cererii                     | Efect asupra consumului EV                          | Măsură recomandată                                |
|-----------|------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| Iarnă     | cerere stabilă pentru navetă; risc meteo | consum mai mare pentru încălzire și rulare dificilă | încărcare completă nocturnă, rezervă de autonomie |
| Primăvară | creștere moderată a mobilității          | consum apropiat de medie                            | monitorizare kWh/km pe rută                       |
| Vară      | posibilă mobilitate suplimentară locală  | consum ușor mai mare prin climatizare               | orare flexibile și verificare SOC                 |
| Toamnă    | cerere ridicată pentru educație și piață | consum apropiat de medie                            | ajustare orar la școală și servicii               |

Sursa: ipoteze de planificare; se vor valida prin date reale de operare după lansarea pilotului.

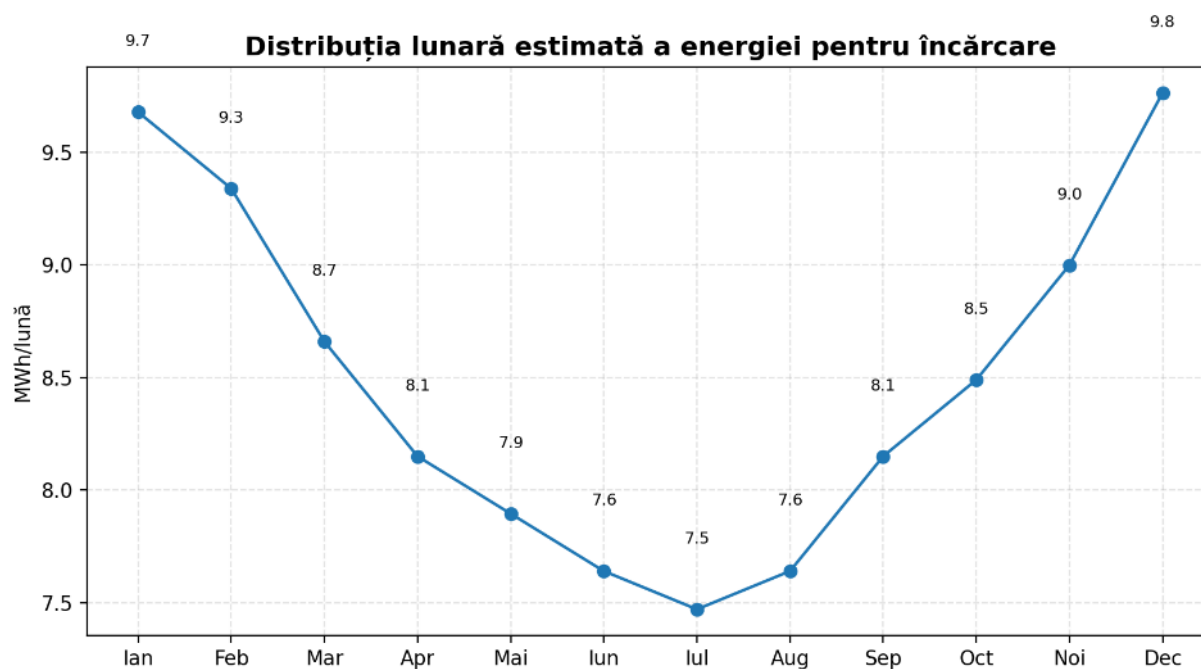


Figura 35. **Distribuția lunară estimată a energiei pentru încărcare**

Sursa: estimare orientativă pe baza consumului anual și a factorilor sezonieri.

## 4 ANALIZA CERERII DE MOBILITATE ȘI A RUTELOR PRIORITARE

Capitolul evaluează cererea preliminară de mobilitate pentru cele patru coridoare propuse de Consiliul Raional Sîngerei și stabilește baza tehnică de calcul pentru trecerea de la transportul convențional pe motorină/benzină la vehicule electrice încărcate preponderent la Gara Auto Sîngerei. Analiza folosește datele demografice RPL 2024, harta localităților, rutele transmise de beneficiar, ipoteza operațională de două curse dus-întors pe zi pentru fiecare rută, precum și valori tehnico-economice asumate responsabil pentru consumul vehiculelor actuale și al vehiculelor electrice.

Rezultatele din prezentul capitol sunt utilizate în capitolele următoare pentru dimensionarea flotei, dimensionarea stațiilor de încărcare, calculul energiei electrice necesare, estimarea producției fotovoltaice, analiza costurilor operaționale și evaluarea impactului asupra emisiilor de CO<sub>2</sub>.

Tabelul 44. Baza de calcul utilizată pentru analiza cererii și a rutelor

| Element              | Valoare de lucru                              | Observație                                                                                        |
|----------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Rute analizate       | 4 coridoare prioritare                        | Sîngerei-Prepețița; Sîngerei-Drăgănești; Sîngerei-Dumbrăvița; Sîngerei-Alexândreni/Biruința/Bălți |
| Program minim propus | 2 dus-întors/zi/rută                          | o cursă dimineața și o cursă seara                                                                |
| Zile de operare      | 300 zile/an                                   | ipoteză pentru scenariu de bază; poate fi ajustată la 320-330 zile/an                             |
| Punct de încărcare   | Gara Auto Sîngerei                            | încărcare lentă/nocturnă la depou; încărcare rapidă doar dacă ruta o cere                         |
| Vehicule actuale     | microbuze și autobuze mici/medii de 10-15 ani | preponderent motorină și benzină; o parte pot fi Mercedes-Benz/DAF de capacitate mai mare         |
| Vehicule propuse     | minibuze/midibuze electrice                   | 15-30 locuri pentru R1/R2 și 30-50 locuri pentru R3/R4/R5                                         |

*Sursa: prelucrarea autorului pe baza datelor transmise de beneficiar și a ipotezelor de planificare.*

### 4.1 Identificarea coridoarelor prioritare

Structura rutelor actualizate favorizează utilizarea de vehicule electrice compacte și medii, nu autobuze urbane mari. Traseele au distanțe tur-retur între 20 și 36 km, dar frecvențele zilnice sunt diferite, ceea ce face ca parcursul zilnic pe vehicul să varieze de la 108 km/zi până la 210 km/zi. Din acest motiv, alegerea vehiculului nu trebuie făcută doar pe baza distanței într-o direcție, ci pe baza parcursului zilnic, numărului de curse, cererii estimate și capacității de încărcare nocturnă.

Pentru R1, R3 și R4 sunt suficiente, în etapa de bază, minibuze electrice de 20-25 locuri, cu autonomie reală minimă de 180-220 km în condiții locale. Pentru R2 și R5, unde sunt propuse câte 6 curse tur-retur pe zi, este mai prudentă selectarea unor vehicule de 25-35 locuri sau midibuze electrice, cu baterie mai mare, sistem eficient de climatizare și posibilitate de încărcare completă pe timp de noapte.

Tabelul 45. Date operaționale de bază pentru selectarea vehiculelor electrice

| Rută | Traseu actualizat                                         | Curse tur-retur/zi | km/zi | km/an | Tip vehicul recomandat                |
|------|-----------------------------------------------------------|--------------------|-------|-------|---------------------------------------|
| R1   | Coada Iazului - Biliceni Vechi - Sîngerei                 | 5                  | 121   | 36300 | minibus electric 20-25 locuri         |
| R2   | Ciuciuieni - Iezărenii Vechi - Vrancești - Sîngerei       | 6                  | 192   | 57600 | minibus/midibus electric 25-35 locuri |
| R3   | Cozăști - Brejeni - Sîngerei                              | 3                  | 108   | 32400 | minibus electric 20-25 locuri         |
| R4   | Petrovca - Copăceni - Grigorauca - Sîngerei               | 4                  | 112   | 33600 | minibus electric 20-25 locuri         |
| R5   | Prepeleța - Mihailovca - Copăceni - Grigorauca - Sîngerei | 6                  | 210   | 63000 | minibus/midibus electric 25-35 locuri |

Sursa: calcule autor pe baza scenariului operațional actualizat solicitat de Consiliul Raional Sîngerei.

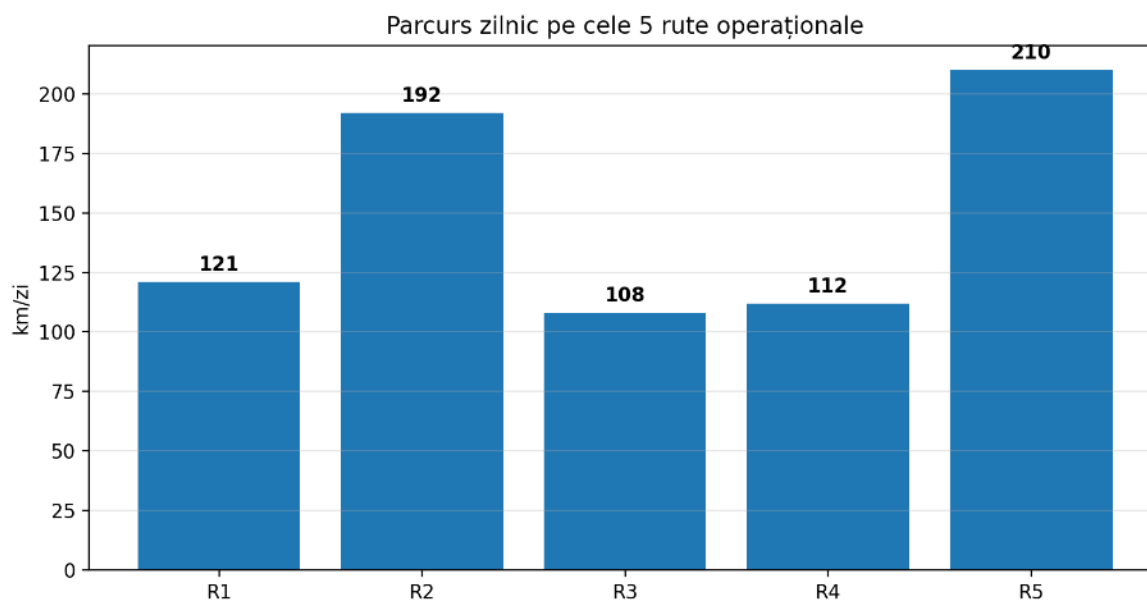


Figura 36. Parcurs zilnic pe cele 5 rute operaționale actualizate

Sursa: grafic elaborat de autor pe baza rutelor operaționale actualizate.

Tabelul 46. Clase de vehicule electrice recomandate pentru scenariul actualizat

| Clasă vehicul                         | Rute recomandate | Autonomie reală minimă            | Consum de lucru  | Argument tehnic                                                 |
|---------------------------------------|------------------|-----------------------------------|------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Minibus electric 20-25 locuri         | R1, R3, R4       | 180-220 km autonomie reală minimă | 0,40-0,42 kWh/km | cost de achiziție mai redus, manevrabilitate bună în localități |
| Minibus/midibus electric 25-35 locuri | R2, R5           | 220-260 km autonomie reală minimă | 0,50 kWh/km      | potrivit pentru frecvență ridicată și cerere mai mare           |



Această organizare permite transportului rural să deservească și deplasările urbane de scurtă distanță fără a introduce separat o rută urbană completă în etapa I.

Pentru versiunea finală a studiului se recomandă introducerea unei hărți urbane detaliate a orașului Sîngerei, cu amplasarea Gării Auto, a instituțiilor publice, a pieței, a stațiilor existente și a punctelor unde poate fi organizată staționarea vehiculelor electrice.

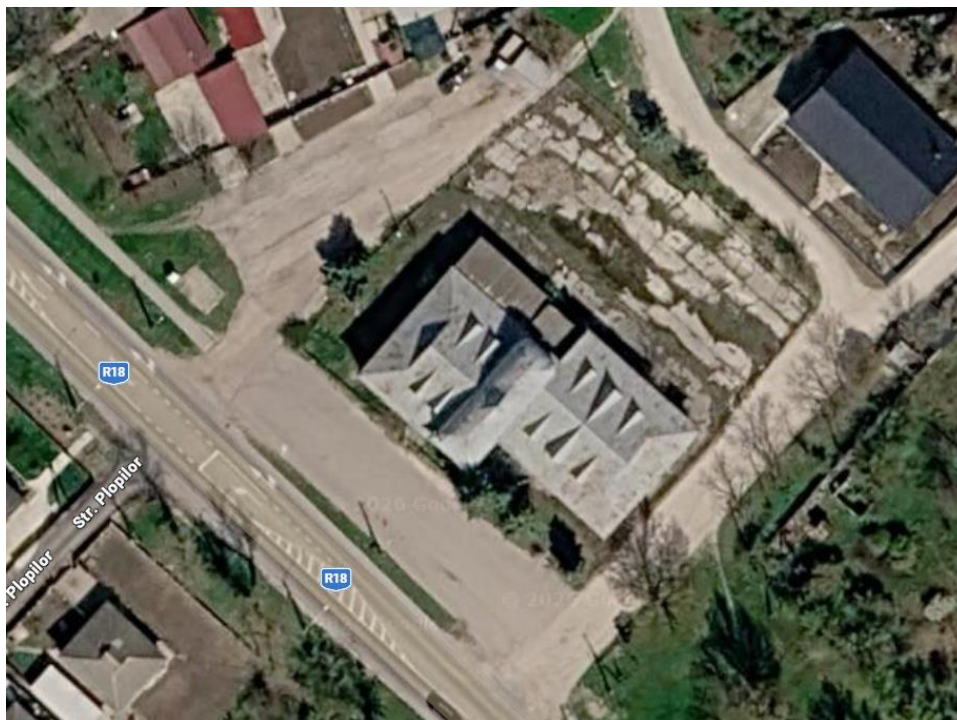
Tabelul 47. Opriri urbane recomandate pentru integrarea rutelor intercomunale

| Punct urban                         | Rol funcțional                                                                         | Rute asociate                            |
|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| Gara Auto Sîngerei                  | punct de plecare/întoarcere, parcare și încărcare nocturnă                             | toate rutele                             |
| Zona centrală / Consiliul Raional   | acces la servicii administrative, instituții publice și legături urbane                | toate rutele                             |
| Piață / zonă comercială             | acces la servicii economice, cumpărături și deplasări rurale periodice                 | R1-R5, cu prioritate în zilele de piață  |
| Instituții educaționale și medicale | cerere din partea elevilor, cadrelor didactice, pacienților și persoanelor vulnerabile | în special cursele de dimineață și seară |
| Ieșiri spre coridoare               | puncte de colectare spre satele de pe traseu                                           | diferențiate pentru fiecare rută         |

După cum am menționat, se propune o nouă locație pentru gara auto, aceasta va fi amplasată la marginea de sud a orașului (ieșirea spre Chișinău). Locația la moment nu este utilizată fiind în delăsare



Figura 38. Noua amplasare a Gării auto Sîngerei (preventive, locația finală urmează a fi delimitată legal)



[https://www.google.com/maps/@47.6290919,28.1718972,129m/data=!3m1!1e3!5m1!1e2?entry=ttu&g\\_ep=EgoyMDI2MDkxMy4wLWlKXMDSoASAFAQAw%3D%3D](https://www.google.com/maps/@47.6290919,28.1718972,129m/data=!3m1!1e3!5m1!1e2?entry=ttu&g_ep=EgoyMDI2MDkxMy4wLWlKXMDSoASAFAQAw%3D%3D)

Figura 39. *Noua locație propusă pentru gara auto*

Această locație are în spate și un teren destul de vast pentru organizarea parcării de noapte a vehiculelor și a încărcării electrice a acestora. Locația este mai departe de centru ceea ce are avantaje deoarece nu îngreunează traficul în zona centrală.



Figura 40. Teren pentru parcare vehiculelor în staționare (așteptare) la noua locația a gării

Terenul și locația sunt neutilizate de multă vreme dar pot fi ușor reabilite pentru necesitățile gării.

Amplasarea încărcătoarelor la Gara Auto este justificată tehnic. Încărcarea nocturnă reduce necesitatea de încărcare rapidă pe traseu, permite utilizarea unor încărcătoare AC/DC de putere

moderată și creează condiții pentru contractarea energiei electrice și monitorizarea consumului într-un singur punct. În capitolele tehnice următoare se va verifica puterea necesară de racordare, în funcție de numărul de vehicule și de capacitatea bateriilor.

#### 4.3 Rute intercomunale propuse și scenarii de cerere

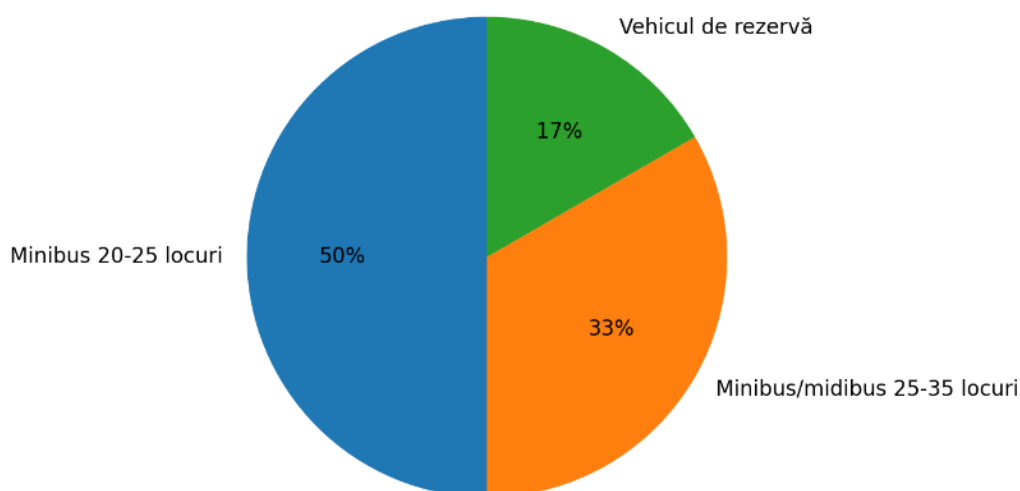
Dimensionarea flotei pornește de la principiul că fiecare rută operațională trebuie să aibă cel puțin un vehicul activ dedicat. Deoarece frecvențele sunt diferite, vehiculele nu trebuie tratate identic: R2 și R5 au un grad de utilizare mai ridicat, iar R1 are un caracter mixt, cu trei curse până la Coadă Iazului și două curse până la Bilicenii Vechi. Din perspectiva riscului operațional, este necesar un vehicul de rezervă, deoarece lipsa acestuia ar putea bloca complet una dintre rute în caz de defecțiune, mentenanță sau încărcare incompletă.

Scenariul recomandat pentru etapa de bază este format din 5 vehicule active și 1 vehicul de rezervă. Această configurație este mai robustă decât varianta minimă cu 5 vehicule fără rezervă și rămâne suficient de prudentă pentru un proiect pilot finanțabil. În etapa de extindere, după validarea cererii reale, se poate analiza introducerea unui vehicul suplimentar pentru rute urbane locale sau pentru suplimentarea curselor în orele de vârf.

Tabelul 48. Configurația minimă recomandată a flotei pentru cele 5 rute

| Rută    | Traseu                                                    | Nr. vehicule | Tip vehicul                           | Parcurs de referință | Rol operațional                |
|---------|-----------------------------------------------------------|--------------|---------------------------------------|----------------------|--------------------------------|
| R1      | Coadă Iazului - Bilicenii Vechi - Sîngerei                | 1            | minibus electric 20-25 locuri         | 121 km/zi            | activ permanent pe rută        |
| R2      | Ciuciuieni - Iezărenii Vechi - Vrancești - Sîngerei       | 1            | minibus/midibus electric 25-35 locuri | 192 km/zi            | activ permanent pe rută        |
| R3      | Cozăști - Brejeni - Sîngerei                              | 1            | minibus electric 20-25 locuri         | 108 km/zi            | activ permanent pe rută        |
| R4      | Petrovca - Copăceni - Grigorăuca - Sîngerei               | 1            | minibus electric 20-25 locuri         | 112 km/zi            | activ permanent pe rută        |
| R5      | Prepelița - Mihailovca - Copăceni - Grigorăuca - Sîngerei | 1            | minibus/midibus electric 25-35 locuri | 210 km/zi            | activ permanent pe rută        |
| Rezervă | utilizare flexibilă pe R1-R5                              | 1            | minibus/midibus electric compatibil   | după necesitate      | înlocuire la mentenanță/avarie |

*Sursa: calcule autor pe baza scenariului operațional actualizat solicitat de Consiliul Raional Sîngerei.*



**Figura 41. Compoziția minimă recomandată a flotei electrice**

Sursa: grafic elaborat de autor pe baza rutelor operaționale actualizate.

**Tabelul 49. Scenarii de dimensionare a flotei electrice**

| Scenariu              | Descriere                                 | Vehicule active | Vehicule rezervă | Total flotă | Utilizare recomandată                                             |
|-----------------------|-------------------------------------------|-----------------|------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------|
| S1 - minim pilot      | 3 rute operate electric în prima etapă    | 3               | 1                | 4           | risc redus, dar acoperire parțială a cerinței beneficiarului      |
| S2 - bază recomandată | toate cele 5 rute operaționale solicitate | 5               | 1                | 6           | scenariul recomandat pentru revizuirea studiului                  |
| S3 - extins           | 5 rute + rute urbane locale / ore de vârf | 6-7             | 1-2              | 7-9         | necesită date reale, finanțare suplimentară și validare a cererii |

Sursa: calcul: pasageri/zi raportați la 1.000 locuitori ai localităților beneficiare.

Valorile din tabel arată un nivel de captare relativ uniform, de aproximativ 19-22 pasageri/zi la 1.000 locuitori. Această uniformitate este intenționată, deoarece studiul folosește o ipoteză prudentă de pornire. Pentru R4, cererea reală poate fi mai mare, având în vedere conexiunea cu Bălți, dar această creștere trebuie tratată separat, pentru a nu supradimensiona flota în etapa inițială.

**Tabelul 50. Scenarii de creștere a cererii de transport**

| Scenariu             | Descriere                                                 | Creștere estimată | Cerere posibilă     | Implicație operațională                                            |
|----------------------|-----------------------------------------------------------|-------------------|---------------------|--------------------------------------------------------------------|
| Scenariu conservator | cererea rămâne aproape de nivelul de bază                 | 0-10% în 3 ani    | 530-580 pasageri/zi | menținerea a 2 dus-întors/zi/rută                                  |
| Scenariu moderat     | serviciul devine mai atractiv, predictibil și confortabil | 15-25% în 3 ani   | 610-660 pasageri/zi | creșterea frecvenței pe R3/R4 sau introducerea unei curse de prânz |

|                 |                                                                      |                 |                     |                                                             |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------------|-------------------------------------------------------------|
| Scenariu extins | serviciul devine rețea raională de referință, cu legături spre Bălți | 30-50% în 5 ani | 690-800 pasageri/zi | necesar vehicule suplimentare și încărcare rapidă/opportună |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------------|-------------------------------------------------------------|

Sursa: estimări de planificare ale autorului; creșterea va fi validată prin date reale de operare după pilot.

#### 4.4 Program de operare și necesarul preliminar de flotă strategia de încărcare

Programul minim propus este construit pe două ferestre de mobilitate: dimineața și seara. Dimineața, vehiculul transportă pasageri din localități spre orașul Sîngerei și revine pe traseu; seara, serviciul acoperă întoarcerea din oraș spre localități. Acest model este potrivit pentru naveta elevilor, angajaților, persoanelor care accesează servicii administrative și medicale, precum și pentru deplasările către piață și servicii comerciale.

Pentru un serviciu de bază, fiecare rută poate fi operată cu un vehicul dedicat, iar sistemul trebuie să prevadă cel puțin un vehicul de rezervă. Astfel, pentru etapa I se recomandă 4 vehicule active și 1 vehicul de rezervă. Pentru scenariul moderat, cu creștere a frecvenței pe R3 și R4, necesarul poate crește la 6 vehicule active și 1 vehicul de rezervă.

Programul de operare trebuie construit astfel încât vehiculele să efectueze cursele solicitate de beneficiar, iar încărcarea să se realizeze în principal noaptea, la Gara Auto Sîngerei. Strategia de încărcare nocturnă rămâne soluția tehnică preferată, deoarece reduce presiunea asupra programului de circulație, simplifică managementul flotei și permite utilizarea punctului central de depou pentru controlul bateriilor, siguranță și mentenanță.

Pentru rutele R2 și R5, care au cel mai mare parcurs zilnic, se recomandă monitorizarea atentă a stării de încărcare a bateriei. În cazul în care programul real include opriri scurte între curse, stația DC 60 kW poate fi utilizată ca rezervă operațională pentru încărcări scurte de completare. Aceasta nu trebuie să înlocuiască încărcarea nocturnă, ci să funcționeze ca mecanism de siguranță pentru zilele cu cerere mai mare, temperaturi scăzute sau întârzieri operaționale.

Tabelul 51. Program operațional zilnic propus pentru rutele actualizate

| Rută | Frecvență         | Distribuție orientativă                  | Observație operațională                        | Strategie încărcare                     |
|------|-------------------|------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| R1   | 5 curse mixte     | dimineață, prânz, după-amiază/seară      | capăt variabil: Coada Iazului / Biliceni Vechi | încărcare nocturnă completă             |
| R2   | 6 curse tur-retur | frecvență distribuită pe zi              | rută cu utilizare ridicată                     | monitorizare SOC; posibil DC de rezervă |
| R3   | 3 curse tur-retur | dimineață, prânz, seară                  | rută scurtă-medie                              | AC nocturn suficient                    |
| R4   | 4 curse tur-retur | dimineață și după-amiază cu suplimentări | rută compactă spre Copăceni/Grigoraș           | AC nocturn suficient                    |
| R5   | 6 curse tur-retur | frecvență ridicată                       | cel mai mare parcurs zilnic                    | AC nocturn + DC rezervă la nevoie       |

Sursa: calcule autor pe baza scenariului operațional actualizat solicitat de Consiliul Raional Sîngerei.

Tabelul 52. Necesarul de energie și încărcare nocturnă pe rute

| Rută | km/zi | kWh/km | MWh/an bază | MWh/an cu rezervă 15% | kWh/zi cu rezervă | Ore AC 22 kW/noapte |
|------|-------|--------|-------------|-----------------------|-------------------|---------------------|
| R1   | 121   | 0,40   | 14,5        | 16,7                  | 56                | 2,5                 |
| R2   | 192   | 0,50   | 28,8        | 33,1                  | 110               | 5,0                 |
| R3   | 108   | 0,42   | 13,6        | 15,6                  | 52                | 2,4                 |
| R4   | 112   | 0,40   | 13,4        | 15,5                  | 52                | 2,3                 |
| R5   | 210   | 0,50   | 31,5        | 36,2                  | 121               | 5,5                 |

Sursa: calcule autor pe baza scenariului operațional actualizat solicitat de Consiliul Raional Sîngerei.

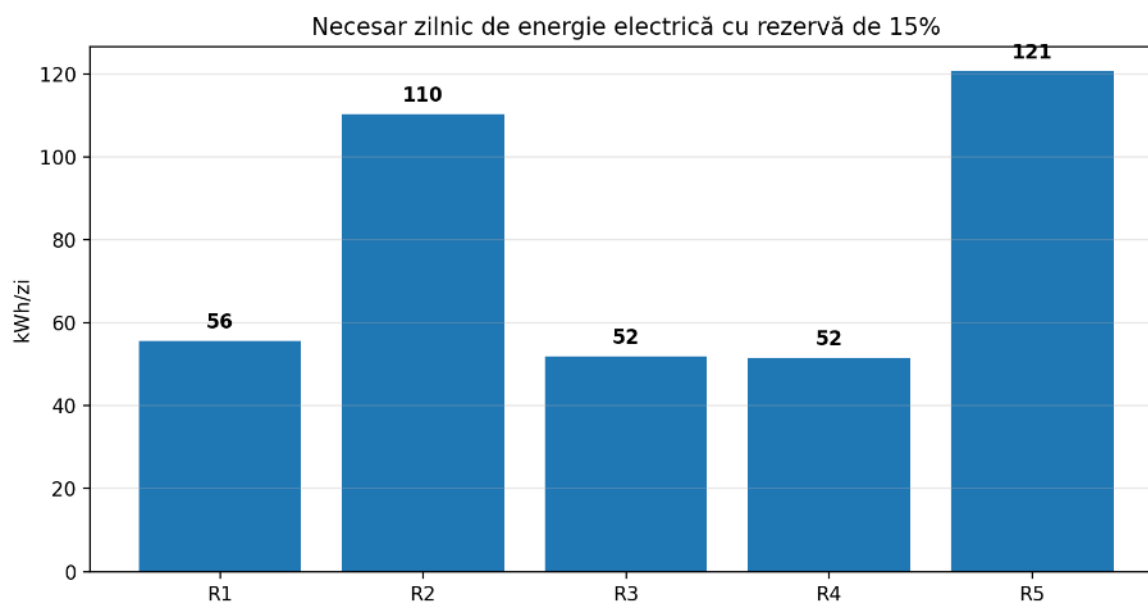
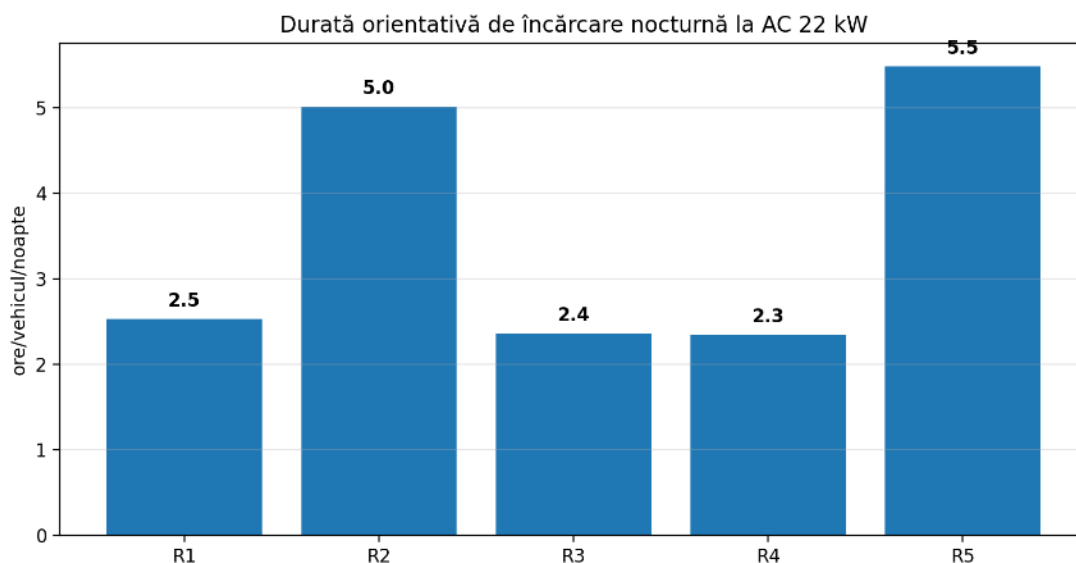


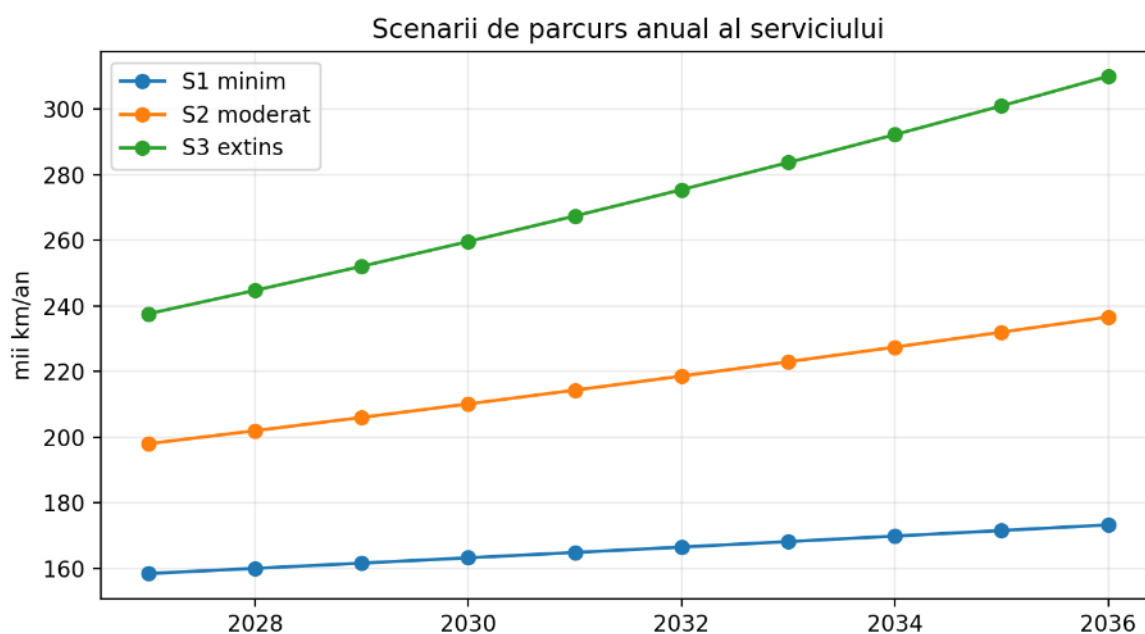
Figura 42. Necesarul zilnic de energie electrică cu rezervă de 15%

Sursa: grafic elaborat de autor pe baza rutelor operaționale actualizate.



**Figura 43. Durată orientativă de încărcare nocturnă la AC 22 kW**

*Sursa: grafic elaborat de autor pe baza rutelor operaționale actualizate.*



**Figura 44. Scenarii de creștere a parcursului anual al serviciului**

*Sursa: calcule proprii: S1 - bază, S2 - creștere moderată, S3 - extindere graduală.*

Scenariile de creștere a parcursului sunt necesare pentru dimensionarea prudentă a infrastructurii de încărcare. Dacă în etapa inițială parcul electric parcurge circa 158.400 km/an, în scenariul moderat poate ajunge la aproximativ 200.000 km/an, iar într-un scenariu extins la peste 235.000 km/an. Infrastructura de la Gara Auto trebuie proiectată astfel încât să permită extinderea fără refacerea completă a racordului electric.

#### 4.5 Compararea vehiculelor convenționale cu vehiculele electrice

În prezent, pe rutele raionale similare se utilizează de regulă microbuze și autobuze mici/medii vechi de 10-15 ani, alimentate cu motorină sau benzină. Pentru rutele cu cerere mai mare pot fi utilizate și

autobuze de tip Mercedes-Benz de 12 m sau DAF de pasageri. Aceste vehicule oferă capacitate mai mare, dar au consum ridicat, costuri de mentenanță în creștere și emisii semnificative, mai ales atunci când sunt utilizate în regim cu opriri frecvente și drumuri locale.

În scenariul actualizat, avantajul vehiculelor electrice nu rezultă doar din eliminarea emisiilor locale, ci și din reducerea costurilor operaționale pe kilometru. Vehiculele convenționale utilizate pe rute raionale au costuri ridicate din cauza combustibilului, mentenanței și uzurii. Vehiculele electrice au cost inițial mai mare, dar permit reducerea costului de energie, mai ales atunci când încărcarea este combinată cu producția PV și management energetic.

Pentru comparabilitate, calculul utilizează aceleași principii ca în Capitolul 4 revizuit: preț combustibil de lucru de 33 lei/litru, cost mediu ponderat al energiei EV de 2,08 lei/kWh, mentenanță convențională de 4,5 lei/km și mentenanță EV de 2,5 lei/km. Aceste valori trebuie actualizate înainte de depunerea proiectului, conform tarifelor ANRE, ofertelor comerciale și condițiilor contractuale finale.

**Tabelul 53. Ipoteze tehnico-economice pentru comparația vehicule convenționale vs EV**

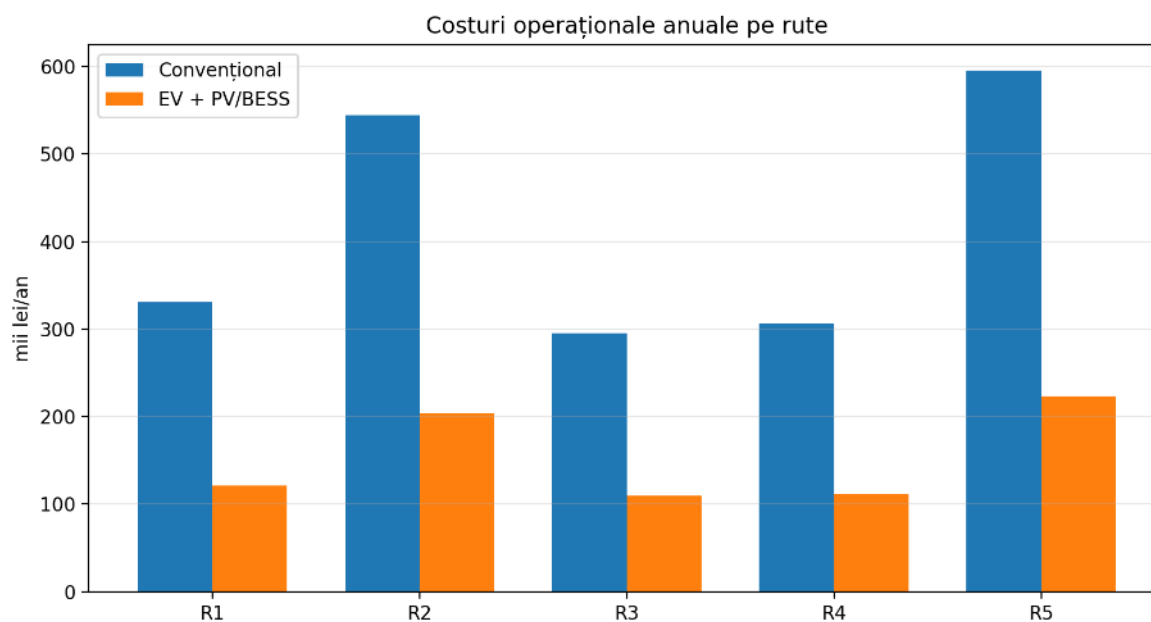
| Parametru                                    | Valoare de lucru               | Comentariu                                          |
|----------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Preț combustibil                             | 33 lei/litru                   | valoare de lucru pentru studiul revizuit            |
| Cost mediu energie EV                        | 2,08 lei/kWh                   | mix rețea + PV/BESS, valoare de planificare         |
| Mentenanță convențională                     | 4,5 lei/km                     | vehicule vechi/uzate, risc mai mare de defecțiuni   |
| Mentenanță EV                                | 2,5 lei/km                     | ipoteză preliminară pentru minibus/midibus electric |
| Factor CO <sub>2</sub> combustibil           | 2,68 kg CO <sub>2</sub> /litru | factor orientativ pentru combustibil lichid         |
| Factor CO <sub>2</sub> energie EV cu PV/BESS | 0,16 kg CO <sub>2</sub> /kWh   | valoare orientativă pentru mix cu pondere PV/BESS   |

*Sursa: calcule autor pe baza scenariului operațional actualizat solicitat de Consiliul Raional Singerei.*

**Tabelul 54. Costuri operaționale anuale pe rute: situația actuală vs EV + PV/BESS**

| Rută  | OPEX convențional, lei/an | OPEX EV + PV/BESS, lei/an | Economie anuală, lei/an | Reducere OPEX |
|-------|---------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------|
| R1    | 331 056                   | 120 952                   | 210 104                 | 63%           |
| R2    | 544 320                   | 203 904                   | 340 416                 | 63%           |
| R3    | 295 488                   | 109 305                   | 186 183                 | 63%           |
| R4    | 306 432                   | 111 955                   | 194 477                 | 63%           |
| R5    | 595 350                   | 223 020                   | 372 330                 | 63%           |
| Total | 2 072 646                 | 769 136                   | 1 303 510               | 63%           |

*Sursa: calcule autor pe baza scenariului operațional actualizat solicitat de Consiliul Raional Singerei.*



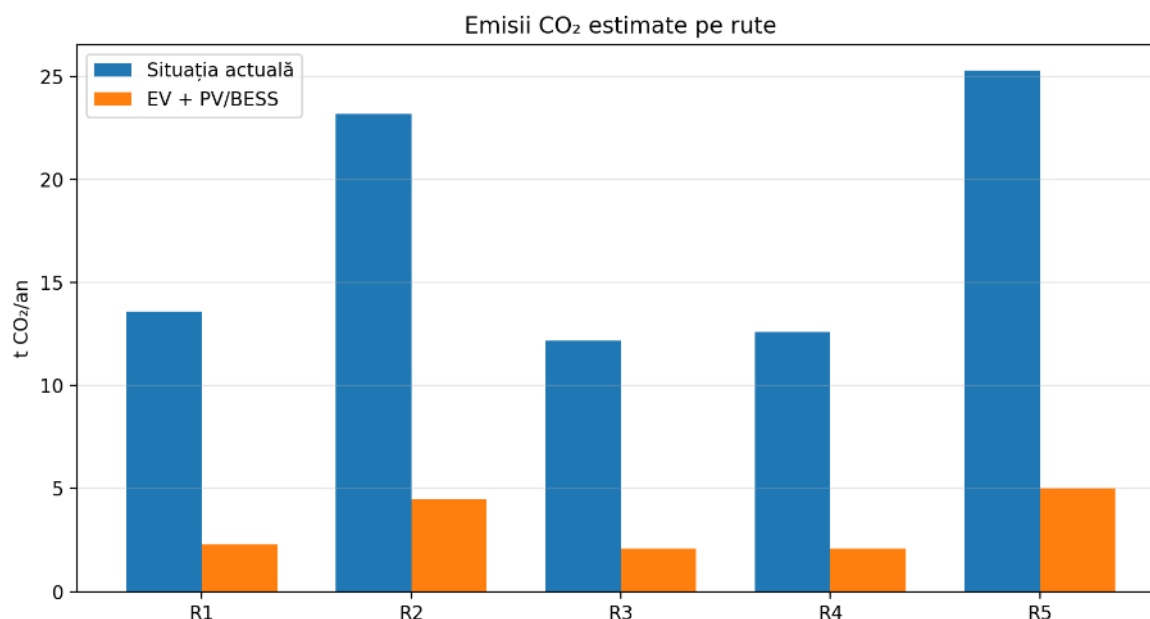
**Figura 45. Costuri operaționale anuale pe rute**

*Sursa: grafic elaborat de autor pe baza rutelor operaționale actualizate.*

**Tabelul 55. Reduceri de emisii și beneficii energetice pe rute**

| Rută  | CO <sub>2</sub> situația actuală, t/an | CO <sub>2</sub> EV + PV/BESS, t/an | Reducere estimată, t/an | Reducere relativă |
|-------|----------------------------------------|------------------------------------|-------------------------|-------------------|
| R1    | 13,6                                   | 2,3                                | 11,3                    | 80-83%            |
| R2    | 23,2                                   | 4,5                                | 18,7                    | 80-83%            |
| R3    | 12,2                                   | 2,1                                | 10,1                    | 80-83%            |
| R4    | 12,6                                   | 2,1                                | 10,5                    | 80-83%            |
| R5    | 25,3                                   | 5,0                                | 20,3                    | 80-83%            |
| Total | 86,9                                   | 16,0                               | 70,9                    | aprox. 81%        |

*Sursa: calcule autor pe baza scenariului operațional actualizat solicitat de Consiliul Raional Singerei.*



**Figura 46. Emisii CO<sub>2</sub> estimate pe rute în scenariul actualizat**

*Sursa: grafic elaborat de autor pe baza rutelor operaționale actualizate.*

#### 4.6 Depou, mentenanță și siguranță operațională

Gara Auto Sîngerei rămâne nodul operațional central al sistemului. În scenariul revizuit, rolul acesteia devine și mai important deoarece toate cele 5 rute necesită revenirea vehiculelor pentru încărcare, parcare, verificare tehnică și colectare de date. Spațiul trebuie organizat astfel încât să permită staționarea simultană a cel puțin 6 vehicule, accesul la stațiile AC, accesul la stația DC de rezervă și manevrarea sigură a vehiculelor.

Mentenanța trebuie organizată pe două niveluri: verificări zilnice efectuate de operator și mentenanță periodică asigurată de furnizor sau de un service autorizat. Pentru baterii și sistemul de încărcare, contractul trebuie să prevadă diagnosticare, actualizări software, intervenții rapide și disponibilitatea pieselor critice. În lipsa unui asemenea model, riscul tehnic se poate transfera în întreruperi ale serviciului public.

**Tabelul 56. Cerințe minime pentru amenajarea punctului de operare la Gara Auto Sîngerei**

| Element                     | Cerință minimă                                         | Justificare                                            |
|-----------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| Parcare nocturnă            | minimum 6 locuri pentru vehicule electrice             | 5 active + 1 rezervă, cu spațiu de manevră             |
| Încărcare AC                | minimum 5-6 puncte AC 22 kW                            | încărcare simultană/nocturnă a flotei                  |
| Încărcare DC                | 1 stație DC 60 kW                                      | rezervă operațională și încărcări rapide de completare |
| Securitate electrică        | tablouri, protecții, împământare, semnalizare          | condiție obligatorie pentru exploatare publică         |
| Acces și circulație internă | separarea zonelor pentru vehicule, pasageri și service | reducerea riscurilor la manevrare                      |
| Monitorizare                | cameră video, contorizare, acces controlat             | protecția echipamentelor și urmărirea consumurilor     |

*Sursa: calcule autor pe baza scenariului operațional actualizat solicitat de Consiliul Raional Sîngerei.*

Tabelul 57. Plan minim de mentenanță pentru flota electrică

| Periodicitate | Acțiune recomandată                                                | Responsabil                             |
|---------------|--------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Zilnic        | verificare SOC, presiune pneuri, frâne, iluminat, curățenie        | șofer / operator transport              |
| Săptămânal    | verificare cabluri încărcare, conectori, erori bord, raport consum | operator transport + operator energetic |
| Lunar         | analiză kWh/km, kilometraj, punctualitate, reclamații              | manager flotă / Consiliul Raional       |
| Trimestrial   | diagnostic baterie, actualizări software, verificare climatizare   | service autorizat / furnizor            |
| Anual         | revizie tehnică, verificare sistem HV, audit energetic operațional | operator + consultant tehnic            |

Sursa: calcule autor pe baza scenariului operațional actualizat solicitat de Consiliul Raional Singerei.

#### 4.7 Sistem de management al flotei și grafic propus de implementare

Sistemul de management al flotei trebuie introdus încă din etapa pilot, nu după lansarea serviciului. Pentru că datele actuale sunt parțial estimate, operarea vehiculelor electrice trebuie folosită ca sursă de date reale: kilometri efectuați, pasageri, consum kWh/km, nivel de încărcare, punctualitate, opriri, costuri și intervenții tehnice. Aceste date vor permite calibrarea modelului financiar și pregătirea extinderii serviciului.

Implementarea se recomandă în etape, dar studiul poate păstra ca scenariu de bază acoperirea celor 5 rute. Etapa inițială trebuie să includă validarea datelor, măsurarea GIS, confirmarea stațiilor, proiectarea încărcării și achiziția vehiculelor. După lansarea serviciului, primele 3-6 luni trebuie tratate ca perioadă de operare pilot și ajustare operațională.

Tabelul 58. Funcționalități recomandate pentru sistemul de management al flotei

| Funcționalitate                   | Rol                                                          | Utilizare practică                |
|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| GPS și traseu                     | monitorizarea poziției vehiculelor și respectării rutei      | toate vehiculele                  |
| SOC baterie                       | urmărirea nivelului de încărcare și a autonomiei disponibile | critic pentru R2 și R5            |
| Consum kWh/km                     | calcul real pe rută, sezon și șofer                          | actualizarea modelului financiar  |
| Ticketing / validare simplificată | estimarea pasagerilor și veniturilor                         | date pentru ajustarea frecvenței  |
| Raportare lunară                  | km, pasageri, energie, costuri, incidente                    | Consiliul Raional / operator      |
| Alerte tehnice                    | erori vehicul, stație încărcare, depășiri de consum          | reducerea riscului de întrerupere |

Sursa: calcule autor pe baza scenariului operațional actualizat solicitat de Consiliul Raional Singerei.

Tabelul 59. Comparație tehnică între vehicule convenționale și vehicule electrice

| Tip/model                    | Dimensiune | Capacitate     | Consum de lucru | Observație                                                        | Rută potrivită            |
|------------------------------|------------|----------------|-----------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| Microbuz diesel/benzină uzat | 6-8 m      | 15-25 pasageri | 15-20 l/100 km  | autonomie mare, dar costuri de combustibil și mentenanță ridicate | R1-R2 în situația actuală |

|                                   |                 |                     |                  |                                                                           |                                    |
|-----------------------------------|-----------------|---------------------|------------------|---------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| Mercedes-Benz/DAF pasageri uzat   | 10-12 m         | 45-80 pasageri      | 35-45 l/100 km   | capacitate mare, dar consum ridicat și emisii locale                      | R3-R4 sau curse cu cerere ridicată |
| Karsan e-JEST                     | ~6 m            | până la 22 pasageri | 0,33-0,42 kWh/km | foarte potrivit pentru rute scurte, localități compacte și străzi înguste | R1, R2                             |
| Iveco E-Daily Minibus             | chassis/minibus | ~23 locuri          | 0,45-0,52 kWh/km | opțiune bună pentru rute rurale și mentenanță regională                   | R1, R2, parțial R3                 |
| Yutong E7S                        | ~7 m            | până la 30 pasageri | 0,55-0,65 kWh/km | capacitate mai mare și baterie robustă pentru rute mai lungi              | R3, eventual R4                    |
| Solaris Urbino electric / midibus | 9-12 m          | capacitate ridicată | 0,90-1,30 kWh/km | potrivit pentru rute cu cerere mare și autonomie extinsă                  | R4 și scenariul extins             |



Figura 47. Microbuz actual pe motorină sau benzină utilizat pe rutele raionale



Figura 48. Mercedes-Benz/DAF de pasageri utilizat ca referință convențională

Tabelul 60. Etape propuse de implementare pentru flota electrică

| Etapă                              | Perioadă orientativă | Activități principale                         | Rezultat                      |
|------------------------------------|----------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------|
| 1. Validare tehnică                | luni 1-2             | GIS, stații, timpi de parcurs, consultări APL | date finale pentru proiectare |
| 2. Proiectare și caiete de sarcini | luni 2-4             | vehicule, stații, depou, IT, PV/BESS          | documentație de achiziție     |
| 3. Achiziții                       | luni 4-9             | licitații pe loturi, evaluare oferte          | contracte semnate             |
| 4. Amenajare și livrare            | luni 8-13            | Gara Auto, stații, recepție vehicule          | infrastructură funcțională    |
| 5. Testare și instruire            | luni 13-15           | curse de probă, șoferi, dispecerat            | serviciu pregătit             |
| 6. Operare pilot                   | luni 15-18           | monitorizare R1-R5, ajustare program          | date reale pentru extindere   |

Sursa: calcule autor pe baza scenariului operațional actualizat solicitat de Consiliul Raional Singerei.

Diferența dintre transportul convențional și transportul electric nu trebuie interpretată doar prin costul combustibilului. Vehiculele electrice au mai puține componente mecanice supuse uzurii, nu necesită schimburi de ulei de motor, filtre și sisteme complexe de evacuare, iar frânarea regenerativă poate reduce uzura frânelor. Totuși, acestea necesită management riguros al bateriei, instruire a șoferilor și mentenanță specializată pentru sistemele de înaltă tensiune.

#### 4.8 Analiza costurilor operaționale, emisiilor și eficienței pe termen mediu

Pentru evaluarea eficienței economice preliminare s-a calculat costul operațional anual pentru situația actuală și pentru scenariul electric. Costul actual include combustibilul și mentenanța vehiculelor convenționale. Costul electric include energia electrică pentru încărcare și mentenanța vehiculelor electrice. În scenariul de bază s-a utilizat un preț de lucru al motorinei de 22 MDL/l, un preț efectiv al energiei electrice de 2,60 MDL/kWh, rezultat din combinarea energiei din rețea cu o componentă fotovoltaică, și costuri de mentenanță diferențiate pe tip de vehicul.

Tabelul 61. Ipoteze financiare și tehnice pentru calculul OPEX

| <b>Ipoteză</b>                               | <b>Valoare</b>                             | <b>Comentariu</b>                                                                    |
|----------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Preț motorină                                | 22,0 MDL/l                                 | valoare de planificare; actualizabilă la data aplicării pentru finanțare             |
| Preț energie electrică efectiv               | 2,60 MDL/kWh                               | ipoteză: mix rețea + producție PV locală; va fi recalculat în capitolul PV/încărcare |
| Zile de operare                              | 300 zile/an                                | serviciu regulat, cu posibilitate de extindere                                       |
| Mentenanță microbuz/autobuz mic convențional | 3,0 MDL/km                                 | include reparații curente, consumabile, anvelope, filtre                             |
| Mentenanță autobuz convențional mediu/mare   | 4,5-5,0 MDL/km                             | valoare mai mare pentru vehicule 10-15 ani                                           |
| Mentenanță EV mic/midibus                    | 1,5-2,2 MDL/km                             | valoare orientativă pentru mentenanță preventivă și consumabile                      |
| Factor CO <sub>2</sub> motorină              | 2,68 kg CO <sub>2</sub> /l                 | factor standard utilizat pentru calcule de emisii directe                            |
| Factor CO <sub>2</sub> electricitate         | 0,40 kg CO <sub>2</sub> /kWh înainte de PV | valoare de lucru; în scenariul cu 40% PV rezultă 0,24 kg CO <sub>2</sub> /kWh        |

*Sursa: ipoteze de planificare; valori finale de actualizat pe baza tarifelor, contractelor și ofertei tehnice.*

Tabelul 62. Costuri operaționale anuale: vehicule convenționale vs vehicule electrice

| <b>Rută</b> | <b>OPEX convențional, lei/an</b> | <b>OPEX EV + PV/BESS, lei/an</b> | <b>Economie anuală, lei/an</b> | <b>Reducere OPEX</b> |
|-------------|----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|----------------------|
| R1          | 331 056                          | 120 952                          | 210 104                        | 63%                  |
| R2          | 544 320                          | 203 904                          | 340 416                        | 63%                  |
| R3          | 295 488                          | 109 305                          | 186 183                        | 63%                  |
| R4          | 306 432                          | 111 955                          | 194 477                        | 63%                  |
| R5          | 595 350                          | 223 020                          | 372 330                        | 63%                  |
| Total       | 2 072 646                        | 769 136                          | 1 303 510                      | 63%                  |

*Sursa: calcule proprii pentru scenariul de bază; nu include amortizarea investiției, salariile și costurile administrative.*

În scenariul de bază, costul operațional anual estimat pentru cele patru rute scade de la aproximativ 1.66 milioane MDL/an în situația convențională la aproximativ 0.58 milioane MDL/an în scenariul electric. Economia operațională anuală rezultată este de circa 1.08 milioane MDL/an, ceea ce reprezintă o reducere de aproximativ 65% a costurilor analizate.

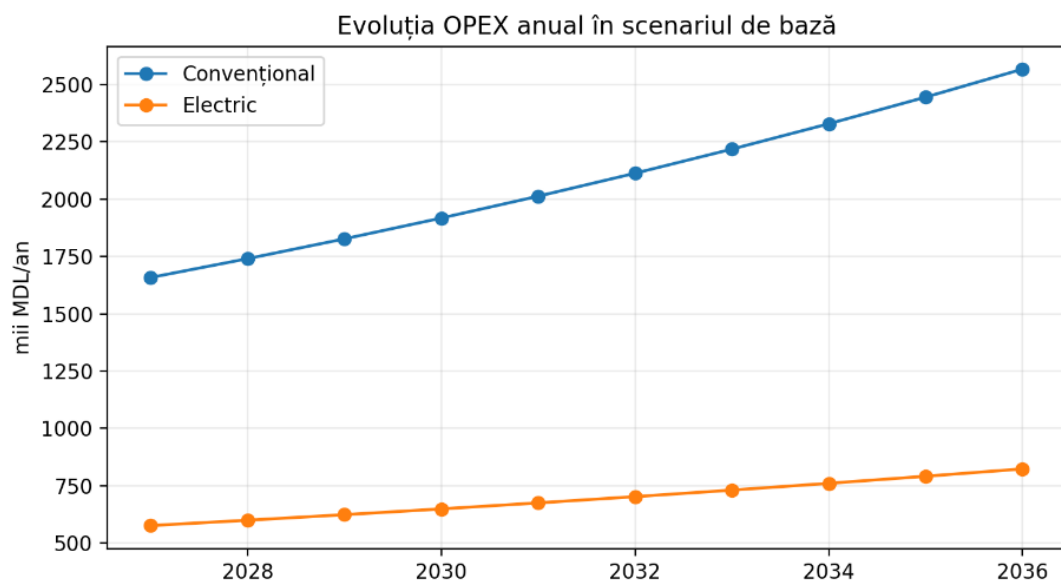


Figura 49. Evoluția costurilor operaționale anuale pe 10 ani

Sursa: calcule proprii; include creșterea treptată a parcursului și a prețurilor la energie.

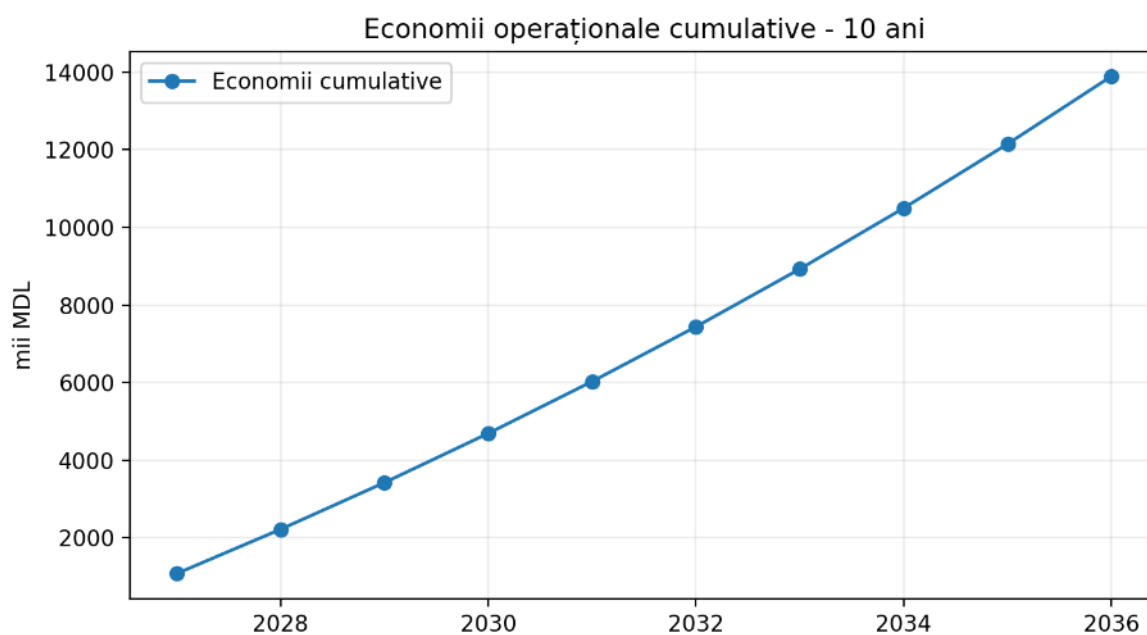


Figura 50. Economii operaționale cumulative pe 10 ani

Tabelul 63. Rezultate sintetice utilizabile în capitolele următoare

| Indicator                 | Valoare de lucru    | Utilizare în studiu                                |
|---------------------------|---------------------|----------------------------------------------------|
| Parcurs zilnic total      | 528 km/zi           | bază pentru încărcare, energie, mentenanță         |
| Parcurs anual total       | 158 400 km/an       | bază pentru TCO și emisii                          |
| Pasageri anuali estimați  | 159 000 pasageri/an | bază pentru cost/pasager și impact social          |
| Consum combustibil actual | 45318 litri/an      | bază pentru reducerea motorinei și CO <sub>2</sub> |
| Consum energie EV         | 109698 kWh/an       | bază pentru dimensionarea stațiilor și PV          |

|                          |                |                                           |
|--------------------------|----------------|-------------------------------------------|
| OPEX actual analizat     | 1658196 MDL/an | bază pentru comparația economică          |
| OPEX EV analizat         | 576575 MDL/an  | bază pentru calculul economiilor          |
| Economii OPEX            | 1081621 MDL/an | input pentru analiza financiară           |
| Reducere CO <sub>2</sub> | 95.1 t/an      | input pentru capitolul de impact climatic |

Sursa: sinteză calculată în Capitolul 4; valorile se actualizează după confirmarea datelor reale de operare.

Pentru proiectarea încărcării nocturne la Gara Auto, consumul zilnic de energie electrică se estimează la aproximativ 366 kWh/zi pentru scenariul minim. Dacă toate vehiculele se încarcă într-o fereastră de 8 ore, puterea medie necesară este de aproximativ 46 kW, fără a include pierderile de încărcare și rezerva de putere. Din acest motiv, se recomandă analiza unui racord de cel puțin 120-180 kW în etapa I, cu posibilitate de extindere la 250-350 kW în scenariul extins.

Tabelul 64. Necesar preliminar de energie și putere pentru încărcarea nocturnă la Gara Auto Sîngerei

| Scenariu         | Flotă de lucru                | Energie/zi, kWh | Fereastră încărcare | Putere medie | Recomandare                  |
|------------------|-------------------------------|-----------------|---------------------|--------------|------------------------------|
| Scenariu minim   | 4 vehicule active + 1 rezervă | 366             | 8 ore               | 46 kW        | racord recomandat 120-180 kW |
| Scenariu moderat | 6 vehicule active + 1 rezervă | 457             | 8 ore               | 57 kW        | racord recomandat 180-250 kW |
| Scenariu extins  | 8 vehicule active + 2 rezervă | 548             | 8 ore               | 69 kW        | racord recomandat 250-350 kW |

Sursa: calcule proprii; puterea instalată a încărcătoarelor trebuie să includă pierderi, simultaneitate și rezervă operațională.

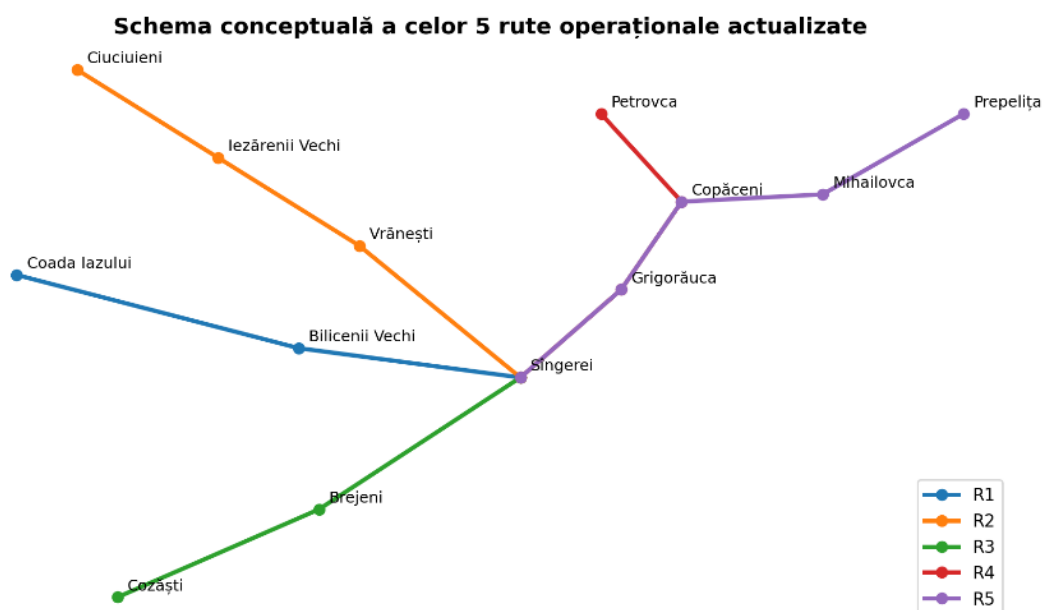


Figura 51. Rutele propuse de Consiliul Raional pentru studiu, pentru calibrarea consumului real kWh/km

### Sistem de management propus pentru proiect

Sistemul de management al flotei trebuie introdus încă din etapa pilot, nu după lansarea serviciului. Pentru că datele actuale sunt parțial estimate, operarea vehiculelor electrice trebuie folosită ca sursă de date reale: kilometri efectuați, pasageri, consum kWh/km, nivel de încărcare, punctualitate, opriri,

costuri și intervenții tehnice. Aceste date vor permite calibrarea modelului financiar și pregătirea extinderii serviciului.

Implementarea se recomandă în etape, dar studiul poate păstra ca scenariu de bază acoperirea celor 5 rute. Etapa inițială trebuie să includă validarea datelor, măsurarea GIS, confirmarea stațiilor, proiectarea încărcării și achiziția vehiculelor. După lansarea serviciului, primele 3-6 luni trebuie tratate ca perioadă de operare pilot și ajustare operațională.

Tabelul 65. **Funcționalități recomandate pentru sistemul de management al flotei**

| Funcționalitate                   | Rol                                                          | Utilizare practică                |
|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| GPS și traseu                     | monitorizarea poziției vehiculelor și respectării rutei      | toate vehiculele                  |
| SOC baterie                       | urmărirea nivelului de încărcare și a autonomiei disponibile | critic pentru R2 și R5            |
| Consum kWh/km                     | calcul real pe rută, sezon și șofer                          | actualizarea modelului financiar  |
| Ticketing / validare simplificată | estimarea pasagerilor și veniturilor                         | date pentru ajustarea frecvenței  |
| Raportare lunară                  | km, pasageri, energie, costuri, incidente                    | Consiliul Raional / operator      |
| Alerte tehnice                    | erori vehicul, stație încărcare, depășiri de consum          | reducerea riscului de întrerupere |

*Sursa: calcule autor pe baza scenariului operațional actualizat solicitat de Consiliul Raional Singerei.*

Tabelul 66. **Etape propuse de implementare pentru flota electrică**

| Etapă                              | Perioadă orientativă | Activități principale                         | Rezultat                      |
|------------------------------------|----------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------|
| 1. Validare tehnică                | luni 1-2             | GIS, stații, timpi de parcurs, consultări APL | date finale pentru proiectare |
| 2. Proiectare și caiete de sarcini | luni 2-4             | vehicule, stații, depou, IT, PV/BESS          | documentație de achiziție     |
| 3. Achiziții                       | luni 4-9             | licitații pe loturi, evaluare oferte          | contracte semnate             |
| 4. Amenajare și livrare            | luni 8-13            | Gara Auto, stații, recepție vehicule          | infrastructură funcțională    |
| 5. Testare și instruire            | luni 13-15           | curse de probă, șoferi, dispecerat            | serviciu pregătit             |
| 6. Operare pilot                   | luni 15-18           | monitorizare R1-R5, ajustare program          | date reale pentru extindere   |

#### 4.9 Concluzii ale Capitolului 4

Analiza cererii și a rutelor prioritare confirmă că cele patru coridoare propuse pot fi operate în etapa inițială cu un model simplu de două curse dus-întors pe zi pe rută. Kilometrajul total rezultat, de aproximativ 528 km/zi și 158.400 km/an, este compatibil cu o flotă electrică de 4 vehicule active și 1 vehicul de rezervă, cu încărcare nocturnă centralizată la Gara Auto Singerei.

R1 și R2 pot fi deservite cu minibuze electrice compacte, în timp ce R3 și R4 necesită vehicule cu capacitate și autonomie mai mare. R4 trebuie analizată cu atenție suplimentară deoarece include conexiunea spre Bălți și poate genera cerere peste scenariul de bază. Din punct de vedere tehnic,

traseele sunt fezabile pentru vehicule electrice dacă se asigură încărcare nocturnă, monitorizare a consumului și rezervă de autonomie pentru iarnă.

Compararea cu vehiculele convenționale arată o diferență majoră de cost operațional. În ipotezele de lucru utilizate, trecerea la vehicule electrice poate reduce costurile analizate cu aproximativ 65% și poate genera economii operaționale de circa 1.08 milioane MDL/an. Reducerea emisiilor directe este semnificativă, iar emisiile indirecte pot fi diminuate suplimentar prin integrarea panourilor fotovoltaice la Gara Auto și/sau în alte locații publice.

Pentru etapa următoare se recomandă: validarea distanțelor prin GIS, numărătoare de pasageri timp de minimum 5-7 zile, confirmarea vehiculelor actuale și a consumurilor reale de combustibil, verificarea capacității electrice la Gara Auto Sîngerei, identificarea spațiului pentru încărcătoare și pregătirea caietului de sarcini pentru minibuze/midibuze electrice compatibile cu rutele analizate.

Necesarul anual de energie pentru scenariul operațional revizuit este estimat la aproximativ 101,9 MWh/an, respectiv 117,1 MWh/an cu rezervă operațională de 15%. Această valoare rămâne compatibilă cu soluția propusă de încărcare la Gara Auto Sîngerei, cu minimum 5-6 puncte AC 22 kW, o stație DC 60 kW pentru rezervă și integrare PV/BESS. Capitolul 6 trebuie să preia aceste valori pentru redimensionarea infrastructurii de încărcare și verificarea capacității electrice.

Tabelul 67. **Sinteza soluției tehnice propuse după revizuirea rutelor**

| Element           | Valoare recomandată                                       | Rol în studiul revizuit                            |
|-------------------|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Rute operaționale | 5 rute prioritare                                         | conform solicitărilor Consiliului Raional Sîngerei |
| Parcurs anual     | 222 900 km/an                                             | bază pentru consum, OPEX și emisii                 |
| Flotă minimă      | 5 vehicule active + 1 rezervă                             | scenariu de bază recomandat                        |
| Tip vehicule      | minibuze 20-25 locuri +<br>minibuze/midibuze 25-35 locuri | dimensionare diferențiată după rută                |
| Consum EV         | 101,9 MWh/an; 117,1 MWh/an cu rezervă 15%                 | valoare de intrare pentru Capitolul 6              |
| Încărcare         | 5-6 AC 22 kW + 1 DC 60 kW                                 | încărcare nocturnă + rezervă operațională          |
| Management        | GPS, SOC, kWh/km, pasageri, raportare lunară              | necesar pentru calibrarea datelor reale            |

#### 4.10 Set de date tehnico-operaționale pentru dimensionarea etapelor următoare

Pentru ca rezultatele Capitolului 4 să poată fi utilizate direct în capitolele tehnice și financiare următoare, în continuare se prezintă un set consolidat de date de lucru. Aceste date nu substituie măsurătorile de trafic și ofertele tehnice finale, dar permit o primă dimensionare realistă a flotei, a încărcătoarelor și a costurilor de operare.

În special, comparația cu vehicule convenționale de tip Mercedes-Benz de 12 m și DAF de pasageri este utilă pentru a evidenția diferența între transportul actual cu vehicule uzate și soluția electrică. În

practică, consumul unui autobuz diesel de 12 m depinde de ruta reală, opriri, starea drumului, încărcare, sezon și stare tehnică. Pentru prezentul studiu, valorile de 38-42 l/100 km sunt utilizate ca interval de referință pentru vehicule convenționale de capacitate mare.

Tabelul 68. Matrice de compatibilitate între rute și modele posibile de vehicule electrice

| Rută | Km/zi | Capacitate minimă | Model/segment recomandat                              | Compatibilitate EV | Observație                                                                       |
|------|-------|-------------------|-------------------------------------------------------|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| R1   | 94    | 15-25 locuri      | Karsan e-JEST / Iveco E-Daily                         | foarte bună        | încărcare nocturnă la Gara Auto este suficientă                                  |
| R2   | 82    | 15-25 locuri      | Karsan e-JEST / Iveco E-Daily                         | foarte bună        | autonomie reală peste 180 km este suficientă                                     |
| R3   | 168   | 25-40 locuri      | Yutong E7S / Iveco E-Daily cu baterie mare            | bună               | rezervă de iarnă obligatorie; încărcare rapidă opțională                         |
| R4   | 184   | 30-50 locuri      | Yutong E7S / Solaris 9-10,5 m / autobuz electric 12 m | medie-bună         | necesită baterie mare sau încărcare suplimentară în cazul extinderii programului |
| R5   | 82    | 15-25 locuri      | Karsan e-JEST / Iveco E-Daily                         | foarte bună        | rezervă de iarnă obligatorie; încărcare rapidă opțională                         |

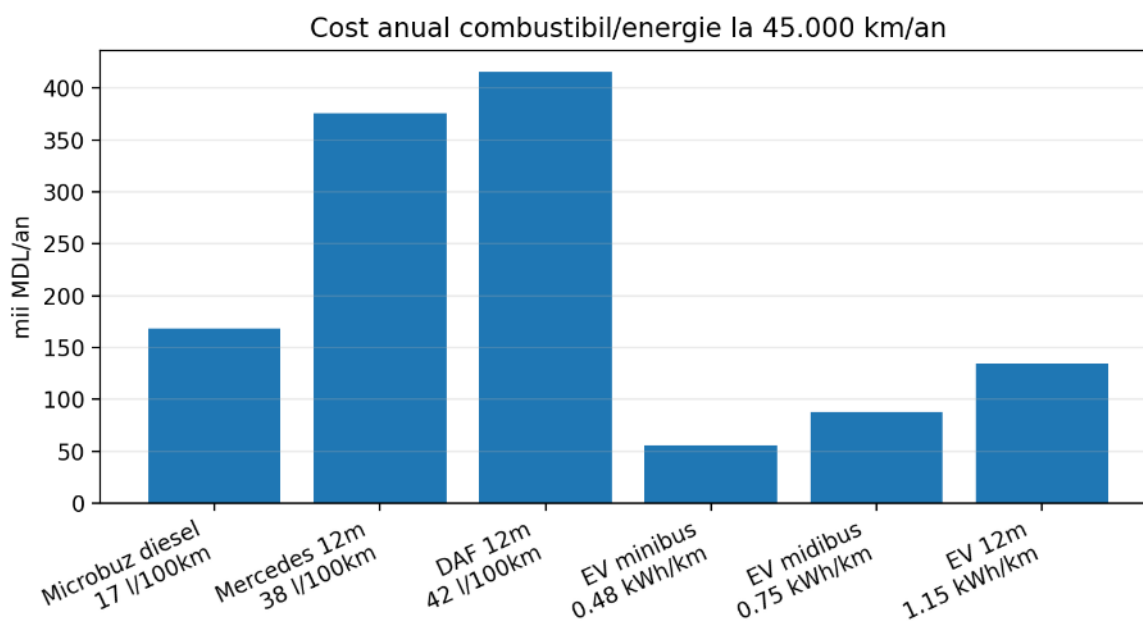


Figura 52. Cost anual combustibil/energie pentru vehicule reprezentative la 45.000 km/an

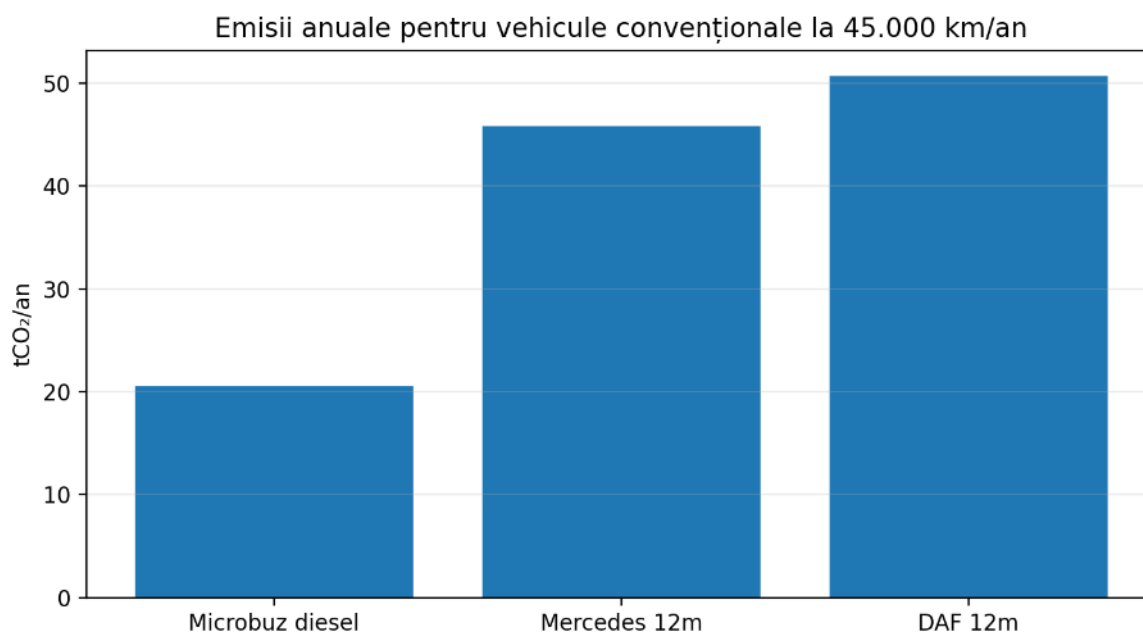


Figura 53. Emisii anuale pentru vehicule convenționale reprezentative la 45.000 km/an

Sursa: calcule proprii; factor de emisie motorină 2,68 kg CO<sub>2</sub>/l.

Tabelul 69. Compararea vehiculelor convenționale de referință cu vehicule electrice

| Vehicul de referință           | Capacitate     | Consum specific  | Parcurs de comparație | Cost anual energie/combustibil | Concluzie                                               |
|--------------------------------|----------------|------------------|-----------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Microbuz diesel/benzină uzat   | 15-25 pasageri | 15-20 l/100 km   | 45.000 km/an          | 168-198 mii MDL/an combustibil | soluție actuală, cost operațional ridicat               |
| Mercedes-Benz 12 m diesel uzat | 45-80 pasageri | 38 l/100 km      | 45.000 km/an          | 376 mii MDL/an combustibil     | capacitate mare, dar consum ridicat                     |
| DAF pasageri 12 m diesel uzat  | 45-80 pasageri | 42 l/100 km      | 45.000 km/an          | 416 mii MDL/an combustibil     | cel mai costisitor în scenariul de referință            |
| Minibus electric               | 15-25 pasageri | 0,45-0,52 kWh/km | 45.000 km/an          | 53-61 mii MDL/an energie       | foarte potrivit pentru rute sub 150 km/zi               |
| Midibus electric               | 25-40 pasageri | 0,55-0,75 kWh/km | 45.000 km/an          | 64-88 mii MDL/an energie       | potrivit pentru R3 și R4 în etapa de bază               |
| Autobuz electric 12 m          | 50+ pasageri   | 0,90-1,30 kWh/km | 45.000 km/an          | 105-152 mii MDL/an energie     | potrivit dacă R4 se dezvoltă ca rută intensă spre Bălți |

#### 4.11 Profil sezonier și implicații pentru încărcarea nocturnă

Cererea de pasageri și consumul de energie nu sunt constante pe parcursul anului. În lunile de toamnă și primăvară, cererea poate fi mai mare datorită activităților școlare și administrative. În lunile de vară, cererea poate scădea pentru elevi, dar poate rămâne relevantă pentru piață, servicii publice, sănătate

și deplasări economice. În sezonul rece, consumul vehiculelor electrice poate crește din cauza încălzirii habitaculului și a condițiilor de drum.

Din acest motiv, dimensionarea încărcării nocturne la Gara Auto Sîngerei trebuie realizată nu doar pe media anuală, ci și pe ziua de vârf. Pentru proiectarea inițială se recomandă aplicarea unei rezerve de 15-25% față de consumul mediu zilnic, iar pentru R3 și R4 se recomandă verificarea autonomiei în scenarii de iarnă.

Tabelul 70. Factori sezonieri orientativi pentru cererea de transport și consumul energetic

| Luna | Factor sezonier | Pasageri/lună estimați | Energie încărcare, kWh/lună |
|------|-----------------|------------------------|-----------------------------|
| Ian  | 1.05            | 13 912                 | 9 599                       |
| Feb  | 1.00            | 13 250                 | 9 142                       |
| Mar  | 1.05            | 13 912                 | 9 599                       |
| Apr  | 1.00            | 13 250                 | 9 142                       |
| Mai  | 1.02            | 13 515                 | 9 324                       |
| Iun  | 0.85            | 11 262                 | 7 770                       |
| Iul  | 0.70            | 9 275                  | 6 399                       |
| Aug  | 0.75            | 9 938                  | 6 856                       |
| Sep  | 1.15            | 15 237                 | 10 513                      |
| Oct  | 1.10            | 14 575                 | 10 056                      |
| Noi  | 1.08            | 14 310                 | 9 873                       |
| Dec  | 1.05            | 13 912                 | 9 599                       |

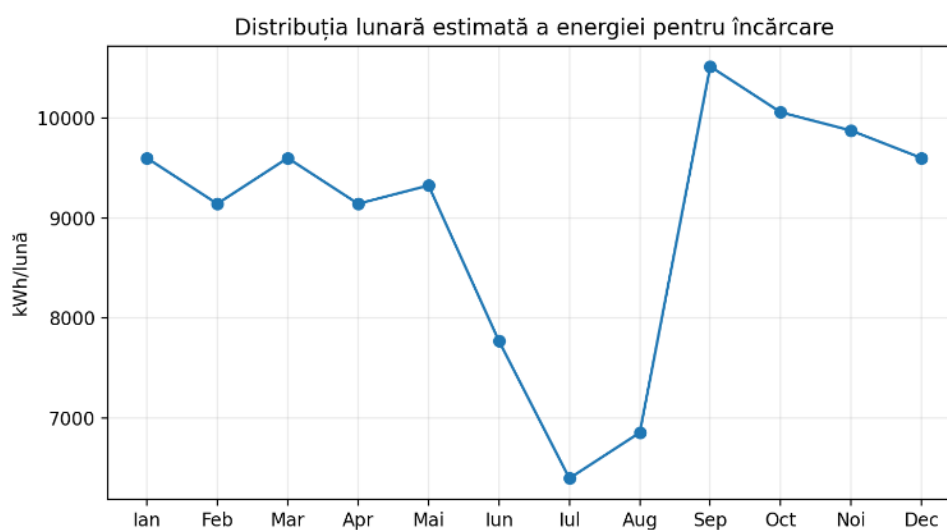


Figura 54. Distribuția lunară estimată a energiei pentru încărcare

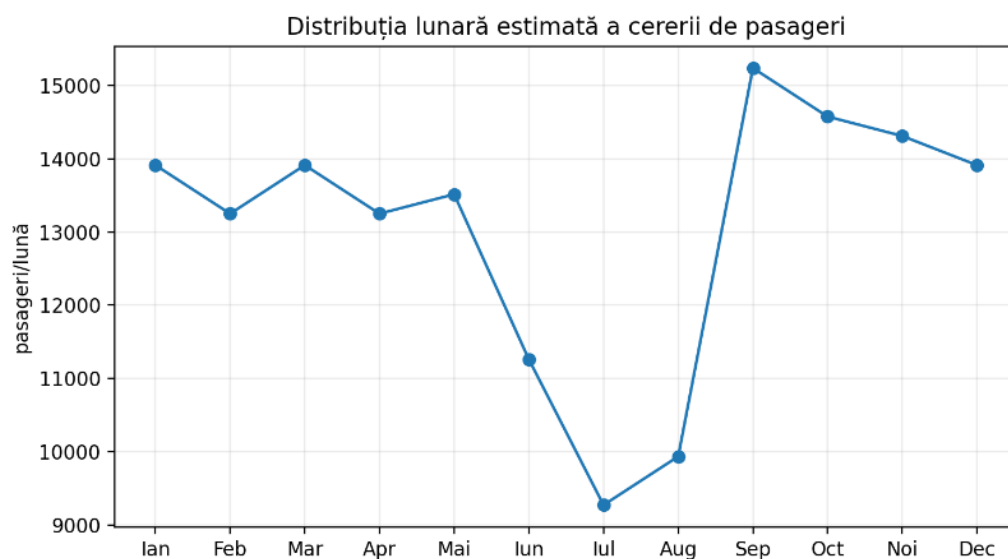


Figura 55. Distribuția lunară estimată a cererii de pasageri

Sursa: calcule proprii; include reducere sezonieră vara și creștere în perioada școlară.

Tabelul 71. Puterea preliminară a încărcării nocturne la Gara Auto Sîngerei

| Scenariu | Energie/zi, kWh | Fereastră încărcare | Putere medie cu rezervă, kW | Notă                                                     |
|----------|-----------------|---------------------|-----------------------------|----------------------------------------------------------|
| Minim    | 366             | 8 ore               | 53                          | include rezervă de 15% pentru pierderi și simultaneitate |
| Moderat  | 457             | 8 ore               | 66                          | include rezervă de 15% pentru pierderi și simultaneitate |
| Extins   | 548             | 8 ore               | 79                          | include rezervă de 15% pentru pierderi și simultaneitate |

Sursa: calcule proprii; rezultatele vor fi utilizate la dimensionarea stațiilor de încărcare și a racordului electric.

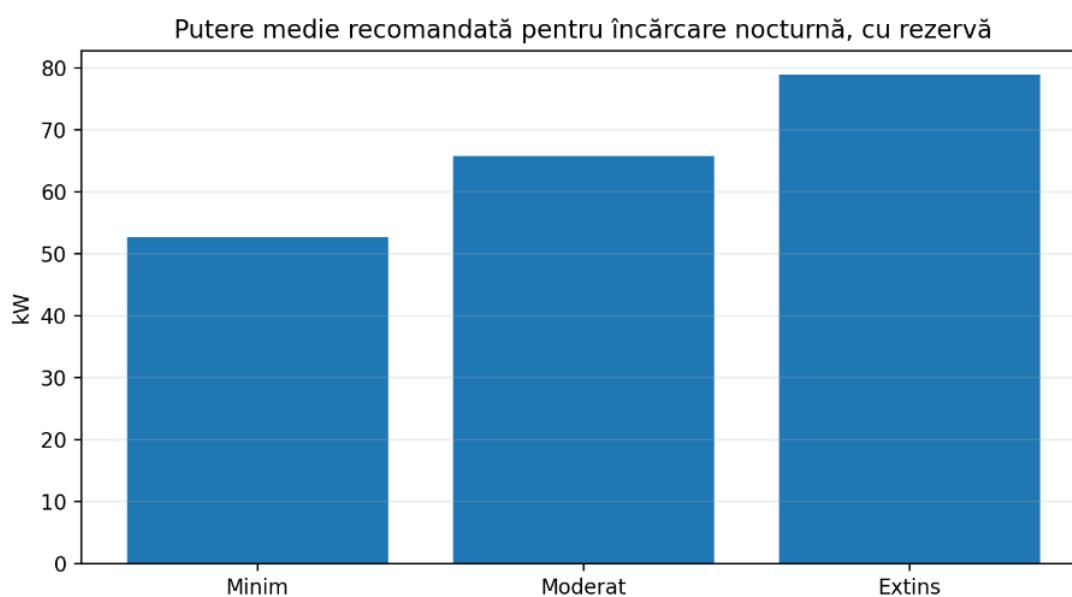


Figura 56. Putere medie recomandată pentru încărcare nocturnă la Gara Auto

*Sursa: calcule proprii; include rezervă de 15%.*



*Loc propus pentru amplasarea stațiilor de încărcare electrică (la noua locație)*



*Figura 57. Vederea de sus Gara Auto Sîngerei pentru amplasarea încărcătoarelor și parcare nocturnă*



*Figura 58. Exemple de stații de încărcare electrică autobuze*

## 5 Soluția tehnică: vehicule electrice și model operațional

Capitolul 5 dezvoltă soluția tehnică propusă pentru etapa de tranziție a transportului public raional Sîngerei către vehicule electrice. Capitolul utilizează datele din capitolele 2-4 privind cele patru coridoare prioritare, populația deservită, distanțele, scenariul de operare cu două curse dus-întors pe zi și ipoteza de încărcare nocturnă la Gara Auto Sîngerei. Sunt analizate opțiunile de vehicule electrice disponibile pe piață, comparația cu vehiculele convenționale actuale, necesarul de flotă, cerințele de încărcare, mentenanța și graficul propus de implementare.

### 5.1 Tipuri de vehicule potrivite pentru raionul Sîngerei

Transportul public raional analizat are un profil diferit de transportul urban din municipiile mari. Cele patru rute propuse sunt rute intercomunale scurte și medii, cu parcurs zilnic controlabil, plecare și întoarcere în orașul Sîngerei și posibilitatea parcurii peste noapte într-un punct comun. Din acest motiv, soluția tehnică optimă nu trebuie să pornească obligatoriu de la autobuze mari de 12 m, ci de la o combinație de microbuze electrice, midibuze electrice și, doar pentru coridorul cu cerere ridicată, autobuze electrice compacte de 9-10,5 m.

În situația actuală, multe servicii raionale sunt realizate cu microbuze și autobuze mici/medii de 10-15 ani, alimentate cu motorină sau benzină. Pentru rutele cu cerere mai mare se pot întâlni vehicule de tip Mercedes-Benz de aproximativ 12 m sau autobuze DAF pentru pasageri, cu consumuri ridicate și costuri de mentenanță în creștere. În raport cu aceste vehicule, transportul electric oferă avantajul unui consum energetic specific mai mic, al mentenanței simplificate și al posibilității de alimentare parțială din surse regenerabile.

Documentul transmis privind autobuzele electrice indică mai multe modele relevante: Karsan e-JEST, Yutong E7S, Iveco eDaily Minibus și Solaris Urbino 10.5 Electric. Aceste opțiuni acoperă o plajă largă de capacități, de la aproximativ 22 pasageri până la capacități de tip midibus/autobuz urban compact. Pentru Sîngerei, alegerea optimă trebuie făcută pe rută, în funcție de lungimea traseului, numărul de pasageri, starea drumului și posibilitatea de încărcare nocturnă.

Tabelul 72. Opțiuni de vehicule electrice relevante pentru rutele analizate

| Model                        | Lungime         | Capacitate           | Baterie            | Autonomie     | Consum specific  | Aplicabilitate                                               |
|------------------------------|-----------------|----------------------|--------------------|---------------|------------------|--------------------------------------------------------------|
| Karsan e-JEST                | ~6 m            | până la 22 pasageri  | 88 kWh             | ~210 km NEDC  | 0,33-0,42 kWh/km | rute scurte, străzi înguste, cerere redusă-medie             |
| IVECO eDaily Minibus         | platformă Daily | până la 23 locuri    | 111 kWh, 3 pachete | ~220-235 km   | 0,45-0,52 kWh/km | rute intercomunale scurte/medii, service local mai accesibil |
| Yutong E7S                   | ~7 m            | până la 30 pasageri  | 140-176 kWh        | ~250-300 km   | 0,55-0,65 kWh/km | rute medii cu cerere mai mare                                |
| Solaris Urbino 10.5 Electric | 10,5 m          | până la ~85 pasageri | peste 400 kWh      | >600 km eSORT | 0,85-1,10 kWh/km | coridor de capacitate mare, legătură cu Bălți/Biruința       |



Figura 59. Exemplu de minibus electric compact de tip Karsan e-JEST

Tabelul 73. Comparație tehnică între vehicule convenționale și electrice

| Tip vehicul                        | Capacitate     | Consum anual estimat         | Emisii locale      | Aplicabilitate             | Observații                                                       |
|------------------------------------|----------------|------------------------------|--------------------|----------------------------|------------------------------------------------------------------|
| Microbuz diesel/benzină 10-15 ani  | 15-22 locuri   | 9-12 mii l/an pe rută scurtă | mediu spre ridicat | rute scurte, cerere redusă | Cost inițial redus, dar costuri mari de combustibil și reparații |
| Mercedes-Benz / DAF 10-12 m diesel | 45-80 locuri   | 15-18 mii l/an pe rută lungă | ridicat            | rute cu cerere mare        | Consum ridicat, mentenanță scumpă, poluare locală                |
| Minibus electric 6-7 m             | 20-30 pasageri | 11-18 MWh/an                 | redus              | R1, R2 și parțial R3       | Bun pentru rute scurte/medii și încărcare nocturnă               |
| Midibus/autobuz electric 9-10,5 m  | 50-85 pasageri | 48-52 MWh/an pe ruta lungă   | foarte redus local | R3, R4                     | Potrivit pentru rută cu cerere ridicată și legătură cu Bălți     |

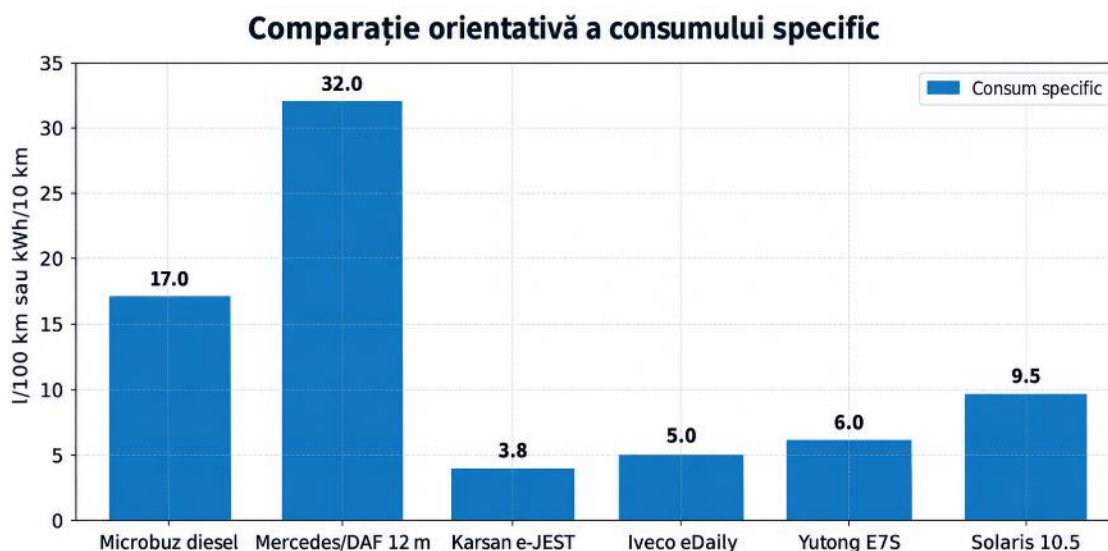


Figura 60. Comparație orientativă a consumului specific pentru vehicule convenționale și electrice

Sursa: Calcule proprii. Pentru comparabilitate, consumul electric este prezentat ca kWh/10 km, iar consumul convențional ca l/100 km.

Pentru scenariul, Gara Auto Sîngerei rămâne punctul central recomandat pentru încărcarea flotei electrice, indiferent de faptul că rutele au fost detaliate în cinci trasee operaționale. Concentrarea încărcării într-un singur punct permite organizarea parcurii de noapte, controlul accesului, monitorizarea consumurilor, securizarea echipamentelor și coordonarea plecărilor zilnice.

În oraș există deja experiență locală relevantă privind încărcarea rapidă, prin existența unei stații private de capacitate ridicată. Totuși, pentru operarea transportului public nu se recomandă dependența de infrastructura privată existentă, ci crearea unui hub dedicat serviciului public, dimensionat pentru nevoile flotei, cu contorizare separată, reguli de acces, mentenanță contractuală și sistem de raportare.

Tabelul 74. Rolul locațiilor posibile pentru infrastructura de încărcare

| Locație / opțiune               | Rol posibil                                         | Aprecieri pentru etapa revizuită                                            |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| Gara Auto Sîngerei              | Depou, parcare, încărcare nocturnă, dispecerat      | Locație principală recomandată pentru etapa de bază                         |
| Stație privată rapidă existentă | Încărcare ocazională / rezervă comercială           | Utilă ca infrastructură complementară, nu ca bază operațională              |
| Capete de traseu în sate        | Încărcare de oportunitate, dacă va exista extindere | Nu este necesară în etapa I, deoarece traseele permit revenirea la Sîngerei |
| Teren adiacent pentru PV        | Producere locală de energie                         | Necesar pentru reducerea costului energiei și justificarea climatică        |
| Clădiri publice apropiate       | Posibile acoperișuri pentru PV suplimentar          | Opțiune secundară, de evaluat după clarificarea regimului juridic           |

## 5.2 Dimensionarea flotei electrice

Dimensionarea flotei a fost realizată pornind de la ipoteza operațională stabilită de beneficiar: fiecare dintre cele patru rute prioritare va fi operată cu două curse dus-întors pe zi, una dimineața și una seara. Această abordare este potrivită pentru etapa-pilot, deoarece asigură conectarea localităților rurale cu centrul raional în intervalele cu cea mai mare cerere: deplasarea spre instituții, servicii publice, piață, locuri de muncă și întoarcerea seara.

Pentru etapa inițială se recomandă un model de flotă compus din minimum patru vehicule active, câte unul pe fiecare rută, plus un vehicul de rezervă. Vehiculul de rezervă este necesar deoarece orice sistem de transport public trebuie să asigure continuitatea serviciului în caz de defecțiune, mentenanță planificată, condiții meteo nefavorabile sau creșteri temporare ale cererii.

Tabelul 75. Date de intrare pentru dimensionarea infrastructurii de încărcare revizuite

| Indicator                | Valoare utilizată             | Rol în dimensionare                                                     |
|--------------------------|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| Număr rute operaționale  | 5 rute prioritare             | Stabilește numărul minim de vehicule active și puncte de încărcare      |
| Parcurs zilnic total     | 743 km/zi                     | Baza pentru calculul energiei zilnice                                   |
| Parcurs anual            | 222.900 km/an                 | Baza pentru energia anuală, costuri și emisii                           |
| Consum EV de lucru       | 0,40-0,56 kWh/km              | Valori diferențiate după rută și tip vehicul                            |
| Necesar anual EV         | 101,9 MWh/an                  | Consum fără rezervă operațională                                        |
| Necesar anual cu rezervă | 117,1 MWh/an                  | Bază de dimensionare pentru PV/BESS și încărcare                        |
| Flotă minimă             | 5 vehicule active + 1 rezervă | Bază pentru numărul de puncte AC și DC                                  |
| Strategie încărcare      | preponderent nocturnă         | Reduce impactul asupra programului zilnic și permite controlul energiei |

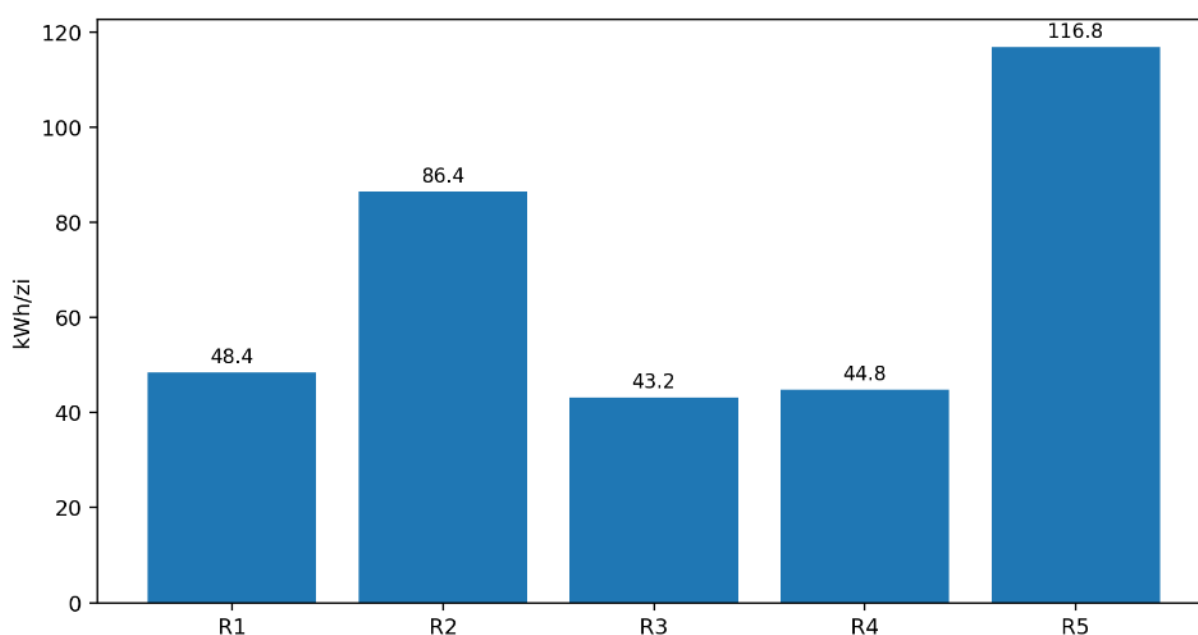


Figura 61. Necesarul zilnic de energie electrică pe cele cinci rute revizuite

Figura 62. Necesarul zilnic de energie electrică pe rute

Sursa: Calcule proprii, pe baza parcursului zilnic și consumului specific al vehiculului recomandat.

Tabelul 76. Scenarii de dimensionare a flotei electrice

| Scenariu                     | Vehicule active   | Rezervă              | Acoperire                                             | Observații                                               |
|------------------------------|-------------------|----------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| S1 - etapă minimă            | 4 vehicule active | 0-1 vehicul rezervă  | R1-R4, serviciu de bază                               | Investiție mai redusă, risc mai mare la avarii           |
| S2 - etapă pilot recomandată | 4 vehicule active | 1 vehicul rezervă    | R1-R4 cu continuitate operațională                    | Configurația recomandată pentru lansarea proiectului     |
| S3 - etapă extinsă           | 6-8 vehicule      | 1-2 vehicule rezervă | Rute suplimentare, frecvență crescută, curse speciale | Potrivită după validarea cererii și accesarea finanțării |

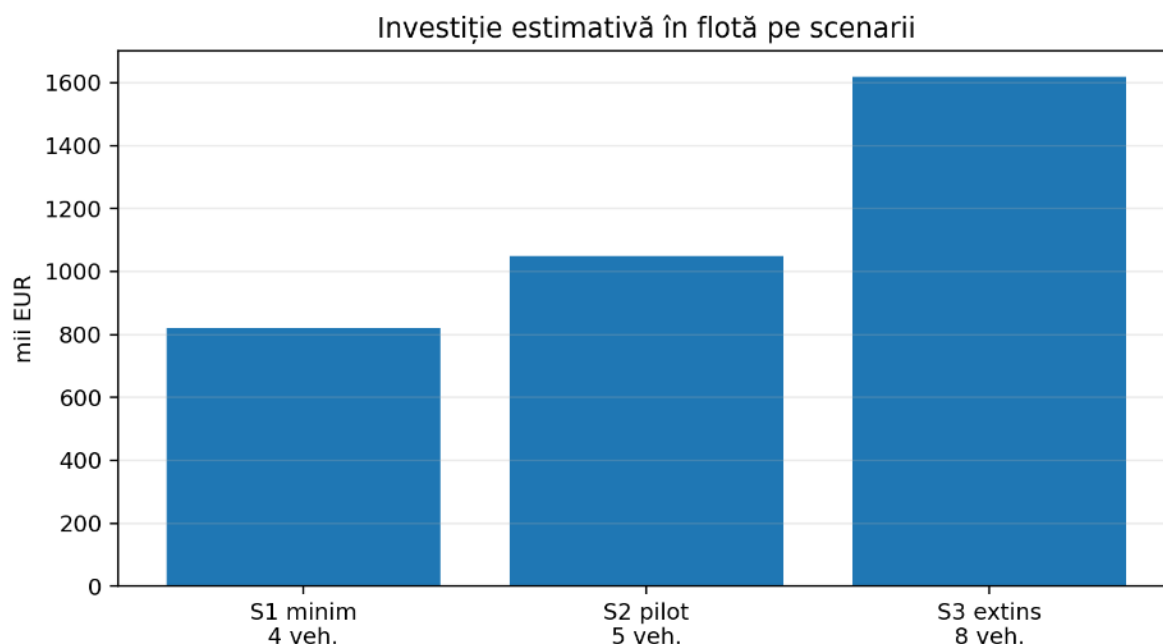


Figura 63. Investiție estimativă în flotă pe scenarii

Sursa: Calcule proprii, valori orientative; nu includ costul complet al infrastructurii de încărcare și PV.

### 5.3 Locații strategice pentru stații noi și criterii de amplasare

Alegerea locației pentru stațiile de încărcare trebuie să pornească de la programul de circulație revizuit. Deoarece cele cinci rute au distanțe tur-retur relativ reduse, iar toate au legătură funcțională cu orașul Sîngerei, soluția optimă pentru etapa de bază este încărcarea centralizată la Gara Auto. Această soluție reduce investițiile în echipamente dispersate, simplifică mentenanța și permite un management unitar al flotei.

Totuși, amplasamentul trebuie ales astfel încât să permită extinderea. Dacă frecvența curselor va crește sau vor fi introduse rute urbane locale, aceeași infrastructură poate deservi vehicule suplimentare. Prin urmare, în proiectul tehnic trebuie rezervat spațiu pentru puncte AC suplimentare, pentru o eventuală stație DC de 120-125 kW și pentru extinderea BESS.

Tabelul 77. Criterii de selectare a locației pentru stațiile de încărcare

| Criteriu                     | Cerință minimă                                         | Comentariu pentru Sîngerei                                       |
|------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| Acces rutier                 | Intrare/ieșire sigură pentru autobuze și minibuze      | Important pentru evitarea manevrelor în zona centrală aglomerată |
| Putere electrică disponibilă | Aviz pentru cel puțin 150-250 kW în etapa de bază      | Puterea exactă va fi stabilită de operatorul de distribuție      |
| Spațiu pentru parcare        | Minimum 6 locuri pentru vehicule electrice             | 5 active + 1 rezervă, cu posibilitate de extindere               |
| Securitate                   | Iluminat, supraveghere, acces controlat                | Echipamentele AC/DC, BESS și cablurile trebuie protejate         |
| Integrare PV                 | Teren/acoperiș disponibil sau teren apropiat           | Preferabil lângă Gara Auto sau pe teren public apropiat          |
| Distanță față de locuințe    | Minimizarea disconfortului și a conflictelor de trafic | Încărcarea nocturnă trebuie organizată fără impact fonic major   |

Tabelul 78. Configurația propusă a charging hub-ului la Gara Auto Sîngerei

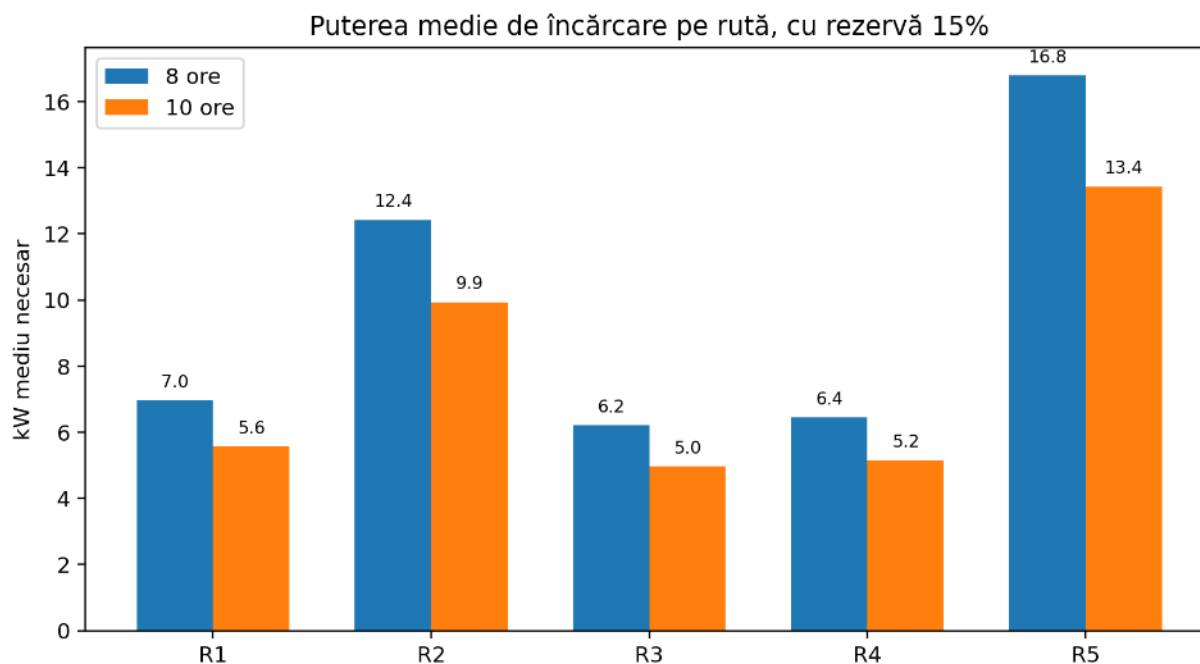
| Componentă              | Cantitate recomandată        | Funcție principală                                                 | Observație                                                             |
|-------------------------|------------------------------|--------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Stații AC 22 kW         | 5-6 puncte                   | Încărcare nocturnă pentru vehiculele active și rezervă             | Numărul final depinde de graficul de rotație și de locurile de parcare |
| Stație DC 60 kW         | 1 punct                      | Încărcare rapidă de rezervă, corecții de program, perioade de vârf | Nu este destinată încărcării zilnice de bază                           |
| Pregătire DC 120-125 kW | fundație, cabluri, protecții | Extindere ulterioară sau interoperabilitate cu alte vehicule       | Echiparea completă poate fi amânată                                    |
| Sistem PV               | 150 kWp                      | Reducerea costului energiei și a emisiilor indirecte               | Capacitate adecvată pentru etapa revizuită                             |
| BESS                    | 150-250 kWh                  | Stocare, limitare vârfuri, creșterea autoconsumului PV             | Recomandare de bază: cca 200 kWh                                       |
| EMS/SCADA               | 1 sistem                     | Monitorizare încărcare, PV, BESS, consum, alarme                   | Obligatoriu pentru raportare și control                                |

#### 5.4 Tipuri de încărcare și dimensionarea puterii instalate

În scenariul revizuit, încărcarea principală trebuie realizată noaptea, prin stații AC de 22 kW. Această soluție este mai ieftină, mai simplă tehnic și mai favorabilă pentru durata de viață a bateriilor decât utilizarea zilnică a încărcării rapide. Stația DC de 60 kW este justificată ca element de rezervă, pentru situații în care un vehicul revine cu nivel scăzut de baterie, apare o modificare de program sau este necesară o încărcare rapidă între curse.

Tabelul 79. Calculul energiei zilnice și al puterii medii de încărcare

| Rută  | Traseu                                                    | km/zi | kWh/km | kWh/zi | kWh/zi +15% | kW mediu la 10 h |
|-------|-----------------------------------------------------------|-------|--------|--------|-------------|------------------|
| R1    | Coda Iazului / Biliceni Vechi - Sîngerei                  | 121   | 0.40   | 48.4   | 55.7        | 5.6              |
| R2    | Ciuciuieni - Iezărenii Vechi - Vrancești - Sîngerei       | 192   | 0.45   | 86.4   | 99.4        | 9.9              |
| R3    | Cozăști - Brejeni - Sîngerei                              | 108   | 0.40   | 43.2   | 49.7        | 5.0              |
| R4    | Petrovca - Copăceni - Grigorăuca - Sîngerei               | 112   | 0.40   | 44.8   | 51.5        | 5.2              |
| R5    | Prepeșița - Mihailovca - Copăceni - Grigorăuca - Sîngerei | 210   | 0.56   | 116.8  | 134.3       | 13.4             |
| Total | -                                                         | 743   | -      | 339.6  | 390.5       | 39.1             |

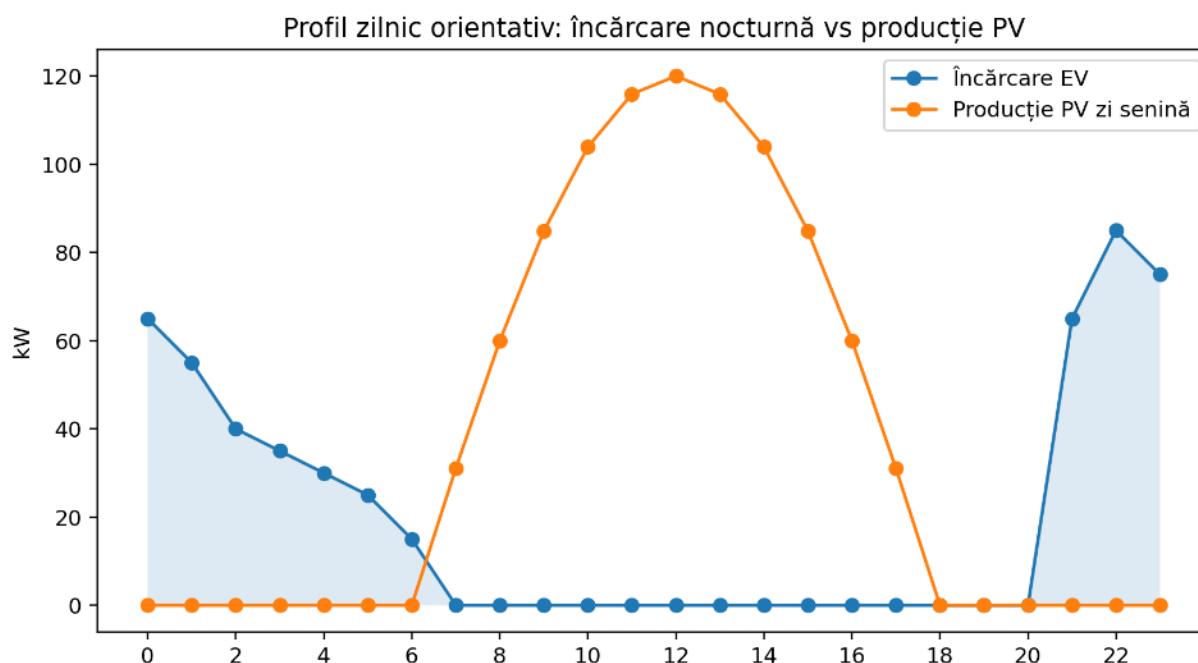


**Figura 64. Puterea medie de încărcare pe rută, în funcție de durata ferestrei nocturne**

*Sursa: grafic elaborat de autor pe baza scenariului operațional revizuit.*

**Tabelul 80. Comparația modurilor de încărcare pentru flota revizuită**

| Mod încărcare                | Putere tipică  | Rol în proiect                          | Avantaje                                        | Limitări                                            |
|------------------------------|----------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| AC 22 kW                     | 11-22 kW/punct | Încărcare de bază peste noapte          | Cost redus, montaj simplu, protejează bateria   | Necesită timp suficient de staționare               |
| DC 60 kW                     | 50-60 kW       | Rezervă și încărcare accelerată         | Poate recupera rapid autonomie între curse      | CAPEX mai mare, solicită rețeaua mai mult           |
| DC 120-125 kW                | 120-125 kW     | Extindere viitoare / interoperabilitate | Utilă pentru autobuze mai mari și flotă extinsă | Nu este obligatorie în etapa inițială               |
| Încărcare la capăt de traseu | 22-60 kW       | Posibilă în faze ulterioare             | Reduce revenirea la depou pentru rute lungi     | Necesită investiții în sate și contracte locale     |
| Încărcare inteligentă        | control EMS    | Managementul simultaneității            | Reduce vârfurile și costurile de racordare      | Necesită software, contorizare și reguli de operare |



**Figura 65. Profil zilnic orientativ de sarcină pentru încărcarea la Gara Auto Singerei**

*Sursa: grafic elaborat de autor pe baza scenariului operațional revizuit.*

## 5.5 Integrarea energiei solare fotovoltaice pentru alimentarea stațiilor

Sistemul fotovoltaic rămâne o componentă importantă a fezabilității economice și climatice. Necesarul anual de energie cu rezervă pentru cele cinci rute este estimat la aproximativ 117,1 MWh/an. Un sistem PV de 150 kWp, la o producție orientativă de 1.150-1.250 kWh/kWp/an, poate produce în jur de 172-188 MWh/an. Aceasta nu înseamnă că întreaga energie este utilizată direct pentru încărcare, deoarece producția PV are loc în timpul zilei, iar încărcarea principală are loc noaptea. De aceea, este necesară combinarea PV cu BESS și management energetic.

**Tabelul 81. Dimensionarea preliminară a sistemului fotovoltaic**

| Parametru                        | Valoare recomandată           | Explicație                                                                |
|----------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Necesar anual EV fără rezervă    | 101,9 MWh/an                  | Rezultat din scenariul operațional revizuit                               |
| Necesar anual cu rezervă 15%     | 117,1 MWh/an                  | Valoare de dimensionare pentru etapa de bază                              |
| Capacitate PV recomandată        | 150 kWp                       | Păstrează soluția tehnică inițială și oferă marjă pentru extindere        |
| Producție specifică de calcul    | 1.200 kWh/kWp/an              | Valoare orientativă pentru planificare                                    |
| Producție anuală PV estimată     | 180 MWh/an                    | Mai mare decât necesarul anual EV, dar nu integral simultan cu încărcarea |
| Autoconsum util prin BESS/EMS    | 55-70%                        | Depinde de grafic, baterie, contract de furnizare și regim de compensare  |
| Capacitate suplimentară posibilă | 50-100 kWp în faze ulterioare | Pentru rute urbane sau extindere de flotă                                 |

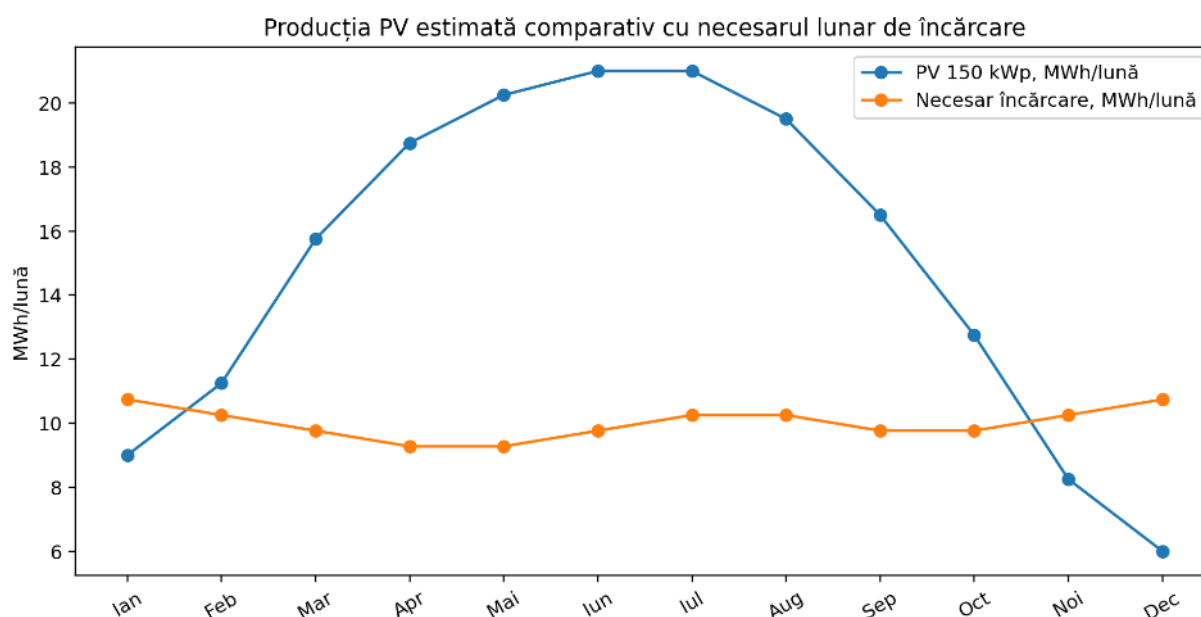


Figura 66. Producția PV estimată comparativ cu necesarul lunar de încărcare

Sursa: grafic elaborat de autor pe baza scenariului operațional revizuit.

Tabelul 82. Opțiuni de amplasare pentru sistemul PV

| Opțiuni de amplasare                  | Avantaje                                                         | Condiții de verificat                                             |
|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Teren public adiacent Gării Auto      | Integrare directă cu charging hub, pierderi reduse, control ușor | Regim juridic, suprafață, acces, umbră, distanță până la tablouri |
| Acoperișuri ale clădirilor Gării Auto | Utilizează suprafețe existente și reduce ocuparea terenului      | Rezistență structurală, orientare, acces mentenanță               |
| Teren public apropiat                 | Poate asigura suprafață suficientă pentru 150 kWp                | Cablu de legătură, servitute, cost de conectare                   |
| Clădiri publice locale                | Poate crea sistem distribuit                                     | Management contractual mai complex, contorizare separată          |
| Extindere viitoare pe alte terenuri   | Permite rute urbane și creștere de flotă                         | Necesită etapizare și avize suplimentare                          |

Tabelul 83. Configurații posibile pentru infrastructura de încărcare la Gara Auto Sîngerei

| Variantă                 | Echipamente                           | Putere instalată | Avantaje                              | Limitări                                      |
|--------------------------|---------------------------------------|------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Configurație minimă      | 4 puncte AC 22 kW                     | 88 kW            | cost redus, simplu                    | încărcare mai lentă, mai puțină flexibilitate |
| Configurație recomandată | 2 încărcătoare DC 60 kW + 2 AC 22 kW  | 164 kW           | echilibru între cost și flexibilitate | necesită racordare electrică corespunzătoare  |
| Configurație extinsă     | 1 DC 120 kW + 2 DC 60 kW + 2 AC 22 kW | 284 kW           | pregătită pentru extindere și top-up  | CAPEX mai mare; necesită analiză de rețea     |

## 5.6 Comparații tehnico-economice între vehicule convenționale și electrice

Pentru justificarea tehnică a trecerii la transport electric, analiza trebuie să compare nu doar prețul de achiziție, ci costul total de operare. Vehiculele convenționale existente au costuri mai mici la

achiziție, dar consumă combustibil scump, au motoare și transmisii complexe, necesită schimburi regulate de ulei, filtre, ambreiaje, sisteme de evacuare și reparații mai frecvente odată cu înaintarea în vârstă. Vehiculele electrice au cost inițial mai mare, însă costuri operaționale mai mici și mentenanță simplificată.

În calculele de lucru s-au utilizat următoarele ipoteze: preț motorină 22 MDL/l, preț mediu efectiv al energiei electrice pentru încărcare 2,55 MDL/kWh, consum vehicule actuale 17-32 l/100 km, consum vehicule electrice 0,45-0,95 kWh/km, 300 zile de operare anual și 2 curse dus-întors/zi pe rută. Ipotezele sunt prudente și trebuie actualizate după colectarea ofertelor și confirmarea tarifelor la energie.

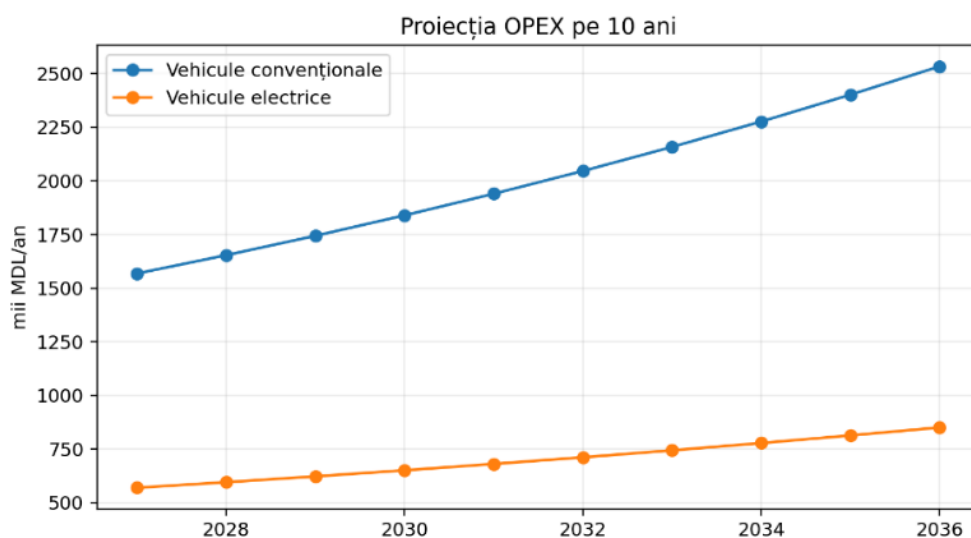


Figura 67. Proiecția OPEX pe 10 ani pentru scenariul convențional și electric

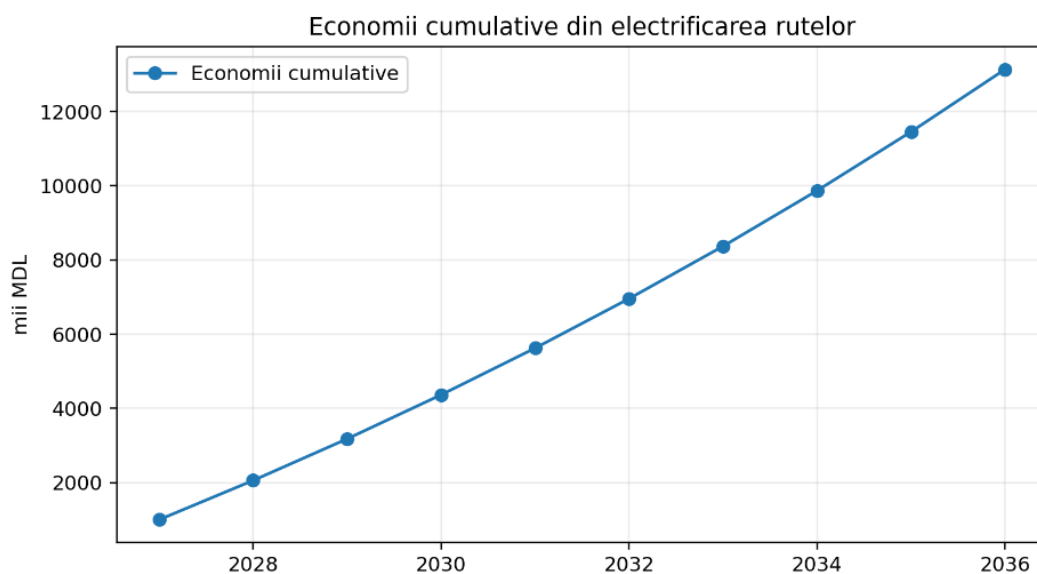


Figura 68. Economii cumulative estimate din electrificarea celor patru rute

Sursa: Calcule proprii, scenariu de bază 2027-2036.

Rezultatul comparativ indică o reducere semnificativă a costurilor operaționale, în special pe rutele mai lungi, unde vehiculele diesel de tip DAF sau Mercedes-Benz au consum ridicat. În scenariul de bază, economiile anuale operaționale pentru cele patru rute sunt estimate la peste 1,0 milioane MDL/an, iar economiile cumulative pe 10 ani pot depăși 12 milioane MDL, fără a include beneficiile sociale și de mediu.

### 5.7 Sistem de stocare și management energetic

BESS nu trebuie tratat doar ca o baterie de rezervă, ci ca un instrument de optimizare energetică. Întrucât producția PV apare în timpul zilei, iar încărcarea flotei are loc în special noaptea, stocarea permite utilizarea unei părți mai mari din energia produsă local. În plus, BESS poate reduce vârfurile de putere, ceea ce poate diminua presiunea asupra racordului electric și asupra costurilor aferente puterii contractate.

Tabelul 84. Scenarii pentru BESS și management energetic

| Scenariu        | Capacitate BESS | Rol principal                                            | Apreciere                                                                   |
|-----------------|-----------------|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| Fără BESS       | 0 kWh           | Încărcare din rețea + PV utilizat direct ziua            | Cost inițial mai mic, dar autoconsum PV redus și control slab al vârfurilor |
| BESS minim      | 100-150 kWh     | Preluare parțială PV și protecție la vârfuri scurte      | Acceptabil dacă bugetul este limitat                                        |
| BESS recomandat | 150-250 kWh     | Stocare PV, limitare vârfuri, flexibilitate operațională | Soluție recomandată pentru etapa revizuită                                  |
| BESS extins     | 300-500 kWh     | Extindere flotă, rute urbane, DC rapid mai intens        | Pentru faze ulterioare, după monitorizarea consumului real                  |

Tabelul 85. Funcționalități recomandate pentru sistemul EMS/SCADA

| Funcționalitate           | Descriere                                                          | Utilitate pentru proiect                                    |
|---------------------------|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Monitorizare încărcătoare | Stare, putere, energie, alarme, sesiuni de încărcare               | Control operațional zilnic                                  |
| Monitorizare SOC vehicule | Nivel baterie înainte/după cursă                                   | Planificarea încărcării și prevenirea riscului de autonomie |
| Management simultaneitate | Limitarea puterii totale atunci când se încarcă mai multe vehicule | Evitarea depășirii puterii contractate                      |
| Integrare PV/BESS         | Control producție, stocare, descărcare și autoconsum               | Reducerea costului mediu al energiei                        |
| Raportare KPI             | km electrici, kWh/km, energie PV, emisii evitate                   | Monitorizare către Consiliul Raional și finanțatori         |
| Export date               | Fișiere lunare Excel/CSV pentru audit și raportare                 | Validarea ipotezelor din studiul de fezabilitate            |

### 5.8 Depou, mentenanță și siguranță operațională

Pentru etapa-pilot nu este obligatorie construirea imediată a unui depou complex. Se recomandă utilizarea Gării Auto Sîngerei ca nod operațional de bază, cu amenajarea unei zone dedicate pentru parcare nocturnă, încărcare, verificări tehnice zilnice și dispecerat. Pe termen mediu, această zonă poate fi dezvoltată într-un mic hub de mobilitate electrică, cu copertine fotovoltaice, puncte de încărcare publică și spațiu de mentenanță ușoară.

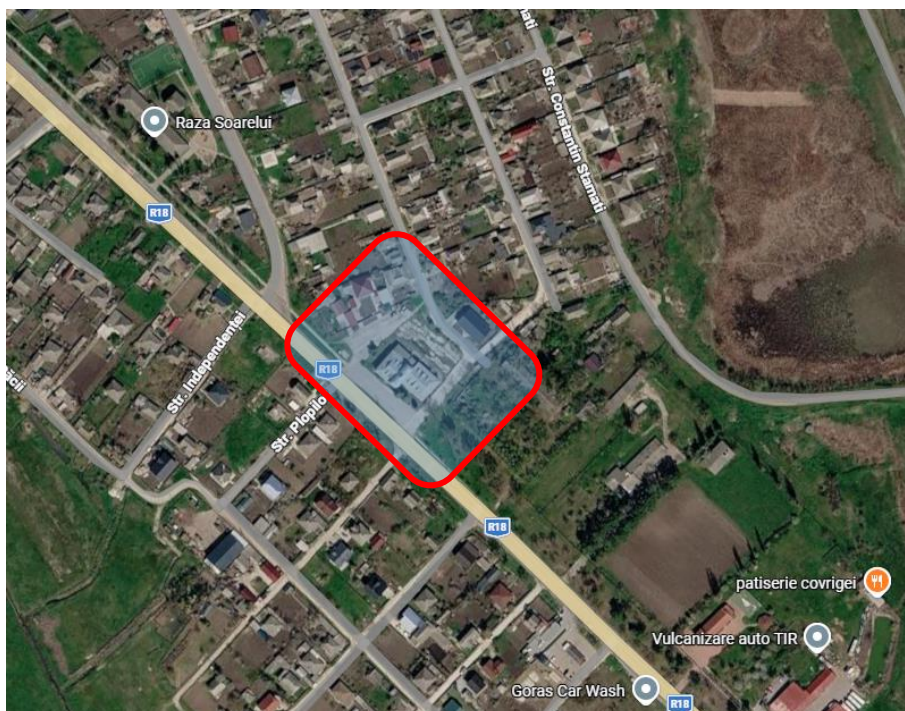


Figura 5.12. Amplasamentul Gării Auto Singerei și spațiul posibil pentru stații de încărcare

Tabelul 86. Cerințe tehnice minime pentru amenajarea punctului de operare la Gara Auto Singerei

| Componentă          | Cerință minimă                                   | Observații                                           |
|---------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Parcare vehicule    | minimum 5 locuri pentru etapa-pilot              | marcaj, protecție, acces facil la încărcătoare       |
| Racordare electrică | min. 160 kW instalat pentru varianta recomandată | aviz operator distribuție, tablou general, protecții |
| Încărcare           | 2 x DC 60 kW + 2 x AC 22 kW                      | configurație recomandată pentru flexibilitate        |
| Dispecerat          | spațiu mic pentru operator / monitorizare        | program curse, bilete, monitorizare GPS              |
| Mentenanță ușoară   | zonă de verificare zilnică și curățenie          | fără intervenții complexe asupra bateriilor          |
| Siguranță           | stingătoare, semnalizare, proceduri HV           | instruire personal, acces controlat                  |

Sursa: Propunere tehnică de lucru pentru etapa-pilot.

Mentenanța vehiculelor electrice trebuie organizată pe trei niveluri: verificări zilnice efectuate de șofer, mentenanță periodică de bază realizată de operatorul local și intervenții specializate efectuate de furnizor sau service autorizat. În contractele de achiziție se recomandă includerea unui pachet de garanție extinsă pentru baterie și invertoare, instruirea personalului și livrarea pieselor de schimb critice.

Tabelul 87. Plan minim de mentenanță pentru flota electrică

| Periodicitate | Activități principale                                             | Responsabil      |
|---------------|-------------------------------------------------------------------|------------------|
| Zilnic        | Verificare nivel baterie, anvelope, lumini, frâne, uși, curățenie | Șofer / dispecer |

|             |                                                                             |                              |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| Săptămânal  | Verificare cabluri încărcare, conectori, sistem climatizare, erori software | Operator local               |
| Lunar       | Diagnoză consum, verificare suspensie, frâne, sistem electric auxiliar      | Operator + service           |
| Trimestrial | Mentenanță preventivă, actualizări software, verificare încărcătoare        | Service autorizat            |
| Anual       | Revizie tehnică completă, raport baterie SOH, audit de siguranță            | Furnizor / service autorizat |

Sursa: Bune practici pentru operarea flotelor electrice și recomandări ale producătorilor.

Tabelul 88. Cerințe de siguranță pentru vehicule electrice și stații de încărcare

| Risc / cerință  | Măsură propusă                                              | Efect așteptat                 |
|-----------------|-------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| Baterii HV      | instruire personal, interdicție de intervenție neautorizată | reducerea riscului electric    |
| Încărcătoare DC | verificare periodică, protecții diferențiale, semnalizare   | siguranță la operare nocturnă  |
| Incendiu        | stingătoare adecvate, proceduri de izolare, acces pompieri  | continuitate și prevenire      |
| Iarnă           | precondiționare vehicul, rezervă de autonomie 20-30%        | evitarea întreruperii curselor |
| Pasageri        | podea joasă, rampă, camere, informare audio/vizuală         | accesibilitate și confort      |

Sursa: Sinteză tehnică pentru proiectarea și operarea flotei electrice.

## 5.9 Sistem de management al flotei și grafic propus de implementare

Implementarea transportului electric nu trebuie limitată la achiziția vehiculelor. Pentru a obține economie reală și predictibilitate, operatorul trebuie să utilizeze un sistem de management al flotei. Acesta va monitoriza poziția vehiculelor, consumul kWh/km, nivelul bateriei, respectarea graficului, numărul de curse, kilometrajul și alertele de mentenanță. Datele generate vor permite actualizarea anuală a studiului și pregătirea extinderii serviciului.

Tabelul 89. Funcționalități recomandate pentru sistemul de management al flotei

| Funcționalitate               | Rol practic                              | Utilizator principal           |
|-------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------|
| GPS și urmărire traseu        | monitorizarea curselor și punctualității | operator, Consiliul Raional    |
| Monitorizare baterie SOC/SOH  | planificarea încărcării și mentenanței   | operator, furnizor vehicule    |
| Consum kWh/km                 | evaluarea performanței pe rută și sezon  | operator, consultant energetic |
| Ticketing / numărare pasageri | date reale pentru venituri și cerere     | operator, APL-uri              |
| Raportare lunară              | km parcurși, costuri, emisii evitate     | Consiliul Raional, finanțator  |
| Alertare mentenanță           | reducerea riscului de avarii             | operator și service autorizat  |

Sursa: Propunere de sistem operațional pentru etapa-pilot și extindere.

Graficul propus de implementare este structurat pe o perioadă de 12 luni pentru etapa-pilot, pornind de la actualizarea datelor de mobilitate și terminând cu lansarea serviciului electric pe rutele prioritare. Achiziția vehiculelor și instalarea stațiilor de încărcare trebuie corelate, deoarece livrarea vehiculelor înainte de finalizarea infrastructurii poate genera întârzieri și costuri suplimentare.

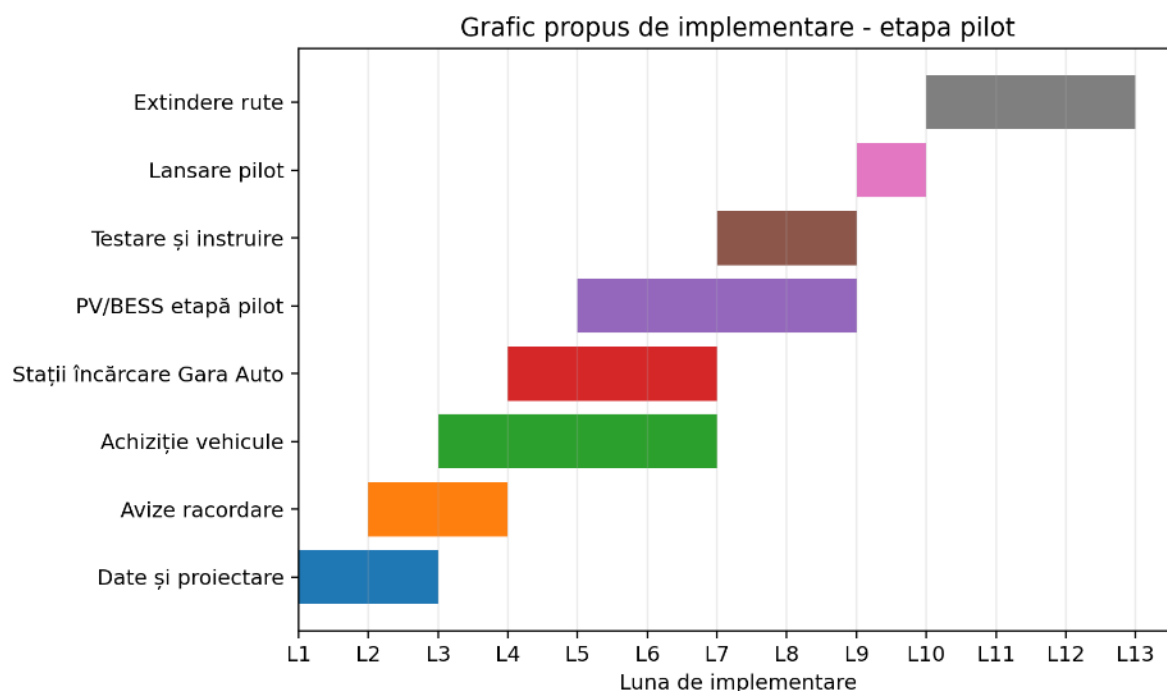


Figura 69. Grafic propus de implementare pentru etapa-pilot

Sursa: Propunere autor. Calendarul va fi ajustat după sursa de finanțare, procedurile de achiziție și avizele tehnice.

Tabelul 90. Etape propuse de implementare

| Nr. | Etapă                                     | Conținut                                                   | Perioadă     | Responsabil                       |
|-----|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------|--------------|-----------------------------------|
| 1   | Actualizare date mobilitate               | colectare pasageri, confirmare rute, consultări publice    | Luna 1-2     | Consiliul Raional / consultant    |
| 2   | Aviz de racordare și proiectare încărcare | verificarea puterii disponibile la Gara Auto Sîngerei      | Luna 2-4     | operator distribuție / proiectant |
| 3   | Pregătire achiziții                       | specificații vehicule, încărcătoare, garanții, mentenanță  | Luna 3-5     | beneficiar / consultant           |
| 4   | Achiziție vehicule și stații              | licitație, evaluare, contractare                           | Luna 4-7     | beneficiar                        |
| 5   | Instalare infrastructură                  | stații DC/AC, tablouri, protecții, eventual PV pilot       | Luna 5-8     | antreprenor                       |
| 6   | Testare și instruire                      | probe, instruire șoferi și tehnicieni                      | Luna 8-9     | furnizor / operator               |
| 7   | Lansare pilot                             | operare pe R1-R4, monitorizare lunară                      | Luna 9-12    | operator transport                |
| 8   | Extindere                                 | rute suplimentare, creșterea frecvenței, integrare PV/BESS | după 12 luni | Consiliul Raional                 |

Sursa: Propunere de implementare etapizată pentru studiul de fezabilitate.

Pentru achiziția publică a vehiculelor electrice, caietul de sarcini trebuie să evite specificarea unui singur model și să formuleze cerințe funcționale minime. Astfel, se asigură concurență între

furnizori și se permite selectarea celui mai bun raport calitate-preț. Pentru Sîngerei, cerințele-cheie sunt autonomia reală în sezon rece, capacitatea de transport, compatibilitatea cu încărcarea nocturnă la Gara Auto, accesibilitatea pentru persoane cu mobilitate redusă și disponibilitatea service-ului regional.

Tabelul 91. Criterii tehnice minime recomandate pentru achiziția vehiculelor

| Criteriu         | Cerință recomandată                                                             | Motivare                                                                   |
|------------------|---------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| Autonomie reală  | minimum 170 km pentru R1-R2; minimum 230 km pentru R3; minimum 270 km pentru R4 | Autonomia trebuie declarată pentru condiții reale, nu doar ciclu idealizat |
| Rezervă de iarnă | minimum 20-30% peste parcursul zilnic                                           | Necesară pentru încălzirea habitaculului și condiții de drum dificile      |
| Încărcare        | compatibilitate CCS2 sau standard european echivalent                           | Permite utilizarea stațiilor DC/AC din hubul de la Gara Auto               |
| Accesibilitate   | podea joasă sau rampă, loc pentru cărucior, bare de sprijin                     | Condiție socială importantă pentru localitățile rurale                     |
| Garanție baterie | minimum 8 ani sau limită de km echivalentă                                      | Reduce riscul financiar al operatorului                                    |
| Service          | service autorizat în Moldova sau România, timp maxim de intervenție definit     | Condiție critică pentru continuitatea transportului public                 |
| Monitorizare     | date SOC, consum, erori, localizare GPS, export raport lunar                    | Necesare pentru urmărirea economiilor și raportarea către finanțator       |

Sursa: Criterii formulate pe baza profilului operațional al rutelor Sîngerei și a bunelor practici de achiziție pentru flote electrice.



Figura 70. Exemple de sisteme de încărcare rapidă pentru autobuze electrice



Figura 71.. Exemplu de minibus electric

**Opțiuni locale disponibile pentru vehicule auto electrice autobuze.** Din perspectiva pieței, opțiunile de achiziție nu trebuie limitate la furnizori foarte mari. Pentru Moldova sunt relevante atât companiile europene cu reprezentanțe regionale, cât și producătorii din Turcia, China sau România, cu condiția asigurării garanției, pieselor și service-ului. Documentul tehnic transmis menționează explicit opțiuni precum Karsan, Yutong, Solaris și IVECO eDaily, iar aceste modele pot fi utilizate ca repere tehnice în caietul de sarcini, fără a restrânge competiția.

Tabelul 92. Furnizori / repere tehnice care pot fi analizați în etapa de achiziție

| Model / reper                    | Origine și rețea de suport                              | Tip vehicul                              | Rută potrivită                          | Observații                                                        |
|----------------------------------|---------------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Karsan e-JEST                    | Turcia / rețea regională România-Moldova                | minibus urban compact                    | R1, R2, servicii cu cerere redusă-medie | bun pentru străzi înguste și cost redus de operare                |
| IVECO eDaily Minibus             | IVECO / rețea regională inclusiv România și Moldova     | minibus electric pe platformă comercială | R1, R2, parțial R3                      | avantaj la service și piese pentru platforme comerciale           |
| Yutong E7S                       | China / furnizori regionali și licitații internaționale | minibus/midibus 7 m                      | R2, R3, vehicul de rezervă              | capacitate mai mare și autonomie bună                             |
| Solaris Urbino 10.5 Electric     | Polonia / Solaris Bus & Coach                           | autobuz electric compact                 | R4, eventual R3 în scenariul extins     | capacitate mare, autonomie ridicată, cost inițial mai mare        |
| Echivalent european/chinez/român | în funcție de licitație                                 | vehicul electric 6-10,5 m                | toate rutele, după specificație         | poate reduce costul dacă sunt respectate garanțiile și service-ul |

Tabelul 93. Formule utilizate pentru verificarea autonomiei și a încărcării

| Indicator                          | Formulă                                            | Explicație                                  |
|------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Energie zilnică vehicul            | $E_{zi} = km_{zi} \times cEV$                      | unde cEV este consumul specific, kWh/km     |
| Energie cu pierderi de încărcare   | $E_{inc} = E_{zi} \times 1,10$                     | se include pierdere tehnică de 10%          |
| Putere medie de încărcare nocturnă | $P_{med} = E_{inc} / 8h$                           | pentru încărcare între orele 22:00-06:00    |
| Autonomie minimă recomandată       | $A_{min} = km_{zi} \times 1,25$                    | rezervă de 25% pentru sezon rece și devieri |
| Cost anual energie EV              | $CEV = k_{man} \times cEV \times \text{tarif kWh}$ | tarif efectiv poate include PV și rețea     |
| Economie operațională              | $E_{con} = OPEX_{actual} - OPEX_{EV}$              | include combustibil/energie și mentenanță   |

Aplicarea acestor formule confirmă că infrastructura de încărcare de la Gara Auto poate fi dimensionată gradual. În faza pilot este suficientă o putere instalată de aproximativ 160 kW pentru încărcare flexibilă, chiar dacă necesarul mediu nocturn este mai mic. Diferența reprezintă rezervă operațională pentru încărcarea vehiculului de rezervă, întâzieri în program, zile de iarnă și creșterea treptată a numărului de curse.

Tabelul 94. Parametri care trebuie validați înainte de lansarea achiziției

| Parametru                       | Metodă de validare                                | Impact asupra proiectului            |
|---------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Număr real de pasageri          | numărări în teren 5-7 zile                        | corectarea capacității vehiculelor   |
| Distanțe GIS finale             | măsurare trasee și stații                         | confirmarea autonomiei               |
| Starea drumurilor               | inspecție comună CR/APL/operator                  | alegerea vehiculului și a suspensiei |
| Putere disponibilă la Gara Auto | aviz de racordare de la operatorul de distribuție | dimensionarea încărcătoarelor        |
| Tarif electric și potențial PV  | analiză furnizor energie și teren/acoperișuri     | actualizarea costului pe km          |
| Oferte comerciale               | minim 3 oferte comparabile                        | actualizarea CAPEX și TCO            |

Sursa: Listă de verificare pentru etapa următoare de proiectare și finanțare.

### 5.10 Verificarea capacității rețelei electrice și condiții tehnice de racordare

Chiar dacă energia zilnică necesară pentru cele cinci rute nu este foarte mare în raport cu capacitatea unui hub electric, racordarea trebuie proiectată prudent. Puterea instalată totală poate depăși 190 kW dacă se montează 6 puncte AC de 22 kW și o stație DC de 60 kW. Totuși, datorită încărcării inteligente, puterea simultană utilizată poate fi limitată la aproximativ 110-150 kW în etapa de bază.

Tabelul 95. Puterea instalată și puterea simultană recomandată

| Componentă                     | Putere instalată              | Regim de utilizare                             | Putere simultană recomandată               |
|--------------------------------|-------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 5 stații AC 22 kW              | 110 kW                        | încărcare nocturnă pentru vehicule active      | 60-90 kW prin management de sarcină        |
| 6 stații AC 22 kW              | 132 kW                        | variantă recomandată pentru 5 active + rezervă | 70-110 kW prin management de sarcină       |
| Stație DC 60 kW                | 60 kW                         | utilizare ocazională / rezervă                 | 0-60 kW, nu simultan cu toate AC la maxim  |
| BESS                           | 50-100 kW inverter orientativ | limitare vârfuri și suport PV                  | conform proiectului electric               |
| PV 150 kWp                     | 150 kWp DC                    | producție diurnă                               | racordare conform avizului și inverterului |
| Putere simultană de proiectare | —                             | regim controlat EMS                            | 150-250 kW recomandat pentru aviz inițial  |

Tabelul 96. Cerințe tehnice minime pentru racordare și siguranță

| Element                          | Cerință minimă                                          | Observație                                                  |
|----------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Aviz de racordare                | obligatoriu înainte de achiziții                        | Va confirma puterea disponibilă și costurile reale          |
| Post transformare                | 250 kVA etapa de bază; 400 kVA pentru extindere         | Dimensiunea finală depinde de simultaneitate și de DC rapid |
| Tablouri electrice               | protecții diferențiale, suprasarcină, măsurare separată | Necesare pentru siguranță și audit energetic                |
| Împământare și protecție trăsnet | conform normelor aplicabile                             | Important pentru stații, PV și BESS                         |
| Protecție anti-incendiu          | deteție, stingătoare, distanțe, semnalizare             | BESS și stațiile DC necesită reguli clare                   |
| Cabluri și trasee                | dimensionare pentru extindere                           | Recomandabil tubulatură/canale cu rezervă                   |
| Contorizare                      | separată pentru încărcare, PV, BESS                     | Utilă pentru raportare către finanțator                     |

### 5.11 Evaluarea energetică și economică preliminară a infrastructurii de încărcare

Pentru rutele revizuite, costul energetic anual depinde de ponderea energiei produse local și utilizate pentru încărcare. În scenariul de bază se poate menține ipoteza unui mix de energie: o parte din rețea și o parte din PV utilizată direct sau prin BESS. Cu cât crește autoconsumul PV, cu atât scade costul mediu al energiei pe kilometru și crește reziliența economică a serviciului.

Tabelul 97. **Comparația costurilor energetice anuale pentru scenariul revizuit**

| Scenariu energie    | Necesar anual utilizat | Cost mediu energie  | Cost anual estimat | Observație                                                         |
|---------------------|------------------------|---------------------|--------------------|--------------------------------------------------------------------|
| Doar rețea          | 117.2 MWh/an           | 3,03 lei/kWh        | 355 mii lei/an     | Simplu operațional, dar cost mai mare și emisii indirecte mai mari |
| Mix 55% PV/BESS     | 117.2 MWh/an           | aprox. 2,08 lei/kWh | 244 mii lei/an     | Scenariu recomandat pentru etapa de bază                           |
| PV majoritar extins | 117.2 MWh/an           | aprox. 1,73 lei/kWh | 203 mii lei/an     | Posibil după optimizare și extindere BESS                          |

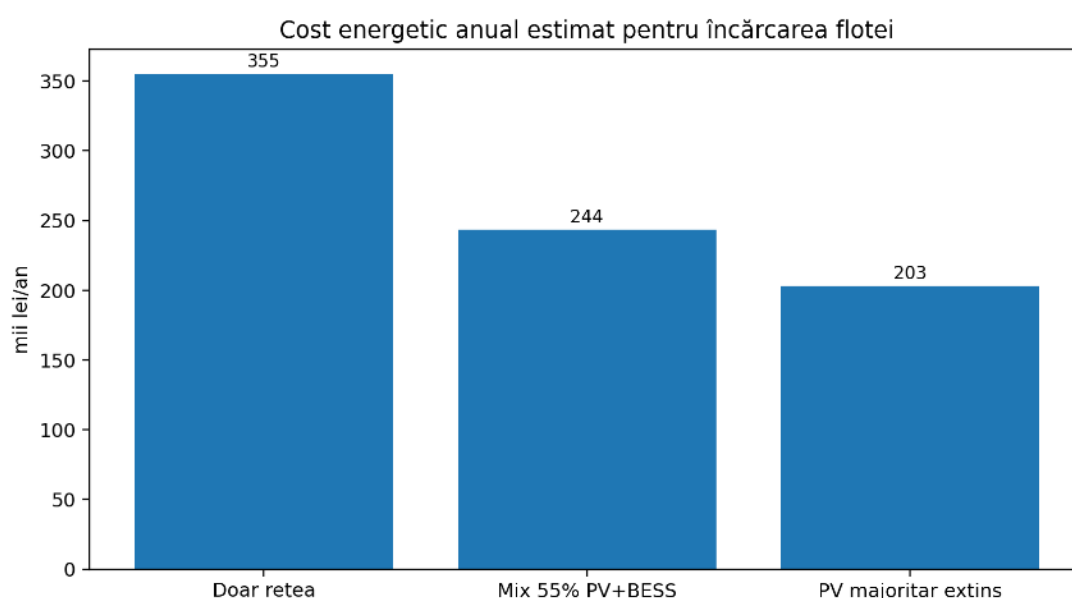


Figura 72. Costul energetic anual estimat pentru încărcarea flotei revizuite

Tabelul 98. **Etapile propuse de implementare a infrastructurii de încărcare, PV și BESS**

| Etapă                    | Conținut tehnic                                              | Rezultat așteptat             |
|--------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| Etapă 1 - validare       | măsurare GIS, program rute, aviz racordare, verificare teren | date finale pentru proiectare |
| Etapă 2 - proiect tehnic | scheme electrice, amplasare stații, PV, BESS, devize         | documentație de achiziție     |
| Etapă 3 - achiziție      | stații AC/DC, PV, BESS, EMS/SCADA, lucrări civile            | contracte semnate             |
| Etapă 4 - instalare      | lucrări la Gara Auto, racordare, instalare încărcătoare      | hub funcțional                |
| Etapă 5 - integrare      | conectare PV/BESS, configurare EMS, testare siguranță        | sistem energetic integrat     |

|                 |                                                      |                          |
|-----------------|------------------------------------------------------|--------------------------|
| Etapa 6 - pilot | încărcare controlată pentru 5 rute,<br>colectare KPI | validare consumuri reale |
|-----------------|------------------------------------------------------|--------------------------|

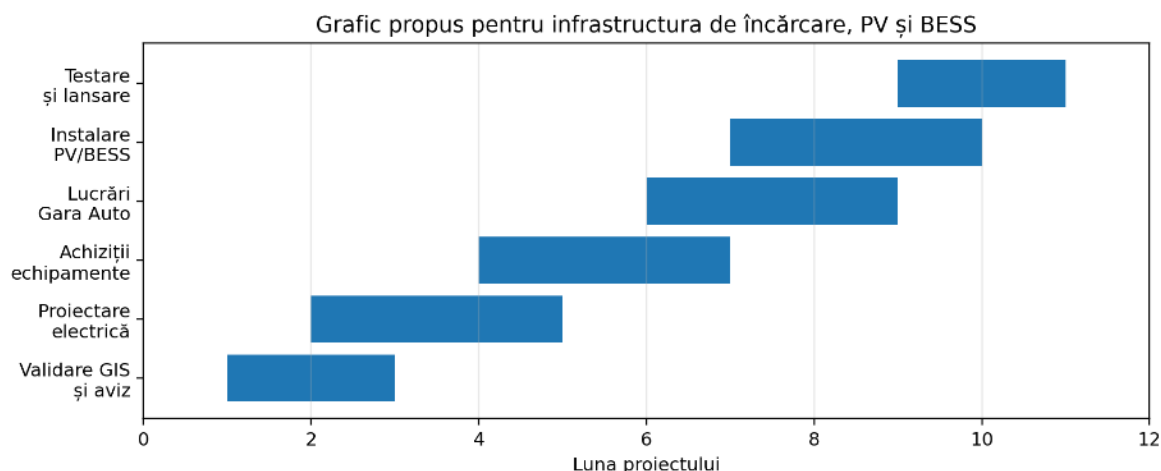


Figura 73. Grafic propus de implementare pentru infrastructura de încărcare, PV și BESS

### 5.12 Specificații tehnice minime pentru achiziția stațiilor de încărcare

Specificațiile tehnice trebuie formulate astfel încât să nu limiteze concurența, dar să asigure compatibilitatea cu vehiculele electrice, siguranța de operare și posibilitatea de monitorizare. Pentru transport public se recomandă echipamente robuste, cu garanție, service regional, comunicare standardizată și posibilitate de integrare într-un sistem EMS/SCADA.

Tabelul 87. Specificații tehnice minime pentru încărcătoarele propuse

| Echipament              | Cerințe minime recomandate                                                      | Motiv                                          |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| Stații AC 22 kW         | trifazat, 400 V, minim 22 kW, protecții integrate, contorizare, acces controlat | încărcare nocturnă pentru vehicule active      |
| Stație DC 60 kW         | CCS2, reglaj putere, contorizare, ecran/indicator, comunicare OCPP              | rezervă operațională și încărcare accelerată   |
| Pregătire DC 120-125 kW | fundație, cabluri dimensionate, spațiu în tablou, canalizații                   | permite extindere fără lucrări majore          |
| OCPP / comunicare       | OCPP 1.6J sau echivalent superior                                               | integrare în managementul energetic            |
| Garanție și service     | minim 24 luni, timp de intervenție definit                                      | reduce riscul de indisponibilitate             |
| Protecții electrice     | suprasarcină, scurtcircuit, diferențial, supratensiune                          | cerință de siguranță pentru exploatare publică |
| Interfață date          | export sesiuni, kWh, timp încărcare, alarme                                     | necesar pentru raportare lunară și finanțatori |

### 5.13 Lucrări civile, securitate și organizarea fluxurilor în Gara Auto

Amenajarea fizică a hub-ului este la fel de importantă ca echipamentele electrice. Vehiculele trebuie să poată intra, parca, încărca, ieși și reveni pe traseu fără conflict cu pasagerii, pietonii, vehiculele private sau activitățile comerciale din zonă. În proiectul tehnic, fluxurile trebuie desenate explicit, iar stațiile AC/DC trebuie amplasate astfel încât cablurile să nu traverseze căi pietonale.

Tabelul 99. Lucrări și amenajări necesare în zona charging hub

| Categorie lucrări        | Conținut orientativ                                          | Observații                                    |
|--------------------------|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Platformă/parcare        | marcaje pentru 6 vehicule electrice, zonă rezervă și manevră | trebuie dimensionată pentru autobuze/midibuze |
| Fundații stații          | socuri, canale, protecții mecanice                           | se prevăd și pentru extindere                 |
| Cablare și tablouri      | canalizații, cabluri, tablouri, contorizare                  | dimensionare cu rezervă tehnică               |
| Iluminat și CCTV         | iluminat exterior, camere, control acces                     | protecție pentru investiție și siguranță      |
| Semnalizare              | indicatoare, zone pietonale, reguli de încărcare             | necesare pentru exploatare clară              |
| Securitate anti-incendiu | stingătoare, distanțe de siguranță, proceduri                | mai ales pentru BESS și DC                    |
| Drenaj și protecții      | evacuare ape, protecție împotriva inundațiilor locale        | important pentru echipamente electrice        |

#### 5.14 Scenarii de etapizare a infrastructurii electrice

Pentru a reduce riscurile investiționale, infrastructura poate fi implementată etapizat. Totuși, chiar dacă achiziția vehiculelor se face gradual, lucrările de bază la Gara Auto trebuie proiectate cu viziune de extindere. Este mai eficient să se prevadă de la început trasee de cabluri, spații de echipamente și capacitate de tablou pentru extindere, decât să se refacă lucrările civile după lansarea pilotului.

Tabelul 100. Scenarii de etapizare a puterii și echipamentelor

| Scenariu                  | Echipare minimă                                                 | Flotă deservită          | Avantaje                                            | Limitări                                 |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------|
| Pilot minim               | 3-4 AC 22 kW + 1 DC 60 kW;<br>pregătire PV                      | 2-3 vehicule             | CAPEX redus și testare rapidă                       | Nu acoperă confortabil toate cele 5 rute |
| Etapă de bază recomandată | 5-6 AC 22 kW + 1 DC 60 kW + PV<br>150 kWp + BESS<br>150-250 kWh | 5 active + 1 rezervă     | Echilibru între investiție, funcționalitate și risc | Necesită finanțare nerambursabilă        |
| Etapă extinsă             | 6-8 AC + DC 120-125 kW + BESS<br>300-500 kWh                    | rute suplimentare/urbane | Pregătită pentru extindere locală                   | Se justifică după date reale de operare  |
| Hub regional              | capacitate >300 kW, multiple DC, PV extins                      | flotă raională extinsă   | impact regional ridicat                             | Necesită proiect separat și buget major  |

#### 5.15 Date care trebuie colectate înainte de proiectarea finală

Capitolul 6 utilizează date de planificare adecvate studiului de fezabilitate, însă proiectarea finală trebuie să se bazeze pe date confirmate. Prioritare sunt avizul de racordare, măsurarea traseelor și validarea graficului zilnic, deoarece acestea pot influența simultan dimensiunea flotei, puterea de încărcare, capacitatea BESS și costurile de investiție.

Tabelul 101. Checklist de date necesare pentru etapa următoare

| Nr. | Date necesare                               | De ce sunt necesare                                        | Responsabil posibil             |
|-----|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| 1   | Aviz de racordare pentru Gara Auto Sîngerei | confirmă puterea disponibilă, costul și condițiile tehnice | Primăria / operator distribuție |
| 2   | Măsurători GIS pentru cele 5 rute           | confirmă km/zi, puncte de întoarcere și opriri             | proiectant / consultant         |
| 3   | Grafic zilnic final pe fiecare rută         | confirmă ferestrele de încărcare și numărul de vehicule    | Consiliul Raional / operator    |
| 4   | Plan cadastral și regim juridic teren       | necesar pentru stații, PV, BESS și lucrări civile          | Primăria / Consiliul Raional    |
| 5   | Date privind umbrirea și orientarea PV      | confirmă producția anuală și schema de montaj              | proiectant PV                   |

|   |                                 |                                                            |                       |
|---|---------------------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------|
| 6 | Specificații vehicule selectate | confirmă consumul real, capacitatea bateriei și conectorii | grup achiziții        |
| 7 | Reguli de operare și securitate | necesare pentru exploatare sigură a încărcării nocturne    | operator / beneficiar |

### 5.16 Concluzii ale capitolului 5

Revizuirea capitolului confirmă că noile cinci rute operaționale pot fi deservite printr-un hub centralizat de încărcare la Gara Auto Sîngerei. Necesarul de energie al flotei este estimat la circa 101,9 MWh/an fără rezervă și 117,1 MWh/an cu rezervă operațională de 15%. Această valoare poate fi gestionată printr-o combinație de stații AC 22 kW, o stație DC 60 kW, sistem PV de 150 kWp, BESS de 150-250 kWh și management inteligent al încărcării.

Soluția recomandată este instalarea a 5-6 puncte AC 22 kW pentru încărcare nocturnă, completate de o stație DC 60 kW pentru situații de rezervă. Puterea instalată totală poate ajunge la circa 170-190 kW, însă prin EMS/SCADA puterea simultană poate fi limitată și gestionată. Pentru avizul de racordare se recomandă solicitarea unei puteri de proiectare suficient de flexibile, orientativ 150-250 kW în etapa de bază, cu posibilitate de extindere.

Capacitatea PV de 150 kWp rămâne justificată și după revizuirea rutelor, deoarece producția anuală estimată poate depăși necesarul anual al flotei. Totuși, pentru utilizarea eficientă a energiei solare, BESS și managementul energetic sunt necesare. În etapa de proiectare finală, toate valorile trebuie validate prin GIS, aviz de racordare, ofertare tehnică și specificațiile exacte ale vehiculelor selectate.

Tabelul 102. Sinteza soluției tehnice propuse

| Element                          | Soluție recomandată                | Comentariu                                 |
|----------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------|
| Rute pilot                       | 4 rute intercomunale               | R1-R4, conform capitolelor 2-4             |
| Program                          | 2 curse dus-întors/zi/rută         | dimineața și seara                         |
| Flotă activă                     | 4 vehicule electrice               | 1 vehicul/rută                             |
| Rezervă                          | 1 vehicul electric                 | pentru continuitatea serviciului           |
| Încărcare                        | Gara Auto Sîngerei                 | încărcare nocturnă 22:00-06:00             |
| Infrastructură minim recomandată | 2 x DC 60 kW + 2 x AC 22 kW        | extensibilă pentru faza II                 |
| Sistem management                | GPS, SOC, consum kWh/km, raportare | necesar pentru monitorizare și finanțatori |

*Sursa: Sinteză autor pe baza analizei tehnice și operaționale din capitol.*

## 6 Rețeaua de stații de încărcare și integrarea energiei solare PV

Capitolul 7 prezintă soluția tehnică propusă pentru infrastructura de încărcare a vehiculelor electrice destinate rutelor intercomunale prioritare ale raionului Sîngerei. Analiza pornește de la scenariul operațional stabilit în capitolele precedente: patru coridoare de transport, două curse dus-întors pe zi pentru fiecare rută, încărcare nocturnă la Gara Auto Sîngerei și posibilitatea integrării energiei solare fotovoltaice pentru reducerea costurilor de exploatare.

Logica tehnică propusă este una etapizată și prudentă: în faza inițială se recomandă un nod principal de încărcare la Gara Auto Sîngerei, deoarece toate vehiculele pornesc și revin în același punct, iar administrarea flotei este mai simplă. În fazele ulterioare pot fi analizate puncte secundare de încărcare rapidă pe coridoarele cu distanțe mai mari, în special pe direcțiile spre Bălți/Biruința/Alexândreni și Dumbrăvița/Chișcăreni.

În Nota Conceptuală a beneficiarului este menționată existența unei stații private de încărcare rapidă de 125 kW în orașul Sîngerei, aceasta demonstrând potențialul tehnic al zonei, dar nefiind suficientă pentru un sistem public raional integrat. Din acest motiv, studiul tratează infrastructura de încărcare ca o componentă separată a investiției, cu puteri dedicate, management energetic și, după caz, sistem fotovoltaic și baterii staționare.

Tabelul 103. Date de intrare pentru dimensionarea infrastructurii de încărcare

| Indicator                    | Valoare de lucru     | Observație                                            |
|------------------------------|----------------------|-------------------------------------------------------|
| Număr rute prioritare        | 5                    | Rute stabilite în capitolele 2-4                      |
| Regim operațional            | 2 dus-întors/zi/rută | Specific fiecărei rute                                |
| Punct principal de încărcare | Gara Auto Sîngerei   | Încărcare nocturnă la depou                           |
| Zile de operare              | 300 zile/an          | Ipoteză de planificare                                |
| Necesar electric total       | circa 507 kWh/zi     | Include rezervă de iarnă de 15%                       |
| Consum anual EV              | circa 152.2 MWh/an   | Pentru etapa-pilot cu 4 vehicule active               |
| Sistem PV recomandat         | 150 kWp              | Dimensionat pentru compensarea energetică anuală      |
| BESS opțional                | 150-250 kWh          | Pentru reducerea vârfurilor și utilizarea locală a PV |

Sursa: calcul autor pe baza lungimilor rutelor din capitolul 4.

### 6.1 Infrastructura existentă de încărcare și rolul Gării Auto Sîngerei (în proiectare)

La momentul elaborării studiului, infrastructura de încărcare pentru vehicule electrice în raionul Sîngerei este încă la nivel incipient. Nota Conceptuală menționează existența unei stații private de încărcare rapidă de 125 kW în orașul Sîngerei, ceea ce confirmă posibilitatea tehnică de racordare a unor echipamente de putere relevantă în zona urbană. Totuși, o stație privată nu poate fi considerată automat infrastructură operațională pentru o flotă publică, deoarece sunt necesare

condiții stabile de acces, programare, tarifyare, prioritate de încărcare, mentenanță și responsabilitate contractuală.

Se recomandă instalarea unui parc fotovoltaic destinat alimentării necesităților de consum ale vehiculelor electrice preconizate. Se recomandă o stație PV de 150 kW putere amplasată nu departe pe terenul adiacent stației de epurare al orașului. Puterea de 150 kW a fost aleasă deoarece din punct de vedere legal este mai ușor de obținut avizul de racordare de la rețea pentru puteri de pînă la 200 kW. Ulterior aceasta va putea fi mărită pînă la 200 kW peak

Stația se preconizează cu sisteme de acumulare de energie BESS de capacitate de 400 kWh.

Pentru flota propusă în proiect, punctul principal de încărcare trebuie să fie amplasat la Gara Auto Sîngerei. Această alegere este justificată tehnic prin concentrarea rutelor în același punct de plecare și întoarcere, existența spațiilor de staționare, posibilitatea organizării graficului de exploatare și avantajul încărcării nocturne. Încărcarea noaptea reduce presiunea asupra programului de operare, permite utilizarea unor încărcătoare de putere medie și prelungește durata de viață a bateriilor în raport cu încărcarea rapidă frecventă.

În faza de proiect tehnic, amplasamentul Gării Auto trebuie verificat din punct de vedere juridic, electric și funcțional. Se vor confirma drepturile asupra terenului, spațiul disponibil pentru 4-6 locuri de încărcare, posibilitatea de instalare a unui post de transformare dedicat sau extinderea celui existent, accesul autospecialelor de intervenție, traseele cablurilor și condițiile de siguranță pentru pasageri și personal.

În paralel, se recomandă păstrarea opțiunii de interconectare cu stația privată de 125 kW, printr-un acord de rezervă sau utilizare ocazională. Aceasta poate funcționa ca punct de încărcare rapidă de avarie, fără a înlocui însă infrastructura dedicată a proiectului.

Tabelul 104. Rolul locațiilor posibile pentru infrastructura de încărcare

| Locație                               | Rol în etapa I                      | Rol în etapa II / extindere             | Observație tehnică                  |
|---------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------|
| Gara Auto Sîngerei                    | nod principal de încărcare nocturnă | depozit, dispecerat și management flotă | locația prioritară recomandată      |
| Stația privată 125 kW                 | punct de referință tehnică          | încărcare de avarie sau contractată     | necesită acord cu proprietarul      |
| Capăt R3 - Dumbrăvița/Chișcăreni      | nu este obligatoriu în etapa I      | posibil punct rapid 60-120 kW           | util la creșterea frecvenței        |
| Capăt R4 - Bălți/Biruința/Alexăndreni | nu este obligatoriu în etapa I      | posibil punct rapid/opportunity         | important pentru rute lungi         |
| Teren/acoperiș public în Sîngerei     | suport pentru PV                    | extindere PV și BESS                    | se verifică cadastral și structural |

Sursa: elaborat de autor pe baza datelor proiectului și ipotezelor de calcul.

## 6.2 Locații strategice pentru stații noi și criterii de amplasare

Pentru un sistem raional de transport electric, amplasarea stațiilor de încărcare trebuie să urmeze logica rețelei de rute. Întrucât toate coridoarele analizate pornesc din orașul Sîngerei, soluția minimă fezabilă constă în amenajarea unui charging hub unic la Gara Auto. Această configurație reduce costurile investiționale inițiale, simplifică exploatarea și permite monitorizarea centralizată a consumului de energie.

Criteriile principale pentru alegerea locației sunt: apropierea de capătul de rută, posibilitatea de parcare sigură peste noapte, accesul la rețeaua electrică de medie sau joasă tensiune, existența

terenului public sau a unui regim juridic clar, distanța față de locuințe și zone pietonale aglomerate, posibilitatea instalării PV și, după caz, a bateriilor staționare.

Gara Auto Sîngerei răspunde cel mai bine acestor criterii, deoarece reprezintă nodul natural al transportului raional. În plus, încărcarea nocturnă poate fi coordonată cu programul de lucru al șoferilor, iar vehiculele pot fi parcate în mod organizat, cu acces la curățare, verificări tehnice și mentenanță curentă.

Pentru etapa II, se recomandă analizarea unui punct de încărcare rapidă pe coridorul R4, unde apar cele mai mari distanțe zilnice și legătura cu Bălți/Biruința/Alexăndreni. O astfel de stație poate reduce riscul operațional în sezonul rece și permite extinderea numărului de curse fără creșterea excesivă a capacității bateriilor vehiculelor.

Tabelul 105. Criterii de selectare a locației pentru stațiile de încărcare

| Criteriu                     | Importanță      | Cerință minimă                                | Aplicare la Gara Auto Sîngerei         |
|------------------------------|-----------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------|
| Acces rutier                 | foarte ridicată | intrare/ieșire sigură pentru autobuze         | favorabilă                             |
| Spațiu disponibil            | foarte ridicată | min. 4-6 locuri de parcare/încărcare          | de verificat prin măsurare             |
| Putere electrică disponibilă | foarte ridicată | min. 120-180 kW în etapa I                    | necesită aviz operator distribuție     |
| Regim juridic teren          | ridică          | proprietate publică sau drept de folosință    | de confirmat cadastral                 |
| Siguranță și acces public    | ridică          | separare zona de încărcare de fluxul pietonal | se proiectează prin marcaje și garduri |
| Extindere PV/BESS            | medie-ridică    | teren/acoperiș pentru 100-150 kWp             | de analizat pe amplasament             |

*Sursa: elaborat de autor pe baza datelor proiectului și ipotezelor de calcul.*

Tabelul 106. Configurația propusă a charging hub-ului de la Gara Auto Sîngerei

| Componentă              | Capacitate recomandată | Rol                                    | Observație                                                       |
|-------------------------|------------------------|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| Încărcător AC nr. 1     | 22 kW                  | încărcare minibus R1                   | poate fi înlocuit cu DC 30 kW dacă vehiculul nu acceptă AC rapid |
| Încărcător AC nr. 2     | 22 kW                  | încărcare minibus R2                   | încărcare nocturnă 6-8 ore                                       |
| Încărcător DC nr. 1     | 60 kW                  | încărcare midibus R3                   | putere suficientă pentru 150-180 kWh/noapte                      |
| Încărcător DC nr. 2     | 60 kW                  | încărcare midibus/autobuz R4           | poate fi extins la 90 kW                                         |
| Stație rapidă opțională | 120-125 kW             | rezervă, extindere și încărcare rapidă | poate fi etapa II                                                |
| Management încărcare    | limitare 120-150 kW    | reducere vârfuri de sarcină            | necesar pentru tarif și rețea                                    |

*Sursa: elaborat de autor pe baza datelor proiectului și ipotezelor de calcul.*

### 6.3 Tipuri de încărcare și dimensionarea puterii instalate

Pentru rutele analizate în raionul Sîngerei se recomandă încărcarea la depou peste noapte ca soluție de bază. Documentul tehnic privind autobuzele electrice indică pentru încărcarea la depou puteri tipice de 11-22 kW AC sau 30-60 kW DC pentru vehicule care revin la bază și pot sta la încărcare 4-8 ore. Pentru operațiuni cu utilizare intensă, încărcătoarele rapide DC de 90-180 kW pot asigura încărcări în timp scurt, însă cresc costul investiției și solicită mai mult rețeaua electrică.

Calculul de dimensionare folosește un interval de încărcare de 7 ore, între aproximativ 22:00 și 05:00, cu posibilitatea extinderii până la ora 06:00. Pentru fiecare rută se determină energia zilnică necesară și puterea medie minimă a încărcătorului. Se aplică o rezervă de 15% pentru consum suplimentar în sezonul rece, încălzire habitacul, variații de trafic, degradarea treptată a bateriei și eventuale devieri de traseu.

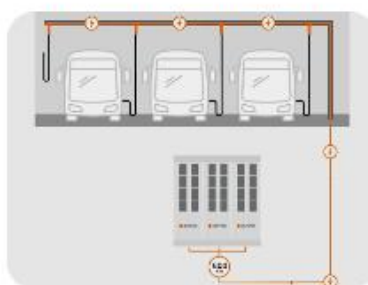
Tabelul 107. Comparația modurilor de încărcare pentru flota Sîngerei

| Tip încărcare         | Putere uzuală | Avantaje                                                 | Limitări                               | Recomandare pentru proiect |
|-----------------------|---------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------|
| AC depou              | 11-22 kW      | cost redus, impact mic asupra rețelei, bun pentru noapte | lent pentru baterii mari               | adekvat pentru R1-R2       |
| DC depou putere medie | 30-60 kW      | echilibru bun între timp și cost                         | necesită racordare mai robustă         | recomandat pentru R3-R4    |
| DC rapid              | 90-180 kW     | încărcare rapidă, util în avarie                         | CAPEX și putere instalată mai mari     | opțional etapa II          |
| Pantograf/opportunity | 150-450 kW    | încărcări foarte rapide la capete                        | nejustificat pentru etapa-pilot rurală | nu se recomandă în etapa I |

Sursa: elaborat de autor pe baza datelor proiectului și ipotezelor de calcul.



Electric Bus Charging Strategy: De...  
Bus CMMS



Electric Bus Depot Charging | Kem...  
Kempower



Depot charging - eCity powered b...  
eCity powered by Solaris

Figura 74. Exemplu de soluții de încărcare la depou pentru autobuze electrice

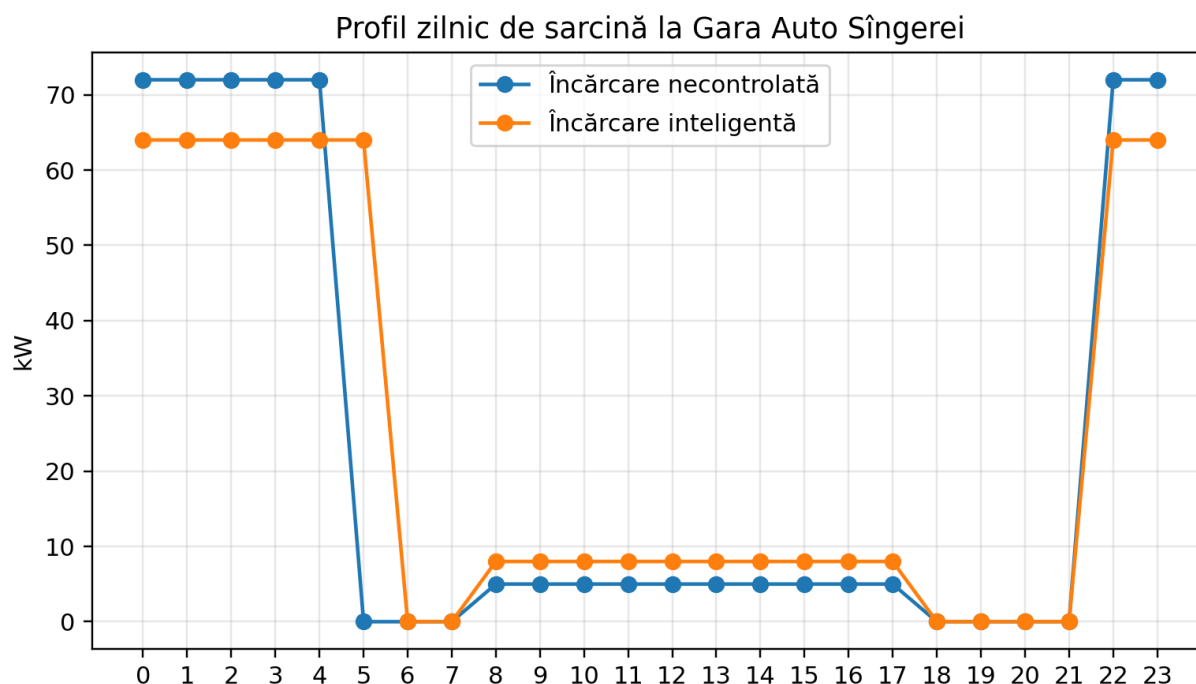


Figura 75. Profil zilnic orientativ de sarcină pentru încărcarea la Gara Auto Sîngerei

Sursa: modelare autor, scenariu cu încărcare nocturnă.

#### 6.4 Integrarea energiei solare fotovoltaice pentru alimentarea stațiilor

Integrarea energiei solare PV reprezintă o componentă esențială a proiectului, deoarece reduce costul energiei pentru încărcare și crește caracterul demonstrativ al investiției. În cazul raionului Sîngerei, producerea locală a energiei electrice este potrivită pentru proiect deoarece parcursul vehiculelor este previzibil, iar consumul anual de energie poate fi estimat cu suficientă precizie încă din faza de fezabilitate.

Pentru etapa I, consumul anual al flotei este estimat la aproximativ 152.2 MWh/an. La un randament specific orientativ de 1200 kWh/kWp/an pentru zona de nord a Republicii Moldova, capacitatea PV necesară pentru compensarea anuală a consumului ar fi de circa 127 kWp. Se recomandă dimensionarea unei centrale fotovoltaice de 150 kWp, pentru a acoperi consumul anual al flotei, pierderile, consumurile auxiliare ale charging hub-ului și o mică rezervă pentru extindere.

Deoarece vehiculele se vor încărca în principal noaptea, energia PV produsă în timpul zilei nu poate fi utilizată integral în mod direct fără un mecanism de compensare, autoconsum în alte clădiri publice sau stocare. De aceea, studiul recomandă două opțiuni complementare: racordarea centralei PV într-un sistem de compensare/contractare energetică conform cadrului legal aplicabil și instalarea unui BESS opțional pentru transferul unei părți din producția diurnă spre seară/noapte.

Amplasamentele PV trebuie căutate prioritar în zona Gării Auto, pe acoperișuri publice apropiate, parări cu copertine solare sau terenuri publice din oraș. Pentru fiecare amplasament se vor verifica regimul juridic, umbrirea, orientarea, rezistența structurii acoperișului, distanța până la tablourile electrice și condițiile de racordare.

Tabelul 108. Dimensionarea preliminară a sistemului fotovoltaic

| Indicator              | Valoare         | Comentariu                             |
|------------------------|-----------------|----------------------------------------|
| Consum EV anual        | 152.2 MWh/an    | 4 vehicule active, 300 zile/an         |
| Producție specifică PV | 1200 kWh/kWp/an | valoare orientativă pentru planificare |

|                                     |              |                                         |
|-------------------------------------|--------------|-----------------------------------------|
| Capacitate PV minimă                | 127 kWp      | pentru compensarea energiei EV          |
| Capacitate PV recomandată           | 150 kWp      | include pierderi și rezervă             |
| Producție PV anuală estimată        | 180.0 MWh/an | la 150 kWp                              |
| Grad de acoperire energetică anuală | 118%         | acoperire bilanțieră, nu neapărat orară |

Sursa: elaborat de autor pe baza datelor proiectului și ipotezelor de calcul.

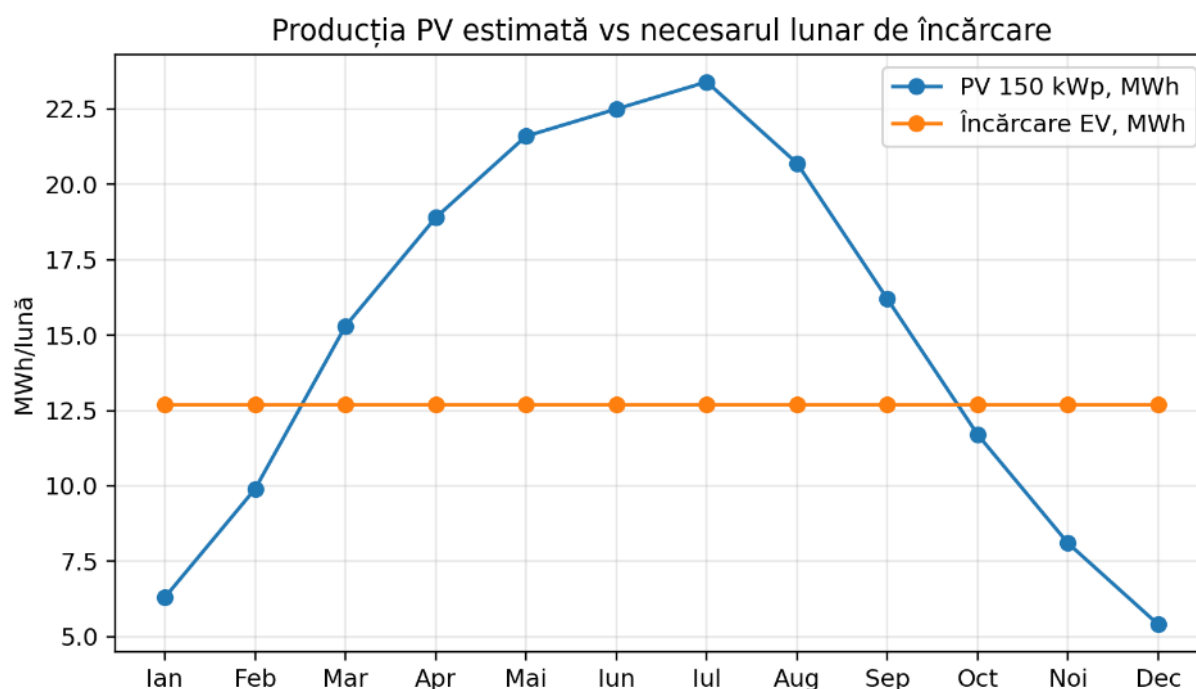


Figura 76. Producția PV estimată comparativ cu necesarul lunar de încărcare

Tabelul 109. Opțiuni de amplasare pentru sistemul PV

| Amplasament                           | Avantaje                               | Limitări                      | Acțiune necesară                         |
|---------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------------|
| Acoperiș clădire Gara Auto            | aproape de consum, pierderi mici       | Nu este suficient acoperiș    | expertiză acoperiș și măsurare suprafață |
| Parcare cu copertine PV               | umbrire vehicule, imagine publică bună | cost mai mare al structurii   | schiță arhitecturală și deviz            |
| Teren public lângă Gara Auto          | extindere ușoară, mentenanță facilă    | necesită teren liber și pază  | verificare cadastrală                    |
| Acoperișuri ale instituțiilor publice | poate compensa consumuri locale        | mai multe puncte de racordare | inventar acoperișuri                     |
| Teren municipal separat               | capacitate mare, ușor de orientat      | distanță față de încărcare    | analiză de racordare și cabluri          |

Sursa: elaborat de autor pe baza datelor proiectului și ipotezelor de calcul.

Deci cea mai bună opțiune este amplasarea pe un teren municipal disponibil care are și o infrastructură electrică (linie sau transformator în apropiere). Astfel a fost aleasă locația din imaginea de mai jos care are suficient suprafață, este practic orizontal (fără înclinație) și nu are obiecte în apropiere care să umbrească locul.



*Figura 77.* Locația propusă pentru amplasarea stației PV pentru Gara auto (vehicule electrice)  
 Amplasarea exactă și terenul exact va fi determinat prin hotărîrea administrației publice locale





*Figura 78. Vederea terenului de la fața locului*



*Figura 79. Linia electrică din apropierea terenului indicat*

### 6.5 Sistem de stocare și management energetic

Sistemul de stocare BESS nu este obligatoriu pentru lansarea proiectului, dar crește flexibilitatea și reziliența charging hub-ului. Rolul principal al bateriei staționare este de a prelua o parte din energia PV produsă ziua și de a o livra seara/noaptea pentru încărcarea vehiculelor. În plus, BESS poate reduce vârful de putere cerut din rețea atunci când mai multe vehicule se încarcă simultan.

Pentru etapa I, se recomandă analizarea unei baterii de 350-400 kWh, cu putere de descărcare de 175-225 kW. O astfel de capacitate poate acoperi aproximativ 30-50% din necesarul zilnic al flotei în scenariul de bază, în funcție de gradul de încărcare al bateriei, producția PV din ziua respectivă și programul exact de operare. În faza inițială, bateria poate fi inclusă ca opțiune separată în deviz, pentru a permite finanțatorului selectarea pachetului optim.

Managementul energetic este esențial chiar și fără baterie. Încărcătoarele trebuie să permită controlul puterii, programarea sesiunilor de încărcare, prioritizarea vehiculelor care pleacă primele

dimineata și limitarea puterii totale absorbite din rețea. Sistemul EMS trebuie să monitorizeze energia livrată fiecărui vehicul, costul pe rută, randamentul încărcării, consumul specific kWh/km și eventualele abateri de la program.

O arhitectură recomandată este: contor principal inteligent, tablou de distribuție dedicat, încărcătoare AC/DC cu protocol de comunicare OCPP, sistem EMS/SCADA, posibil BESS, monitorizare PV și raport lunar pentru Consiliul Raional/operatorul de transport. Această arhitectură permite trecerea de la simple stații de încărcare la un sistem public de mobilitate gestionat pe bază de date.

Tabelul 110. Scenarii pentru BESS și management energetic

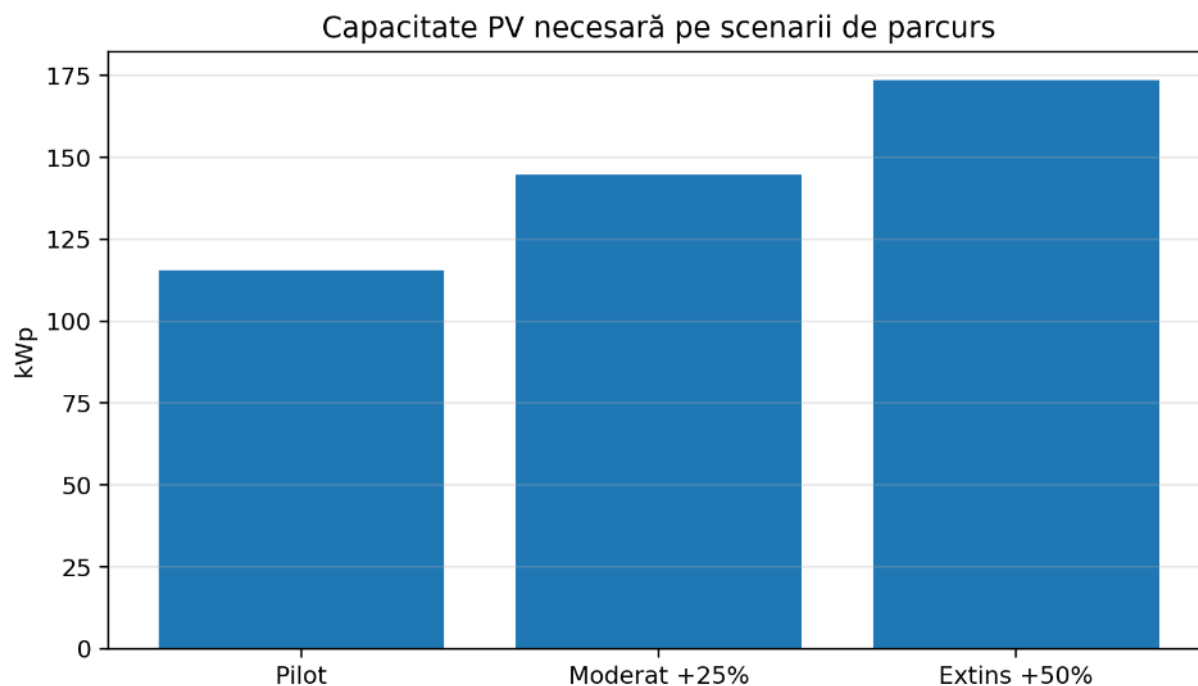
| Scenariu            | BESS     | Putere limită rețea | Avantaj                                           | Recomandare                           |
|---------------------|----------|---------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------|
| A - fără BESS       | 0 kWh    | 160-180 kW          | cost inițial minim                                | posibil pentru etapa pilot            |
| B - BESS minim      | 150 kWh  | 120-150 kW          | reduce vârful și permite utilizarea parțială a PV | recomandat dacă rețeaua este limitată |
| C - BESS recomandat | 250 kWh  | 100-130 kW          | crește autoconsumul PV și reziliența              | opțiune optimă dacă există finanțare  |
| D - BESS extins     | 400+ kWh | sub 100 kW          | pregătire pentru flota extinsă                    | etapa II/III                          |

Sursa: elaborat de autor pe baza datelor proiectului și ipotezelor de calcul.

Tabelul 111. Funcționalități recomandate pentru sistemul EMS/SCADA

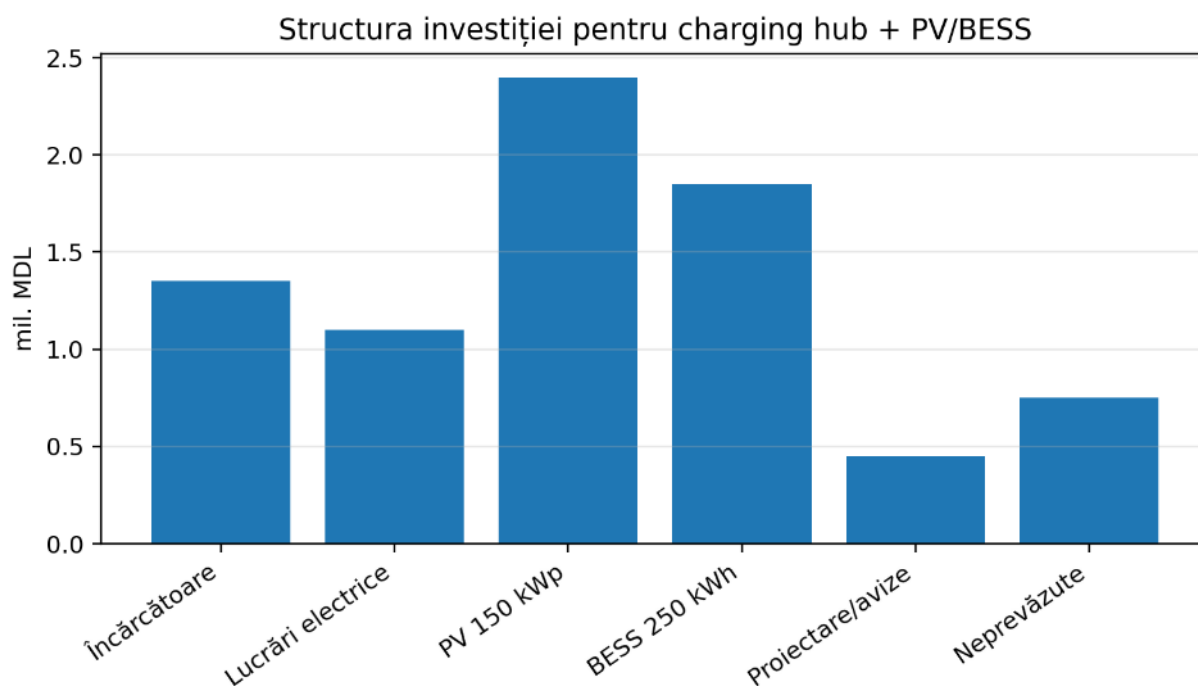
| Funcție               | Descriere                                         | Beneficiu                                   |
|-----------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Programare încărcare  | setarea orelor și puterii pe fiecare vehicul      | reducerea vârfurilor                        |
| Prioritizare vehicule | vehiculul cu plecare timpurie primește prioritate | continuitate operațională                   |
| Monitorizare SOC      | urmărirea nivelului bateriei vehiculului          | evitarea plecărilor cu baterie insuficientă |
| Raportare pe rută     | kWh, km, cost, emisii evitate                     | bază pentru optimizare                      |
| Integrare PV/BESS     | control fluxuri energie locală                    | maximizarea autoconsumului                  |
| Alerte tehnice        | erori încărcătoare, suprasarcină, temperaturi     | mentenanță preventivă                       |

Sursa: elaborat de autor pe baza datelor proiectului și ipotezelor de calcul.



*Figura 80. Capacitatea PV necesară în scenarii de creștere a parcursului*

*Sursa: calcul autor, pe baza scenariilor de creștere a kilometrajului.*



*Figura 81. Structura orientativă a investiției pentru charging hub, PV și BESS*

*Sursa: estimări preliminare de fezabilitate.*

## 6.6 Verificarea capacității rețelei electrice și condiții tehnice de racordare

Verificarea capacității rețelei electrice este o condiție obligatorie înainte de aprobarea soluției finale. Nota Conceptuală indică expres necesitatea analizării capacității rețelelor electrice de încărcare din raion, luând ca model de succes stația de 125 kW existentă. Pentru Gara Auto Sîngerei, studiul recomandă solicitarea unui aviz preliminar de racordare de la operatorul de distribuție, cu indicarea puterii simultane necesare, a scenariului de extindere și a eventualului sistem PV/BESS.

În scenariul tehnic recomandat, puterea instalată nominală a încărcătoarelor este de 164 kW, fără a include o stație rapidă opțională. Totuși, prin management inteligent, puterea maximă absorbită simultan poate fi limitată la aproximativ 120-150 kW. Dacă se instalează și o stație DC rapidă de 120-125 kW pentru rezervă sau extindere, puterea contractuală ar trebui analizată la nivel de 250-300 kW sau gestionată prin limitare dinamică.

Pentru siguranță și scalabilitate, se recomandă examinarea unei soluții cu post de transformare dedicat de 250 kVA pentru etapa I sau 400 kVA pentru etapa extinsă. Alegerea finală depinde de capacitatea rețelei de medie tensiune, distanța până la punctul de racordare, costul lucrărilor electrice și decizia privind instalarea BESS.

Soluția trebuie să includă protecții electrice, împământare, iluminat, supraveghere video, protecție mecanică a cablurilor, marcaje de siguranță și separarea zonei de încărcare față de fluxurile de pasageri. Pentru conectori se recomandă compatibilitate europeană: Type 2 pentru AC și CCS2 pentru DC, în concordanță cu practica UE privind interoperabilitatea infrastructurii de încărcare.

Tabelul 112. Puterea instalată și puterea simultană recomandată

| Element                    | Putere nominală    | Putere simultană gestionată | Observație                                   |
|----------------------------|--------------------|-----------------------------|----------------------------------------------|
| 2 încărcătoare AC          | 2 x 22 kW = 44 kW  | 20-40 kW                    | pentru R1-R2                                 |
| 2 încărcătoare DC          | 2 x 60 kW = 120 kW | 80-120 kW                   | pentru R3-R4                                 |
| Total etapa I              | 164 kW             | 120-150 kW                  | cu management inteligent                     |
| Stație DC rapidă opțională | 120-125 kW         | doar la nevoie              | etapa II sau avarie                          |
| PV 150 kWp                 | 150 kW DC          | variabil ziua               | nu reduce automat puterea nocturnă fără BESS |
| BESS 250 kWh               | 75-125 kW          | shaving vârfuri             | opțional dar recomandabil                    |

Sursa: elaborat de autor pe baza datelor proiectului și ipotezelor de calcul.

Tabelul 113. Cerințe tehnice minime pentru racordare și siguranță

| Domeniu           | Cerință recomandată                           | Comentariu                         |
|-------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------|
| Racordare         | aviz operator distribuție pentru 150-300 kW   | în funcție de etapizare            |
| Post transformare | 250 kVA etapa I / 400 kVA extindere           | de confirmat prin proiect electric |
| Conectori         | Type 2 AC și CCS2 DC                          | compatibilitate europeană          |
| Protecții         | RCD, protecții suprasarcină, SPD, împământare | obligatoriu în proiect             |
| Comunicare        | OCCP/EMS/SCADA                                | monitorizare și raportare          |
| Siguranță fizică  | marcaje, bariere, iluminat, CCTV              | separare față de pasageri          |
| Măsurare          | contor principal și contoare pe încărcător    | costuri pe rută/vehicul            |
| Plan urgență      | proceduri incendiu/baterii/defecțiuni         | instruire personal                 |

Sursa: elaborat de autor pe baza datelor proiectului și ipotezelor de calcul.



*Figura 82. Linia electrică și un transformator deja existent la locația respectivă*

Soluția poate fi în extinderea liniei existente sau în construcția unei linii noi cu amplasarea unui transformator propriu de alimentare.

Acest lucru va fi cunoscut doar în urma obținerii avizului de racordare de la operatorul de rețea RED-Nord care va indica în secțiunea Condițiilor tehnice de racordare dacă are capacitate suficientă sau va indica construcția unui tronson de linie de la capacitatea cea mai apropiată disponibilă



*Figura 83. Stații BESS compacte (stocare 200-500 kWh)*

Stațiile de stocare compacte moderne pot fi amplasate în câmp deschis nemijlocit pe terenul de amplasare al panourilor PV și invertorului, nu necesită condiții speciale de amplasare decât cele standard de securitate electrică

## 6.7 Evaluarea energetică și economică preliminară a infrastructurii de încărcare

Pe baza consumului zilnic estimat, trecerea de la vehicule convenționale pe motorină/benzină la vehicule electrice reduce semnificativ costul energiei pe kilometru. În scenariul de lucru, costul energiei electrice din rețea este de 4,50 MDL/kWh, iar costul energiei echivalente din PV este estimat la 2,20 MDL/kWh. Prețul motorinei este considerat 23,50 MDL/l, iar consumul vehiculelor actuale variază între 12 l/100 km pentru microbuze și 24-28 l/100 km pentru autobuze medii de tip Mercedes-Benz/DAF.

În aceste condiții, costul anual al combustibilului pentru rutele analizate este estimat la aproximativ 796 mii MDL/an, iar costul energiei electrice din rețea la aproximativ 685 mii MDL/an. Dacă energia este compensată parțial prin PV, costul energetic echivalent poate scădea la aproximativ 335 mii MDL/an. Aceste rezultate justifică introducerea infrastructurii de încărcare ca investiție separată, deoarece ea este elementul care permite transformarea economiilor energetice în economii bugetare reale.

Din punct de vedere al emisiilor, vehiculele actuale ar genera aproximativ 90.8 tCO<sub>2</sub>/an pe cele patru rute analizate. Vehiculele electrice au emisii locale zero; dacă energia este preluată integral din rețea, emisiile indirecte depind de mixul energetic, iar dacă energia este compensată prin PV, impactul climatic scade suplimentar. Beneficiul local imediat rămâne reducerea poluării la nivelul localităților, reducerea zgomotului și creșterea confortului pentru pasageri.

## 6.8 Grafic propus de implementare a infrastructurii de încărcare și PV

Implementarea infrastructurii de încărcare trebuie corelată cu achiziția vehiculelor. Nu se recomandă procurarea flotei înainte de confirmarea racordării electrice și a locurilor de încărcare. De asemenea, nu se recomandă instalarea PV fără clarificarea modului de utilizare a energiei produse: autoconsum, compensare, livrare în rețea sau stocare.

Graficul propus prevede o perioadă de circa 16 luni până la operarea pilot stabilizată. Primele două luni sunt dedicate confirmării soluției, avizelor și colectării datelor. Urmează proiectarea tehnică, achizițiile, lucrările de racordare și montajul stațiilor/PV/BESS. După punerea în funcțiune se recomandă cel puțin 3 luni de operare pilot și optimizare a programului de încărcare.

Tabelul 114. Etapele propuse de implementare

| Etapă                     | Perioadă   | Activități principale                                           | Rezultat                      |
|---------------------------|------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| 1. Confirmare amplasament | Luna 1-2   | măsurări, cadastru, consultări, fotografii teren                | locăție confirmată            |
| 2. Aviz de racordare      | Luna 1-3   | cerere operator distribuție, putere solicitată, soluție tehnică | condiții de racordare         |
| 3. Proiectare tehnică     | Luna 3-5   | proiect electric, PV, BESS, stații, securitate                  | documentație pentru achiziție |
| 4. Achiziții              | Luna 5-8   | licitație stații, PV/BESS, lucrări electrice                    | contracte semnate             |
| 5. Lucrări și montaj      | Luna 8-12  | post transformare, cabluri, stații, PV, BESS                    | infrastructură instalată      |
| 6. Testare                | Luna 12-13 | probe, integrare EMS, recepție                                  | punere în funcțiune           |
| 7. Operare pilot          | Luna 13-16 | monitorizare încărcări, consumuri, rute                         | parametri optimizați          |

Sursa: elaborat de autor pe baza datelor proiectului și ipotezelor de calcul.

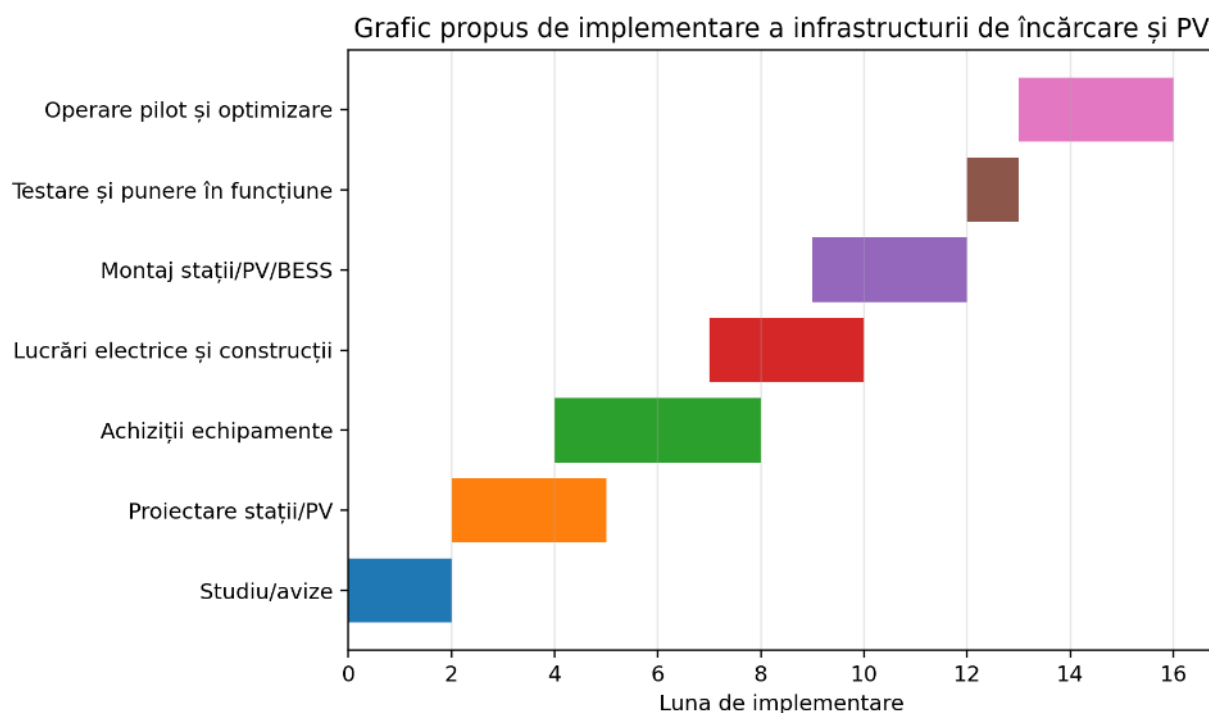


Figura 84. Grafic propus de implementare pentru charging hub, PV și BESS

Sursa: elaborat de autor.

## 6.9 Concluziile generale ale capitolului

Analiza variantelor confirmă că menținerea situației actuale nu este recomandată, iar modernizarea exclusiv diesel poate fi considerată doar o soluție tranzitorie. Variantele electrice sunt compatibile cu noul scenariu operațional deoarece parcursurile zilnice ale celor cinci rute sunt acoperibile prin încărcare nocturnă centralizată, iar consumul anual total cu rezervă rămâne compatibil cu un sistem PV de 150 kWp și BESS de 150-250 kWh.

Varianta recomandată rămâne transportul electric cu încărcare la Gara Auto Sîngerei, integrare PV/BESS și management inteligent al energiei. Pentru diminuarea riscurilor, implementarea trebuie realizată etapizat, cu lansarea unei faze-pilot pe rutele cele mai potrivite și extinderea ulterioară pe toate cele cinci rute operaționale.

Tabelul 99. Riscuri principale pe variante și măsuri de diminuare

| Risc                              | Variantă afectată | Măsură de diminuare                                     |
|-----------------------------------|-------------------|---------------------------------------------------------|
| Cerere de pasageri sub prognoză   | Toate variantele  | Numărători pe 7 zile, consultări APL, ajustare orar     |
| Capacitate electrică insuficientă | S2-S3-S4          | Aviz racordare, management de sarcină, BESS             |
| Cost CAPEX peste buget            | S2-S3             | Licitații pe loturi, cerințe tehnice clare, neprevăzute |
| Performanță redusă iarna          | S2-S3-S4          | Rezervă de autonomie 15-20%, încărcare completă noaptea |
| Disponibilitate service redusă    | S2-S3-S4          | Contract service, garanție baterie, piese critice       |

Tabelul 115. **Recomandarea finală privind varianta optimă**

| Element                      | Recomandare                                                                    |
|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| Varianta tehnică recomandată | S3 - transport electric cu încărcare PV/BESS și management inteligent          |
| Modalitate de implementare   | S4 - implementare etapizată a S3 pe cele 5 rute operaționale                   |
| Flotă minimă                 | 5 vehicule active + 1 vehicul de rezervă                                       |
| Infrastructură minimă        | 5-6 stații AC 22 kW + 1 stație DC 60 kW + PV 150 kWp + BESS 150-250 kWh        |
| Condiție obligatorie         | Validare GIS, aviz de racordare și date reale de pasageri înainte de achiziții |

Analiza tehnică confirmă că infrastructura de încărcare poate fi organizată în mod eficient în jurul Gării Auto Sîngerei, cu încărcare nocturnă pentru cele patru vehicule active aferente rutelor prioritare. Soluția minimă recomandată include două încărcătoare AC de 22 kW și două încărcătoare DC de 60 kW, cu management inteligent al puterii. Pentru extindere sau rezervă operațională poate fi prevăzută o stație DC rapidă de 120-125 kW.

Necesarul energetic zilnic al flotei este estimat la circa 507 kWh/zi, iar consumul anual la circa 152.2 MWh/an. O centrală fotovoltaică de 150 kWp poate acoperi bilanțier consumul anual al flotei și poate reduce substanțial costul energiei, mai ales dacă este combinată cu management inteligent, compensare energetică și, după caz, baterie staționară.

Din perspectivă economică, infrastructura de încărcare și PV permite reducerea costurilor de exploatare față de vehiculele convenționale. Economii anuale estimate numai din diferența de cost energetic pot depăși 111 mii MDL/an în scenariul de alimentare din rețea și pot fi mai mari dacă energia PV este utilizată eficient. Aceste economii vor fi integrate în capitolele următoare privind analiza variantelor tehnice și analiza financiar-economică.

Pentru proiectul tehnic se recomandă: confirmarea amplasamentului Gării Auto, solicitarea avizului de racordare pentru 150-300 kW, verificarea posibilității instalării PV de 150 kWp, analiza opțiunii BESS 150-250 kWh, pregătirea unui plan de securitate pentru încărcare și implementarea unui sistem EMS/SCADA cu raportare lunară pe rută și vehicul.

### 6.10 Specificații tehnice minime pentru achiziția stațiilor de încărcare

Pentru etapa de achiziție, specificațiile tehnice trebuie formulate suficient de clar pentru a permite ofertarea echipamentelor compatibile cu vehicule electrice de transport public, dar fără a limita artificial concurența. Se recomandă definirea cerințelor prin parametri funcționali: putere, tip conector, compatibilitate cu standarde europene, comunicare, protecții, garanție, mentenanță și capacitate de integrare cu sistemul de management energetic.

Încărcătoarele AC de 22 kW sunt recomandate pentru vehiculele mici care au timp suficient de staționare peste noapte. Pentru vehiculele de capacitate medie se recomandă încărcătoare DC de 60 kW, cu posibilitate de reducere dinamică a puterii. Toate stațiile trebuie să permită raportarea energiei livrate pe vehicul, autentificarea șoferului/operatorului și exportul datelor în format utilizabil pentru analiza lunară a costurilor.

Tabelul 116. Specificații tehnice minime pentru încărcătoarele propuse

| Parametru  | Încărcător AC 22 kW | Încărcător DC 60 kW | Stație DC rapidă 120-125 kW  |
|------------|---------------------|---------------------|------------------------------|
| Destinație | minibuze R1-R2      | midibuze R3-R4, R5  | rezervă/opțiune etapa II     |
| Conector   | Type 2              | CCS2                | CCS2, posibil dublu conector |

|                 |                          |                                    |                                                |
|-----------------|--------------------------|------------------------------------|------------------------------------------------|
| Regim utilizare | nocturn, 6-8 ore         | nocturn/operațional                | rapid sau avarie                               |
| Comunicare      | OCPP/Modbus              | OCPP/EMS                           | OCPP/EMS, limitare dinamică                    |
| Protecții       | RCD, SPD, supracurent    | supracurent, temperatură, izolație | protecții extinse și răcire cablu dacă e cazul |
| Măsurare        | contor intern certificat | contor intern certificat           | contor intern certificat                       |
| Garanție minimă | 2-3 ani                  | 2-3 ani                            | 2-3 ani                                        |
| Service         | local/regional           | local/regional                     | local/regional prioritar                       |

### 6.11 Lucrări civile, securitate și organizarea fluxurilor în Gara Auto

Instalarea stațiilor de încărcare nu se limitează la echipamentul electric propriu-zis. Charging hub-ul trebuie integrat într-un spațiu de operare sigur pentru vehicule, șoferi, personal tehnic și pasageri. De aceea, proiectul tehnic trebuie să includă lucrări de amenajare, platforme de beton/asfalt, marcaje, protecții mecanice, iluminat, semnalizare și, dacă este cazul, împrejmuire parțială.

Zona de încărcare trebuie separată de zona de așteptare a pasagerilor. Cablurile nu trebuie să traverseze căi pietonale, iar încărcătoarele trebuie protejate împotriva lovirii de către vehicule. Se recomandă amplasarea echipamentelor într-o zonă cu vizibilitate bună și acces facil pentru intervenții, dar fără a bloca fluxurile zilnice ale autogării.

Tabelul 117. Lucrări și amenajări necesare în zona charging hub

| Categorie            | Lucrări recomandate                          | Scop tehnic                     |
|----------------------|----------------------------------------------|---------------------------------|
| Platformă staționare | asfalt/beton, marcaje pentru 4-6 vehicule    | siguranță și operare organizată |
| Canalizație cabluri  | tuburi, cămine, trasee protejate             | protecția cablurilor electrice  |
| Tablou electric      | distribuție dedicată, protecții, contorizare | siguranță și separare sarcini   |
| Iluminat și CCTV     | corpuri LED, camere video                    | securitate pe timp de noapte    |
| Protecții mecanice   | stâlpi anti-lovire, borduri, bariere         | protecția încărcătoarelor       |
| Drenaj local         | rigole, evacuare ape pluviale                | evitarea acumulărilor de apă    |
| Semnalizare          | indicatoare, reguli de acces, marcaje        | control fluxuri și siguranță    |



Figura 85. Exemple de stații compacte BESS încărcare auto

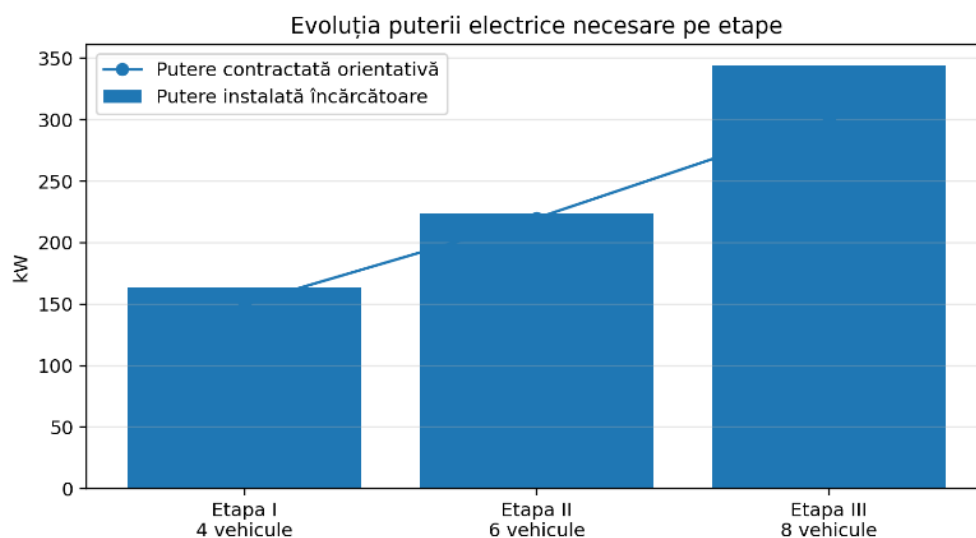
### 6.12 Scenarii de etapizare a infrastructurii electrice

Pentru evitarea supradimensionării investiției, infrastructura de încărcare poate fi realizată etapizat. Etapa I acoperă strict cele patru rute prioritare și patru vehicule active, cu un vehicul de rezervă. Etapa II permite creșterea frecvenței pe rutele R3 și R4 și introducerea unei curse suplimentare în zilele cu cerere ridicată. Etapa III pregătește extinderea spre alte localități sau crearea unor puncte secundare de încărcare.

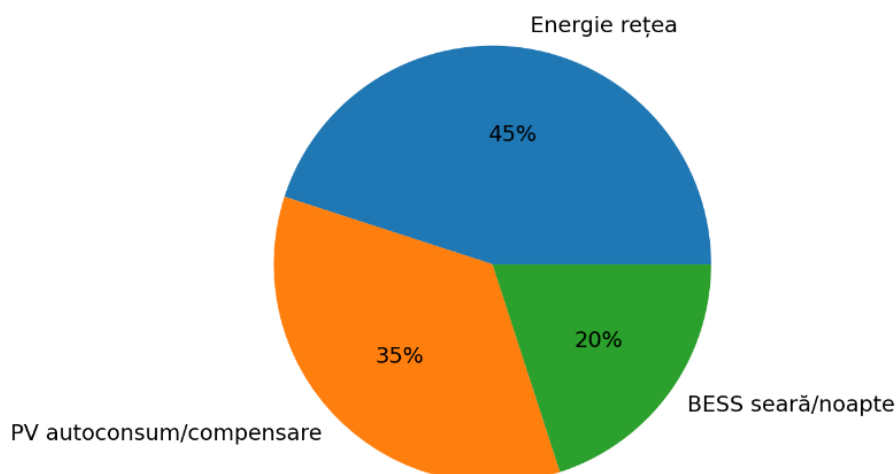
Tabelul 118. Scenarii de etapizare a puterii și echipamentelor

| Scenariu                    | Vehicule active | Încărcătoare recomandate                       | Putere instalată | PV recomandat | BESS recomandat      |
|-----------------------------|-----------------|------------------------------------------------|------------------|---------------|----------------------|
| Etapa I - pilot             | 4               | 2 x 22 kW AC<br>+ 2 x 60 kW DC                 | 164 kW           | 150 kWp       | opțional 150-250 kWh |
| Etapa II - frecvență mărită | 6               | 2 x 22 kW AC<br>+ 3 x 60 kW DC                 | 224 kW           | 200-250 kWp   | 250-400 kWh          |
| Etapa III - extindere       | 8               | 2 x 22 kW AC<br>+ 3 x 60 kW DC + 1 x 120 kW DC | 344 kW           | 300-350 kWp   | 400-600 kWh          |

Sursa: elaborat de autor pe baza datelor proiectului și ipotezelor de calcul.



*Figura 86.* Evoluția puterii electrice necesare pe etape de implementare



*Figura 87.* Model orientativ de acoperire a energiei de încărcare prin rețea, PV și BESS

### 6.13 Date care trebuie colectate înainte de proiectarea finală

Înainte de elaborarea proiectului tehnic, beneficiarul trebuie să colecteze un set minim de date de teren. Aceste informații vor reduce riscul de modificări ulterioare ale devizului și vor permite dimensionarea exactă a racordului electric, a sistemului PV, a bateriei staționare și a lucrărilor civile.

*Tabelul 119.* Checklist de date necesare pentru etapa următoare

| Nr. | Date necesare | Instituție responsabilă | Utilizare în proiect |
|-----|---------------|-------------------------|----------------------|
|-----|---------------|-------------------------|----------------------|

|   |                                                                           |                                               |                                 |
|---|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------|
| 1 | Plan cadastral și drept de folosință asupra terenului Gării Auto          | Consiliul Raional / Primăria Sîngerei         | confirmare amplasament          |
| 2 | Fotografii și măsurători ale platformei de staționare                     | echipa de proiect / APL                       | plan de organizare charging hub |
| 3 | Aviz preliminar de racordare 150-300 kW                                   | operator distribuție                          | dimensionare post transformare  |
| 4 | Date despre postul de transformare existent                               | operator distribuție / administrator autogară | estimare lucrări electrice      |
| 5 | Suprafață disponibilă pentru PV                                           | APL / cadastru / administrator clădire        | dimensionare 150 kWp            |
| 6 | Date orare/lunare de consum ale autogării și clădirilor publice apropiate | administrator autogară / APL                  | autoconsum PV                   |
| 7 | Confirmarea tipului de vehicule electrice                                 | beneficiar / consultant achiziții             | conectori și puteri stații      |
| 8 | Reguli de acces și pază în zona autogării                                 | administrator autogară                        | siguranță operațională          |

*Sursa: elaborat de autor pe baza datelor proiectului și ipotezelor de calcul.*



*Figura 88. Stație PV deja existentă amplasată în raion (Copăcenii)*

## 7 ANALIZA VARIANTELOR TEHNICE ȘI OPERAȚIONALE

Capitolul compară scenariile tehnice și operaționale posibile pentru modernizarea transportului public intercomunal din raionul Sîngerei. Analiza pornește de la cele patru coridoare prioritare stabilite în capitolele anterioare și de la ipoteza de operare cu două curse dus-întors pe zi pe fiecare rută, cu încărcare nocturnă a vehiculelor la Gara Auto Sîngerei.

Scopul capitolului este selectarea unei variante fezabile și etapizabile, care să poată fi finanțată, operată și extinsă fără a crea presiuni excesive asupra bugetului raional. Variantele sunt evaluate tehnic, economic, social și climatic, utilizând ponderile de selecție menționate în Nota Conceptuală: impact energetic, impact social, caracter inovativ, viabilitate economică și continuitate/sustenabilitate.

Tabelul 120. Ipoteze generale utilizate pentru analiza variantelor

| Indicator                     | Valoare de lucru                                                      | Observație                                                                |
|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Rute analizate                | 4 rute intercomunale prioritare                                       | R1 Prepețița, R2 Drăgănești, R3 Dumbrăvița, R4 Alexăndreni/Biruința/Bălți |
| Program de operare            | 2 curse dus-întors/zi/rută                                            | o cursă dimineața și una seara                                            |
| Zile de operare               | 300 zile/an                                                           | ipoteză conservatoare pentru studiu                                       |
| Parcurs anual total           | 158 400 km/an                                                         | calculat din lungimile rutelor și programul minim                         |
| Punct principal de operare    | Gara Auto Sîngerei                                                    | încărcare nocturnă, parcare, monitorizare și dispecerizare                |
| Vehicule actuale de referință | microbuze/autobuze 10-15 ani; Mercedes-Benz/DAF pe rute mai grele     | motorină/benzină; consum și mentenanță ridicate                           |
| Vehicule electrice analizate  | Karsan e-JEST, IVECO eDaily, Yutong E7S, Solaris Urbino 10.5 Electric | modele orientative; oferta finală se validează prin achiziții             |

### 7.1 Varianta 0 - fără investiție

Varianta 0 presupune menținerea modelului actual de transport public, bazat pe vehicule convenționale vechi, operate pe motorină sau benzină. Această variantă nu presupune investiții majore pe termen scurt, dar păstrează toate problemele identificate: costuri ridicate de combustibil, mentenanță imprevizibilă, poluare locală, zgomot, lipsă de confort și accesibilitate redusă.

Pentru calcul, s-a considerat că pe R1 și R2 se utilizează microbuze sau autobuze mici cu consum de aproximativ 17 l/100 km, pe R3 un autobuz mic/mediu cu consum de aproximativ 30 l/100 km, iar pe R4 un vehicul de capacitate mai mare de tip Mercedes-Benz/DAF cu consum de aproximativ 38 l/100 km. Valorile sunt orientative și trebuie confirmate de operatorii existenți, dar sunt realiste pentru vehicule cu vârstă de 10-15 ani utilizate pe rute rurale și periurbane.

Principalul avantaj al Variantei 0 este lipsa investiției inițiale. Totuși, acest avantaj este aparent, deoarece costurile operaționale cresc anual, iar serviciul rămâne vulnerabil la prețul combustibilului, starea vehiculelor și disponibilitatea operatorilor. În plus, varianta nu răspunde obiectivelor raionale privind reducerea emisiilor din transport și nu valorifică existența punctului de încărcare rapidă de 125 kW din orașul Sîngerei.

Tabelul 121. Evaluarea Variantei 0 - menținerea situației actuale

Sursa: analiză proprie.

| Criteriu              | Avantaj                         | Limitare                            | Concluzie                           |
|-----------------------|---------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Investiție inițială   | nu necesită CAPEX major         | nu rezolvă problemele structurale   | avantaj pe termen scurt             |
| Cost de operare       | fără schimbare organizatorică   | cost mare cu motorina și mentenanța | nefavorabil                         |
| Calitate serviciu     | operatorii cunosc traseele      | vehicule vechi, confort redus       | slab                                |
| Impact climatic       | nu necesită infrastructură nouă | emisii CO2 și noxe locale ridicate  | neconform cu obiectivele PIEC/SECAP |
| Risc operațional      | model existent                  | risc de defecțiuni și întreruperi   | ridicat                             |
| Fezabilitate generală | ușor de menținut temporar       | nu este soluție de dezvoltare       | nu se recomandă ca variantă finală  |



Figura 89. Vehicule convențional existente pe rutele raionale



Figura 90. Infrastructura locală, Stație de așteptare în sate

## 7.2 Varianta 1 - modernizare cu microbuze/autobuze diesel mai eficiente

Varianta 1 presupune înlocuirea treptată a vehiculelor vechi cu microbuze și autobuze diesel mai noi, preferabil cu standarde de emisii Euro VI. Această soluție reduce parțial consumul de combustibil și crește fiabilitatea serviciului, dar menține dependența de combustibili fosili și de fluctuațiile prețului la motorină.

Pentru calculul economic s-a presupus o reducere a consumului de combustibil cu aproximativ 15% față de parcul actual și o reducere a costurilor de mentenanță de la 4,5 lei/km la 3,8 lei/km. Chiar și în aceste condiții, costul anual rămâne mult mai mare decât în scenariile electrice, deoarece energia mecanică este produsă în continuare prin arderea motorinei.

Varianta 1 poate fi acceptată doar ca soluție tranzitorie sau pentru rute unde infrastructura de încărcare electrică nu poate fi realizată imediat. Pentru cele patru rute analizate, lungimile zilnice sunt însă suficient de mici pentru vehicule electrice, iar amplasarea încărcării la Gara Auto Sîngerei reduce semnificativ riscul tehnic al electrificării.

Tabelul 122. Parametrii de calcul pentru Varianta 1

| Indicator               | Situația actuală | Varianta 1        | Observație                                             |
|-------------------------|------------------|-------------------|--------------------------------------------------------|
| Consum combustibil      | 100% referință   | 85% din referință | reducere estimată prin vehicule mai noi                |
| Mentenanță              | 4,5 lei/km       | 3,8 lei/km        | mai puține defecțiuni, dar tehnologie termică păstrată |
| Emisii locale           | ridicate         | medii             | norme mai bune, dar nu zero emisii                     |
| CAPEX                   | 0                | cca 370 mii EUR   | 5 vehicule diesel/microbuze + cheltuieli conexe        |
| Compatibilitate cu PIEC | slabă            | parțială          | nu asigură decarbonizare reală                         |

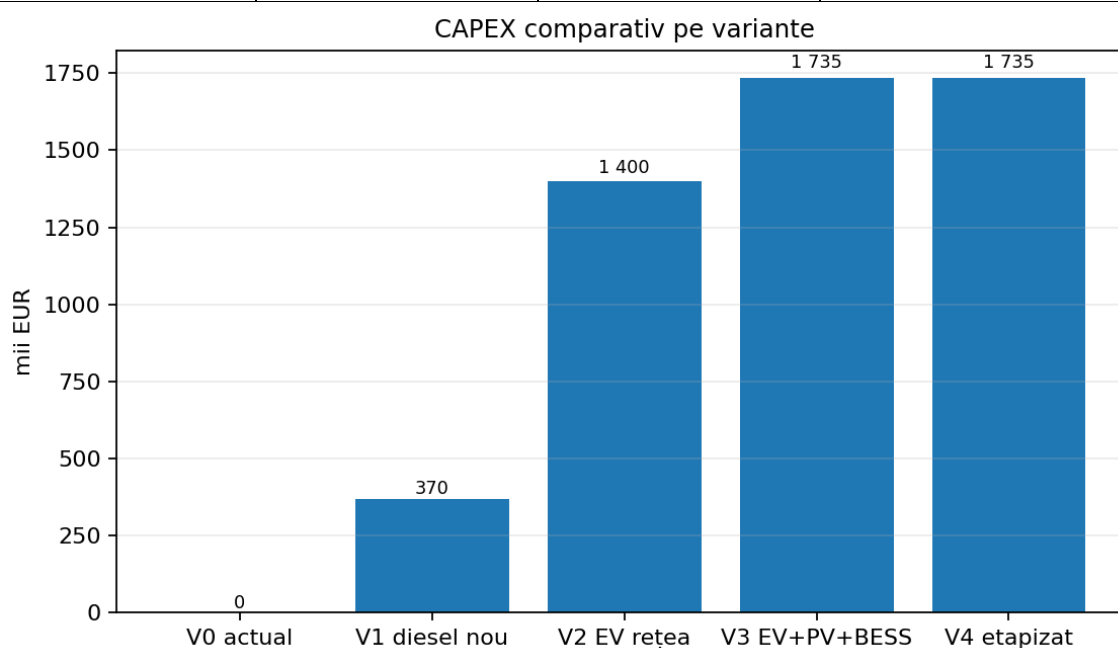


Figura 91. CAPEX comparativ pe variante

### 7.3 Varianta 2 - vehicule electrice alimentate exclusiv din rețea

Varianta 2 presupune achiziția vehiculelor electrice pentru cele patru rute prioritare și alimentarea lor exclusivă din rețeaua electrică, prin încărcătoare instalate la Gara Auto Sîngerei. În această variantă, investiția include flota, încărcătoarele, lucrările electrice, spațiul de parcare și sistemul minim de monitorizare.

Din punct de vedere operațional, această variantă este fezabilă deoarece parcursul zilnic total este controlabil: R1 - 94 km/zi, R2 - 82 km/zi, R3 - 168 km/zi și R4 - 184 km/zi. Modelele electrice analizate în capitolele anterioare pot acoperi aceste distanțe cu rezerve diferite de autonomie. Pentru R1 și R2 sunt suficiente minibuze electrice compacte, iar pentru R3 și R4 sunt necesare midibuze sau autobuze electrice cu baterii mai mari.

Documentul tehnic privind opțiunile de autobuze electrice indică un consum specific de 0,33-0,42 kWh/km pentru Karsan e-JEST, 0,45-0,52 kWh/km pentru IVECO eDaily, 0,55-0,65 kWh/km pentru Yutong E7S și valori mai mari pentru autobuze electrice urbane de capacitate ridicată. Aceste valori confirmă avantajul energetic al vehiculelor electrice față de vehiculele convenționale.

Limitarea principală a Variantei 2 este faptul că energia electrică este cumpărată integral din rețea. Deși costurile de operare scad considerabil față de motorină, proiectul valorifică doar parțial potențialul local de energie regenerabilă și nu reduce suficient expunerea la tarifele viitoare ale energiei electrice.

### 7.4 Varianta 3 - transport electric cu încărcare PV și management inteligent

Varianta 3 reprezintă soluția tehnică recomandată pentru obiectivul final al proiectului. Aceasta combină vehicule electrice, stații de încărcare la Gara Auto Sîngerei, sistem fotovoltaic local, stocare BESS opțională și management inteligent al încărcării. Modelul permite reducerea costului energiei utilizate pentru transport și transformă Gara Auto într-un hub de mobilitate electrică raională.

În această variantă, vehiculele sunt încărcate prioritar noaptea, iar sistemul PV produce energia pe parcursul zilei. Energia solară poate fi utilizată direct pentru consumurile auxiliare, pentru încărcarea unor baterii staționare sau pentru compensarea energiei consumate de infrastructura de încărcare, în funcție de cadrul legal și schema de racordare. Integrarea BESS este utilă pentru reducerea vârfurilor de sarcină și pentru creșterea autoconsumului energiei solare.

Avantajul major al Variantei 3 este reducerea simultană a costurilor operaționale, a emisiilor și a dependenței energetice. Comparativ cu Varianta 2, CAPEX-ul este mai mare, dar costul energiei pe termen lung este mai stabil, iar impactul climatic este mai puternic. Această variantă este cea mai apropiată de obiectivele Notei Conceptuale, care prevede integrarea surselor regenerabile pentru alimentarea stațiilor de încărcare.

Tabelul 123. Componentele tehnice ale Variantei 3

| Componentă          | Soluție propusă                          | Rol în sistem                        | Observație                               |
|---------------------|------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------|
| Vehicule electrice  | 4 active + 1 rezervă în etapa I          | transport pasageri pe cele 4 rute    | dimensionare finală după sondaj pasageri |
| Stații de încărcare | AC 22 kW + DC 60 kW, opțional 120-125 kW | încărcare nocturnă și rezervă rapidă | amplasare la Gara Auto Sîngerei          |

|                  |                                            |                                       |                                       |
|------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| PV               | cca 150 kWp în etapa I                     | reducere cost energie și emisii       | poate fi extins după creșterea flotei |
| BESS             | 150-250 kWh opțional                       | stocare, vârfuri, rezervă locală      | se confirmă după avizul de racordare  |
| EMS/monitorizare | platformă de management energetic și flotă | programare încărcare, date, raportare | necesar pentru control OPEX           |
| Mentenanță       | contract service vehicule + stații + PV    | continuitate serviciu                 | condiție obligatorie de finanțare     |

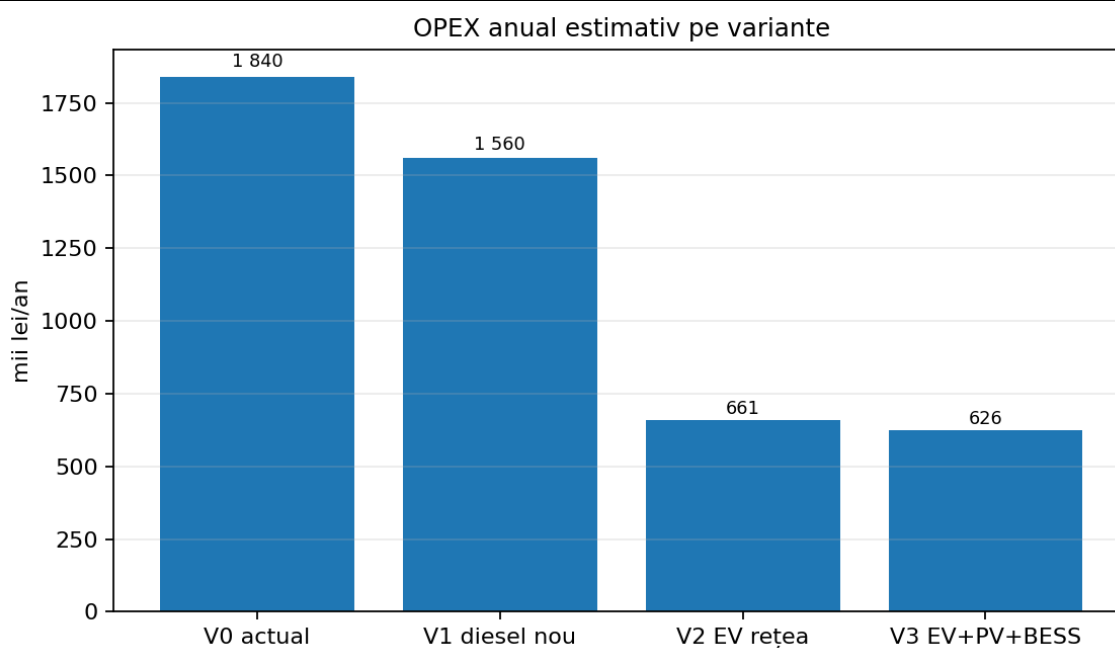


Figura 92. Costuri operaționale anuale estimative pe variante

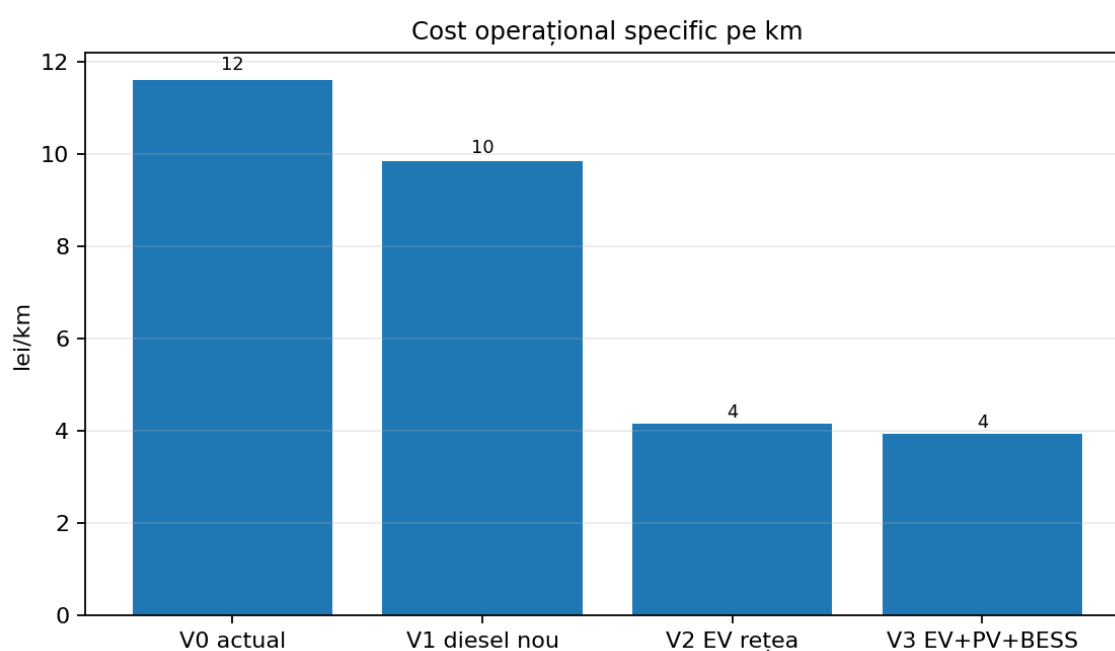


Figura 93. Cost operațional specific pe km pe variante

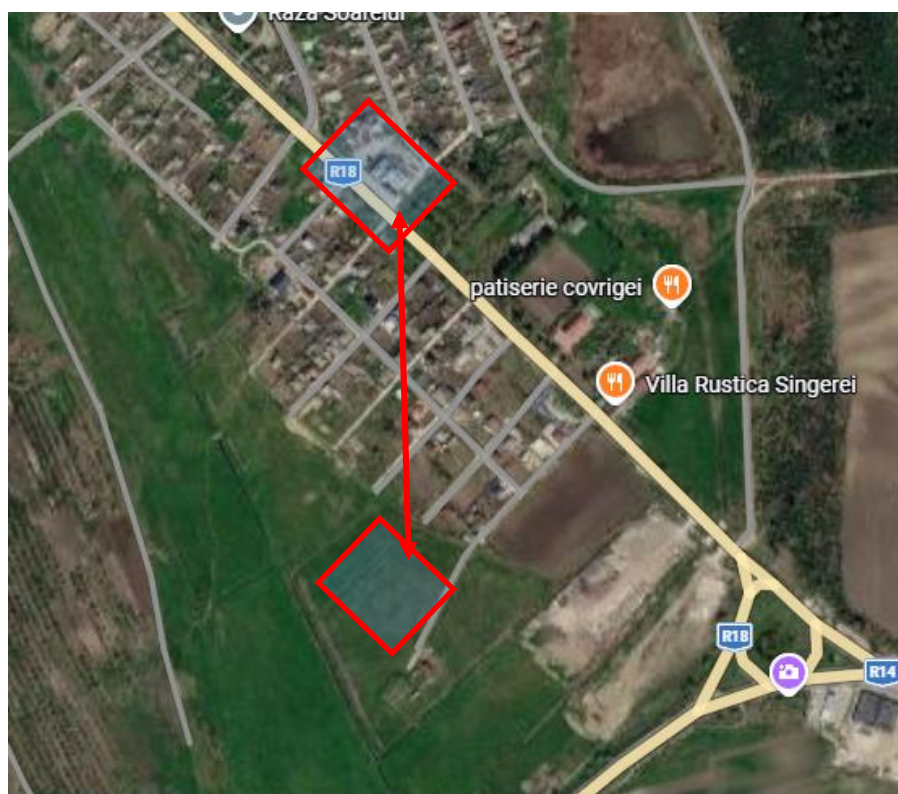


Figura 94. Amplasarea gării proiectate împreună cu terenul de amplasare al panourilor PV propus

### 7.5 Varianta 4 - implementare etapizată pe coridoare prioritare

Varianta 4 nu este o tehnologie separată, ci o metodă prudentă de implementare a Variantei 3. Ea presupune introducerea treptată a transportului electric, începând cu rutele cu risc tehnic mai mic și cu cerere stabilă, apoi extinderea spre rutele cu parcurs mai lung și cerere mai mare.

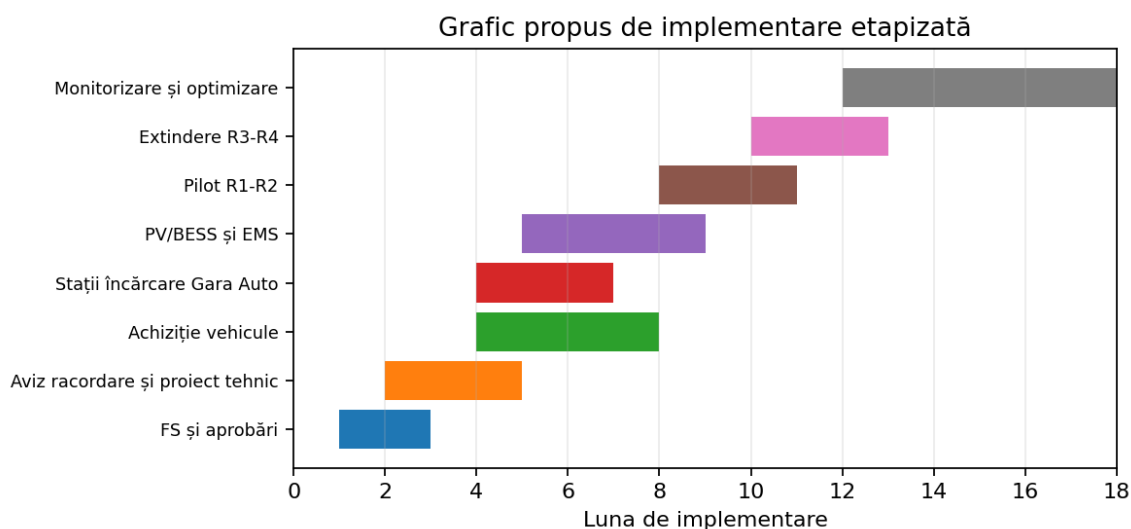
Pentru raionul Singerei, fazarea recomandată este: Faza I - implementarea hubului de încărcare la Gara Auto și operarea rutelor R1 și R2 cu minibuze electrice; Faza II - introducerea vehiculelor de capacitate mai mare pe R3 și R4; Faza III - extinderea frecvenței, eventual curse de prânz și integrarea altor localități pe baza datelor reale de pasageri.

Această abordare reduce riscul investițional, permite instruirea graduală a personalului, colectarea datelor reale de consum și ajustarea modelului tarifar. În același timp, implementarea etapizată facilitează atragerea finanțărilor în tranșe și permite adaptarea proiectului la capacitatea rețelei electrice confirmată de operatorul de distribuție.

Tabelul 124. Propunere de fazare a implementării

| Fază                | Perioadă     | Conținut                                                    | Vehicule             | Rezultat așteptat                       |
|---------------------|--------------|-------------------------------------------------------------|----------------------|-----------------------------------------|
| Faza I - pilot      | lunile 1-12  | proiectare, avize, încărcătoare la Gara Auto, 2 rute scurte | 2 active + 1 rezervă | validarea modelului operațional         |
| Faza II - extindere | lunile 12-24 | rute R3 și R4, vehicule de capacitate mai mare, PV 150 kWp  | 4 active + 1 rezervă | acoperirea celor 4 coridoare prioritare |

|                       |             |                                                                |                      |                                        |
|-----------------------|-------------|----------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------------------------|
| Faza III - optimizare | anii 3-5    | creștere frecvență, integrare BESS, ticketing și date pasageri | 6-8 active + rezervă | serviciu raional stabil și scalabil    |
| Faza IV - replicare   | după anul 5 | alte rute/localități, stații secundare, integrare cu Bălți     | în funcție de cerere | model regional de mobilitate electrică |



**Figura 95.** Grafic propus de implementare etapizată

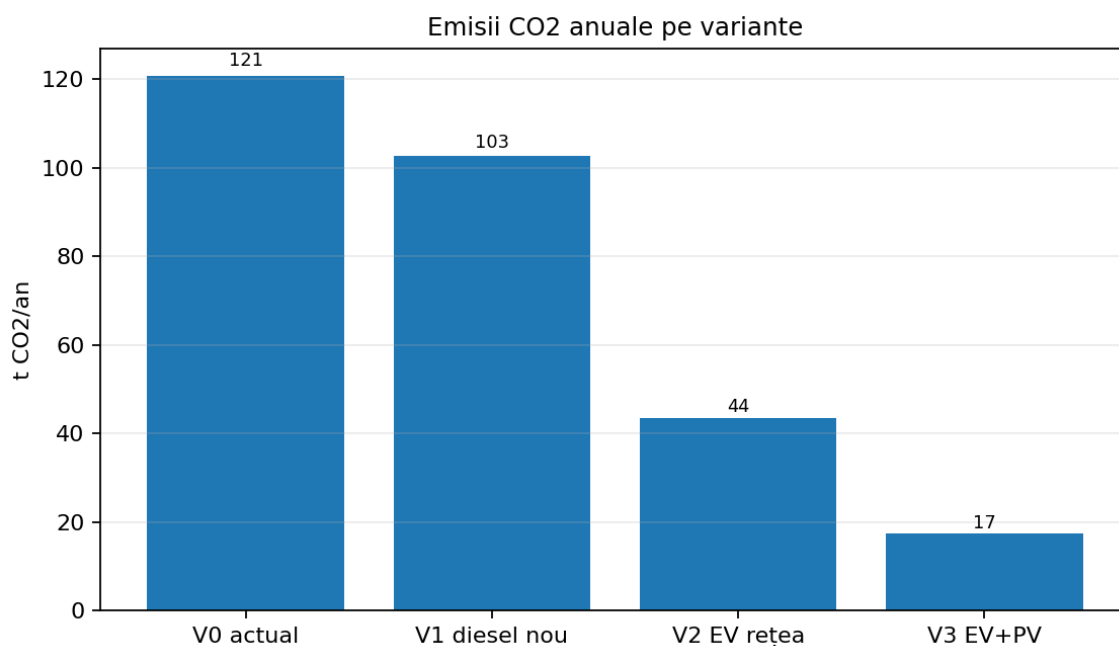
*Sursa: propunere proprie; calendarul se ajustează după finanțare și proceduri de achiziție.*

## 7.6 Compararea și selectarea variantei optime

Compararea variantelor a fost realizată pe două niveluri: primul nivel analizează costurile, consumurile, emisiile și riscurile; al doilea nivel utilizează o matrice multicriterială cu ponderile stabilite în Nota Conceptuală. Această abordare permite justificarea deciziei nu doar financiar, ci și social, energetic și instituțional.

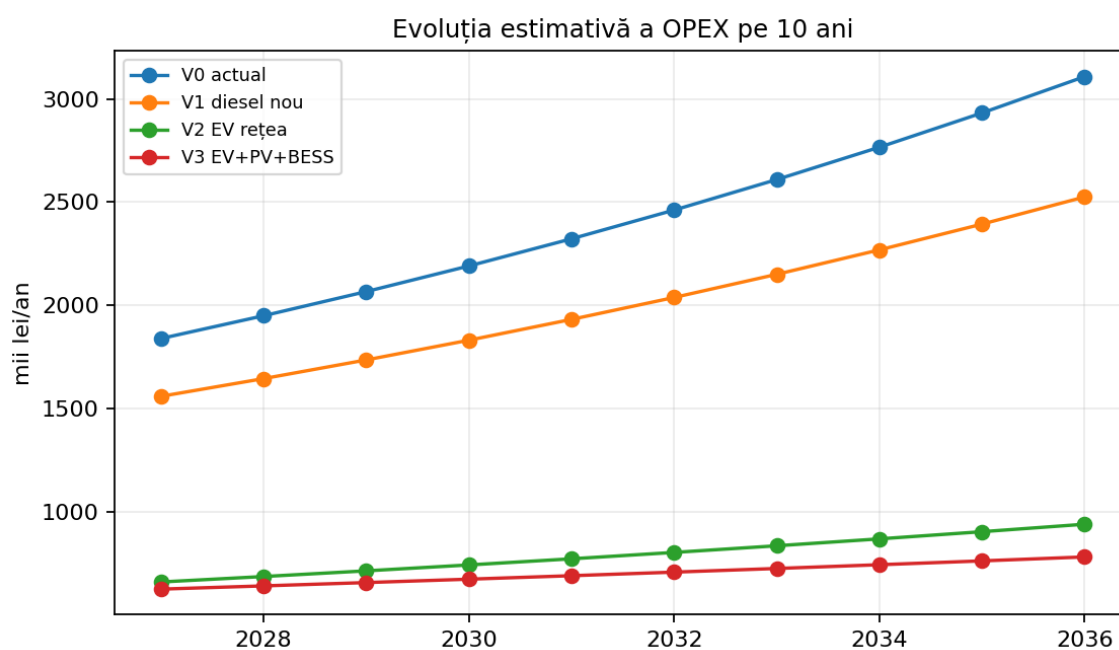
**Tabelul 125.** Sinteza comparativă a variantelor

| Variantă | Descriere              | CAPEX, mii EUR | OPEX, mii lei/an    | Emisii, t CO2/an | Compatibilitate strategică | Concluzie                          |
|----------|------------------------|----------------|---------------------|------------------|----------------------------|------------------------------------|
| V0       | Fără investiție        | 0              | 1839.6              | 120.8            | scăzută                    | nu se recomandă                    |
| V1       | Diesel nou/Euro VI     | 370            | 1559.7              | 102.7            | medie                      | tranzitoriu                        |
| V2       | EV alimentat din rețea | 1 400          | 660.6               | 43.5             | bună                       | fezabil                            |
| V3       | EV + PV + BESS         | 1 735          | 626.0               | 17.4             | foarte bună                | recomandată                        |
| V4       | Implementare etapizată | 1 735 total    | 626.0 la maturitate | 17.4             | foarte bună                | metodă de implementare recomandată |



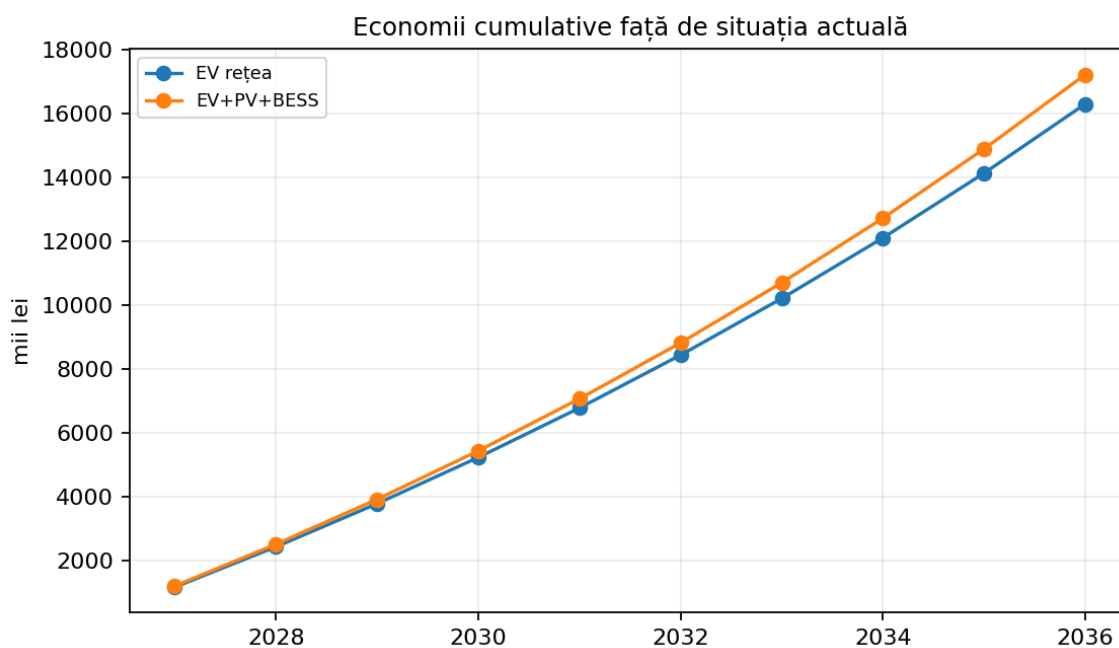
*Figura 96. Emisii CO2 anuale estimate pe variante*

*Sursa: calcule proprii; pentru EV+PV s-a presupus acoperire solară de 60% din energia anuală.*



*Figura 97. Evoluția estimativă a costurilor operaționale pe 10 ani*

*Sursa: calcule proprii; creșteri anuale asumate: motorină 6%, diesel nou 5,5%, EV rețea 4%, EV+PV 2,5%.*



*Figura 98. Economii cumulative față de situația actuală*

*Sursa: calcule proprii.*

Tabelul 126. Matrice multicriterială de evaluare a variantelor

| Criteriu              | Pondere | V0   | V1   | V2   | V3   | V4   |
|-----------------------|---------|------|------|------|------|------|
| Impact energetic      | 30%     | 1    | 2    | 4    | 5    | 4    |
| Impact social         | 20%     | 2    | 3    | 4    | 5    | 4    |
| Caracter inovativ     | 15%     | 1    | 2    | 4    | 5    | 5    |
| Viabilitate economică | 10%     | 2    | 3    | 3    | 4    | 4    |
| Sustenabilitate       | 25%     | 1    | 2    | 4    | 5    | 5    |
| Scor ponderat final   | 100%    | 1.30 | 2.30 | 3.90 | 4.90 | 4.40 |

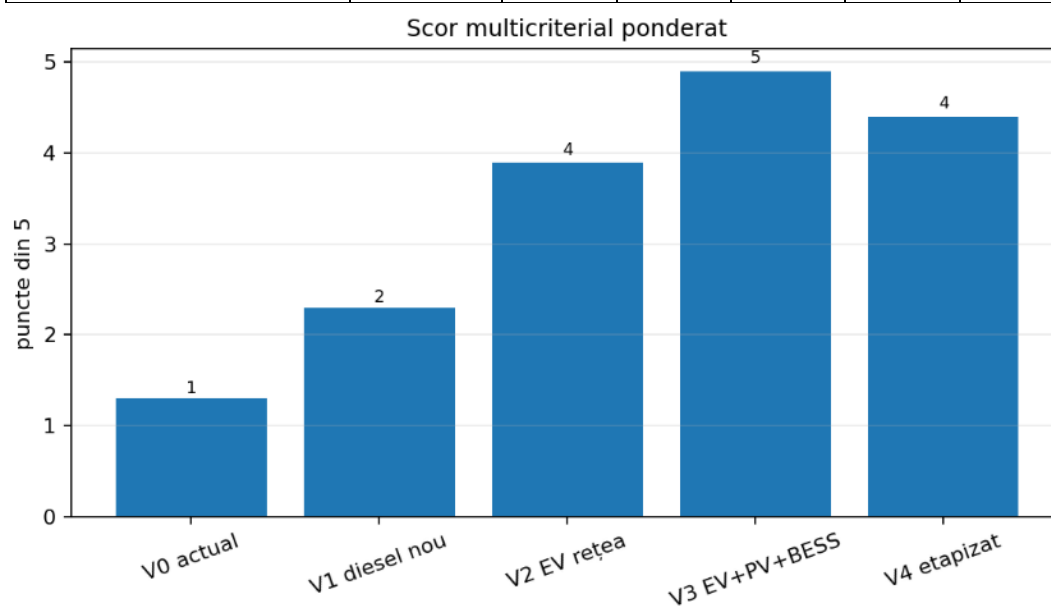


Figura 99. Scor multicriterial ponderat al variantelor

Sursa: calcule proprii pe baza matricei multicriteriale.

Tabelul 127. Riscuri principale pe variante și măsuri de diminuare

| Variantă      | Risc tehnic                        | Risc economic                                 | Risc social                            | Măsuri de diminuare                              |
|---------------|------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------|
| V0 actual     | defecțiuni, vehicule uzate         | cost combustibil volatil                      | serviciu imprevizibil                  | nu rezolvă riscul structural                     |
| V1 diesel nou | risc scăzut tehnic                 | dependență motorină                           | impact social moderat                  | contracte service și eficiență operațională      |
| V2 EV rețea   | racordare și încărcare             | tarif electric viitor                         | acceptare bună dacă serviciul e stabil | aviz racordare, monitorizare, încărcare nocturnă |
| V3 EV+PV+BESS | complexitate mai mare              | CAPEX ridicat                                 | acceptare ridicată                     | implementare modulară, service, instruire        |
| V4 etapizat   | coordonare între faze              | întârziere finanțare                          | beneficii apar gradual                 | contracte pe etape și monitorizare indicatori    |
| Concluzie     | risc minim controlabil prin fazare | V3/V4 oferă cel mai bun raport risc-beneficiu | impact social maxim                    | se recomandă V3 implementată prin V4             |

Nivelul relativ de risc după măsuri de diminuare

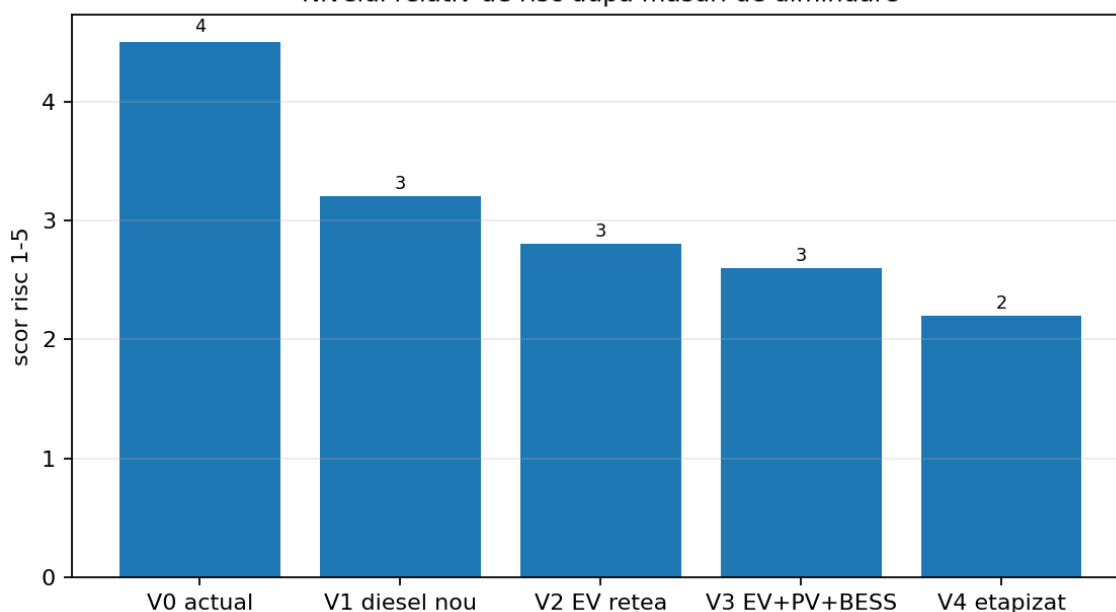


Figura 100. Nivel relativ de risc după aplicarea măsurilor de diminuare

Sursa: evaluare proprie pe scară 1-5.

Tabelul 128. Recomandarea finală privind varianta optimă

| Element analizat      | Recomandare                   | Argument                                                     |
|-----------------------|-------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Tehnologie principală | vehicule electrice            | parcurs zilnic predictibil și cost/km redus                  |
| Sursă de energie      | încărcare la rețea + PV local | reduce costurile și emisiile, crește independența energetică |

|                          |                         |                                                                                  |
|--------------------------|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| Punct de încărcare       | Gara Auto Sîngerei      | nod funcțional existent, potrivit pentru încărcare nocturnă                      |
| Mod de implementare      | etapizat                | reduce riscul financiar și tehnic                                                |
| Rute prioritare inițiale | R1-R4                   | acoperă coridoarele propuse de beneficiar și populația rurală relevantă          |
| Variantă selectată       | V3 implementată prin V4 | cea mai bună combinație de impact energetic, social, inovativ și sustenabilitate |

## 7.7 Analiza structural economică și operațională a scenariilor de operare ale rutelor propuse

### 7.7.1 Varianta 0 - fără investiție

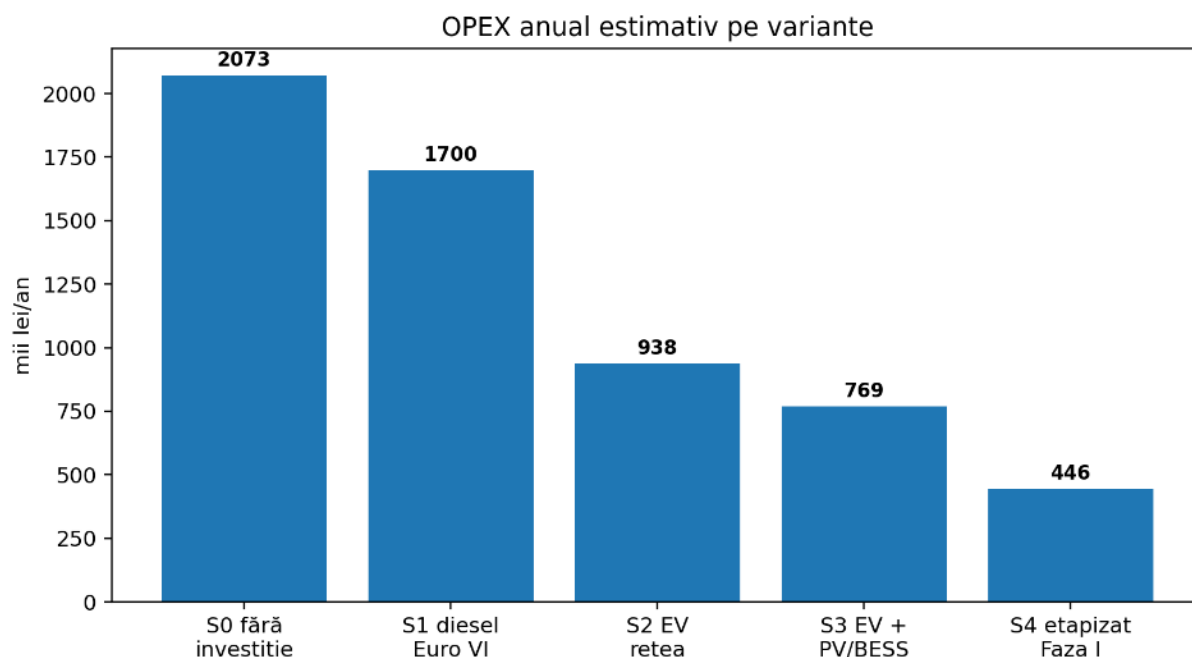
Varianta 0 reprezintă menținerea situației actuale, cu operatori existenți, vehicule convenționale și infrastructură de oprire/încărcare nedevelopată. Această variantă nu presupune investiții majore inițiale, dar păstrează dependența de motorină și benzină, vulnerabilitatea la prețurile combustibililor și calitatea neuniformă a serviciului. În noul scenariu operațional, frecvențele cerute de beneficiar sunt mai mari decât ipoteza inițială, ceea ce face ca menținerea flotei convenționale să amplifice costurile operaționale și emisiile.

Tabelul 129. Ipoteze generale utilizate pentru analiza variantelor revizuite

| Indicator               | Valoare utilizată             | Comentariu                                                      |
|-------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Număr rute operaționale | 5 rute                        | Rute definite de beneficiar pentru etapa de analiză actualizată |
| Parcurs zilnic total    | 743 km/zi                     | Include frecvența mixtă a R1 și frecvențele R2-R5               |
| Parcurs anual total     | 222 900 km/an                 | Ipoteză de 300 zile de operare/an                               |
| Consum EV anual         | 117,1 MWh/an                  | Include rezervă de 15% pentru condiții reale de exploatare      |
| Flotă minimă            | 5 vehicule active + 1 rezervă | Câte un vehicul activ pe rută și rezervă operațională           |
| Punct de încărcare      | Gara Auto Sîngerei            | Încărcare nocturnă centralizată și management energetic         |

Tabelul 130. Evaluarea Variantei 0 - menținerea situației actuale

| Criteriu                            | Evaluare              | Implicație                                                            |
|-------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| CAPEX                               | Foarte redus          | Nu necesită investiție majoră imediată, dar nu creează active moderne |
| OPEX                                | cca 2072,6 mii lei/an | Costuri ridicate cu combustibilul și mentenanța                       |
| Emisii CO <sub>2</sub>              | cca 86,9 t/an         | Emisii directe pe toate rutele operate convențional                   |
| Calitatea serviciului               | Neuniformă            | Frecvențe, confort și predictibilitate limitate                       |
| Compatibilitate cu obiectivele PIEC | Slabă                 | Nu produce decarbonizare și nu valorifică PV/BESS                     |



*Figura 90. Costuri operaționale anuale estimative pe variante*

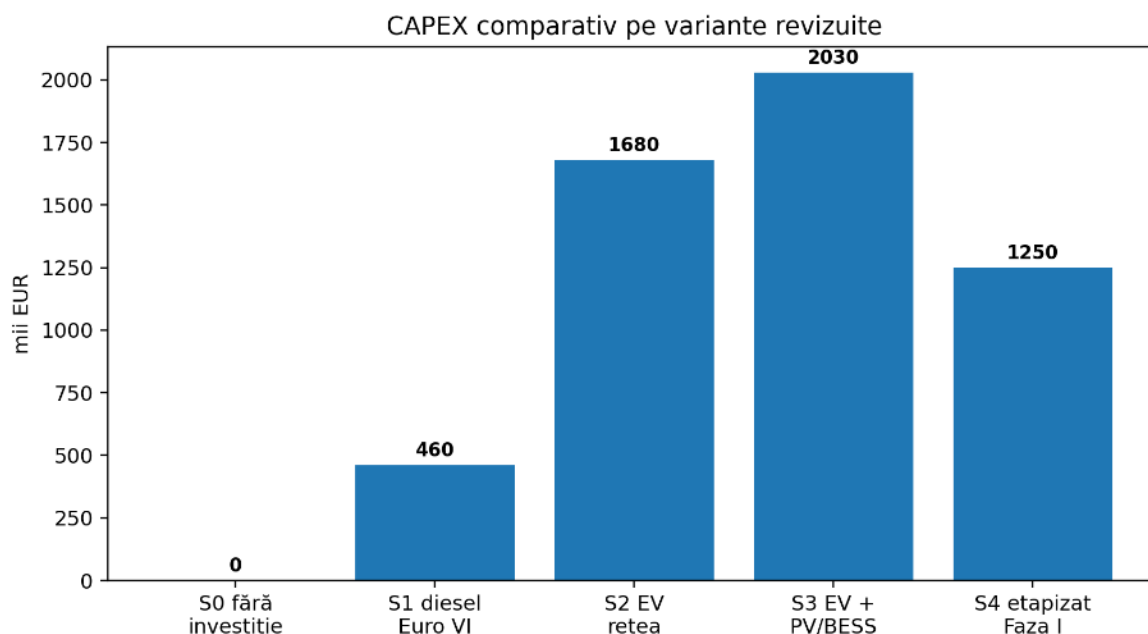
*Sursa: grafic elaborat de autor pe baza scenariului operațional revizuit și a modelului tehnico-economic.*

#### 7.7.2 Varianta 1 - modernizare cu microbuze/autobuze diesel mai eficiente

Varianta 1 presupune înlocuirea vehiculelor vechi cu microbuze și autobuze diesel mai noi, preferabil cu standarde de emisii Euro VI. Această soluție poate reduce consumul de combustibil și frecvența defecțiunilor, însă menține dependența de combustibili fosili și nu creează infrastructură locală de energie regenerabilă. Pentru cele cinci rute actualizate, această variantă rămâne o opțiune tranzitorie, nu o soluție strategică de modernizare climatică.

**Tabelul 131. Parametrii de calcul pentru Varianta 1**

| Indicator                  | Situația actuală | Varianta 1           | Observație                                           |
|----------------------------|------------------|----------------------|------------------------------------------------------|
| Consum combustibil         | 100% referință   | 80-85% din referință | Reducere estimată prin vehicule mai noi              |
| Mentenanță                 | Ridicată         | Medie                | Defecțiuni mai puține, dar tehnologia termică rămâne |
| CAPEX                      | 0                | cca 460 mii EUR      | 6 vehicule diesel/microbuze + cheltuieli conexe      |
| Emisii locale              | Ridicate         | Medii                | Reducere parțială, dar nu zero emisii                |
| Compatibilitate cu PV/BESS | Nu               | Nu                   | Nu valorifică infrastructura energetică propusă      |



*Figura 91. CAPEX comparativ pe variante revizuite*

*Sursa: grafic elaborat de autor pe baza scenariului operațional revizuit și a modelului tehnico-economic.*

### 7.7.3 Varianta 2 - vehicule electrice alimentate exclusiv din rețea

Varianta 2 presupune achiziționarea flotei electrice și instalarea stațiilor de încărcare la Gara Auto Sîngerei, dar fără componenta PV/BESS. Această variantă are avantajul eliminării emisiilor directe pe trasee și reducerii costurilor de mentenanță, însă costul energiei rămâne dependent de tariful rețelei, iar vârfurile de putere trebuie gestionate exclusiv prin racordare și programarea încărcării.

**Tabelul 132. Verificarea compatibilității rutelor cu vehicule electrice**

| Rută | Parcurs zilnic, km | Vehicul recomandat                    | Energie cu rezervă, kWh/zi | Compatibilitate                  |
|------|--------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------------|
| R1   | 121                | minibus electric 20-25 locuri         | 55,7                       | bună                             |
| R2   | 192                | minibus/midibus electric 25-35 locuri | 110,3                      | bună, cu management de încărcare |
| R3   | 108                | minibus electric 20-25 locuri         | 52,0                       | bună                             |
| R4   | 112                | minibus electric 20-25 locuri         | 51,7                       | bună                             |
| R5   | 210                | minibus/midibus electric 25-35 locuri | 120,7                      | bună, cu management de încărcare |

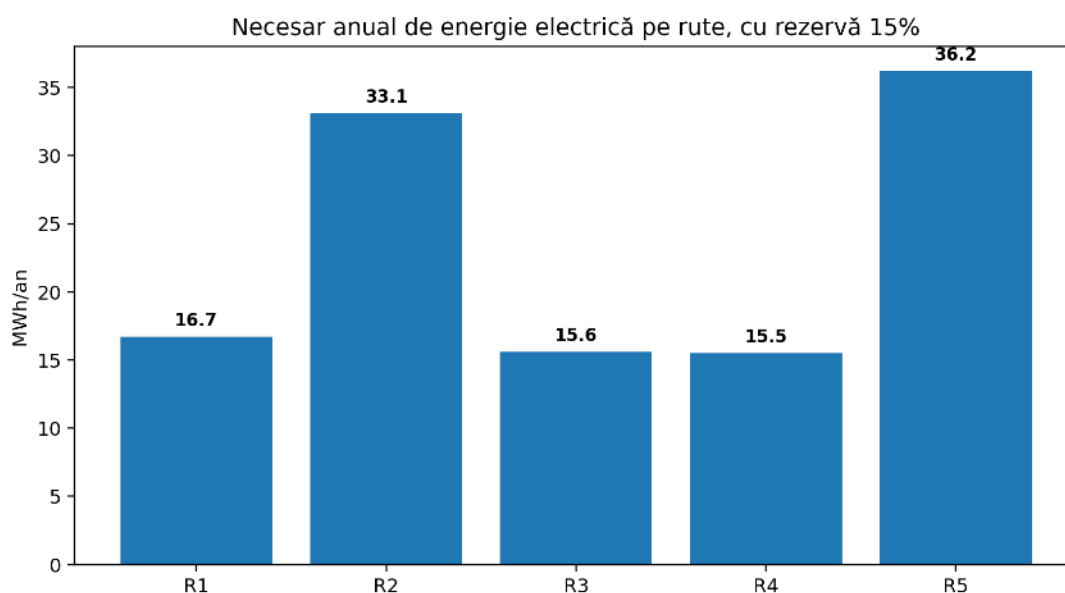


Figura 92. Necesar anual de energie electrică pe rute, cu rezervă de 15%

#### 7.7.4 Varianta 3 - transport electric cu încărcare PV și management inteligent

Varianta 3 este varianta recomandată a studiului revizuit. Ea combină flota electrică pentru cele cinci rute operaționale cu charging hub la Gara Auto Sîngerei, stații AC pentru încărcare nocturnă, o stație DC pentru rezervă operațională, sistem PV de 150 kWp, BESS de 150-250 kWh și sistem de management energetic/operare. În această configurație, energia electrică devine un cost monitorizabil și parțial controlabil prin producere locală.

Tabelul 133. Componentele tehnice ale Variantei 3

| Componentă      | Configurație recomandată      | Rol în scenariul revizuit                                                 |
|-----------------|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Flotă EV        | 5 vehicule active + 1 rezervă | Acoperirea celor 5 rute operaționale și continuitate în caz de mentenanță |
| Stații AC 22 kW | 5-6 puncte                    | Încărcare nocturnă lentă, cost redus și protecție pentru baterii          |
| Stație DC 60 kW | 1 punct                       | Rezervă/opportunity charging și flexibilitate pentru R2/R5                |
| PV              | 150 kWp                       | Reducerea costului mediu al energiei și a emisiilor indirecte             |
| BESS            | 150-250 kWh                   | Limitare vârfuri și mutarea energiei PV spre încărcarea nocturnă          |
| EMS/SCADA și IT | GPS, SOC, consum, raportare   | Monitorizarea performanței și calibrarea datelor reale                    |

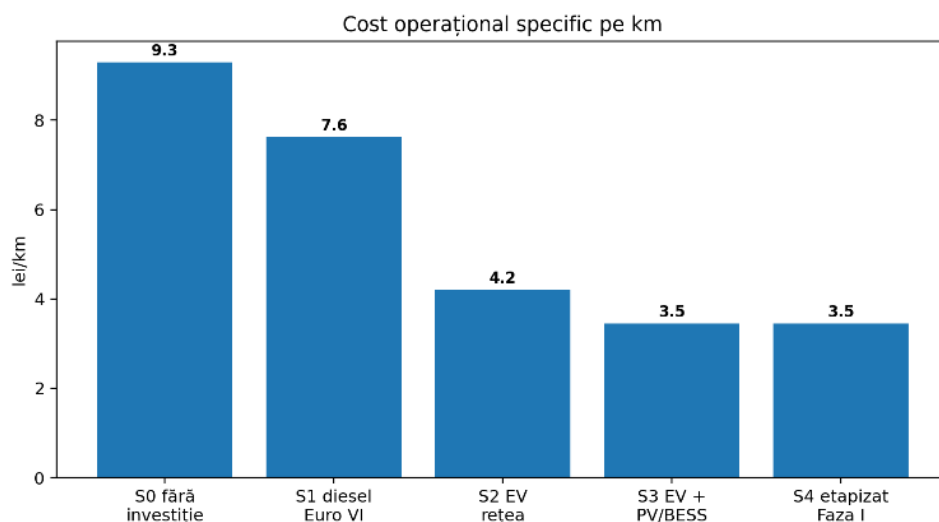


Figura 93. Cost operațional specific pe km pe variante

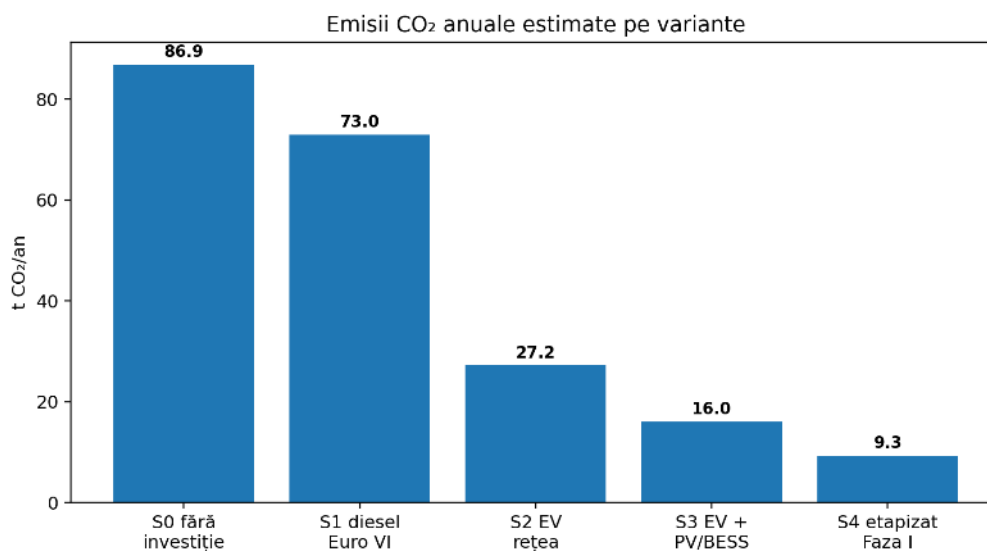


Figura 94. Emisii CO<sub>2</sub> anuale estimate pe variante

#### 7.7.5 Varianta 4 - implementare etapizată pe rute prioritare

Varianta 4 nu este o tehnologie separată, ci o modalitate de implementare a Variantei 3. Ea este utilă pentru reducerea riscurilor, deoarece permite lansarea inițială a rutelor cele mai potrivite pentru pilot, testarea încărcării nocturne și colectarea datelor reale privind pasagerii, consumul și disponibilitatea vehiculelor.

Tabelul 134. Propunere de fazare a implementării

| Fază                       | Rute incluse | Justificare                                                                                              | Rezultat așteptat                      |
|----------------------------|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Faza I - pilot extins      | R1, R4, R5   | Rutele acoperă axa Biliceni/Vechi/Copăceni/Grigorauca/Prepeleța și permit testarea frecvențelor diferite | Date reale de consum, pasageri și orar |
| Faza II - completare rețea | R2, R3       | Rute cu frecvență și caracteristici distincte; se includ după calibrarea sistemului                      | Rețea operațională completă pe 5 rute  |

|                       |                          |                                                                   |                               |
|-----------------------|--------------------------|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| Faza III - optimizare | Ajustări pe toate rutele | Program, stații, tarif, capacitate, încărcare și extinderi urbane | Serviciu stabil și replicabil |
|-----------------------|--------------------------|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------|

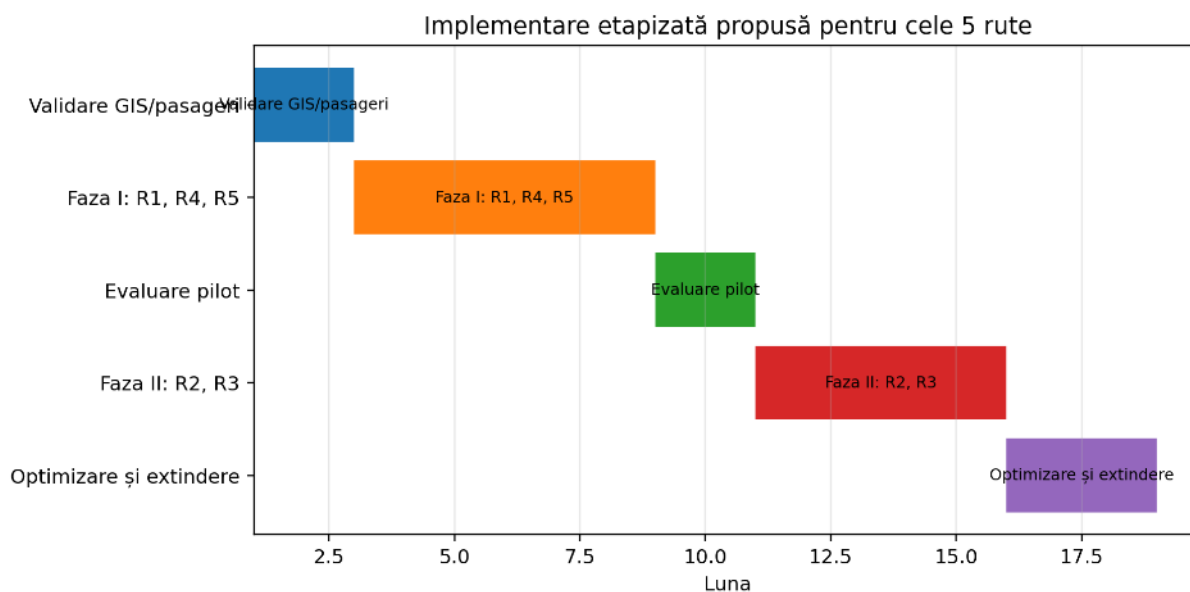


Figura 95. Grafic propus de implementare etapizată

## 7.8 Compararea și selectarea variantei optime

Compararea variantelor a fost realizată pe baza criteriilor relevante pentru un proiect public de mobilitate electrică: cost investițional, cost operațional, emisii, fezabilitate tehnică, impact social, compatibilitate cu obiectivele climatice și riscul de implementare. În logica strictă a costului inițial, Variantele 0 și 1 sunt mai ieftine, dar nu răspund obiectivului de modernizare verde. În logica costului total de operare și a impactului social-climatic, Varianta 3 este cea mai coerentă soluție, iar Varianta 4 este modalitatea recomandată de implementare.

Tabelul 135. Sinteza comparativă a variantelor

| Variantă             | CAPEX, mii EUR | OPEX, mii lei/an | CO <sub>2</sub> , t/an | Avantaj principal             | Limitare principală           |
|----------------------|----------------|------------------|------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| S0 - fără investiție | 0              | 2072,6           | 86,9                   | fără CAPEX inițial            | costuri mari și poluare       |
| S1 - diesel/Euro VI  | 460            | 1699,6           | 73,0                   | serviciu mai fiabil           | nu decarbonizează             |
| S2 - EV din rețea    | 1 680          | 938,3            | 27,2                   | zero emisii locale            | tarif rețea și vârfuri        |
| S3 - EV + PV/BESS    | 2 030          | 769,1            | 16,0                   | cost redus și impact climatic | CAPEX mai mare                |
| S4 - etapizat        | 1 250 faza I   | 446,1            | 9,3                    | risc redus în pilot           | necesită extindere ulterioară |

Tabelul 136. Matrice multicriterială de evaluare a variantelor

| Criteriu           | Pondere | S0 | S1 | S2 | S3 | S4 |
|--------------------|---------|----|----|----|----|----|
| Cost investițional | 15%     | 5  | 4  | 3  | 2  | 4  |
| Cost operațional   | 20%     | 1  | 2  | 4  | 5  | 5  |
| Impact climatic    | 20%     | 1  | 2  | 4  | 5  | 5  |

|                      |      |    |    |    |    |    |
|----------------------|------|----|----|----|----|----|
| Fezabilitate tehnică | 15%  | 3  | 3  | 4  | 4  | 5  |
| Impact social        | 15%  | 2  | 3  | 4  | 5  | 4  |
| Risc implementare    | 15%  | 2  | 3  | 3  | 4  | 5  |
| Scor ponderat /100   | 100% | 38 | 51 | 71 | 86 | 82 |

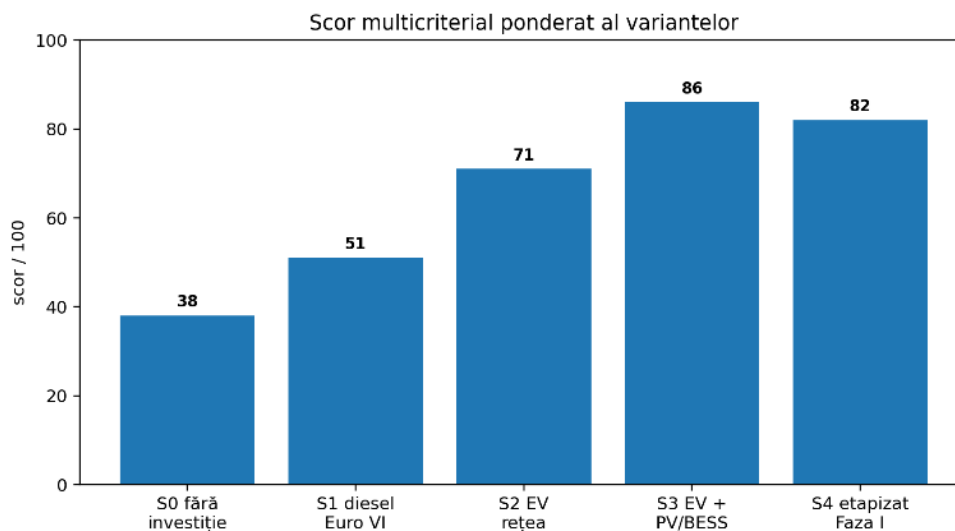


Figura 96. Scor multicriterial ponderat al variantelor

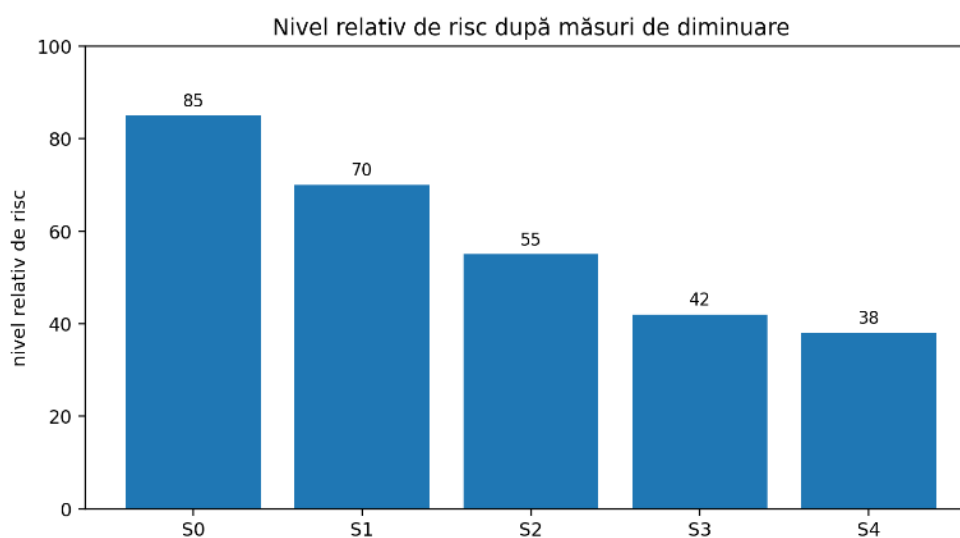


Figura 97. Nivel relativ de risc după aplicarea măsurilor de diminuare

## 7.9 Analiză suplimentară pentru fundamentarea deciziei

### 7.9.1 Analiză suplimentară pentru fundamentarea deciziei

Pentru etapa de finanțare și proiect tehnic, decizia finală trebuie susținută prin indicatori unitari suplimentari: economie anuală pe rută, cost operațional per pasager, sensibilitatea recuperării contribuției locale la nivelul grantului și prioritizarea rutelor pentru pilot. Acești indicatori nu schimbă recomandarea, dar ajută beneficiarul să argumenteze investiția în fața finanțatorilor.

Tabelul 137. Economii anuale estimate pe fiecare rută în varianta EV+PV/BESS

| Rută | OPEX convențional, lei/an | OPEX EV+PV, lei/an | Economie, lei/an | Reducere OPEX |
|------|---------------------------|--------------------|------------------|---------------|
| R1   | 331 056                   | 120 952            | 210 104          | 63,5%         |
| R2   | 544 320                   | 203 904            | 340 416          | 62,5%         |
| R3   | 295 488                   | 109 305            | 186 183          | 63,0%         |
| R4   | 306 432                   | 111 955            | 194 477          | 63,5%         |
| R5   | 595 350                   | 223 020            | 372 330          | 62,5%         |

Tabelul 138. Cost operațional estimat per pasager în varianta EV+PV/BESS

| Rută  | Pasageri/an estimați | OPEX EV+PV, lei/an | Cost/pasager, lei |
|-------|----------------------|--------------------|-------------------|
| R1    | 27 000               | 120 952            | 4,48              |
| R2    | 39 600               | 203 904            | 5,15              |
| R3    | 18 000               | 109 305            | 6,07              |
| R4    | 26 400               | 111 955            | 4,24              |
| R5    | 45 000               | 223 020            | 4,96              |
| Total | 156 000              | 769 136            | 4,93              |

Tabelul 139. Sensibilitatea perioadei de recuperare la nivelul grantului

| Grant nerambursabil | Contribuție locală, mil. lei | Economie anuală, mil. lei | Payback simplu, ani |
|---------------------|------------------------------|---------------------------|---------------------|
| 50%                 | 19,79                        | 1,30                      | 15,2                |
| 70%                 | 11,88                        | 1,30                      | 9,1                 |
| 80%                 | 7,92                         | 1,30                      | 6,1                 |
| 90%                 | 3,96                         | 1,30                      | 3,0                 |

Tabelul 140. Prioritizarea operațională a rutelor

| Rută | Argument de prioritate                                                                                    | Recomandare       |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| R1   | Include Bilicenii Vechi și capăt mixt Coadă Iazului/Bilicenii Vechi; utilă pentru testarea flexibilității | inclusă în Faza I |
| R4   | Rută scurtă, stabilă, legată de Copăceni și Grigorăuca                                                    | inclusă în Faza I |
| R5   | Frecvență mare și continuitate spre Prepelița; testează parcursul zilnic ridicat                          | inclusă în Faza I |
| R2   | Frecvență mare, necesită validare atentă a fluxurilor și stațiilor                                        | Faza II           |
| R3   | Rută scurtă-medie, cerere mai modestă, bună pentru completarea rețelei                                    | Faza II           |

Tabelul 141. Condiții tehnice minime înainte de lansarea pilotului

| Condiție      | Descriere                                                    | Responsabil propus          |
|---------------|--------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| GIS trasee    | Confirmarea lungimilor, opririlor și punctelor de întoarcere | proiectant / CR Sîngerei    |
| Date pasageri | Numărători pe minimum 7 zile pentru fiecare rută             | operator / APL / consultant |

|                        |                                                        |                                  |
|------------------------|--------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Aviz racordare         | Putere disponibilă pentru 5-6 AC + DC 60 kW + PV/BESS  | Primăria Sîngerei / distribuitor |
| Caiet sarcini vehicule | Autonomie, garanție baterie, PMR, service, telemetrie  | grup achiziții                   |
| Model de operare       | Contract, tarif, raportare, responsabilități pe active | Consiliul Raional / APL          |

Tabelul 142. Decizia tehnică finală propusă pentru continuarea studiului

| Decizie                                    | Conținut                                                   |
|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| Baza de calcul finală                      | 5 rute operaționale, 743 km/zi, 222 900 km/an              |
| Soluția recomandată                        | EV + PV/BESS, încărcare la Gara Auto Sîngerei              |
| Implementare                               | Etapizat, cu fază-pilot și extindere pe toate cele 5 rute  |
| Element de verificat înainte de investiție | Distanțe GIS, cerere reală, capacitate rețea, oferte ferme |

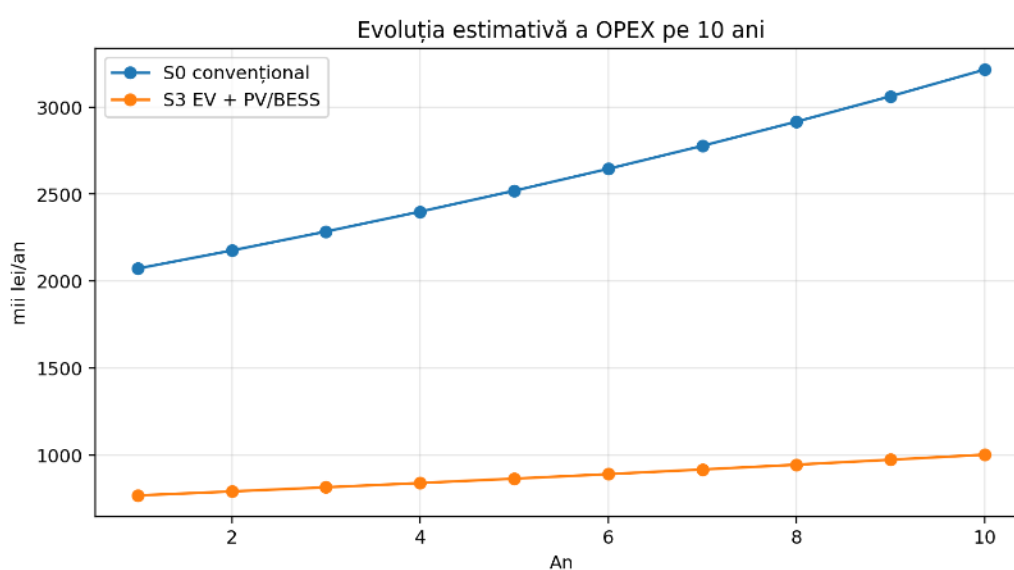


Figura 98. Evoluția estimativă a costurilor operaționale pe 10 ani

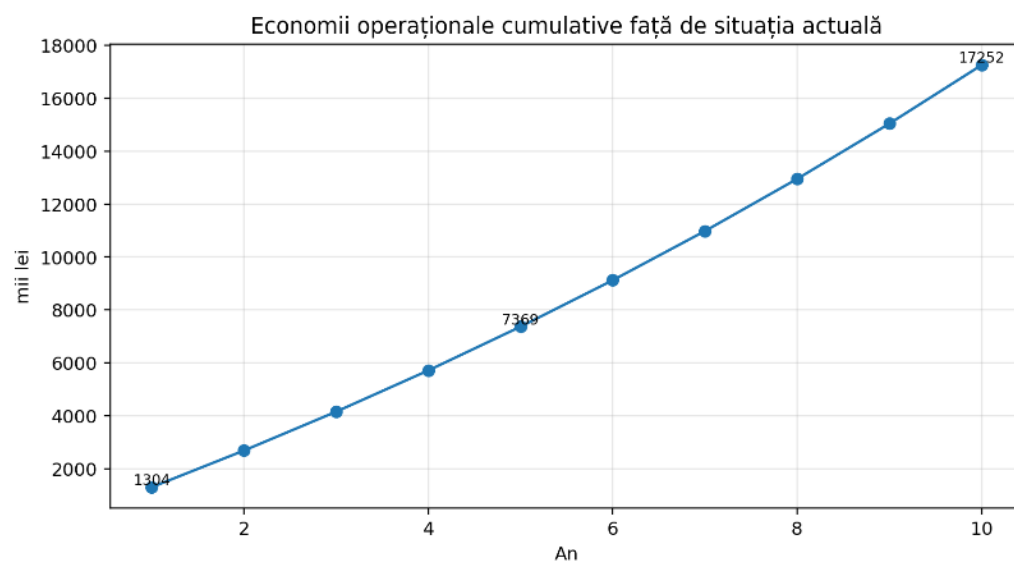


Figura 99. Economii cumulative față de situația actuală

Tabelul 143. Condiții tehnice minime înainte de lansarea pilotului

| Condiție               | Descriere                                                       | Responsabil                         | Moment recomandat                    |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| Confirmarea rutelor    | validare GIS și verificare teren pentru fiecare traseu          | Consiliul Raional / APL             | înainte de proiect tehnic            |
| Aviz de racordare      | confirmarea puterii disponibile la Gara Auto Sîngerei           | operator distribuție / beneficiar   | înainte de achiziția încărcătoarelor |
| Selectarea vehiculelor | clarificarea capacității, autonomiei, garanției și service-ului | beneficiar / consultant / furnizori | în etapa de achiziții                |
| Plan de operare        | orar, șoferi, mentenanță, proceduri de încărcare                | operator transport                  | înainte de pilot                     |
| Monitorizare date      | GPS, energie, km, pasageri, costuri                             | operator / beneficiar               | din prima lună de operare            |

Tabelul 144. Decizia tehnică finală propusă pentru continuarea studiului

| Întrebare de decizie                     | Răspuns recomandat pentru studiul de fezabilitate                                                        |
|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ce variantă se selectează?               | Varianta 3 - transport electric alimentat prin rețea și PV, cu BESS opțional.                            |
| Cum se implementează?                    | Etapizat, conform Variantei 4: pilot R1-R2, apoi extindere R3-R4.                                        |
| Unde se încarcă vehiculele?              | Gara Auto Sîngerei, preponderent noaptea; încărcare rapidă doar ca rezervă operațională.                 |
| Ce se verifică în proiectarea următoare? | Puterea de racordare, traseele reale, fluxul de pasageri, condițiile de service și garanția vehiculelor. |
| Care este condiția financiară majoră?    | Atragerea unui grant de minimum 60% pentru reducerea perioadei de recuperare și a presiunii bugetare.    |

### 7.10 Concluziile capitolului

Analiza variantelor arată că menținerea situației actuale nu este justificată pe termen mediu, chiar dacă nu presupune investiții inițiale. Costurile de exploatare ale vehiculelor convenționale și riscul de întrerupere a serviciului vor continua să crească, iar raionul nu va putea atinge obiectivele de reducere a emisiilor din transport.

Varianta cu vehicule diesel noi poate fi utilizată doar ca soluție tranzitorie, dar nu corespunde direcției strategice a proiectului. Varianta electrică alimentată din rețea este fezabilă tehnic și economic, însă varianta electrică integrată cu PV și, opțional, BESS este mai potrivită pentru un proiect demonstrativ de mobilitate durabilă în raionul Sîngerei.

Prin urmare, se recomandă selectarea Variantei 3 - transport electric cu încărcare PV și management inteligent, implementată etapizat conform Variantei 4. Această combinație reduce riscul de implementare, permite colectarea datelor reale în faza pilot și oferă baza pentru extinderea ulterioară a serviciului raional.

## 8 ESTIMAREA COSTURILOR ȘI ANALIZA FINANCIAR-ECONOMICĂ

Capitolul dat transformă rezultatele tehnice din capitolele anterioare într-un model financiar coerent. Accentul este pus pe costul total al investiției, costurile de operare, economiile generate de trecerea de la vehicule convenționale la vehicule electrice și condițiile în care proiectul devine sustenabil pentru Consiliul Raional Sîngerei. Spre deosebire de capitolele tehnice, prezentul capitol nu reia descrierea rutelor și a echipamentelor, ci utilizează parametrii deja determinați: patru coridoare prioritare, 2 curse dus-întors pe zi pentru fiecare rută, încărcare nocturnă la Gara Auto Sîngerei și integrare fotovoltaică pentru reducerea costului energiei.

Tabelul 145. Limitele modelului financiar și relația cu capitolele anterioare

| Element de intrare  | Valoare utilizată în Capitolul 8 revizuit    | Utilizare financiară                                       |
|---------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| Rute analizate      | 5 rute operaționale prioritare               | determinarea kilometrilor, energiei, flotei și costurilor  |
| Program de operare  | frecvențe diferențiate, 3-6 curse/zi pe rută | bază pentru km/zi și km/an                                 |
| Parcurs anual       | 222 900 km/an                                | bază pentru consum, mentenanță și OPEX                     |
| Flotă               | 5 vehicule active + 1 vehicul de rezervă     | bază pentru CAPEX și disponibilitate operațională          |
| Punct de încărcare  | Gara Auto Sîngerei                           | dimensionare stații, racord, depou și management energetic |
| Scenariu recomandat | EV + PV 150 kWp + BESS 150-250 kWh           | bază pentru VAN, RIR, payback și riscuri                   |
| Orizont de analiză  | 12 ani                                       | perioadă compatibilă cu ciclul operațional al flotei       |

Sursa: sinteză pe baza capitolelor 2-7 ale studiului de fezabilitate.

### 8.1 Costul investiției

Estimarea investiției a fost realizată pe principiul costului complet de punere în funcțiune. Prin urmare, nu se ia în calcul doar prețul vehiculelor, ci și infrastructura fără de care serviciul nu poate funcționa: stații de încărcare, racord electric, amenajare depou, sistem PV, BESS, sistem de monitorizare, proiectare și rezerve pentru neprevăzute. Această abordare este necesară deoarece proiectele de mobilitate electrică sunt sensibile la costurile ascunse de infrastructură și operare.

Valoarea de lucru a investiției este estimată la 2,070 milioane EUR, echivalentul a aproximativ 40,365 milioane lei la un curs de planificare de 19,5 lei/EUR. Suma reprezintă scenariul recomandat pentru etapa de implementare completă a celor patru rute prioritare. În etapa finală de proiectare, valoarea trebuie confirmată prin oferte comerciale, devize de proiectare, aviz de racordare și analiza terenului de la Gara Auto Sîngerei.

Tabelul 146. Deviz investițional preliminar pentru scenariul recomandat

| Nr. | Componentă                                           | Cant. | Cost unitar         | Cost EUR | Cost lei   | Observații                         |
|-----|------------------------------------------------------|-------|---------------------|----------|------------|------------------------------------|
| 1   | Vehicule electrice compacte pentru rute scurte/medii | 3     | 180 000 EUR/unitate | 540 000  | 10 530 000 | R1, R3, R4; 20-25 locuri           |
| 2   | Vehicule electrice cu capacitate sporită             | 2     | 270 000 EUR/unitate | 540 000  | 10 530 000 | R2 și R5; 25-35 locuri sau midibus |

| Nr. | Componentă                                          | Cant. | Cost unitar         | Cost EUR  | Cost lei   | Observații                                       |
|-----|-----------------------------------------------------|-------|---------------------|-----------|------------|--------------------------------------------------|
|     | pentru rute cu frecvență mare                       |       |                     |           |            |                                                  |
| 3   | Vehicul electric de rezervă                         | 1     | 180 000 EUR/unitate | 180 000   | 3 510 000  | asigură continuitatea serviciului                |
| 4   | Stații AC 22 kW                                     | 6     | 9 000 EUR/unitate   | 54 000    | 1 053 000  | încărcare nocturnă și flexibilitate pe flotă     |
| 5   | Stație DC 60 kW                                     | 1     | 45 000 EUR/unitate  | 45 000    | 877 500    | rezervă/opportunity charging                     |
| 6   | Pregătire pentru stație DC 120-125 kW               | 1     | 30 000 EUR/lot      | 30 000    | 585 000    | fundații, cabluri, protecții, extindere viitoare |
| 7   | Sistem fotovoltaic 150 kWp                          | 150   | 650 EUR/kWp         | 97 500    | 1 901 250  | producere locală pentru încărcare                |
| 8   | BESS 200 kWh                                        | 200   | 400 EUR/kWh         | 80 000    | 1 560 000  | stocare și limitare vârfuri                      |
| 9   | Post transformare / racordare / tablouri            | 1     | 130 000 EUR/lot     | 130 000   | 2 535 000  | 250-400 kVA, aviz final necesar                  |
| 10  | Amenajare depou și punct de operare la Gara Auto    | 1     | 130 000 EUR/lot     | 130 000   | 2 535 000  | parcare, iluminat, siguranță, acces service      |
| 11  | Sistem IT: GPS, monitorizare, ticketing simplificat | 1     | 55 000 EUR/lot      | 55 000    | 1 072 500  | date operaționale și raportare                   |
| 12  | Proiectare, supervizare, instruire                  | 1     | 90 000 EUR/lot      | 90 000    | 1 755 000  | documentație, avize, training                    |
| 13  | Neprevăzute și ajustări de preț                     | 1     | 180 000 EUR/lot     | 180 000   | 3 510 000  | rezervă de planificare pentru proiect tehnic     |
|     | TOTAL                                               |       |                     | 2 151 500 | 41 954 250 | valoare preliminară de lucru                     |

Sursa: estimări de planificare pe baza capitolelor 5-7, date de piață și valori asumate pentru studiul de fezabilitate.

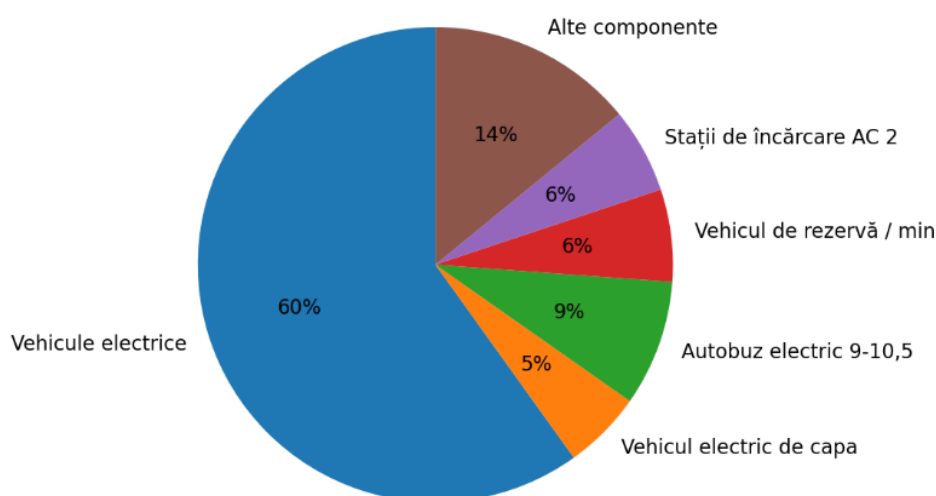
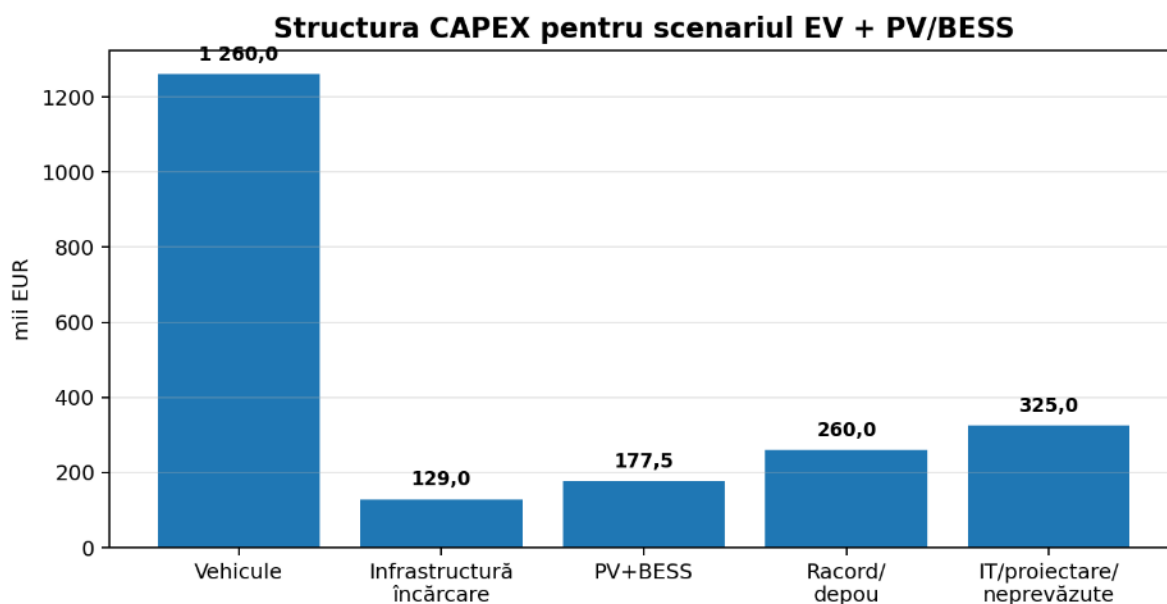


Figura 101..Structura costului investițional pentru scenariul EV + PV/BESS



*Figura 102. Structura costului investițional pentru scenariul revizuit EV + PV/BESS*

Tabelul 147. Comparația investițională a variantelor analizate

| Variantă                             | CAPEX, EUR | CAPEX, lei | Explicație                                          |
|--------------------------------------|------------|------------|-----------------------------------------------------|
| S0 - fără investiție                 | 0          | 0          | menținere situație actuală                          |
| S1 - vehicule diesel/Euro VI         | 390 000    | 7 605 000  | modernizare parțială, fără decarbonizare            |
| S2 - EV alimentat exclusiv din rețea | 1 575 000  | 30 712 500 | vehicule electrice + încărcare, fără PV/BESS        |
| S3 - EV + PV/BESS                    | 2 151 500  | 41 954 250 | soluția recomandată, cu producere locală și stocare |

*Sursa: model financiar SF; valorile pentru variante sunt estimări preliminare și trebuie confirmate prin oferte.*

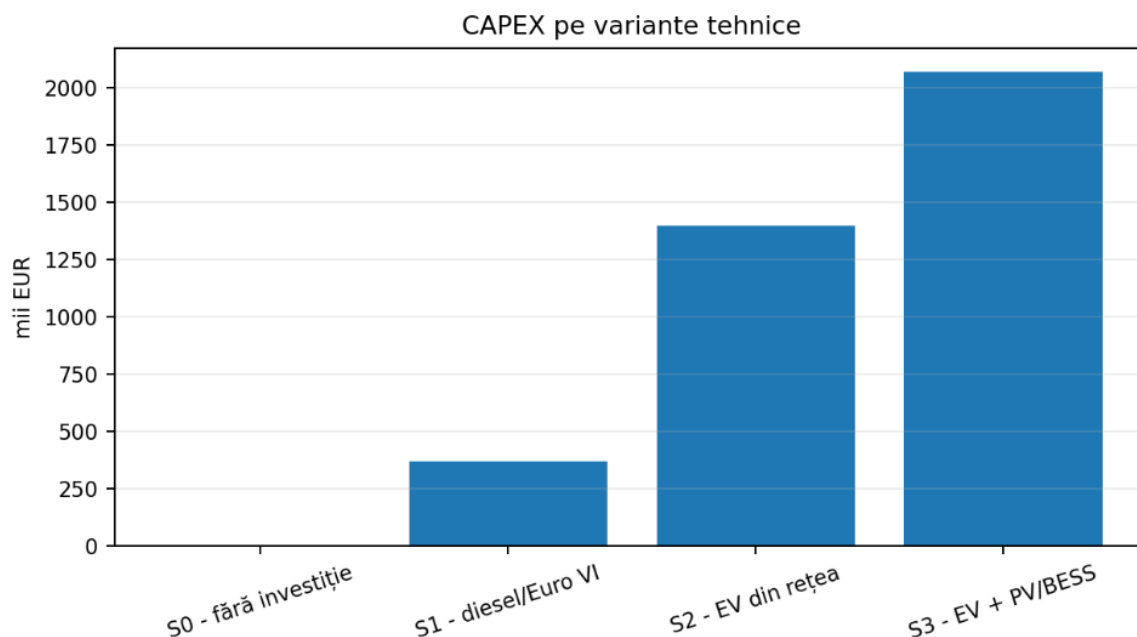


Figura 103. CAPEX estimat pe variante tehnice

Din punct de vedere strict investițional, opțiunea cu vehicule electrice are cost inițial mai mare decât modernizarea cu vehicule diesel mai noi. Totuși, analiza de fezabilitate nu trebuie limitată la CAPEX. Pentru un serviciu public operat pe rute predictibile, costul total de proprietate depinde puternic de energia consumată, mentenanță, disponibilitatea vehiculelor și durata de exploatare. Practica internațională confirmă că pentru flotele electrice costurile cu energia și întreținerea pot deveni elementele decisive ale TCO, în special atunci când încărcarea se face la depou și o parte din energie este produsă local din surse regenerabile.

## 8.2 Costuri de operare și mentenanță

Costurile de operare au fost calculate separat pentru situația actuală și pentru scenariul recomandat. Pentru situația actuală s-au utilizat consumuri specifice diferențiate pe rute, deoarece profilul vehiculelor nu este uniform: microbuze și autobuze mici pe rutele scurte, respectiv vehicule de capacitate mai mare pe rutele cu parcurs și solicitare mai ridicată. Pentru scenariul electric, consumul energetic este determinat în kWh/km și include o rezervă implicită pentru încălzire/răcire, opriri și variații de sarcină.

Tabelul 148. Costuri anuale ale situației actuale - vehicule convenționale

| Rută | Traseu                                                     | km/an  | l/100 km | litri/an | cost combustibil, lei | OPEX total, lei/an |
|------|------------------------------------------------------------|--------|----------|----------|-----------------------|--------------------|
| R1   | Coadă Iazului - Bilicenii Vechi - Sîngerei (itinerar mixt) | 36 300 | 14,0     | 5 082    | 167 706               | 331 056            |
| R2   | Ciuciuieni - Iezărenii Vechi - Vrancești - Sîngerei        | 57 600 | 16,0     | 9 216    | 304 128               | 563 328            |
| R3   | Cozăști - Brejeni - Sîngerei                               | 32 400 | 14,0     | 4 536    | 149 688               | 295 488            |
| R4   | Petrovca - Copăcenii - Grigorăuca - Sîngerei               | 33 600 | 14,0     | 4 704    | 155 232               | 306 432            |

| Rută  | Traseu                                                    | km/an   | l/100 km | litri/an | cost combustibil, lei | OPEX total, lei/an |
|-------|-----------------------------------------------------------|---------|----------|----------|-----------------------|--------------------|
| R5    | Prepețița - Mihailovca - Copăceni - Grigorăuca - Sîngerei | 63 000  | 16,0     | 10 080   | 332 640               | 616 140            |
| TOTAL | -                                                         | 222 900 | -        | 33 618   | 1 109 394             | 2 112 444          |

Sursa: calcule revizuite ale autorului pe baza noilor rute operaționale solicitate de beneficiar; valorile vor fi validate în etapa de proiect tehnic și prin oferte comerciale.

Tabelul 149. Costuri anuale ale scenariului recomandat - vehicule electrice + PV/BESS

| Rută          | Tip vehicul                                 | km/an   | kWh/km | MWh/an | cost energie, lei | OPEX total, lei/an |
|---------------|---------------------------------------------|---------|--------|--------|-------------------|--------------------|
| R1            | minibus electric 20-25 locuri               | 36 300  | 0,40   | 16,7   | 34 659            | 114 519            |
| R2            | midibus / minibus electric 25-35 locuri     | 57 600  | 0,50   | 33,1   | 68 840            | 195 560            |
| R3            | minibus electric 20-25 locuri               | 32 400  | 0,45   | 16,8   | 34 898            | 106 178            |
| R4            | minibus electric 20-25 locuri               | 33 600  | 0,40   | 15,4   | 32 030            | 105 950            |
| R5            | midibus / minibus electric 25-35 locuri     | 63 000  | 0,49   | 35,2   | 73 142            | 211 742            |
| TOTAL         | inclusiv rezervă 15%                        | 222 900 | -      | 117,1  | 243 568           | 733 948            |
| Cost sistem   | mentenanță infrastructură, IT, monitorizare | -       | -      | -      | -                 | 85 000             |
| TOTAL GENERAL | EV + PV/BESS                                | -       | -      | -      | -                 | 818 948            |

Sursa: calcule revizuite ale autorului pe baza noilor rute operaționale solicitate de beneficiar; valorile vor fi validate în etapa de proiect tehnic și prin oferte comerciale.

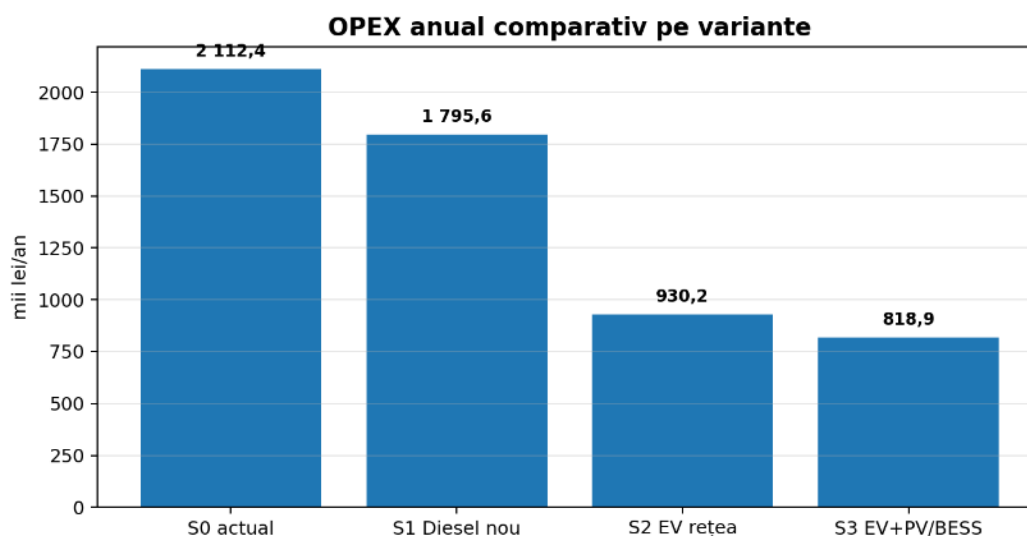


Figura 108. OPEX anual comparativ pe variante

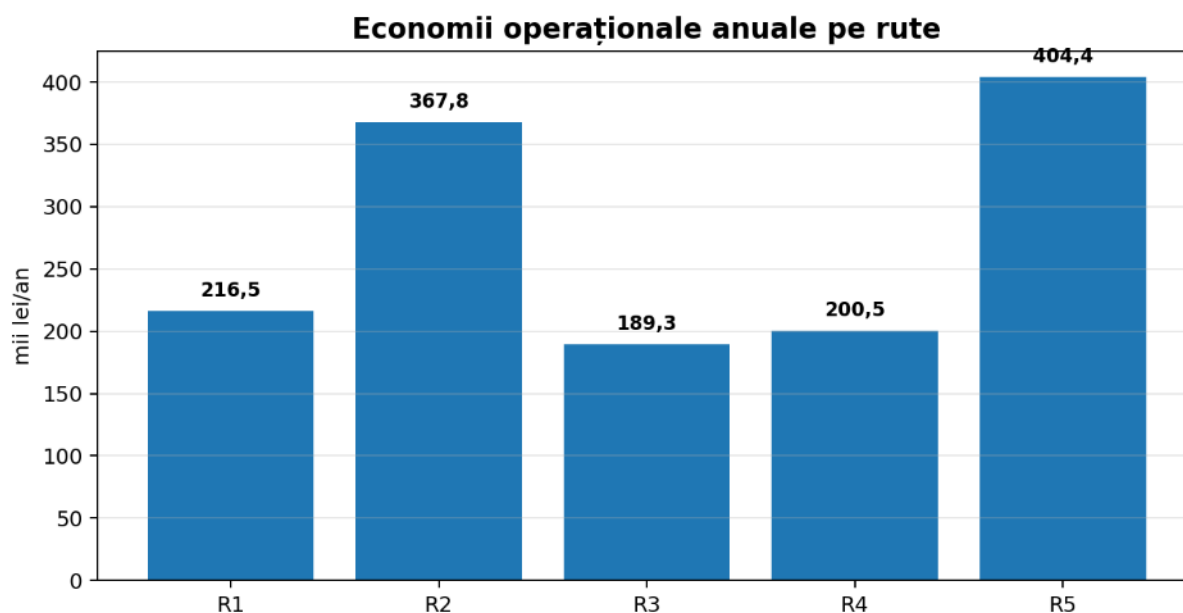


Figura 109. Economii anuale estimate pe fiecare rută

Rezultatele arată că diferența de cost operațional este generată în primul rând de substituirea combustibilului lichid cu energie electrică. Chiar dacă prețul energiei electrice este menținut conservator, costul pe km scade datorită eficienței superioare a tracțiunii electrice. Pe lângă energia propriu-zisă, vehiculele electrice reduc costurile cu uleiuri, filtre, ambreiaj, transmisie complexă și intervenții recurente specifice motoarelor cu ardere internă.

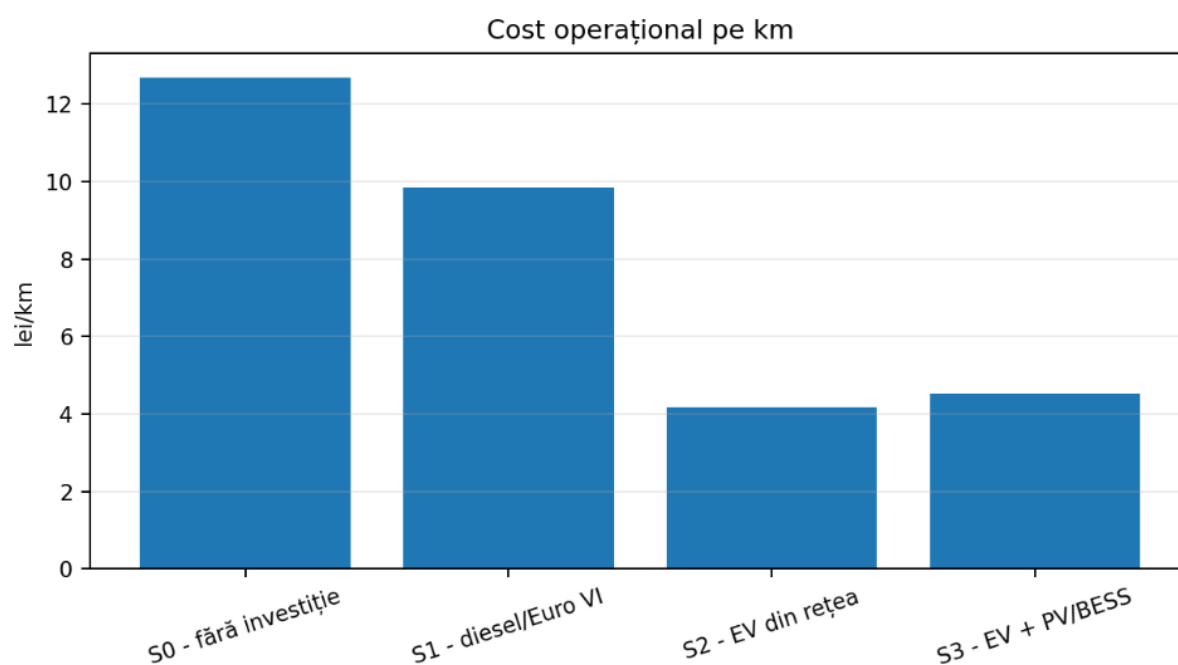


Figura 104. Cost operațional pe kilometru pentru variantele analizate

### 8.3 Venituri, economii și costuri evitate

Pentru un serviciu public raional, obiectivul principal nu este maximizarea profitului comercial, ci asigurarea unui serviciu predictibil, accesibil și sustenabil. Totuși, modelul financiar trebuie să indice clar ce parte din costurile de operare poate fi acoperită prin venituri din bilete și ce parte poate necesita sprijin bugetar sau compensare socială. În scenariul de bază se utilizează un tarif mediu de analiză de 10 lei/pasager, care va fi recalibrat în funcție de politica tarifară a Consiliului Raional și de distanța reală a rutelor.

Veniturile din bilete sunt tratate prudent, deoarece serviciul are caracter social și urmărește conectivitatea localităților cu centrul raional. Pentru analiza de bază se utilizează un tarif mediu de planificare și o cerere de 156.000 pasageri/an. Veniturile nu trebuie interpretate ca singura sursă de acoperire a costurilor, ci ca parte a unui mecanism combinat: tarif social, suport bugetar și economii obținute prin reducerea combustibilului și mentenanței.

Tabelul 150. **Venituri operaționale estimate la tariful mediu de analiză**

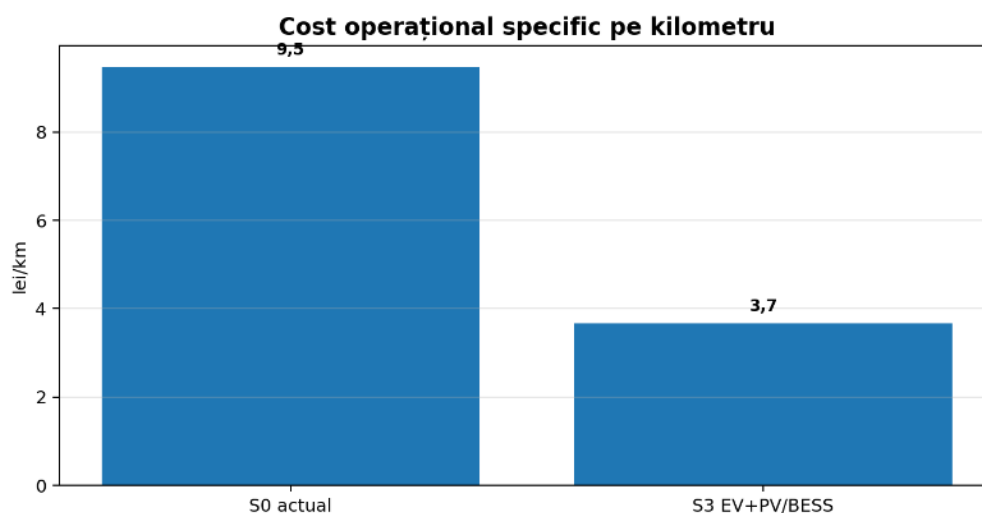
| Indicator                       | Valoare        | Comentariu                                    |
|---------------------------------|----------------|-----------------------------------------------|
| Pasageri/an de bază             | 156 000        | conform scenariului revizuit din Capitolul 4  |
| Tarif mediu de analiză          | 5 lei/pasager  | valoare orientativă pentru model financiar    |
| Venituri tarifare anuale        | 780 000 lei/an | nu include compensații sociale sau abonamente |
| OPEX EV + PV/BESS               | 818 900 lei/an | energie, mentenanță EV, IT și infrastructură  |
| Grad acoperire OPEX prin bilete | circa 95%      | valoare sensibilă la cerere și tarif          |

*Sursa: calcule revizuite ale autorului pe baza noilor rute operaționale solicitate de beneficiar; valorile vor fi validate în etapa de proiect tehnic și prin oferte comerciale.*

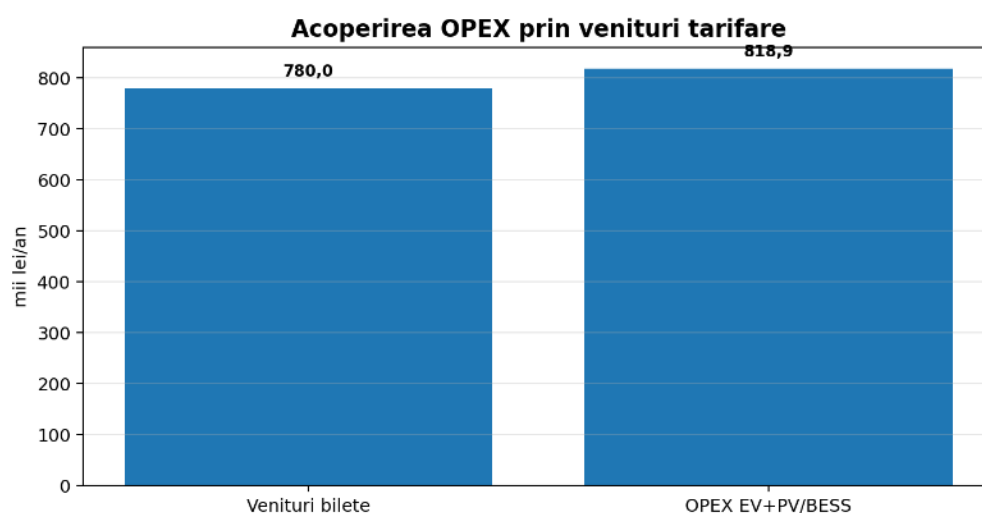
Tabelul 151. **Economii anuale față de situația actuală**

| Indicator                    | Valoare   | Unitate / comentariu           |
|------------------------------|-----------|--------------------------------|
| OPEX situația actuală        | 2 112 444 | lei/an                         |
| OPEX scenariul EV + PV/BESS  | 818 948   | lei/an                         |
| Economie operațională anuală | 1 293 496 | lei/an                         |
| Cost actual specific         | 9,48      | lei/km                         |
| Cost EV + PV/BESS specific   | 3,67      | lei/km                         |
| Reducere cost specific       | 61,2%     | față de scenariul convențional |

*Sursa: calcule revizuite ale autorului pe baza noilor rute operaționale solicitate de beneficiar; valorile vor fi validate în etapa de proiect tehnic și prin oferte comerciale.*



*Figura 105. Cost operațional pe kilometru pentru variantele analizate*



*Figura 106. Cost operațional estimat per pasager în scenariul EV + PV/BESS*

Veniturile din bilete pot acoperi o parte semnificativă a costurilor operaționale, dar este recomandată menținerea unei abordări sociale. Pentru rutele rurale, unde transportul deservește elevi, persoane vârstnice, angajați cu venituri moderate și cetățeni care accesează servicii publice, subvenția nu trebuie interpretată ca pierdere, ci ca instrument de accesibilitate teritorială. În această logică, economiile obținute din combustibil și mentenanță trebuie folosite pentru stabilizarea tarifelor și pentru creșterea calității serviciului.

#### 8.4 Indicatori financiari

Indicatorii financiari au fost calculați pentru scenariul recomandat, presupunând finanțare mixtă: grant nerambursabil și contribuție locală. Această abordare este realistă pentru proiectele de transport public electric, deoarece investiția inițială în vehicule și infrastructură este mare, iar beneficiile economice și sociale se recuperează gradual pe durata de exploatare. Modelul de bază utilizează un grant de 80%, contribuție locală de 20%, rată de actualizare de 6%, creștere anuală a costurilor combustibililor convenționali de 5% și creștere anuală a costurilor EV de 3%.

Tabelul 152. Ipoteze financiare utilizate pentru indicatorii de rentabilitate

| Parametru                          | Valoare      | Comentariu                                                    |
|------------------------------------|--------------|---------------------------------------------------------------|
| Curs de planificare                | 19,5 lei/EUR | valoare rotunjită pentru modelul SF                           |
| Preț motorină                      | 33 lei/litru | valoare de lucru, de actualizat la data depunerii proiectului |
| Tarif energie din rețea            | 3,03 lei/kWh | valoare de referință pentru consumator noncasnic              |
| Cost nivelat energie PV            | 1,30 lei/kWh | valoare de planificare pentru autoconsum                      |
| Pondere PV în energia de încărcare | 55%          | cu BESS și încărcare inteligentă                              |
| Rată de actualizare                | 6%           | ipoteză financiară conservatoare                              |
| Perioadă analiză                   | 12 ani       | perioadă compatibilă cu ciclul operațional al flotei          |

Sursa: model financiar SF; valorile energetice trebuie actualizate conform tarifelor ANRE și ofertelor finale.

Tabelul 153. Flux de numerar actualizat pentru scenariul recomandat, grant 80%

| An | OPEX fără proiect, mii lei | OPEX EV, mii lei | Economie, mii lei | Valoare reziduală, mii lei | Flux actualizat, mii lei |
|----|----------------------------|------------------|-------------------|----------------------------|--------------------------|
| 1  | 2 112,4                    | 818,9            | 1 293,5           | 0,0                        | 1 220,3                  |
| 2  | 2 218,1                    | 843,5            | 1 374,5           | 0,0                        | 1 223,3                  |
| 3  | 2 329,0                    | 868,8            | 1 460,1           | 0,0                        | 1 226,0                  |
| 4  | 2 445,4                    | 894,9            | 1 550,5           | 0,0                        | 1 228,2                  |
| 5  | 2 567,7                    | 921,7            | 1 646,0           | 0,0                        | 1 230,0                  |
| 6  | 2 696,1                    | 949,4            | 1 746,7           | 0,0                        | 1 231,3                  |
| 7  | 2 830,9                    | 977,9            | 1 853,0           | 0,0                        | 1 232,4                  |
| 8  | 2 972,4                    | 1 007,2          | 1 965,2           | 0,0                        | 1 233,0                  |
| 9  | 3 121,0                    | 1 037,4          | 2 083,6           | 0,0                        | 1 233,3                  |
| 10 | 3 277,1                    | 1 068,5          | 2 208,6           | 0,0                        | 1 233,2                  |
| 11 | 3 440,9                    | 1 100,6          | 2 340,4           | 0,0                        | 1 232,9                  |
| 12 | 3 613,0                    | 1 133,6          | 2 479,4           | 6 293,1                    | 4 359,7                  |

Sursa: calcule revizuite ale autorului pe baza noilor rute operaționale solicitate de beneficiar; valorile vor fi validate în etapa de proiect tehnic și prin oferte comerciale.

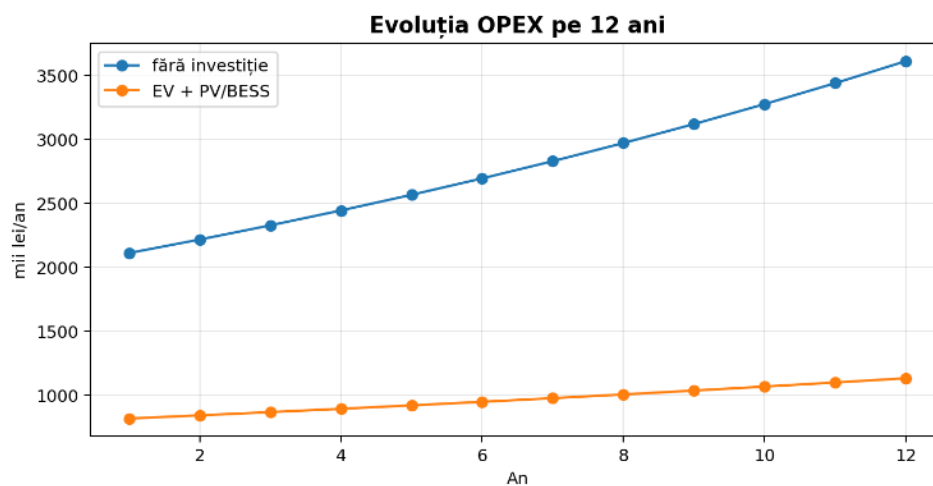


Figura 107. Evoluția costurilor de operare pe 12 ani

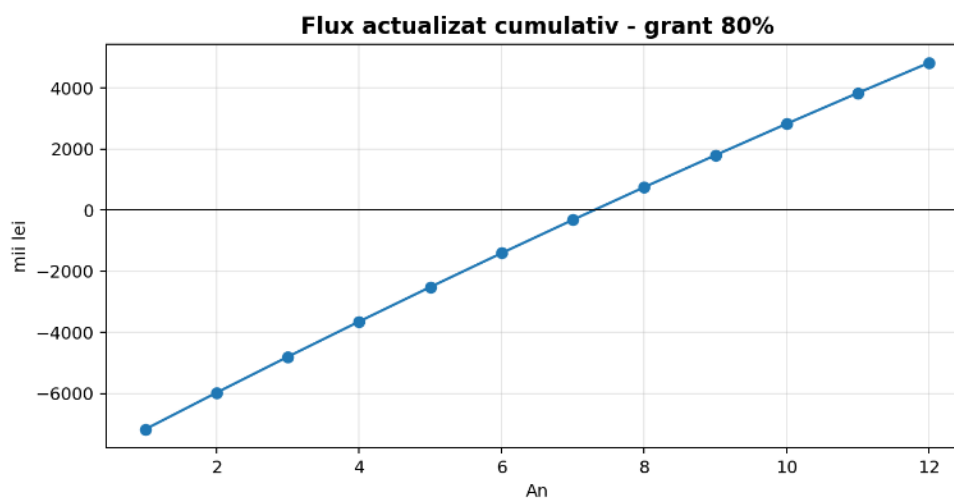


Figura 108. Flux actualizat cumulativ în scenariul cu grant 80%

Tabelul 154. Indicatori financiari în funcție de nivelul grantului

| Grant nerambursabil | Contribuție locală, mil. lei | VAN, mil. lei | RIR   | Payback simplu, ani |
|---------------------|------------------------------|---------------|-------|---------------------|
| 50%                 | 20,98                        | -3,09         | 2.8%  | 16,2                |
| 70%                 | 12,59                        | 5,30          | 9.4%  | 9,7                 |
| 80%                 | 8,39                         | 9,49          | 16.5% | 6,5                 |
| 90%                 | 4,20                         | 13,69         | 32.0% | 3,2                 |

Sursa: calcule revizuite ale autorului pe baza noilor rute operaționale solicitate de beneficiar; valorile vor fi validate în etapa de proiect tehnic și prin oferte comerciale.

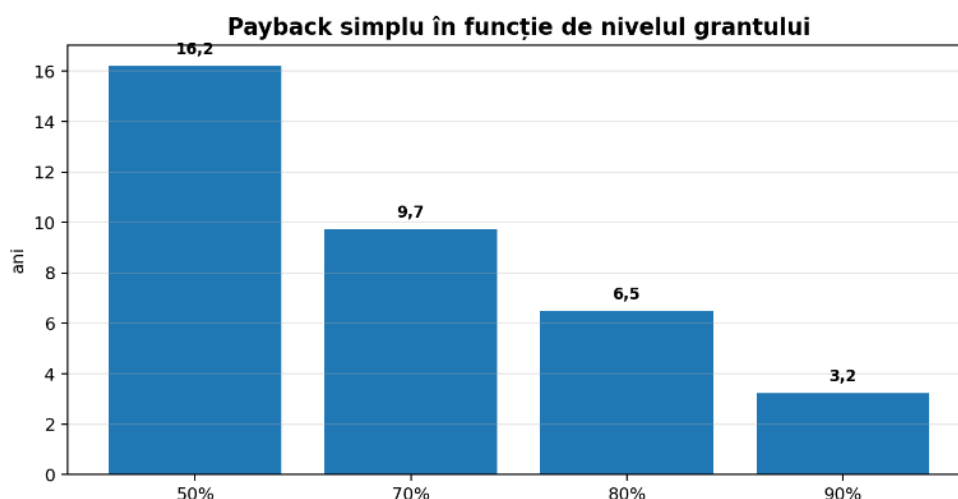


Figura 109. Perioada simplă de recuperare în funcție de nivelul grantului

Rezultatele indică faptul că scenariul recomandat devine atractiv pentru autoritatea publică în condițiile unui grant de minimum 70%, iar la un grant de 80% contribuția locală este recuperată într-un termen de aproximativ 6,5 ani. Această valoare este compatibilă cu logica finanțărilor publice verzi, unde grantul acoperă investiția inițială, iar economiile operaționale susțin mentenanța și extinderea serviciului.

### 8.5 Analiza de sensibilitate

Analiza de sensibilitate verifică rezistența proiectului la modificări ale variabilelor-cheie: CAPEX, preț energie, cerere, preț combustibil și producție PV. Cele mai importante riscuri financiare sunt depășirea costului investiției și utilizarea serviciului sub nivelul prognozat. Din acest motiv, capitolele tehnice recomandă etapizare, numărători reale de pasageri și contracte de mentenanță/garanție pentru vehicule și stații.

Tabelul 155. Analiza de sensibilitate pentru scenariul recomandat

| Variabilă testată | Ipoteză de stres | Efect asupra proiectului                       | Măsură recomandată                               |
|-------------------|------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| CAPEX             | creștere +15%    | scade VAN și prelungește payback-ul            | licitații pe loturi, rezervă, criteriu TCO       |
| Preț energie      | creștere +20%    | crește OPEX EV                                 | maximizare autoconsum PV și management încărcare |
| Cerere pasageri   | scădere -20%     | scade acoperirea OPEX prin bilete              | pilot, orar adaptat, consultări APL              |
| Preț motorină     | scădere -15%     | reduce economia față de scenariul convențional | păstrarea argumentelor sociale și climatice      |
| Producție PV      | scădere -20%     | crește dependența de rețea                     | verificare amplasament, umbrire, mentenanță PV   |

*Sursa: calcule revizuite ale autorului pe baza noilor rute operaționale solicitate de beneficiar; valorile vor fi validate în etapa de proiect tehnic și prin oferte comerciale.*

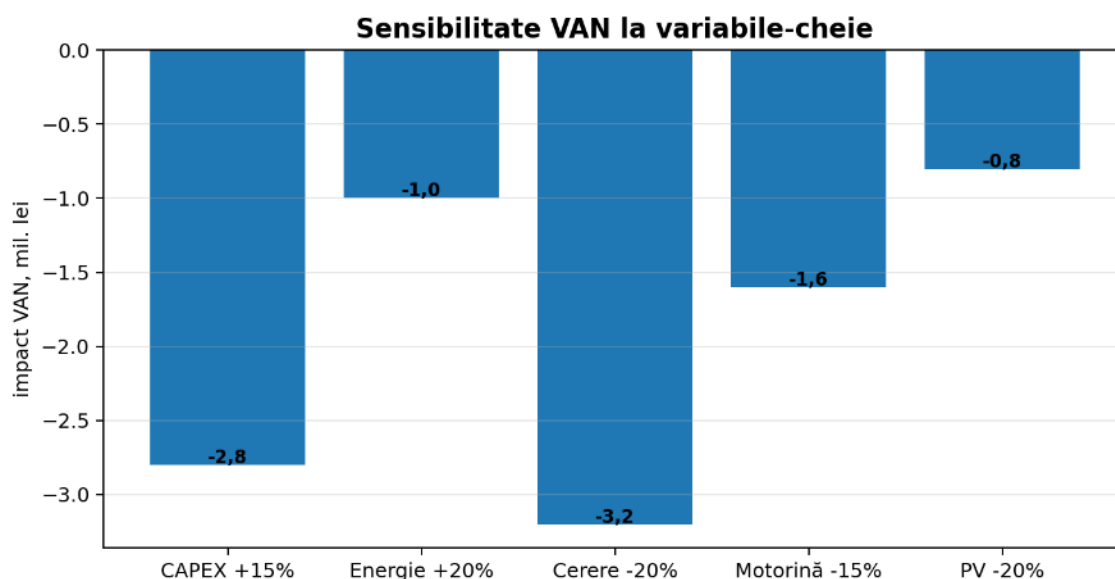


Figura 110. Sensibilitatea VAN față de principalele variabile

Tabelul 156. Indicatori unitari de comparație între variante

| Variantă             | lei/km | lei/pasager | OPEX, mii lei/an | t CO2/an |
|----------------------|--------|-------------|------------------|----------|
| S0 - fără investiție | 12.68  | 12.63       | 2008.8           | 96.7     |
| S1 - diesel/Euro VI  | 9.85   | 9.81        | 1559.7           | 82.2     |
| S2 - EV din rețea    | 4.17   | 4.15        | 660.6            | 43.5     |
| S3 - EV + PV/BESS    | 4.52   | 4.50        | 715.4            | 17.4     |

Sursa: calcule autor; pasageri/an = 159.000 în scenariul de bază.

## 8.6 Recomandări economico-financiare și grafic propus de implementare

Analiza indică faptul că proiectul are logică economică solidă la nivel de operare: costul anual scade de la aproximativ 1,84 milioane lei în scenariul actual la aproximativ 0,63 milioane lei în scenariul EV + PV/BESS. Economia anuală inițială depășește 1,2 milioane lei, iar pe orizontul de 12 ani diferența cumulată crește datorită presiunii mai mari asupra costurilor combustibililor convenționali. Din perspectiva bugetului raional, această economie poate fi utilizată pentru cofinanțare, mentenanță preventivă și menținerea unui tarif social acceptabil.

Recomandarea financiară este implementarea proiectului în pachete distincte: pachetul 1 - vehicule electrice, pachetul 2 - infrastructură de încărcare și racordare, pachetul 3 - PV/BESS, pachetul 4 - sistem de management și monitorizare. Această structură reduce riscul de achiziție, permite etapizare și face posibilă atragerea finanțării din mai multe surse. În cazul unui grant sub 70%, proiectul trebuie etapizat mai strict, începând cu R1 și R2 sau cu acele rute unde cererea confirmată și distanța permit cel mai mic cost per pasager.

Tabelul 157. Structura recomandată a pachetelor de achiziții

| Pachet   | Conținut                         | Dimensiune estimată                   | Rol financiar                  | Observație                                              |
|----------|----------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Pachet 1 | Vehicule electrice               | 5 unități în etapa I                  | capex major, livrare 6-10 luni | specificații clare privind autonomie și service         |
| Pachet 2 | Stații de încărcare și racordare | AC 22 kW + DC 60 kW, pregătire 125 kW | critic pentru lansare serviciu | aviz de racordare înainte de licitație                  |
| Pachet 3 | PV 150 kWp + BESS 200 kWh        | producere și stocare energie          | reduce OPEX și risc tarifar    | poate fi implementat simultan sau imediat după charging |
| Pachet 4 | IT, GPS, ticketing, monitorizare | date de exploatare și raportare       | important pentru finanțator    | include indicatori pentru PIEC/SECAP                    |

Sursa: recomandare autor pe baza modelului de implementare etapizat.

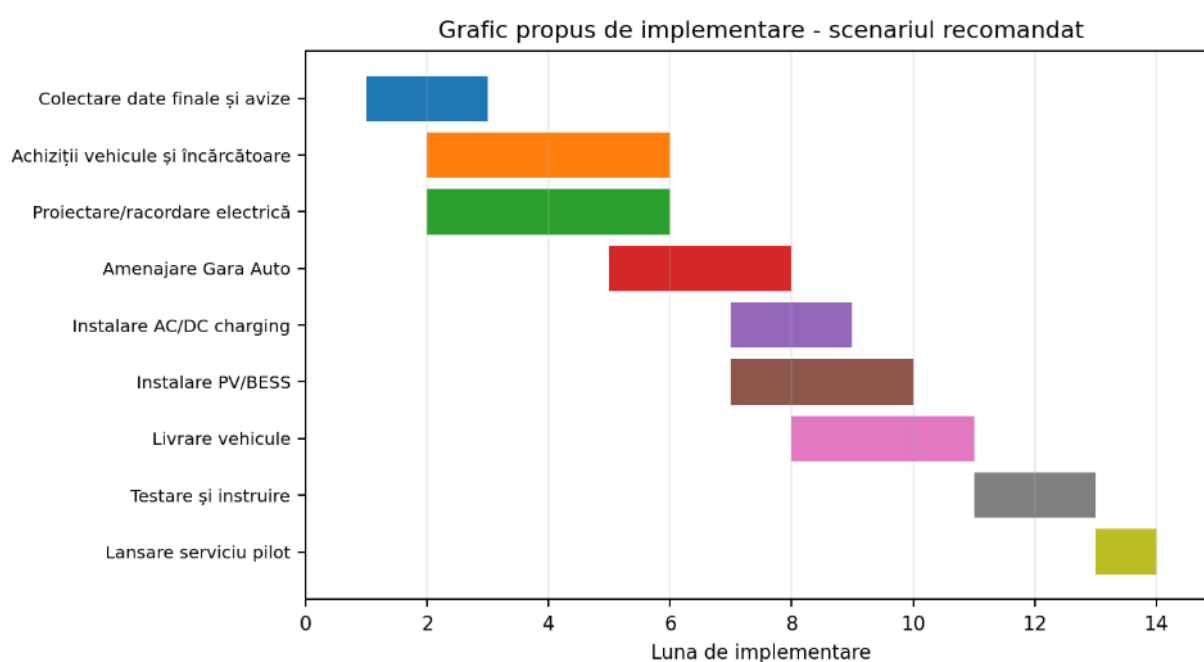


Figura 111. Grafic propus de implementare a investiției

Tabelul 158. Riscuri financiare relevante pentru etapa investițională și operațională

| Risc                              | Probabilitate | Impact  | Măsură de diminuare                                                               |
|-----------------------------------|---------------|---------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Creșterea prețului vehiculelor    | medie         | ridicat | rezerve de 9-10%, cerințe tehnice neutre, ofertare competitivă                    |
| Întârzierea avizului de racordare | medie         | ridicat | inițiere aviz înainte de licitație și analiză PT 250-400 kVA                      |
| Utilizare redusă a rutelor        | medie         | ridicat | consultări cu APL, orar orientat spre navetă și școli, monitorizare GPS/ticketing |

|                                        |       |         |                                                          |
|----------------------------------------|-------|---------|----------------------------------------------------------|
| Creșterea tarifului energiei electrice | medie | mediu   | PV, BESS, încărcare nocturnă și management energetic     |
| Service insuficient pentru vehicule    | medie | ridicat | contract de mentenanță minimum 5 ani și garanție baterii |
| Capacitate locală de operare limitată  | medie | mediu   | instruire șoferi, mecanici și dispecerat                 |

Sursa: analiză autor; riscurile sunt dezvoltate în capitolul dedicat implementării și sustenabilității.

#### 8.6.1 Detalierea modelului financiar pentru etapa de finanțare

Pentru aplicarea la un program de finanțare, modelul financiar trebuie să arate nu doar costul total, ci și modul în care investiția poate fi contractată, plătită și controlată. De aceea, scenariul recomandat este tratat ca un portofoliu de componente autonome, dar tehnic interdependente: vehicule, stații de încărcare, racordare, PV/BESS și management operațional. Această împărțire permite actualizarea separată a prețurilor și reduce riscul ca întârzierea unei componente să blocheze integral proiectul.

În practică, cel mai mare risc bugetar este decalajul dintre aprobarea grantului și momentul livrării efective a vehiculelor și echipamentelor. Pentru a reduce acest risc, caietul de sarcini trebuie să prevadă termene ferme de livrare, garanții de bună execuție, service local/regional, instruirea personalului și compatibilitatea stațiilor de încărcare cu standarde europene. Plățile pot fi eşalonate pe măsura livrărilor și recepțiilor parțiale.

Tabelul 159. Curba estimativă de plăți pentru implementarea proiectului

| Perioadă | Pondere CAPEX | Conținut principal                    | Observații de control financiar                              |
|----------|---------------|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| L1-L2    | 5%            | proiectare, avize, caiete de sarcini  | avans limitat; nu se comandă vehicule fără aviz de racordare |
| L3-L4    | 15%           | contractare vehicule și echipamente   | plată condiționată de grafic de livrare                      |
| L5-L6    | 20%           | racord electric și pregătire depou    | lucrări civile la Gara Auto                                  |
| L7-L8    | 25%           | stații de încărcare, PV, BESS         | testare parțială a infrastructurii                           |
| L9-L10   | 25%           | livrare vehicule electrice            | recepție tehnică și instruire                                |
| L11-L12  | 10%           | testare, optimizare, lansare serviciu | plată finală după punere în funcțiune                        |

Sursa: calculele autorului pe baza modelului financiar al studiului.

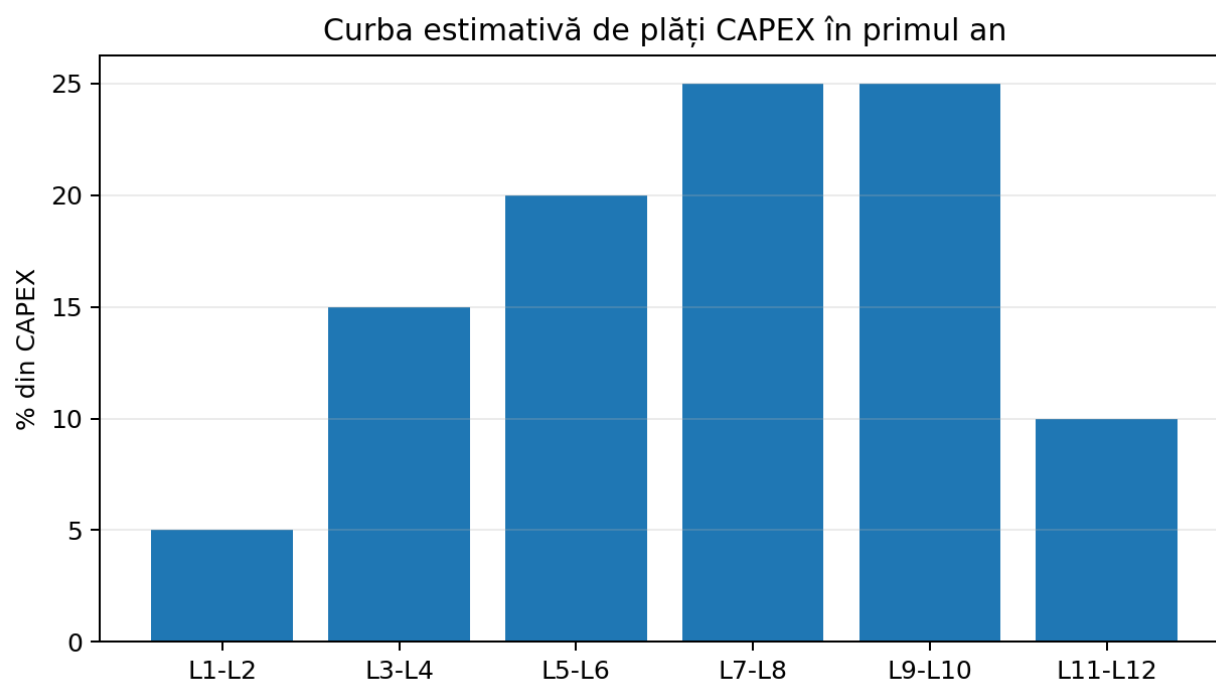


Figura 112. Curba estimativă de plăți CAPEX în primul an de implementare

Sursa: grafic elaborat de autor pe baza modelului financiar al studiului.

### 8.6.2 Scenarii de creștere a parcursului și efectul asupra costurilor

Capitolele precedente au analizat un serviciu minim de 2 curse dus-întors pe zi pe fiecare rută. Totuși, după lansarea serviciului, cererea poate crește ca urmare a creșterii încrederii populației, a stabilității programului, a confortului și a conectării mai bune cu instituțiile raionale. Din acest motiv, modelul financiar include două scenarii suplimentare: scenariul moderat, cu +20% parcurs anual, și scenariul extins, cu +40% parcurs anual.

Avantajul vehiculelor electrice este că o creștere a parcursului nu majorează proporțional toate costurile. Energia electrică și mentenanța variabilă cresc odată cu kilometrajul, însă costurile fixe ale sistemului de încărcare, managementului și depoului se distribuie pe un număr mai mare de kilometri și pasageri. Astfel, dacă rata de utilizare crește, costul pe pasager poate scădea, iar proiectul devine mai puternic din punct de vedere economic și social.

Tabelul 160. Scenarii de parcurs, pasageri și acoperire a costurilor

| Scenariu        | km/an   | pasageri/an | OPEX, mii lei/an | venituri la 10 lei, mii lei/an | necesar compensare, mii lei/an | lei/km |
|-----------------|---------|-------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------|
| Bază            | 158 400 | 159 000     | 626.0            | 1590.0                         | 0.0                            | 3.95   |
| Moderat +20% km | 190 080 | 190 800     | 751.2            | 1908.0                         | 0.0                            | 3.95   |
| Extins +40% km  | 221 760 | 222 600     | 876.4            | 2226.0                         | 0.0                            | 3.95   |

Sursa: calculele autorului pe baza modelului financiar al studiului.

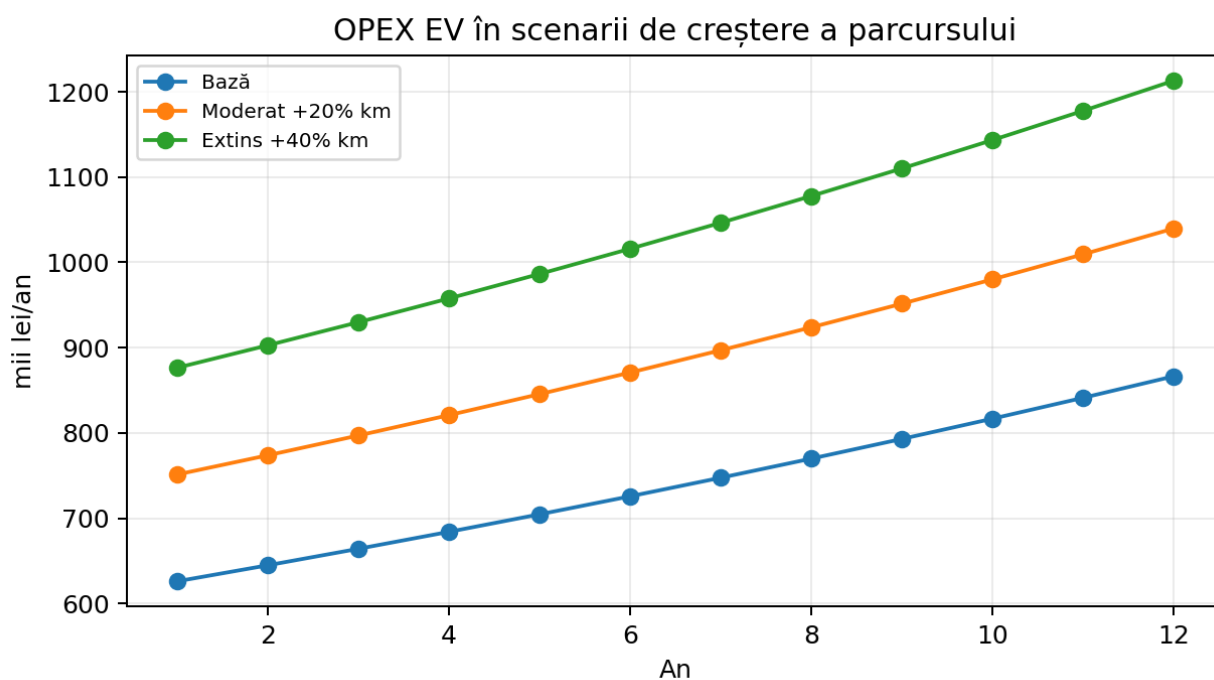


Figura 113. Evoluția OPEX în scenarii de creștere a parcursului

Sursa: grafic elaborat de autor pe baza modelului financiar al studiului.

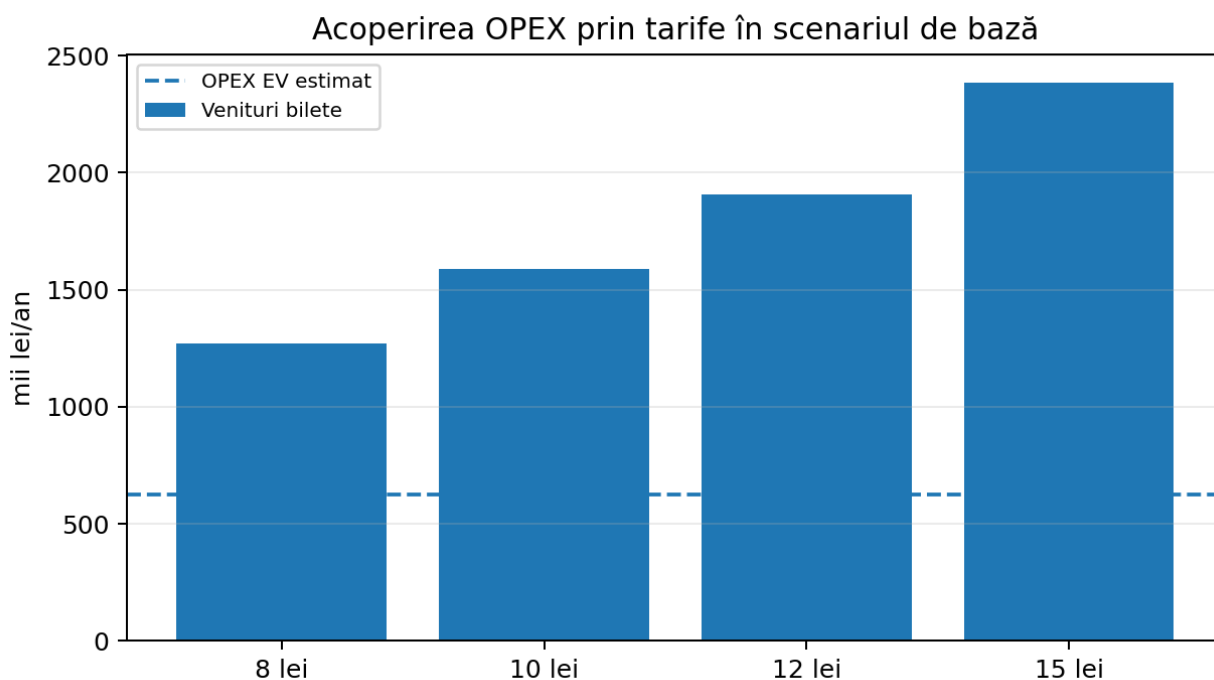


Figura 114. Acoperirea OPEX prin tarife în scenariul de bază

Sursa: grafic elaborat de autor pe baza modelului financiar al studiului.

### 8.6.3 Costuri pe ciclul de viață și înlocuiri planificate

Pentru ca sistemul să nu se degradeze după primii ani de operare, bugetul anual trebuie să includă mentenanță preventivă și reînnoiri planificate. În cazul vehiculelor electrice, principalele costuri de ciclu de viață sunt legate de baterie, anvelope, frâne, suspensie, echipamente

auxiliare, invertoare, încărcătoare și sistemele IT. Nu este recomandată tratarea acestor costuri ca cheltuieli neprevăzute; ele trebuie bugetate încă din primul an.

Se recomandă constituirea unui fond operațional anual alimentat din economiile obținute față de situația actuală. Fondul ar putea acoperi verificările de siguranță, service-ul stațiilor de încărcare, mentenanța PV/BESS, reparațiile curente și eventualele contribuții la înlocuiri majore după anul 8-10. Această abordare crește credibilitatea proiectului în fața finanțatorilor și reduce riscul de întrerupere a serviciului.

Tabelul 161. Costuri de ciclu de viață și reînnoiri planificate

| Componentă              | Moment estimativ               | Intervenție                                 | Implicație bugetară                                       |
|-------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Baterii vehicule        | anul 8-10                      | verificare SOH, posibilă înlocuire parțială | 10-20% din valoarea vehiculului, dacă garanția nu acoperă |
| Stații AC/DC            | anual + revizie majoră anul 6  | service, protecții, cabluri, conectori      | 3-5% din valoarea infrastructurii/an                      |
| PV 150 kWp              | anual                          | curățare, monitorizare, verificare invertor | 1-2% din CAPEX PV/an                                      |
| BESS                    | anual + verificare după anul 7 | management termic, software, module         | se confirmă prin garanție furnizor                        |
| Sistem IT/GPS/ticketing | anual                          | licențe, comunicații, mentenanță software   | buget fix anual necesar                                   |

Sursa: calculele autorului pe baza modelului financiar al studiului.

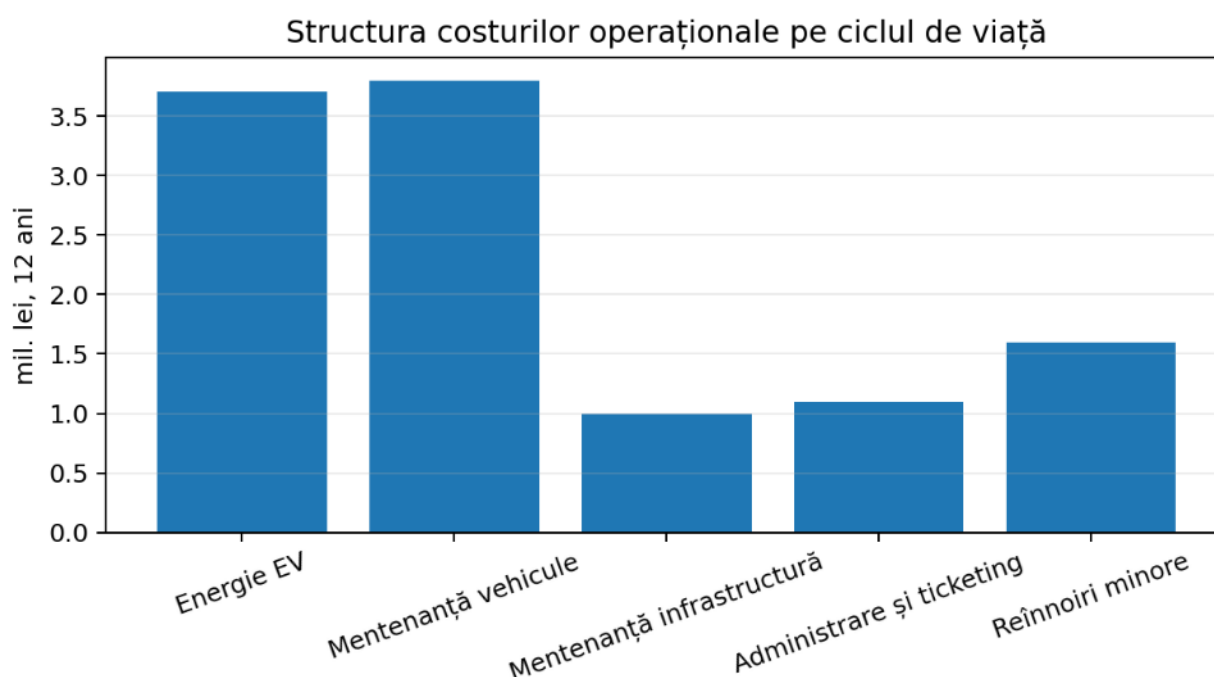


Figura 115. Structura costurilor operaționale pe ciclul de viață

Sursa: grafic elaborat de autor pe baza modelului financiar al studiului.

#### 8.6.4 Pragul minim de grant și recomandarea de finanțare

Modelul financiar arată că investiția are un caracter public pronunțat: beneficiile sunt distribuite la nivelul comunității, iar o parte dintre ele nu se transformă direct în venituri tarifare. Din acest motiv, proiectul trebuie orientat spre finanțare nerambursabilă sau finanțare mixtă. Grantul nu

acoperă doar un deficit financiar, ci recunoaște beneficiile publice: reducerea emisiilor, accesul rural la servicii, reducerea poluării locale și crearea unei infrastructuri demonstrative pentru mobilitate electrică.

Nivelul recomandat al grantului este de cel puțin 70%, iar nivelul optim este 80%. La acest nivel, contribuția locală devine compatibilă cu economiile operaționale estimate și poate fi recuperată într-un orizont acceptabil pentru o investiție publică. Dacă finanțarea nerambursabilă disponibilă este mai mică, se recomandă etapizarea: achiziția inițială a vehiculelor pentru R1-R2, instalarea încărcătoarelor de bază la Gara Auto și extinderea ulterioară către R3-R4, PV și BESS.

Tabelul 162. Pragul minim de grant pentru sustenabilitatea financiară

| Grant | Contribuție locală, mil. lei | Payback simplu, ani | Interpretare                |
|-------|------------------------------|---------------------|-----------------------------|
| 50%   | 16.92                        | 13.9                | nerecomandat fără etapizare |
| 60%   | 13.53                        | 11.2                | nerecomandat fără etapizare |
| 70%   | 10.15                        | 8.4                 | acceptabil                  |
| 80%   | 6.77                         | 5.6                 | recomandat                  |
| 90%   | 3.38                         | 2.8                 | recomandat                  |

Sursa: calculele autorului pe baza modelului financiar al studiului.

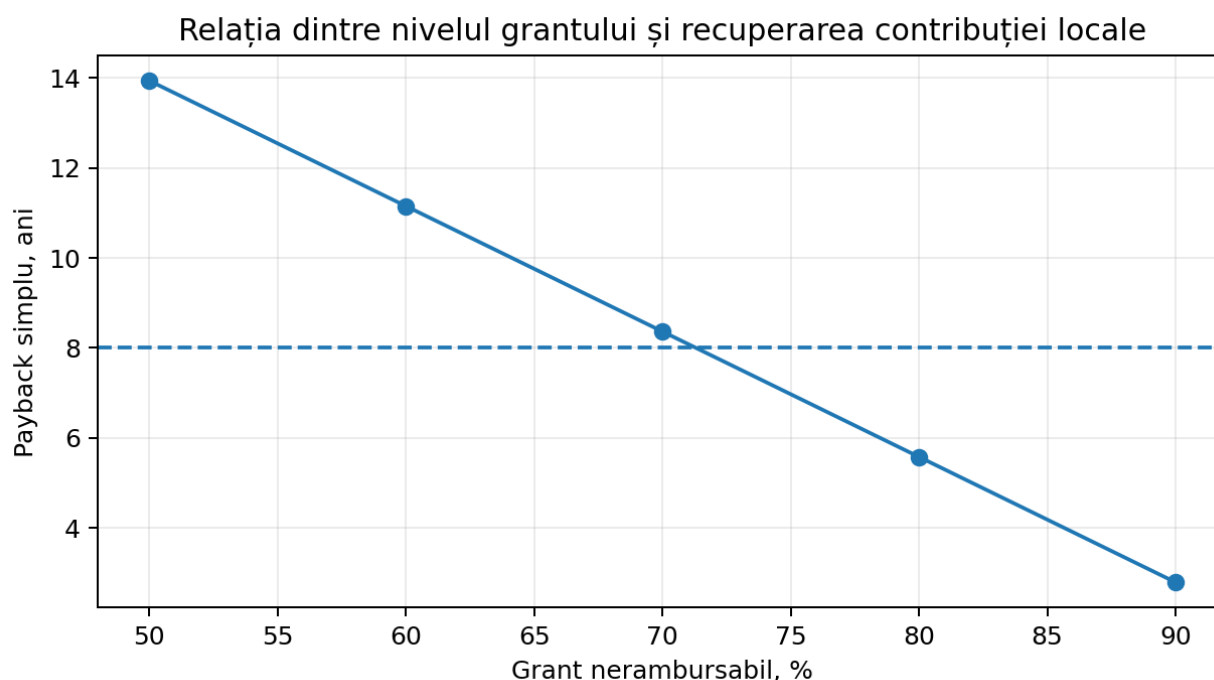


Figura 116. Relația dintre grant și recuperarea contribuției locale

Sursa: grafic elaborat de autor pe baza modelului financiar al studiului.

#### 8.6.5 Elemente care trebuie validate înainte de decizia finală de investiție

Înainte de aprobarea finală a investiției, modelul financiar trebuie actualizat cu date reale. Cele mai importante date de confirmat sunt: ofertele pentru vehicule, costul exact al racordării electrice, disponibilitatea terenului și spațiului la Gara Auto Sîngerei, condițiile de operare a

stației existente de 125 kW, prețul energiei pentru consumatorul noncasnic, potențialul PV pe amplasamentul ales și cererea reală de pasageri pe fiecare rută.

Pentru reducerea incertitudinilor, se recomandă ca în etapa următoare să fie realizate cel puțin trei acțiuni practice: sondaj de pasageri pe 7 zile, solicitarea avizului preliminar de racordare de la operatorul de distribuție și colectarea a minimum trei oferte pentru vehicule electrice și stații de încărcare compatibile. Fără aceste date, cifrele din prezentul capitol trebuie tratate ca estimări de fezabilitate, nu ca buget final de licitație.

Tabelul 163. Date de validat înainte de decizia finală de investiție

| Element de validat        | Document / acțiune necesară              | Efect asupra modelului financiar           | Prioritate                 |
|---------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------|
| Oferte vehicule electrice | minimum 3 oferte comparabile             | confirmă CAPEX și termenul de livrare      | prioritate foarte ridicată |
| Aviz racordare Gara Auto  | putere disponibilă, cost lucrări, termen | confirmă fezabilitatea încărcării nocturne | prioritate foarte ridicată |
| Sondaj pasageri 7 zile    | număr pasageri pe rută și oră            | validează venituri și dimensiunea flotei   | prioritate ridicată        |
| Verificare amplasament PV | suprafață, umbrire, proprietate          | confirmă producția și autoconsumul         | prioritate ridicată        |
| Model instituțional       | operator, proprietate, tarify            | confirmă fluxurile de venituri și costuri  | prioritate ridicată        |

Sursa: calculele autorului pe baza modelului financiar al studiului.

### Notă privind utilizarea datelor

Valorile financiare prezentate în Capitolul 8 sunt valori de lucru pentru studiul de fezabilitate. Ele sunt suficiente pentru compararea variantelor și pentru demonstrarea fezabilității preliminare, dar nu înlocuiesc devizul de proiectare, ofertele comerciale și avizele tehnice. Toate valorile vor fi actualizate în versiunea finală a studiului după primirea datelor de la Consiliul Raional, operatorii de transport, Gara Auto Sîngerei, furnizorii de vehicule și operatorul de distribuție a energiei electrice.

### 8.6.6 Modelul de acoperire bugetară și mecanismul de compensare

Pentru un serviciu intercomunal cu rol social, tariful nu trebuie calculat exclusiv după principiul recuperării integrale a costurilor. Unele curse, în special cele de seară sau cele din perioade cu cerere mai mică, pot avea grad de ocupare redus, dar sunt importante pentru accesul locuitorilor la servicii raionale. Prin urmare, modelul financiar recomandă combinarea veniturilor din bilete cu o compensare bugetară transparentă, legată de indicatori măsurabili: km efectuați, punctualitate, disponibilitate vehicul, număr de pasageri și cost/kWh.

Mecanismul de compensare poate fi stabilit anual prin decizia Consiliului Raional, pe baza rapoartelor operatorului. Pentru a evita subvenționarea ineficienței, plata compensației trebuie condiționată de respectarea graficului de curse, raportarea consumului energetic, utilizarea stațiilor de încărcare la Gara Auto Sîngerei și menținerea vehiculelor în stare tehnică bună. Astfel, sprijinul public devine un instrument de calitate a serviciului, nu doar o acoperire a deficitului.

Tabelul 164. Surse posibile de acoperire a costurilor operaționale

| Sursă | Mod de calcul | Rol în model | Condiții |
|-------|---------------|--------------|----------|
|-------|---------------|--------------|----------|

|                                 |                                            |                                        |                                               |
|---------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Venituri din bilete             | tarif mediu 8-15 lei, în funcție de rută   | acoperirea costurilor curente          | se actualizează după sondaj pasageri          |
| Compensare raională             | plată per km sau per rută socială          | menținerea rutelor cu rol public       | legată de indicatori de performanță           |
| Economii din combustibil        | diferența față de costul motorinei         | susținerea cofinanțării și mentenanței | se recomandă evidență separată                |
| Venituri auxiliare              | publicitate, servicii speciale, abonamente | reducerea presiunii pe tarif           | opțional în etapa II                          |
| Surplus PV / optimizare energie | reducerea facturii la încărcare            | stabilizarea OPEX                      | depinde de modelul contractual și contorizare |

Sursa: calculele autorului pe baza modelului financiar al studiului.

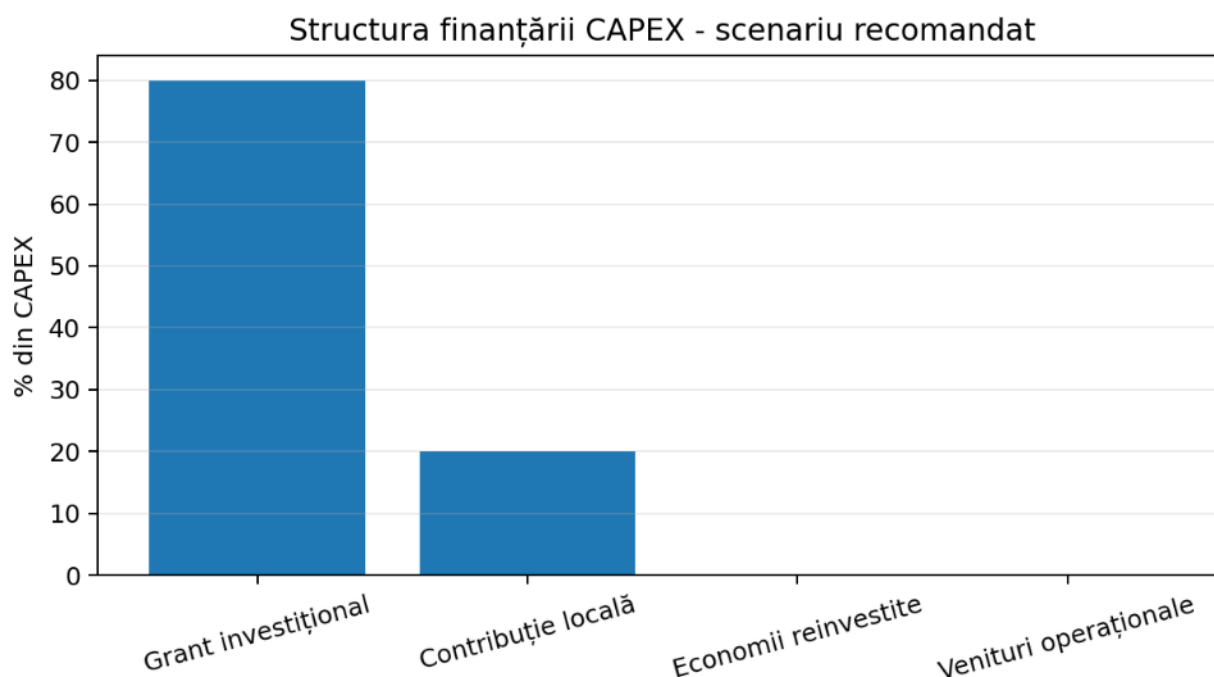


Figura 117. Structura recomandată a finanțării investiției

Sursa: grafic elaborat de autor pe baza modelului financiar al studiului.

#### 8.6.7 Recomandări pentru modelul economic utilizat în caietul de sarcini

Caietul de sarcini pentru achiziția vehiculelor și infrastructurii trebuie să fie construit astfel încât să protejeze performanța economică estimată în prezentul capitol. Nu este suficient să fie solicitată doar livrarea vehiculelor; trebuie cerute garanții privind consumul specific, autonomia în condiții de iarnă, disponibilitatea tehnică, garanția bateriei, termenul de livrare a pieselor, instruirea șoferilor și suportul pentru diagnoză. O abatere mică a consumului kWh/km poate genera costuri suplimentare importante pe durata de exploatare.

Pentru infrastructura de încărcare, caietul de sarcini trebuie să solicite compatibilitate CCS2, protecții electrice, monitorizare la distanță, contorizare separată pentru energia utilizată de flotă, raportare lunară și posibilitatea integrării ulterioare cu sistemul PV/BESS. În lipsa acestor cerințe, investiția ar putea deveni funcțională tehnic, dar dificil de controlat economic.

Tabelul 165. Cerințe economice minime recomandate pentru caietul de sarcini

| Componentă         | Cerință economică/tehnică                                  | Efect asupra fezabilității                        |
|--------------------|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| Vehicul electric   | consum garantat kWh/km; autonomie minimă; garanție baterie | reduce riscul de OPEX mai mare decât modelul      |
| Încărcătoare AC/DC | compatibilitate CCS2; monitorizare; contorizare separată   | asigură controlul costului energiei               |
| PV/BESS            | producție garantată; garanție inverter/baterie; EMS        | crește ponderea energiei locale                   |
| Service            | contract minim 5 ani; timp maxim de intervenție            | reduce indisponibilitatea flotei                  |
| Date operaționale  | GPS, SOC, consum, km, pasageri                             | permite actualizarea anuală a modelului financiar |

Sursa: calculele autorului pe baza modelului financiar al studiului.

## 8.7 Concluzii generale de capitol

Tabelul 166. Indicatori unitari de comparație între variante

| Indicator                | S0 - actual             | S3 - EV + PV/BESS                  | Efect                               |
|--------------------------|-------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| Parcurs anual analizat   | 222 900 km/an           | 222 900 km/an                      | nivel similar de serviciu           |
| OPEX anual               | 2,11 mil. lei/an        | 0,82 mil. lei/an                   | reducere cu circa 61%               |
| Cost specific            | 9,48 lei/km             | 3,67 lei/km                        | cost/km mult mai redus              |
| Consum combustibil       | 33,6 mii litri/an       | 0 litri/an pe rutele electrificate | eliminare combustibil lichid direct |
| Consum electric          | 0 MWh/an                | 117,1 MWh/an                       | energie măsurabilă și gestionabilă  |
| Condiție de fezabilitate | nu necesită CAPEX major | necesită grant majoritar           | grant + management operațional      |

Sursa: calcule revizuite ale autorului pe baza noilor rute operaționale solicitate de beneficiar; valorile vor fi validate în etapa de proiect tehnic și prin oferte comerciale.

Tabelul 167. Structura recomandată a pachetelor de achiziții

| Pachet                          | Conținut                                                   | Observație                                                        |
|---------------------------------|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Pachet 1 - vehicule electrice   | 5 vehicule active + 1 rezervă, garanții, service, training | criteriu de evaluare: cost pe ciclu de viață și consum certificat |
| Pachet 2 - stații de încărcare  | 6 AC 22 kW, 1 DC 60 kW, pregătire DC 120-125 kW            | compatibilitate CCS2/OCPP, management sarcină                     |
| Pachet 3 - PV/BESS/EMS          | PV 150 kWp, BESS 150-250 kWh, inverteare, EMS/SCADA        | integrare cu încărcarea nocturnă                                  |
| Pachet 4 - lucrări Gara Auto    | amenajare depou, racord, iluminat, protecții, semnalizare  | corelat cu avizul de racordare și proiectul tehnic                |
| Pachet 5 - sistem IT și operare | GPS, monitorizare SOC, ticketing simplificat, raportare    | date pentru KPI și optimizare rutieră                             |

Sursa: calcule revizuite ale autorului pe baza noilor rute operaționale solicitate de beneficiar; valorile vor fi validate în etapa de proiect tehnic și prin oferte comerciale.

Tabelul 168. Riscuri financiare relevante pentru etapa investițională și operațională

| Risc                           | Impact posibil                                      | Măsură de diminuare                                            |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Depășirea CAPEX                | crește contribuția locală și prelungește payback-ul | rezervă, licitații pe loturi, actualizare devize               |
| Cerere sub prognoză            | venituri mai mici din bilete                        | testare pilot, ajustare orar, campanie de informare            |
| Cost energie peste ipoteză     | crește OPEX EV                                      | PV/BESS, încărcare inteligentă, tarifyare potrivită            |
| Disponibilitate redusă service | crește costul de mentenanță                         | garanții, piese minime, service regional în caietul de sarcini |
| Grant insuficient              | proiect dificil de finanțat local                   | etapizare, fază pilot, cofinanțare externă                     |

Sursa: calcule revizuite ale autorului pe baza noilor rute operaționale solicitate de beneficiar; valorile vor fi validate în etapa de proiect tehnic și prin oferte comerciale.

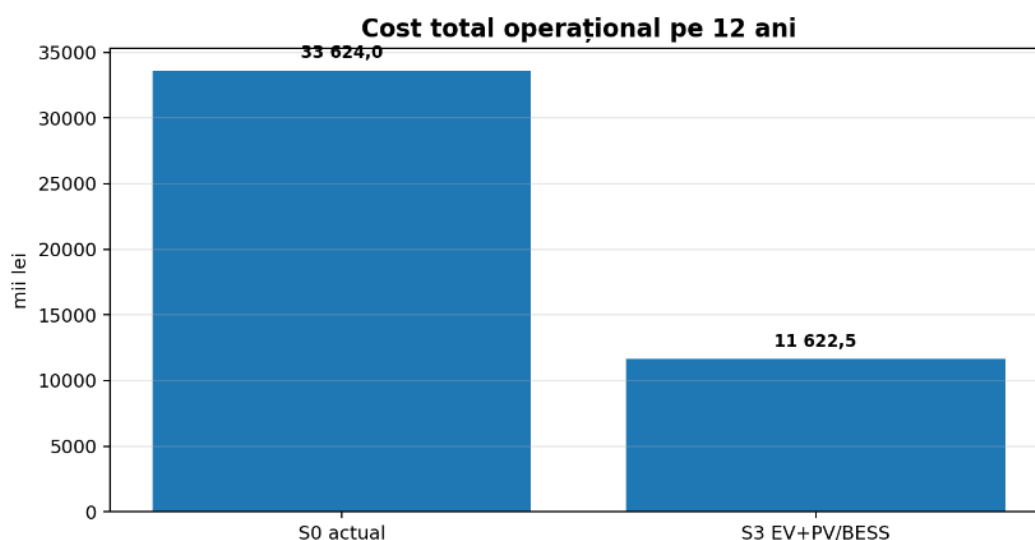


Figura 118. Cost total operațional pe 12 ani

Sursa: grafic elaborat de autor pe baza modelului financiar revizuit.

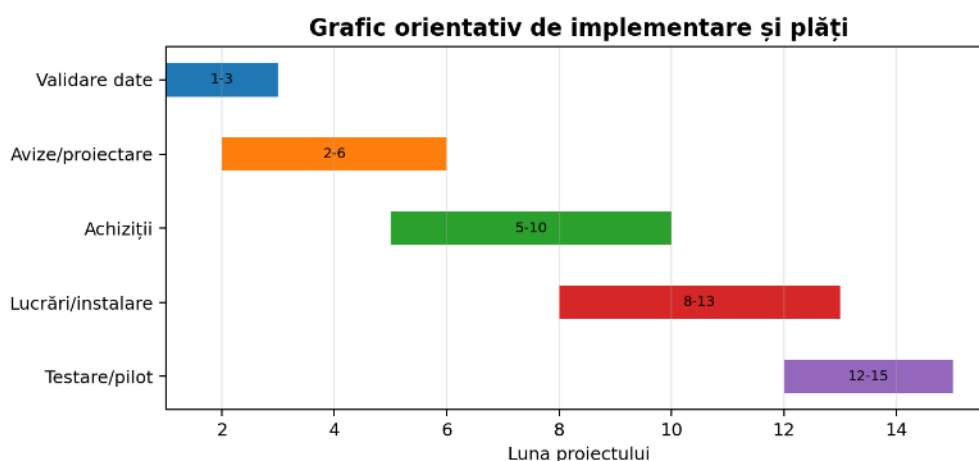


Figura 117. Grafic propus de implementare a investiției

### 8.7.1 Elemente care trebuie validate înainte de decizia finală de investiție

Înainte de depunerea aplicației de finanțare și lansarea achizițiilor, modelul financiar trebuie actualizat pe baza datelor reale. Cele mai importante elemente de validat sunt: lungimile traseelor prin GIS, frecvențele finale aprobate de beneficiar, fluxurile reale de pasageri, capacitatea de

racordare la Gara Auto Sîngerei, prețurile oferite pentru vehicule și stații, costul lucrărilor civile și regimul juridic al terenului pentru PV/BESS.

Tabelul 169. Date de validat înainte de decizia finală de investiție

| Date necesare                 | Metodă de validare                            | Efect asupra modelului financiar      |
|-------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------|
| Lungimi trasee și stații      | măsurare GIS / Google Maps / verificare teren | km/an, energie, mentenanță            |
| Fluxuri de pasageri           | numărători minime 7 zile, consultări APL      | venituri, capacitate vehicule         |
| Putere electrică disponibilă  | aviz de racordare operator distribuție        | cost racord, putere stații, BESS      |
| Preț vehicule                 | oferte comerciale / consultare piață          | CAPEX și grant necesar                |
| Preț lucrări depou și PV/BESS | deviz proiect tehnic                          | CAPEX final și risc bugetar           |
| Model juridic-operare         | decizie CR/APL, contract operator             | responsabilități și costuri recurente |

*Sursa: calcule revizuite ale autorului pe baza noilor rute operaționale solicitate de beneficiar; valorile vor fi validate în etapa de proiect tehnic și prin oferte comerciale.*

### 8.7.2 Modelul de acoperire bugetară și mecanismul de compensare

Pentru perioada de operare pilot se recomandă un mecanism simplu de compensare, bazat pe indicatori măsurabili: kilometri operați, disponibilitate flotă, număr de pasageri, consum kWh/km și punctualitate. Dacă veniturile tarifare nu acoperă integral OPEX, diferența poate fi tratată ca subvenție socială pentru conectivitate rurală, nu ca pierdere operațională.

Tabelul 170. Surse posibile de acoperire a costurilor operaționale

| Sursă                         | Rol                                      | Observație                                    |
|-------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Venituri din bilete           | acoperire parțială sau majoritară OPEX   | depinde de tarif și cerere                    |
| Buget Consiliul Raional/APL   | compensare socială și stabilizare tarif  | mai ales în faza pilot                        |
| Economii din combustibil      | argument pentru sustenabilitate          | diferență față de scenariul convențional      |
| Producție PV locală           | reducere cost energie                    | necesită management încărcare și BESS         |
| Programe externe de finanțare | CAPEX, posibil suport inițial de operare | climă, dezvoltare regională, servicii publice |

*Sursa: calcule revizuite ale autorului pe baza noilor rute operaționale solicitate de beneficiar; valorile vor fi validate în etapa de proiect tehnic și prin oferte comerciale.*

### 8.7.3 Recomandări pentru modelul economic utilizat în caietul de sarcini

Caietele de sarcini trebuie să evite achiziția pe baza celui mai mic preț inițial și să includă criterii privind costul pe ciclu de viață. Pentru vehicule, trebuie solicitate consum certificat, garanție baterie, costuri de service, disponibilitate piese și telemetrie. Pentru stații și PV/BESS, criteriile trebuie să includă management de sarcină, integrare OCPP/EMS, garanții și eficiență energetică.

Tabelul 171. Cerințe economice minime recomandate pentru caietul de sarcini

| Componentă          | Cerință economică                             | De ce este necesară                               |
|---------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| Vehicule electrice  | evaluare TCO pe minimum 8-12 ani              | prețul inițial nu reflectă costul real de operare |
| Baterii             | garanție capacitate și cost de înlocuire clar | reduce riscul financiar pe termen mediu           |
| Stații de încărcare | garanție, service și disponibilitate minimă   | evită oprirea serviciului                         |

| Componentă | Cerință economică                   | De ce este necesară                                  |
|------------|-------------------------------------|------------------------------------------------------|
| PV/BESS    | producție garantată și monitorizare | asigură economiile estimate                          |
| Sistem IT  | raportare exportabilă a datelor     | susține plata pe indicatori și auditarea serviciului |

## 9 IMPACTUL ENERGETIC, SOCIAL, ECONOMIC ȘI DE MEDIU

Prezentul capitol evaluează efectele implementării proiectului de transport public electric asupra consumului de combustibili, costurilor operaționale, emisiilor, accesibilității teritoriale și capacității instituționale a raionului Sîngerei. Capitolul nu reia descrierea tehnică a rutelor, flotei și stațiilor de încărcare, ci utilizează indicatorii deja calculați în capitolele anterioare pentru a prezenta impactul integrat al proiectului.

Analiza este realizată pentru scenariul recomandat: operarea celor patru coridoare prioritare cu vehicule electrice, două curse dus-întors pe zi pe fiecare rută, încărcare nocturnă la Gara Auto Sîngerei și alimentare parțială din sistem fotovoltaic cu stocare. Valorile sunt preliminare și trebuie actualizate în etapa de proiectare tehnică, după confirmarea fluxurilor de pasageri, ofertelor comerciale, condițiilor de racordare și regimului tarifar aplicabil. Sunt analizate 743 km/zi și 222.900 km/an. Impactul este evaluat din perspectiva consumului de energie, reducerii combustibililor fosili, emisiilor de CO<sub>2</sub>, accesibilității sociale, costurilor operaționale și capacității proiectului de a crea un model replicabil de mobilitate electrică raională.

Tabelul 172. Indicatorii de intrare utilizați pentru evaluarea impactului

| Indicator                   | Valoare revizuită                       | Comentariu                                       |
|-----------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Rute operaționale analizate | 5 rute prioritare                       | bază de calcul actualizată                       |
| Parcurs zilnic total        | 743 km/zi                               | rezultă din frecvențele comunicate de beneficiar |
| Parcurs anual de lucru      | 222.900 km/an                           | 300 zile/an                                      |
| Pasageri estimați           | 520 pasageri/zi;<br>156.000 pasageri/an | cerere preliminară pentru etapa de bază          |
| Consum EV cu rezervă        | 117,1 MWh/an                            | include rezervă operațională de 15%              |
| Flotă de bază               | 5 vehicule active + 1 rezervă           | conform Capitolului 5 revizuit                   |

Sursa: modelul tehnico-economic al studiului, pe baza capitolelor 4-8.

### 9.1 Impact energetic

Impactul energetic principal al proiectului constă în înlocuirea consumului de combustibili lichizi cu energie electrică utilizată în vehicule cu randament superior. Pentru vehiculele actuale, consumul este determinat de motoare cu ardere internă, opriri frecvente, drumuri locale, vechimea parcului auto și pierderile mecanice specifice. Pentru vehiculele electrice, consumul este exprimat în kWh/km, iar energia poate fi achiziționată din rețea și completată cu producție locală din sistem fotovoltaic.

În scenariul analizat, transportul electric necesită aproximativ 114,6 MWh/an pentru tracțiune. Această valoare este semnificativ mai ușor de gestionat decât energia primară conținută în combustibilii lichizi utilizați astăzi, deoarece lanțul de conversie al vehiculului electric are pierderi mai mici. Integrarea

PV/BESS permite ca o parte importantă a energiei să fie produsă local și utilizată pentru încărcare nocturnă, prin management energetic și stocare.

Tabelul 173. Impact energetic anual pe rutele operaționale revizuite

| Rută  | Traseu                                                     | km/zi | km/an   | kWh/km | MWh/an<br>cu rezervă |
|-------|------------------------------------------------------------|-------|---------|--------|----------------------|
| R1    | Coadă Iazului – Bilicenii Vechi – Sîngerei                 | 121   | 36 300  | 0.40   | 16.7                 |
| R2    | Ciuciuieni – Iezărenii Vechi – Vrancești – Sîngerei        | 192   | 57 600  | 0.45   | 29.8                 |
| R3    | Cozăști – Brejeni – Sîngerei                               | 108   | 32 400  | 0.42   | 15.6                 |
| R4    | Petrovca – Copăcenii – Grigorăuca – Sîngerei               | 112   | 33 600  | 0.40   | 15.5                 |
| R5    | Prepeleța – Mihailovca – Copăcenii – Grigorăuca – Sîngerei | 210   | 63 000  | 0.55   | 39.5                 |
| Total | 5 rute operaționale                                        | 743   | 222 900 | -      | 117.1                |

Sursa: calcule autor, scenariu revizuit pe baza rutelor operaționale solicitate de beneficiar; valorile urmează a fi validate în etapa de proiect tehnic.

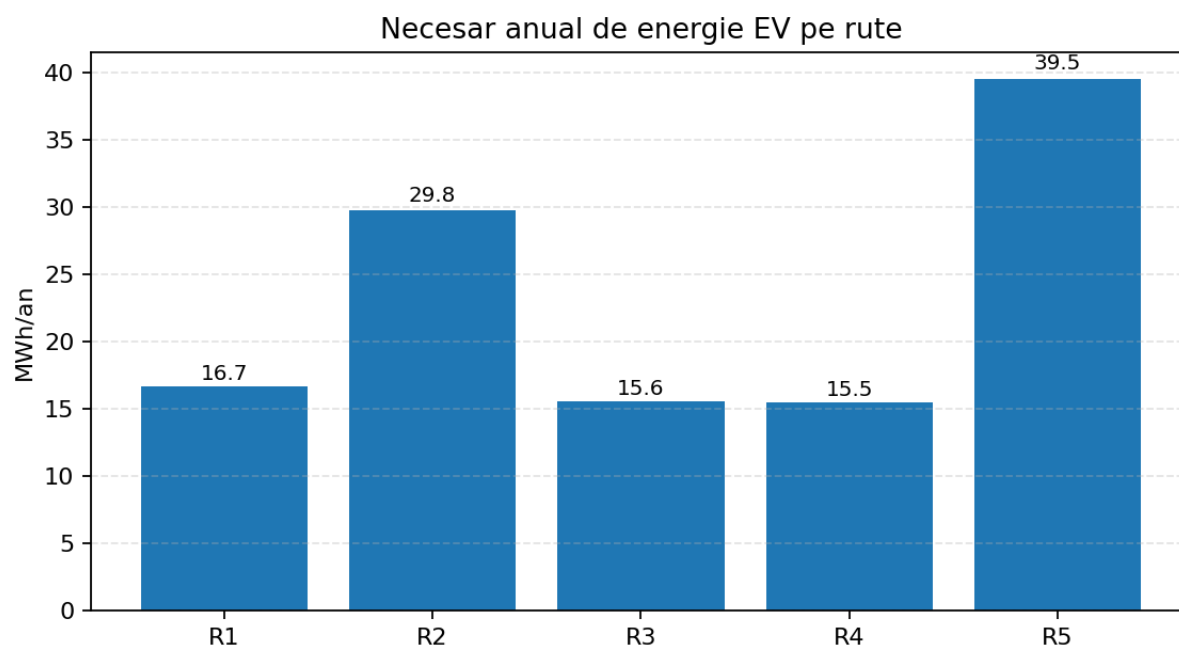


Figura 119. Necesari anual de energie electrică pe rute

Tabelul 174. Indicatori specifici de eficiență energetică

| Indicator                  | Valoare       | Interpretare                                                   |
|----------------------------|---------------|----------------------------------------------------------------|
| Parcurs electric total     | 222.900 km/an | nivel de serviciu revizuit                                     |
| Consum mediu ponderat      | 0.53 kWh/km   | include rezervă operațională                                   |
| Energie zilnică medie      | 390.3 kWh/zi  | bază pentru încărcare nocturnă                                 |
| Energie anuală             | 117.1 MWh/an  | valoare de planificare                                         |
| Pondere PV/BESS estimată   | 55%           | ipoteză de lucru pentru scenariul recomandat                   |
| Energie din rețea estimată | 52.7 MWh/an   | cantitate asupra căreia se aplică factorul de emisii indirecte |

Sursa: calcule autor, scenariu revizuit pe baza rutelor operaționale solicitate de beneficiar; valorile urmează a fi validate în etapa de proiect tehnic.

Tabelul 175. Combustibil lichid înlocuit prin electrificarea rutelor

| Rută  | Consum convențional,<br>l/100 km | litri/an evitați | cost combustibil<br>evitat, mii lei/an |
|-------|----------------------------------|------------------|----------------------------------------|
| R1    | 14                               | 5 082            | 167.7                                  |
| R2    | 15                               | 8 640            | 285.1                                  |
| R3    | 14                               | 4 536            | 149.7                                  |
| R4    | 14                               | 4 704            | 155.2                                  |
| R5    | 16                               | 10 080           | 332.6                                  |
| Total | -                                | 33 042           | 1090.4                                 |

Sursa: calcule autor, scenariu revizuit pe baza rutelor operaționale solicitate de beneficiar; valorile urmează a fi validate în etapa de proiect tehnic.

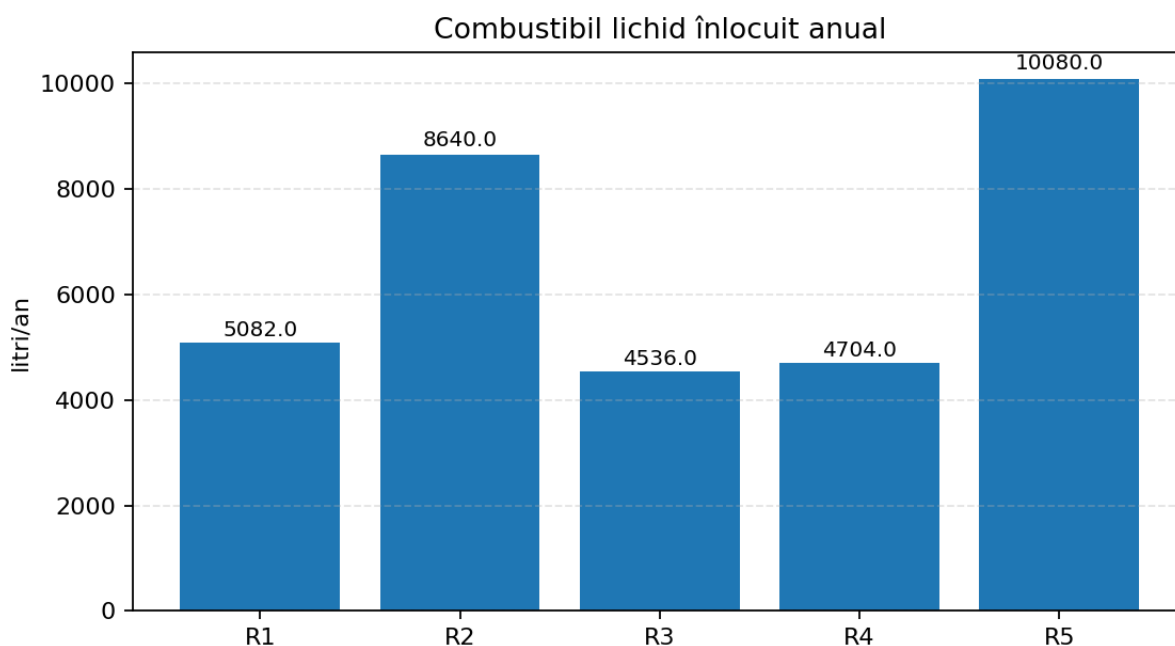


Figura 120. Combustibil lichid înlocuit anual prin electrificarea rutelor

Rezultatele arată că rutele R3, R5 și R5 concentrează cea mai mare parte a impactului energetic. Acest lucru se explică prin parcursul anual mai mare și prin tipul de vehicul necesar pentru deservirea acestor coridoare. Din acest motiv, proiectarea flotei trebuie să fie diferențiată: minibuze electrice eficiente pentru rutele mai scurte și vehicule cu baterie mai mare pentru rutele cu parcurs ridicat și cerere mai mare.

Tabelul 176. Indicatori specifici de eficiență energetică

| Indicator                    | Situația actuală                     | Scenariul EV + PV/BESS                     | Efect                         |
|------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------|
| Consum energetic operațional | combustibil lichid: 36 624 l/an      | energie electrică: 114,6 MWh/an            | substituire energetică        |
| Cost energetic direct        | aprox. 1,209 mil. lei/an combustibil | aprox. 0,238 mil. lei/an energie electrică | reducere cost energie         |
| Energie produsă local        | 0 MWh/an pentru tracțiune            | aprox. 63,0 MWh/an prin PV/BESS            | autonomie energetică parțială |

|                                   |          |                                       |                                 |
|-----------------------------------|----------|---------------------------------------|---------------------------------|
| Dependență de combustibili fosili | ridicată | foarte redusă pe rutele electrificate | securitate energetică locală    |
| Monitorizare consum               | limitată | date kWh/km, SOC, km, încărcare       | control operațional îmbunătățit |

Sursa: model energetic al studiului de fezabilitate.

## 9.2 Impact climatic și de mediu

Impactul climatic este determinat prin compararea emisiilor generate de vehiculele convenționale cu emisiile indirecte aferente energiei electrice utilizate pentru încărcarea flotei. Pentru situația actuală s-a aplicat un factor de emisie de 2,64 kg CO<sub>2</sub>/litru combustibil lichid. Pentru scenariul electric s-a considerat că 55% din energia de încărcare este acoperită prin PV/BESS, iar 45% provine din rețea, pentru care s-a utilizat un factor de planificare de 0,337 kg CO<sub>2</sub>/kWh.

Pe baza acestor ipoteze, emisiile anuale scad de la aproximativ 96,7 t CO<sub>2</sub>/an la aproximativ 17,4 t CO<sub>2</sub>/an. Reducerea estimată este de circa 79,3 t CO<sub>2</sub>/an, echivalent cu aproximativ 82% față de linia de bază. Reducerea are loc direct pe coridoarele de transport rural și urban, ceea ce generează și beneficii locale privind calitatea aerului și nivelul de zgomot.

Tabelul 177. Reducerea emisiilor de CO<sub>2</sub> pe rute

| Rută  | CO <sub>2</sub> actual, t/an | CO <sub>2</sub> EV + PV/BESS, t/an | Reducere, t/an | Reducere relativă |
|-------|------------------------------|------------------------------------|----------------|-------------------|
| R1    | 13.6                         | 2.6                                | 11.0           | 81%               |
| R2    | 23.2                         | 4.7                                | 18.5           | 80%               |
| R3    | 12.2                         | 2.5                                | 9.7            | 80%               |
| R4    | 12.6                         | 2.4                                | 10.2           | 81%               |
| R5    | 27.0                         | 6.2                                | 20.8           | 77%               |
| Total | 88.6                         | 18.4                               | 70.1           | 79%               |

Sursa: calcule autor, scenariu revizuit pe baza rutelor operaționale solicitate de beneficiar; valorile urmează a fi validate în etapa de proiect tehnic.

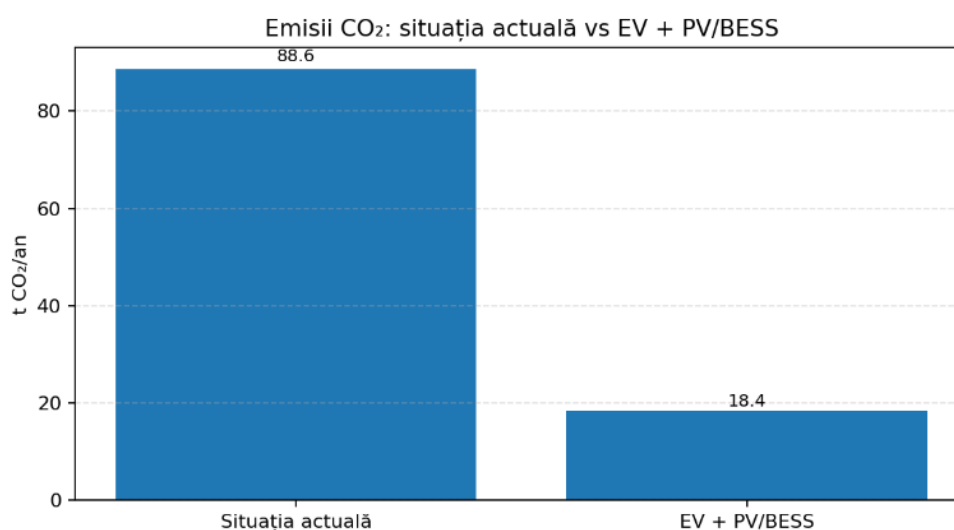


Figura 121. Emisii CO<sub>2</sub> înainte și după implementarea proiectului

Tabelul 133. Efecte de mediu locale estimate

| Componentă             | Situația actuală                           | După proiect                                          | Observație                                                    |
|------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| NOx și particule       | emisii locale generate de motoare termice  | emisii locale zero pe traseu                          | efect vizibil în zonele de staționare și pe străzile centrale |
| Zgomot                 | nivel mai ridicat la pornire și accelerare | nivel redus la viteze urbane și la staționare         | confort sporit pentru pasageri și localnici                   |
| Miros și fum           | prezent la vehicule vechi, mai ales iarna  | eliminat la vehiculele electrice                      | îmbunătățește calitatea mediului local                        |
| Scurgeri și mentenanță | riscuri legate de uleiuri și combustibili  | riscuri reduse, dar necesită proceduri pentru baterii | necesar plan de mentenanță și siguranță electrică             |
| Energie regenerabilă   | nu este integrată în situația actuală      | PV/BESS integrat în încărcare                         | crește caracterul climatic al investiției                     |

Sursa: calcule autor, scenariu revizuit pe baza rutelor operaționale solicitate de beneficiar; valorile urmează a fi validate în etapa de proiect tehnic.

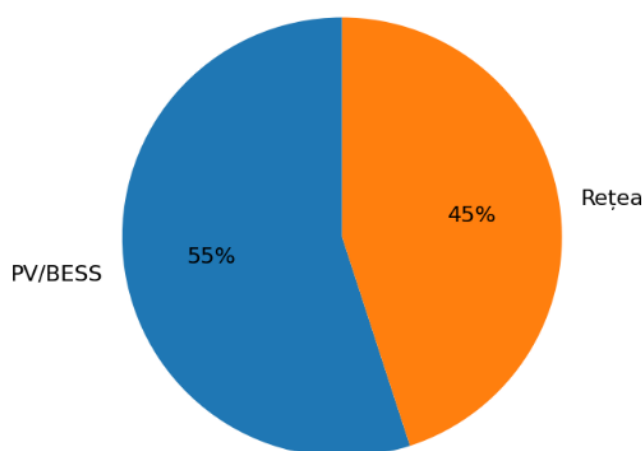


Figura 122. Structura energiei utilizate pentru încărcarea flotei electrice

Pe lângă CO<sub>2</sub>, proiectul reduce emisiile locale de oxizi de azot, particule fine, fum, mirosuri și zgomot asociate motoarelor diesel vechi. Aceste efecte sunt importante mai ales în apropierea Gării Auto Sîngerei, a stațiilor, a zonelor școlare și a centrelor localităților. Organizația Mondială a Sănătății tratează transportul ca sursă majoră de poluare atmosferică și recomandă reducerea expunerii populației la emisii și zgomot prin sisteme de transport mai curate.

Tabelul 178. Efecte de mediu locale estimate

| Categorie de impact    | Situația actuală                          | După proiect                                         | Mod de verificare                   |
|------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| Emisii CO <sub>2</sub> | aprox. 96,7 t/an                          | aprox. 17,4 t/an                                     | raport anual de combustibil/energie |
| NOx și particule       | emisii directe la nivel de traseu         | emisii de evacuare eliminate pe rutele electrificate | inspecții tehnice și inventar flotă |
| Zgomot                 | ridicat la pornire, stații și accelerații | semnificativ redus la viteze mici și în stații       | observații, chestionare utilizatori |

|                           |                                  |                                |                                             |
|---------------------------|----------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------|
| Scurgeri ulei/combustibil | risc prezent la vehicule vechi   | risc redus                     | mentenanță și evidență depou                |
| Calitatea aerului local   | afectată în zonele de staționare | îmbunătățire locală progresivă | monitorizare periodică, reclamații, sondaje |

Sursa: evaluare calitativă pe baza diferenței tehnologice dintre flote diesel/benzină și vehicule electrice.

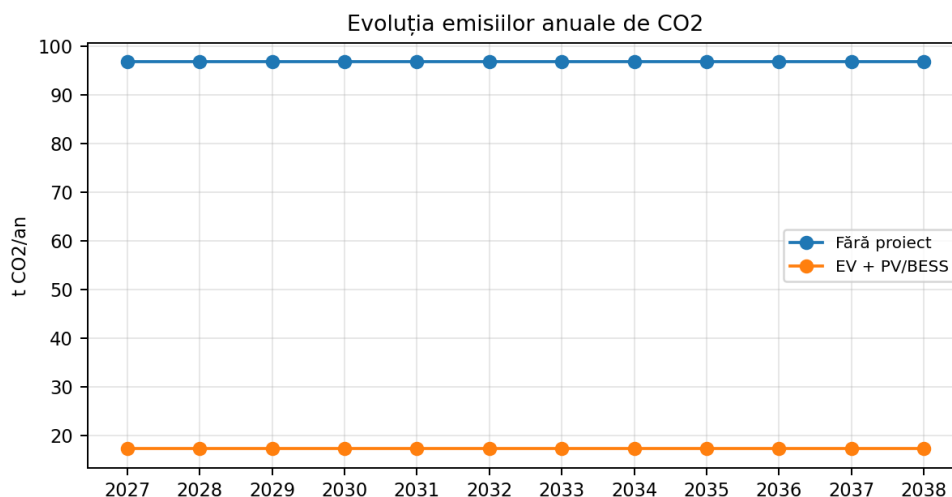


Figura 123. Evoluția emisiilor anuale de CO<sub>2</sub> pe perioada de analiză

Sursa: proiecție de impact climatic pentru perioada 2027-2038.



Figura 124. Zona actuală improvizată a Gării Auto și sursele actuale de emisii locale

Sursa: fotografie de inserat din vizita în teren.

### 9.3 Impact social și accesibilitate

Impactul social este unul dintre principalele argumente ale proiectului. Cele patru rute propuse conectează localități rurale cu orașul Sîngerei și, indirect, cu serviciile administrative, educaționale, comerciale și medicale ale centrului raional. Pentru multe gospodării, un serviciu de transport public predictibil reduce dependența de transport ocazional, autoturisme personale sau deplasări costisitoare cu transport informal.

Populația unică aflată în aria directă a celor patru coridoare incluzând orașul Sîngerei și localitățile beneficiare este estimată la aproximativ 33 522 persoane. Această valoare nu reprezintă numărul de utilizatori zilnici, ci populația care poate beneficia de conectivitate îmbunătățită. Cererea zilnică de bază este estimată la aproximativ 530 pasageri/zi, ceea ce corespunde unui serviciu minim cu două curse dus-întors pe zi pe fiecare rută.

Tabelul 179. Populație beneficiară și cerere estimată pe rutele revizuite

| Rută  | Traseu                                                     | pasageri/zi | pasageri/an | Etapă          |
|-------|------------------------------------------------------------|-------------|-------------|----------------|
| R1    | Cooda Iazului – Biliceni Vechi – Sîngerei                  | 80          | 24 000      | Faza I extinsă |
| R2    | Ciuciuieni – Iezărenii Vechi – Vrancești – Sîngerei        | 120         | 36 000      | Faza II        |
| R3    | Cozăști – Brejeni – Sîngerei                               | 65          | 19 500      | Faza II        |
| R4    | Petrovca – Copăcenii – Grigorașca – Sîngerei               | 95          | 28 500      | Faza I         |
| R5    | Prepelita – Mihailovca – Copăcenii – Grigorașca – Sîngerei | 160         | 48 000      | Faza I         |
| Total | 5 rute operaționale                                        | 520         | 156 000     | etapa de bază  |

Sursa: calcule autor, scenariu revizuit pe baza rutelor operaționale solicitate de beneficiar; valorile urmează a fi validate în etapa de proiect tehnic.

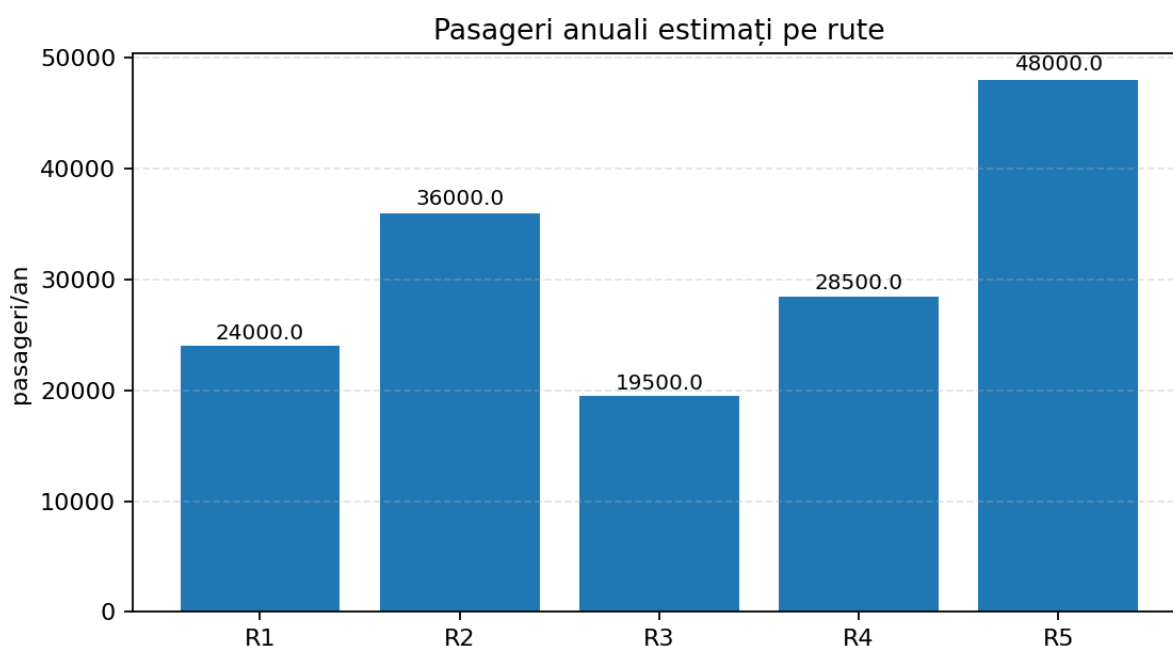


Figura 125. Pasageri anuali estimați pe rutele prioritare

Tabelul 180. Grupuri sociale și beneficii directe ale proiectului

| Categorie beneficiară | Necesitate principală                                  | Beneficiu generat                                                                  |
|-----------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| Elevi și tineri       | deplasare regulată spre școli, cercuri și activități   | curse repetate dimineața și după-amiaza; posibilitate de ajustare la orarul școlar |
| Persoane vârstnice    | acces la medicină, farmacie, piață și servicii publice | orar mai predictibil și reducerea dependenței de transport ocazional               |
| Navetiști             | deplasare spre locuri de muncă și legături interurbane | frecvențe de 3-6 curse/zi pe rute, cu posibilitate de ajustare la orele de vârf    |

|                           |                                                  |                                                        |
|---------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| Gospodării fără automobil | alternativă la transport informal sau costisitor | serviciu public organizat, cu stații și program clar   |
| APL-uri locale            | conectare la centrul raional                     | instrument de dezvoltare locală și reducere a izolării |

Sursa: calcule autor, scenariu revizuit pe baza rutelor operaționale solicitate de beneficiar; valorile urmează a fi validate în etapa de proiect tehnic.

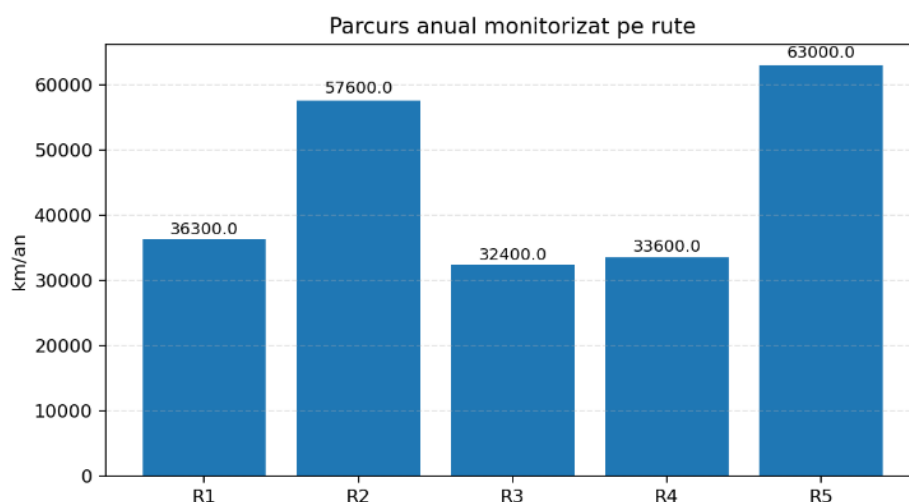


Figura 126. Parcurs anual monitorizat pe fiecare rută prioritară

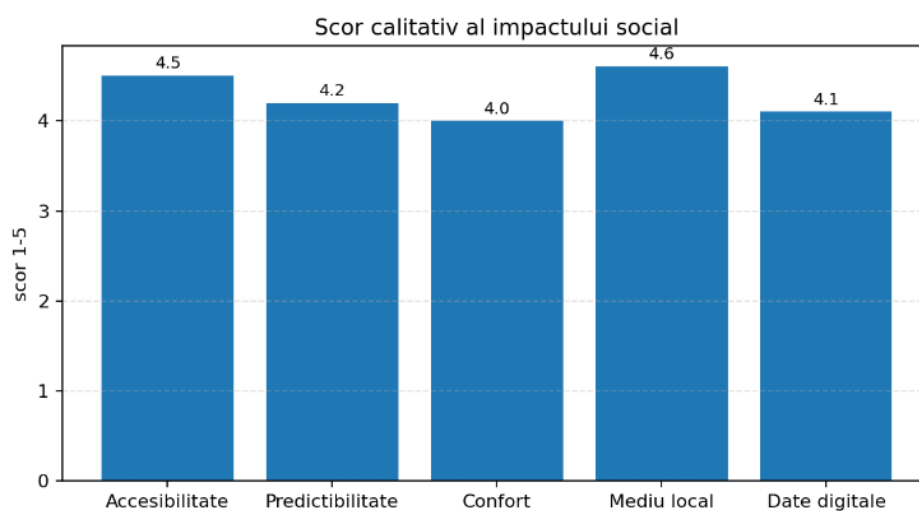


Figura 127. Scor calitativ al impactului social după proiect

Beneficiile sociale se manifestă prin acces mai bun la școli, servicii publice, piață, locuri de muncă, servicii medicale și conexiuni de transport spre Bălți. În plus, vehiculele electrice pot fi achiziționate cu cerințe clare de accesibilitate: podea coborâtă sau rampă, spații pentru persoane cu mobilitate redusă, semnalizare vizuală, informare la bord, climatizare și nivel redus de zgomot.

Tabelul 181. Grupuri sociale și beneficii directe ale proiectului

| Grup beneficiar | Necesitate principală | Beneficiu după implementare | Indicator de monitorizare |
|-----------------|-----------------------|-----------------------------|---------------------------|
|-----------------|-----------------------|-----------------------------|---------------------------|

|                               |                                              |                                             |                                       |
|-------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------|
| Elevi și studenți             | deplasare spre instituții educaționale       | orar predictibil dimineața/seara            | număr abonamente/călătorii elevi      |
| Persoane vârstnice            | acces la servicii publice și medicale        | reducerea dependenței de transport informal | călătorii lunare pe categorii sociale |
| Angajați/navetiști            | deplasare la serviciu și spre Bălți/Sîngerei | serviciu regulat și cost mai stabil         | pasageri în ore de vârf               |
| Persoane cu mobilitate redusă | acces fizic la vehicul                       | vehicule accesibile și stații amenajate     | număr vehicule cu rampă/podea joasă   |
| Gospodării fără automobil     | mobilitate minimă garantată                  | conectivitate cu centrul raional            | grad de acoperire teritorială         |

Sursa: evaluare socială elaborată pentru studiul de fezabilitate.

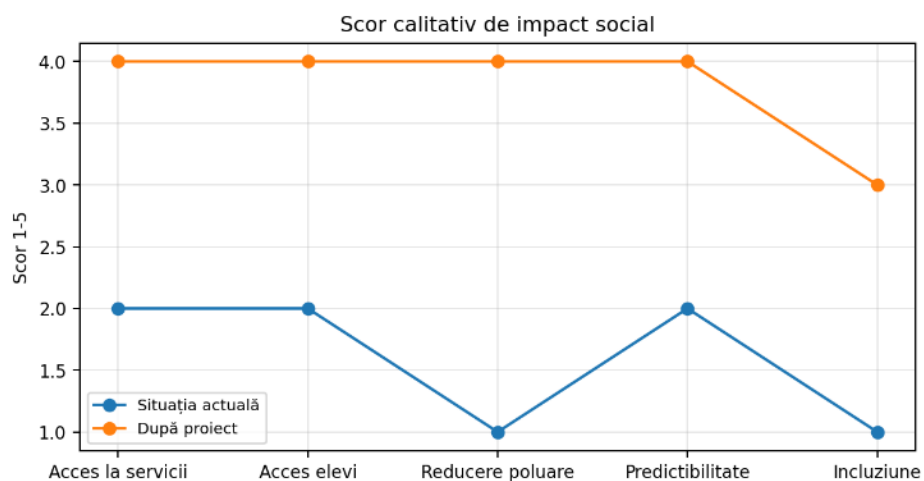


Figura 128. Scor calitativ al impactului social înainte și după proiect



Figura 129. Fotografii recomandate: stații existente din satele beneficiare și condiții de așteptare pentru pasageri

## 9.4 Impact economic local

Impactul economic al proiectului este evaluat prin economii operaționale, reducerea expunerii la fluctuațiile prețului motorinei, stabilizarea costurilor serviciului public și posibilitatea utilizării energiei locale fotovoltaice. Din perspectiva bugetului public, proiectul are valoare nu numai prin economii directe, ci și prin faptul că permite organizarea unui serviciu predictibil, cu date de exploatare, monitorizare și costuri unitare transparente.

În scenariul recomandat costurile operaționale anuale scad de la aproximativ 2 008.8 mii lei/an la 715.4 mii lei/an ceea ce generează o economie anuală de aproximativ 1 293.4 mii lei. Diferența provine în special din reducerea costului energiei pe kilometru și din scăderea cheltuielilor de mentenanță specifice vehiculelor cu ardere internă.

Tabelul 182. Economii operaționale anuale pe rute

| Rută  | OPEX actual, mii lei/an | OPEX EV + PV/BESS, mii lei/an | Economie, mii lei/an | Reducere |
|-------|-------------------------|-------------------------------|----------------------|----------|
| R1    | 331.1                   | 114.6                         | 216.5                | 65%      |
| R2    | 544.3                   | 188.7                         | 355.6                | 65%      |
| R3    | 295.5                   | 103.7                         | 191.8                | 65%      |
| R4    | 306.4                   | 106.2                         | 200.3                | 65%      |
| R5    | 616.1                   | 220.8                         | 395.4                | 64%      |
| Total | 2093.4                  | 733.9                         | 1359.5               | 65%      |

Sursa: calcule autor, scenariu revizuit pe baza rutelor operaționale solicitate de beneficiar; valorile urmează a fi validate în etapa de proiect tehnic.

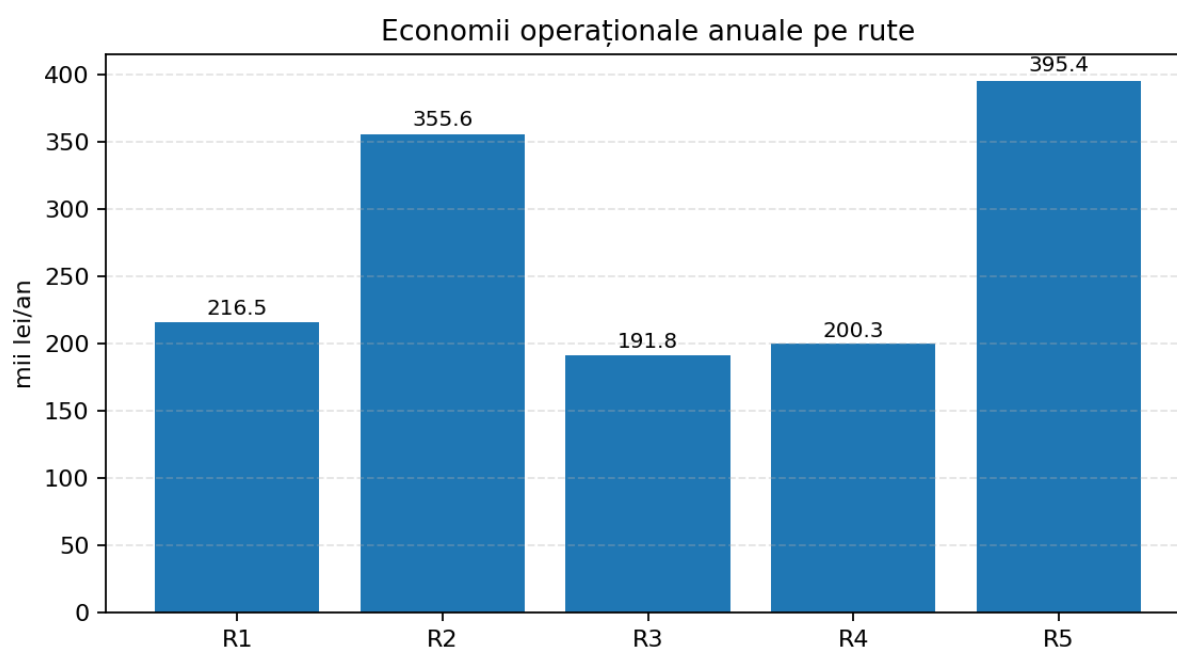


Figura 130. Economii operaționale anuale pe rute

Tabelul 183. Impact economic local și mecanisme de valorificare

| Mecanism                            | Valoare/element       | Efect local                                                      |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------------------------------------------|
| Reducerea importului de combustibil | circa 33 042 litri/an | mai puține cheltuieli expuse la volatilitatea prețului motorinei |

|                       |                                              |                                                                |
|-----------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Energie produsă local | PV/BESS pentru încărcare                     | o parte din cheltuială rămâne în sistemul energetic local      |
| Mentenanță locală     | contracte de service și verificări periodice | necesită instruirea personalului și furnizori locali/regionali |
| Date operaționale     | GPS, consum, ticketing, raportare            | fundamentează decizii tarifare și ajustări de program          |
| Acces la servicii     | 156.000 pasageri/an în scenariul de bază     | sprijină activitatea economică și accesul la piață             |

Sursa: calcule autor, scenariu revizuit pe baza rutelor operaționale solicitate de beneficiar; valorile urmează a fi validate în etapa de proiect tehnic.

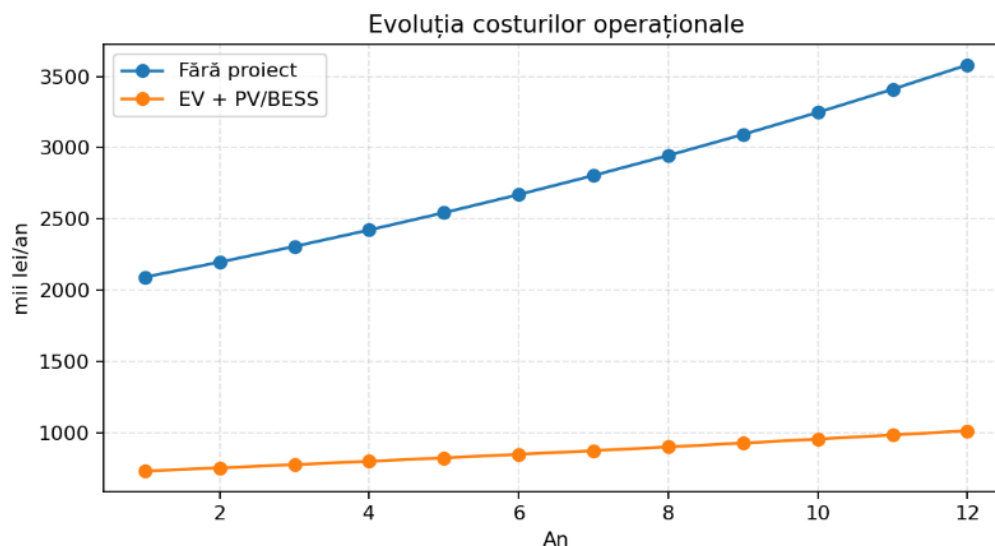


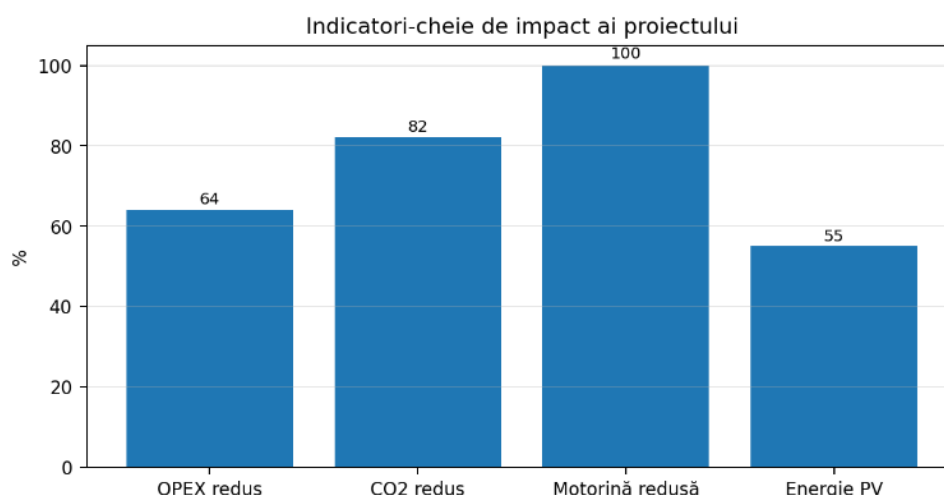
Figura 131. Evoluția costurilor operaționale pe perioada de analiză

Efectele economice indirecte includ creșterea accesului populației rurale la piața muncii, servicii publice și activități comerciale, dar și apariția unor competențe locale noi: operarea stațiilor de încărcare, mentenanța vehiculelor electrice, monitorizarea flotei, administrarea sistemului PV/BESS și colectarea datelor de mobilitate. Aceste competențe pot fi dezvoltate prin instruirea personalului local și prin contracte de service cu furnizori regionali.

Tabelul 184. Impact economic local și mecanisme de valorificare

| Domeniu                     | Impact estimat                     | Mecanism de realizare                          | Condiție de succes                       |
|-----------------------------|------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------|
| Buget public                | reducere OPEX și predictibilitate  | înlocuire combustibil cu energie electrică/PV  | management financiar separat pe serviciu |
| Piața muncii                | noi competențe tehnice             | șoferi instruiți, mecanici, operator încărcare | contract de instruire și service         |
| Activitate economică rurală | acces mai bun la centru raional    | curse regulate dimineața/seara                 | orar corelat cu naveta                   |
| Sector energetic local      | cerere pentru PV, BESS, mentenanță | exploatare la Gara Auto Sîngerei               | contracte clare și monitorizare          |
| Planificare publică         | date reale pentru decizii          | GPS, ticketing, consum kWh/km                  | raportare lunară către CR/APL            |

Sursa: analiză proprie privind efectele economice ale sistemului propus.



*Figura 132. Indicatori-cheie de impact ai proiectului*

*Sursa: sinteză grafică a efectelor estimate.*

### 9.5 Caracter inovativ, impact instituțional și replicabilitate

Caracterul inovativ al proiectului constă în trecerea de la o abordare fragmentată a transportului rural la un sistem public integrat, bazat pe vehicule electrice, încărcare centralizată la Gara Auto Sîngerei, producție locală de energie fotovoltaică și monitorizare digitală a exploatării. Această combinație este relevantă pentru raioanele cu localități dispersate, unde transportul public clasic este dificil de susținut doar prin venituri din bilete.

Pentru Consiliul Raional Sîngerei, proiectul poate deveni o platformă de guvernanță a mobilității. În loc ca deciziile să fie luate exclusiv pe baza solicitărilor punctuale ale localităților sau ale operatorilor, sistemul poate produce date reale: pasageri pe rută, km parcurși, consum kWh/km, cost pe km, punctualitate, grad de ocupare și emisii evitate. Aceste date permit ajustarea rutelor, prioritizarea investițiilor și pregătirea unor extinderi ulterioare.

Tabelul 185. Elemente inovative ale proiectului

| Element inovativ                | Descriere                                  | Beneficiu pentru Sîngerei                   |
|---------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Transport electric intercomunal | vehicule EV pe rute rurale radiale         | reducere emisii și cost/km                  |
| Încărcare nocturnă la Gara Auto | depou funcțional și punct energetic unic   | operare simplă și controlabilă              |
| PV/BESS pentru mobilitate       | energie locală pentru transport public     | reducere risc tarifar și creștere autonomie |
| Monitorizare digitală           | GPS, consum, pasageri, SOC                 | decizii bazate pe date                      |
| Implementare etapizată          | pilot pe 4 coridoare, extindere ulterioară | risc investițional redus                    |

*Sursa: sinteza autorului pe baza scenariului recomandat.*

Replicabilitatea proiectului este ridicată deoarece modelul propus nu depinde de infrastructură urbană complexă. El poate fi preluat de alte raioane cu un oraș-reședință, localități rurale apropiate și un nod de transport unde pot fi instalate încărcătoare. Condițiile minime de replicare sunt: rute predictibile,

parcurs zilnic compatibil cu autonomia vehiculelor, teren sau infrastructură pentru încărcare, acces la rețeaua electrică și posibilitatea de integrare PV.

Tabelul 186. Condiții de replicare în alte raioane/localități

| Condiție                     | Nivel necesar                      | Cum se verifică                         |
|------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------------|
| Rute radiale spre centru     | minimum 2-4 coridoare              | hartă, sondaj, date operatori           |
| Parcurs zilnic compatibil EV | sub 180-220 km/vehicul în etapa I  | calcul km/zi și rezervă de iarnă        |
| Nod de încărcare             | depou/autogară/teren public        | verificare cadastrală și aviz electric  |
| Cerere socială               | elevi, navetiști, vârstnici        | sondaj și date APL                      |
| Finanțare CAPEX              | grant minim 70% recomandat         | program național/UE/donator             |
| Capacitate operațională      | operator sau unitate de management | contract, regulament, personal instruit |

Sursa: criterii propuse pentru extinderea modelului de mobilitate electrică.

În plan instituțional, proiectul trebuie însoțit de un mecanism de raportare periodică. Indicatorii de impact nu trebuie calculați doar la finalul proiectului, ci monitorizați lunar și anual. Astfel, Consiliul Raional poate demonstra finanțatorilor reducerea emisiilor, eficiența cheltuielilor publice și îmbunătățirea accesului populației rurale la servicii.

Tabelul 187. Indicatori de monitorizare a impactului după implementare

| Indicator                              | Unitate                   | Frecvență        | Responsabil                |
|----------------------------------------|---------------------------|------------------|----------------------------|
| Km electrici parcurși                  | km/lună, km/an            | lunar/anual      | operator transport         |
| Energie electrică consumată            | kWh/lună                  | lunar            | operator încărcare         |
| Energie produsă local pentru încărcare | kWh/lună                  | lunar            | operator PV/BESS           |
| Pasageri transportați                  | pasageri/lună             | lunar            | operator/ticketing         |
| Cost operațional                       | lei/km și lei/pasager     | trimestrial      | Consiliul Raional/operator |
| Emisii CO2 evitate                     | t CO2/an                  | anual            | responsabil PIEC/SECAP     |
| Grad de satisfacție utilizatori        | % respondenți satisfăcuți | semestrial/anual | CR/APL-uri                 |

Sursa: cadru de monitorizare propus pentru perioada operațională.

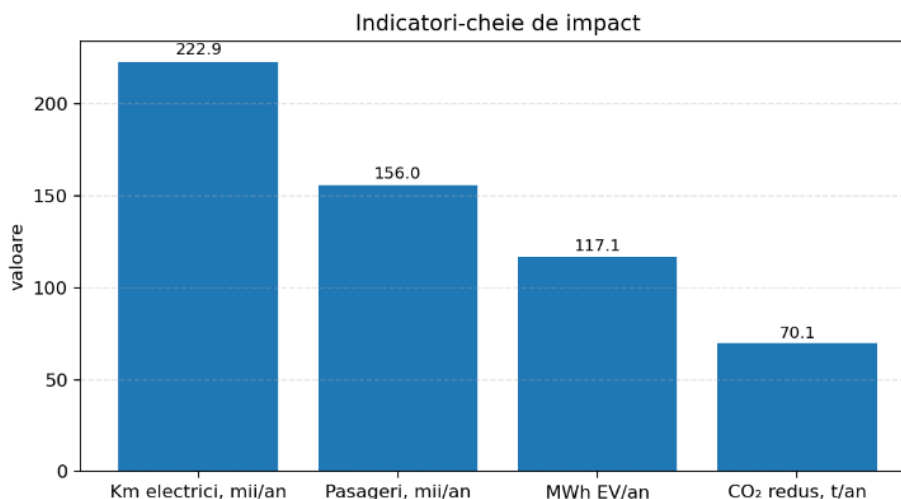


Figura 133. Indicatori-cheie de impact ai proiectului

## 9.6 Monitorizarea impactului după implementare

Pentru ca impactul să fie demonstrat după lansarea serviciului, proiectul trebuie însoțit de un sistem minim de monitorizare lunară. Indicatorii trebuie colectați de operatorul de transport și de operatorul energetic, consolidați de Consiliul Raional și utilizați pentru ajustarea programului, a tarifelor, a mentenanței și a extinderii ulterioare.

Tabelul 188. Indicatori de monitorizare a impactului după implementare

| Indicator                  | Unitate                    | Frecvență   | Țintă/valoare de referință   |
|----------------------------|----------------------------|-------------|------------------------------|
| Km operați electric        | km/lună și km/an           | lunar/anual | 222 900 km/an                |
| Pasageri transportați      | pasageri/zi și pasageri/an | lunar/anual | minim 156.000 pasageri/an    |
| Consum specific EV         | kWh/km pe rută             | lunar       | 0,40-0,55 kWh/km, de validat |
| Energie PV utilizată       | MWh/an și % din consum     | lunar/anual | 55% ipoteză de lucru         |
| Combustibil înlocuit       | litri/an                   | anual       | 33 042 litri/an              |
| Reducere CO <sub>2</sub>   | t CO <sub>2</sub> /an      | anual       | 70.1 t/an                    |
| Disponibilitate flotă      | % vehicule disponibile     | lunar       | minimum 90-95%               |
| Satisfacția utilizatorilor | scor sondaj                | semestrial  | minimum 4 din 5              |

Sursa: calcule autor, scenariu revizuit pe baza rutelor operaționale solicitate de beneficiar; valorile urmează a fi validate în etapa de proiect tehnic.

Tabelul 189. Concluziile Capitolului 9

| Domeniu       | Concluzie principală                                                                                                                                     |
|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Energetic     | Proiectul înlocuiește aproximativ 36 624 litri/an de combustibil lichid cu 114,6 MWh/an energie electrică, din care 55% poate fi acoperită prin PV/BESS. |
| Climatic      | Reducerea emisiilor este estimată la aproximativ 79,3 t CO <sub>2</sub> /an, adică circa 82% față de linia de bază.                                      |
| Social        | Cele patru coridoare pot deservi direct peste 33 mii locuitori din aria rutelor și aproximativ 159 mii călătorii/an în scenariul minim.                  |
| Economic      | Economia operațională anuală estimată este de circa 1,29 mil. lei, ceea ce susține fezabilitatea investiției în condiții de grant.                       |
| Instituțional | Modelul poate transforma transportul public raional într-un serviciu monitorizat, etapizat și replicabil.                                                |

## 10 IMPLEMENTARE, MANAGEMENT OPERAȚIONAL, RISCURI ȘI SUSTENABILITATE

Prezentul capitol definește modul practic de trecere de la rezultatele tehnico-economice ale studiului la implementarea investiției. Capitolul nu reia descrierea generală a proiectului, ci consolidează deciziile de implementare: responsabilități, calendar, achiziții, operare, riscuri, finanțare și monitorizare post-implementare. Obiectivul este ca autoritățile implicate să poată utiliza această secțiune ca instrument de management pentru etapa de pregătire a dosarului de finanțare și pentru lansarea proiectului-pilot de transport electric raional.

Structura propusă pornește de la ipoteza de lucru stabilită în capitolele tehnice: patru coridoare prioritare, două curse dus-întors pe zi pe fiecare coridor, vehicule electrice mici sau medii, încărcare nocturnă în zona Gării Auto Sîngerei și integrarea treptată a producției fotovoltaice și a stocării de energie. Valorile financiare sunt valori de planificare și vor fi actualizate în etapa de proiectare tehnică și achiziții.

*Tabelul 190. Date de intrare utilizate pentru planul de implementare*

| Indicator              | Valoare de lucru           | Utilizare în Capitolul 10                                       |
|------------------------|----------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Număr rute prioritare  | 4 rute                     | Planificarea etapizării și a achiziției vehiculelor             |
| Regim de exploatare    | 2 curse dus-întors/zi/rută | Dimensionarea calendarului operațional și a încărcării nocturne |
| Kilometraj anual total | cca 146.400 km/an          | Monitorizare, buget OPEX și indicatori de performanță           |
| Locație de încărcare   | Gara Auto Sîngerei         | Avize, lucrări electrice, depou și control operațional          |
| Scenariu recomandat    | EV + PV/BESS etapizat      | Plan de finanțare, achiziții și sustenabilitate                 |
| CAPEX de lucru         | 1,735 mil. EUR             | Planificarea finanțării și a plăților pe etape                  |

*Sursa: sinteză din capitolele 4-8 ale studiului; valori preliminare de planificare.*

### 10.1 Planul de implementare

Implementarea proiectului trebuie organizată ca un program integrat, nu ca o simplă achiziție de vehicule. Pentru ca transportul electric să funcționeze în condiții rurale și intercomunale, trebuie pregătite în paralel trei fluxuri de lucru: fluxul instituțional, fluxul tehnic și fluxul operațional. Fluxul instituțional include deciziile Consiliului Raional, acordurile cu APL-urile participante și desemnarea operatorului. Fluxul tehnic include proiectarea amplasamentului de la Gara Auto Sîngerei, avizul de racordare, stațiile de încărcare, sistemul PV/BESS și specificațiile vehiculelor. Fluxul operațional include selectarea rutelor pilot, instruirea personalului și punerea în funcțiune controlată.

În etapa pregătitoare este necesară confirmarea traseelor finale pe baza măsurătorilor GIS și a verificării stării drumurilor. Rutele trebuie validate prin consultări cu primăriile și prin observarea cererii reale de transport dimineața și seara, deoarece proiectul este orientat spre naveta zilnică, accesul la servicii publice și conectarea satelor la centrul raional. Această etapă trebuie finalizată înainte de achiziția vehiculelor, pentru a evita procurarea unor mijloace de transport cu autonomie sau capacitate nepotrivită.

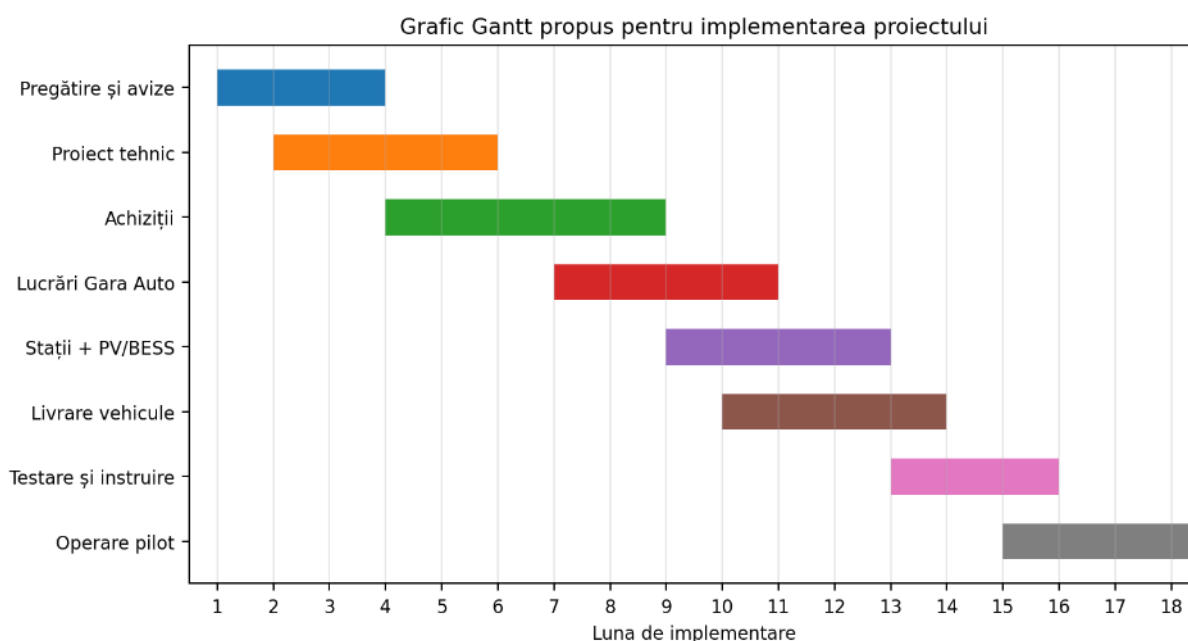
Pentru faza investițională se recomandă lansarea unui pachet principal de achiziții pentru vehicule și un pachet separat pentru infrastructura energetică. Separarea pachetelor permite o concurență mai bună și reduce riscul ca un furnizor de vehicule să dicteze soluția de încărcare. Totodată, caietele de sarcini trebuie să impună compatibilitatea cu standarde europene de încărcare, garanții pentru baterii, service regional și livrarea unui set minim de piese de schimb.

În faza de punere în funcțiune se recomandă o perioadă de operare pilot de minimum 2 luni, în care se colectează date despre consumul real kWh/km, durata încărcării, numărul de pasageri, disponibilitatea vehiculelor și respectarea graficului. Datele din această perioadă vor fi folosite pentru ajustarea orarului și pentru pregătirea extinderii proiectului către alte localități.

*Tabelul 191. Etapele principale de implementare*

| <b>Etapă</b>                         | <b>Durată estimată</b> | <b>Rezultat principal</b>                   | <b>Responsabil principal</b>         |
|--------------------------------------|------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------|
| 1. Confirmarea rutelor și consultări | 1-2 luni               | Rute, stații și cerere validate             | Consiliul Raional + APL-uri          |
| 2. Avize și proiect tehnic           | 2-4 luni               | Proiect pentru Gara Auto, racord, PV/BESS   | Primăria Sîngerei + proiectant       |
| 3. Achiziții publice                 | 4-5 luni               | Contracte pentru vehicule și infrastructură | Beneficiar / grup de lucru achiziții |
| 4. Execuția infrastructurii          | 3-4 luni               | Stații, racord electric, amenajări depou    | Antreprenor + operator distribuție   |
| 5. Livrare vehicule și instruire     | 2-3 luni               | Vehicule recepționate, personal instruit    | Furnizor vehicule + operator         |
| 6. Operare pilot                     | 2 luni                 | Date reale și ajustare serviciu             | Operator transport                   |

*Sursa: calcule autor / date de planificare preliminară. Valorile vor fi confirmate la etapa de proiect tehnic.*



*Figura 134. Grafic Gantt propus pentru implementarea proiectului*

*Sursa: elaborat de autor pe baza datelor de planificare ale studiului.*

*Tabelul 192. Activități pregătitoare obligatorii înainte de achiziție*

| Activitate                                   | Scop                                            | Document rezultat            |
|----------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------|
| Măsurarea rutelor prin GIS/Google Maps/teren | Confirmarea kilometrajului real                 | Fișă de rută și hartă finală |
| Sondaj rapid de pasageri                     | Validarea cererii dimineață/seară               | Raport de cerere pe rută     |
| Verificarea Gării Auto Sîngerei              | Confirmarea spațiului pentru încărcare nocturnă | Plan de amplasament          |
| Solicitare aviz racordare                    | Confirmarea puterii disponibile                 | Aviz tehnic de racordare     |
| Consultări cu APL-urile beneficiare          | Acceptarea orarului și stațiilor                | Proces-verbal consultări     |
| Analiza operatorului de transport            | Stabilirea modelului de operare                 | Decizie instituțională       |

## 10.2 Calendar, achiziții și grafic de plăți

Calendarul recomandat este de 18 luni pentru faza completă de pregătire și lansare pilot. O durată mai scurtă este posibilă doar dacă terenul de la Gara Auto este clarificat, avizul de racordare se obține rapid, iar achiziția vehiculelor se face pe baza unor specificații deja validate. În practică, cele mai sensibile activități sunt avizul de racordare, disponibilitatea vehiculelor la livrare și coordonarea lucrărilor de infrastructură cu operatorul rețelei electrice.

Pentru reducerea riscurilor, achizițiile trebuie împărțite în pachete coerente: vehicule electrice; stații de încărcare și lucrări electrice; sistem PV/BESS; sistem ITS și monitorizare; instruire și mentenanță. În contractele de furnizare trebuie incluse condiții de recepție bazate pe teste funcționale, nu doar pe livrarea fizică a echipamentului. Recepția finală trebuie să confirme încărcarea vehiculelor la puterea prevăzută, autonomia pe trasee și transferul datelor către sistemul de monitorizare.

Graficul de plăți trebuie corelat cu rezultatele măsurabile. Avansurile mari fără livrări intermediare cresc riscul proiectului. Pentru vehicule se recomandă plata în tranșe: avans limitat, plată la livrare, plată după recepție tehnică și reținere de garanție. Pentru infrastructură, plata trebuie legată de proiectare, executarea lucrărilor, testarea stațiilor și punerea în funcțiune.

Tabelul 193. Pachete de achiziții recomandate

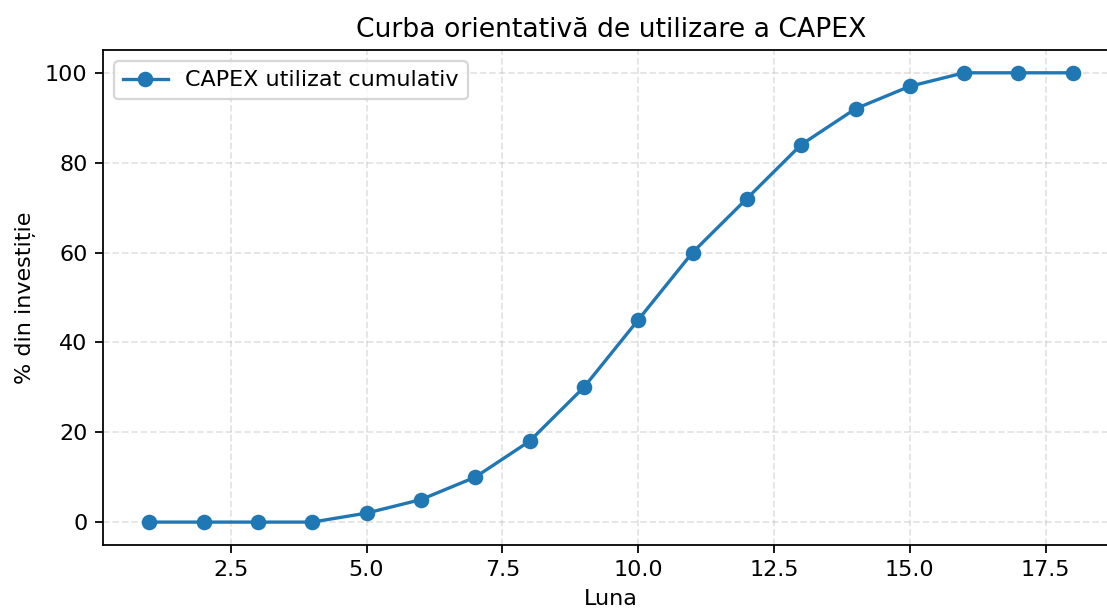
| Pachet                       | Conținut                                   | Criterii tehnice minime                                                         | Observații                                 |
|------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| P1. Vehicule electrice       | 4-5 vehicule, garanție, piese, instruire   | Autonomie minimă 180-220 km în condiții reale; accesibilitate; garanție baterie | Achiziție prioritară, corelată cu stațiile |
| P2. Încărcare depou          | AC 22 kW, DC 60 kW, cabluri, protecții     | Compatibilitate CCS2/standard european; monitorizare; protecții electrice       | Se execută la Gara Auto Sîngerei           |
| P3. PV/BESS                  | PV 150 kWp, BESS 150-250 kWh, EMS          | Monitorizare producție, optimizare autoconsum, integrare cu stațiile            | Poate fi etapizat în funcție de finanțare  |
| P4. ITS și ticketing         | GPS, raportare, validare bilete, dashboard | Date minime: km, punctualitate, pasageri, consum                                | Poate fi simplificat la etapa pilot        |
| P5. Supervizare și instruire | Asistență tehnică, testare, instruire      | Procese-verbale, manuale, instruire personal                                    | Reduce riscul operațional                  |

Sursa: calcule autor / date de planificare preliminară. Valorile vor fi confirmate la etapa de proiect tehnic.

Tabelul 194. Grafic orientativ de plăți investiționale

| Trimestru | Activități dominante                   | Pondere din CAPEX | Valoare estimată, EUR |
|-----------|----------------------------------------|-------------------|-----------------------|
| T1        | Proiectare/avize                       | 4%                | 69 400                |
| T2        | Lansare achiziții                      | 10%               | 173 500               |
| T3        | Contractare vehicule și infrastructură | 28%               | 485 800               |
| T4        | Lucrări și livrări principale          | 30%               | 520 500               |
| T5        | PV/BESS și recepții                    | 23%               | 399 050               |
| T6        | Testare, instruire, rețineri           | 5%                | 86 750                |

Sursa: calcule autor / date de planificare preliminară. Valorile vor fi confirmate la etapa de proiect tehnic.



*Figura 135. Curba de utilizare a bugetului investițional pe durata implementării*

Sursa: elaborat de autor pe baza datelor de planificare ale studiului.

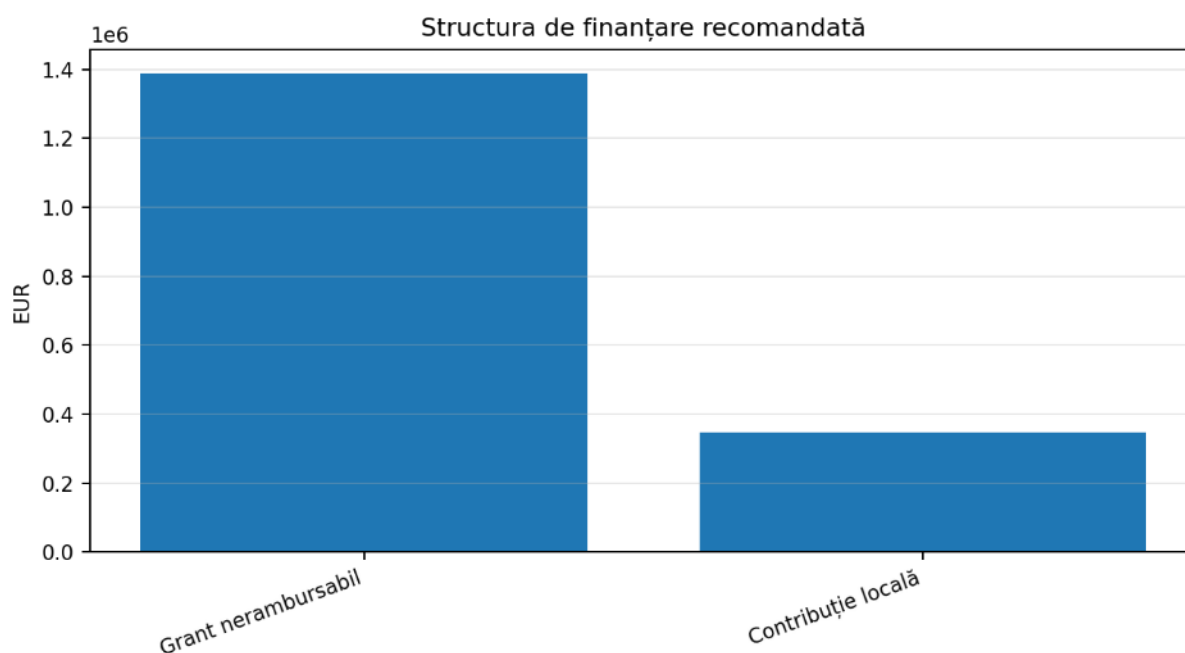


Figura 136. Structura de finanțare recomandată pentru proiect

Sursa: elaborat de autor pe baza datelor de planificare ale studiului.

### 10.3 Model instituțional și operațional

Modelul instituțional recomandat este unul coordonat de Consiliul Raional Sîngerei, cu participarea Primăriei orașului Sîngerei și a APL-urilor beneficiare de pe coridoarele de transport. Consiliul Raional are rolul de beneficiar strategic, deoarece proiectul deservește mai multe localități și are impact asupra conectivității raionale. Primăria orașului Sîngerei are rol esențial deoarece infrastructura de încărcare este propusă la Gara Auto Sîngerei, iar aceasta devine nodul tehnic al sistemului.

Operatorul de transport poate fi selectat în trei forme: operator existent modernizat, întreprindere municipală/raională sau operator privat contractat prin obligație de serviciu public. Pentru etapa pilot, varianta cu operator contractat pe indicatori de performanță este mai rapidă, dar pe termen mediu se recomandă evaluarea unei structuri publice sau mixte care să permită control mai bun asupra tarifelor, calității serviciului și utilizării infrastructurii publice de încărcare.

Gestionarea stațiilor de încărcare, a sistemului PV și a bateriei staționare trebuie separată operațional de conducerea autobuzelor, dar coordonată printr-un sistem comun de dispecerizare. Această separare este importantă deoarece infrastructura energetică are cerințe de mentenanță, securitate electrică și monitorizare diferite de cele ale flotei de transport.

Un element esențial este contractul de performanță sau regulamentul de operare. Acesta trebuie să prevadă numărul minim de curse, nivelul de disponibilitate a vehiculelor, cerințele de raportare, modul de compensare a rutelor sociale și sancțiuni pentru nerespectarea serviciului. Fără un astfel de mecanism, investiția poate genera active moderne, dar fără garanția unui serviciu public stabil.

### Model instituțional și operațional recomandat

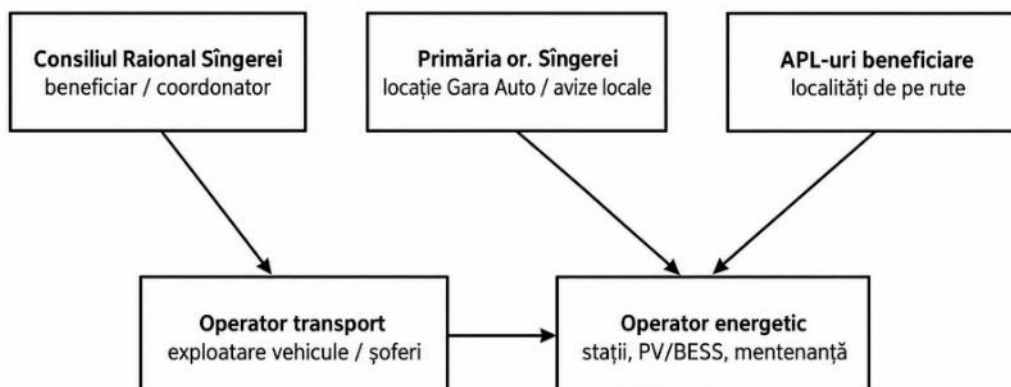


Figura 137. Model instituțional și operațional recomandat

Sursa: elaborat de autor pe baza datelor de planificare ale studiului.

Tabelul 195. Roluri și responsabilități instituționale

| Actor                          | Rol principal                      | Responsabilități cheie                                              |
|--------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| Consiliul Raional Sîngerei     | Coordonator / beneficiar strategic | Finanțare, decizii raionale, prioritizare rute, monitorizare impact |
| Primăria or. Sîngerei          | Partener tehnic local              | Gara Auto, avize locale, integrare urbană, facilitarea lucrărilor   |
| APL-uri beneficiare            | Parteneri de rută                  | Confirmare stații, informare populație, monitorizare socială        |
| Operator transport             | Exploatare serviciu                | Șoferi, curse, întreținere vehicule, raportare km și pasageri       |
| Operator energetic / service   | Infrastructură încărcare           | Mentenanță stații, PV/BESS, EMS, siguranță electrică                |
| Operator distribuție electrică | Racordare                          | Aviz tehnic, verificare putere, punere sub tensiune                 |

Sursa: calcule autor / date de planificare preliminară. Valorile vor fi confirmate la etapa de proiect tehnic.

Tabelul 196. Opțiuni de organizare a serviciului

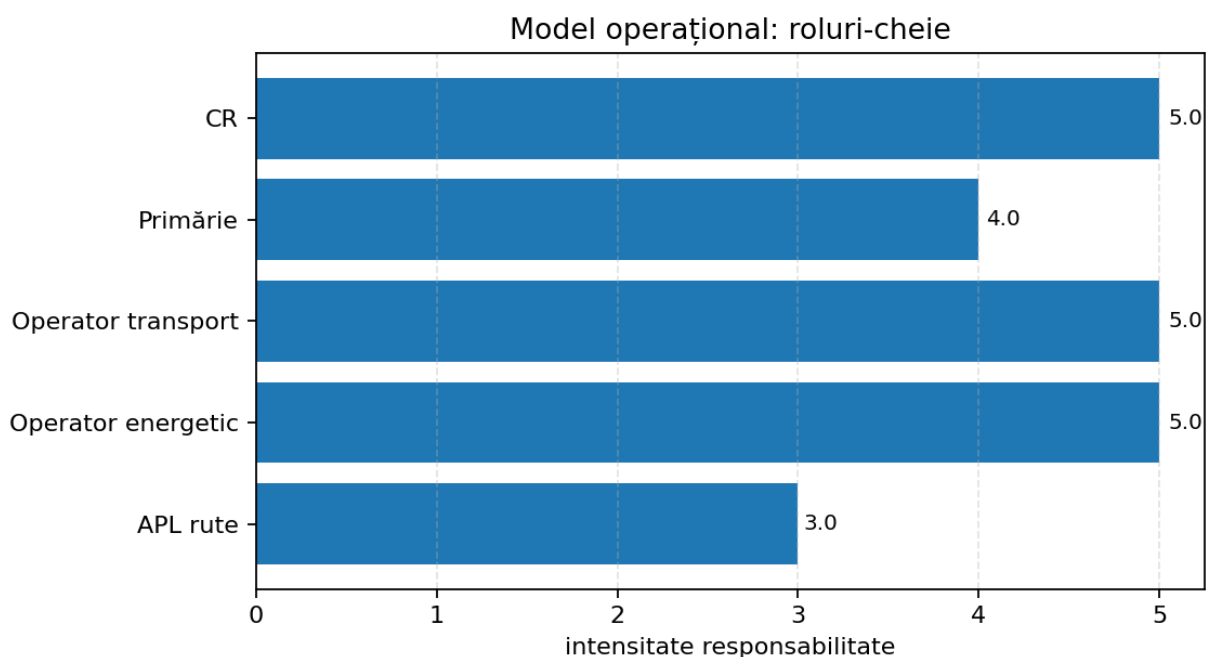
| Opțiune                                         | Avantaje                                        | Dezavantaje                                     | Recomandare                                    |
|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| Operator privat existent cu contract actualizat | Implementare rapidă; experiență pe rute         | Control mai redus asupra tarifelor și calității | Acceptabil pentru pilot, cu KPI stricți        |
| Operator public raional/municipal               | Control public asupra serviciului; tarif social | Necesită personal, licențe, management nou      | De analizat pentru etapa extinsă               |
| PPP / concesiune de serviciu                    | Transfer parțial de risc către privat           | Contract mai complex; risc de tarif mai mare    | Potrivit dacă finanțarea publică este limitată |

Sursa: calcule autor / date de planificare preliminară. Valorile vor fi confirmate la etapa de proiect tehnic.

**Tabelul 148. Cerințe minime pentru contractul de operare**

| Domeniu         | Cerință minimă                                | Indicator de control        |
|-----------------|-----------------------------------------------|-----------------------------|
| Program         | respectarea curselor aprobate pe fiecare rută | % curse efectuate           |
| Disponibilitate | minimum 90–95% disponibilitate flotă          | ore indisponibilitate/lună  |
| Energie         | raportare consum kWh/km pe rută               | kWh/km și kWh/pasager       |
| Pasageri        | numărare pasageri și validare simplificată    | pasageri/zi și grad ocupare |
| Siguranță       | inspecții zilnice și instruire șoferi         | incidente/lună              |
| Raportare       | registru lunar tehnic-financiar-social        | raport lunar validat        |

Sursa: elaborare autor pe baza scenariului operațional revizuit și a capitolelor 4–9 actualizate.

**Figura 138. Model instituțional și operațional recomandat**

Pe termen mediu, infrastructura electrică propusă prin prezentul Studiu de Fezabilitate — respectiv stațiile de încărcare amplasate la Gara Auto Sîngerei, sistemul fotovoltaic și, după caz, sistemul de stocare BESS — poate constitui baza pentru extinderea mobilității electrice și la nivel urban. Într-o etapă ulterioară, ca fază-pilot de dezvoltare a proiectului, la aceeași infrastructură pot fi conectate suplimentar **3–4 rute locale de autobuze electrice**, destinate deservirii nemijlocite a locuitorilor orașului Sîngerei. Aceste rute pot fi operate fie cu vehiculele electrice utilizate pe traseele intercomunale, în intervalele în care acestea nu deservesc localitățile rurale, fie cu unități de transport dedicate, procurate special pentru mobilitatea urbană. O asemenea extindere ar permite valorificarea mai eficientă a infrastructurii deja create, ar crește gradul de utilizare a energiei regenerabile produse local și ar oferi locuitorilor orașului Sîngerei acces la un transport public mai curat, mai silențios și mai ecologic.

## 10.4 Analiza riscurilor

Analiza riscurilor a fost structurată pe cinci categorii: riscuri tehnice, financiare, operaționale, instituționale și sociale. Pentru fiecare risc s-au atribuit valori de probabilitate și impact de la 1 la 5. Scorul de risc este produsul dintre probabilitate și impact, iar măsurile de diminuare sunt orientate spre reducerea riscului înainte de semnarea contractelor principale.

Cele mai importante riscuri sunt costurile investiționale peste buget, capacitatea insuficientă a rețelei electrice în zona Gării Auto, întârzierile la achiziții și cererea de pasageri sub nivelul prognozat. Riscurile tehnice pot fi reduse prin aviz de racordare obținut înainte de achiziție, teste de autonomie pe trasee reprezentative și garanții clare pentru baterii și stații. Riscul social se reduce prin consultări publice, orar adaptat și comunicarea avantajelor serviciului.

Riscurile de exploatare sunt specifice flotelor electrice noi: lipsa personalului instruit, lipsa pieselor de schimb, intervenții lente la stații și scăderea autonomiei în sezonul rece. De aceea, contractul de achiziție trebuie să includă instruire, service local/regional, diagnosticare la distanță și pachet minim de piese pentru primul an de exploatare.

Tabelul 197. Matricea riscurilor principale

| Risc                              | Probabilitate | Impact | Scor | Nivel   |
|-----------------------------------|---------------|--------|------|---------|
| Întârziere achiziții              | 4             | 4      | 16   | ridicat |
| Capacitate electrică insuficientă | 3             | 5      | 15   | mediu   |
| Costuri CAPEX peste buget         | 4             | 5      | 20   | ridicat |
| Cerere pasageri sub prognoză      | 3             | 4      | 12   | mediu   |
| Disponibilitate service redusă    | 3             | 4      | 12   | mediu   |
| Performanță redusă iarna          | 3             | 3      | 9    | mediu   |
| Acceptare tarifară scăzută        | 2             | 4      | 8    | redus   |
| PV sub producția estimată         | 2             | 3      | 6    | redus   |

Sursa: calcule autor / date de planificare preliminară. Valorile vor fi confirmate la etapa de proiect tehnic.

Tabelul 198. Măsuri de diminuare a riscurilor

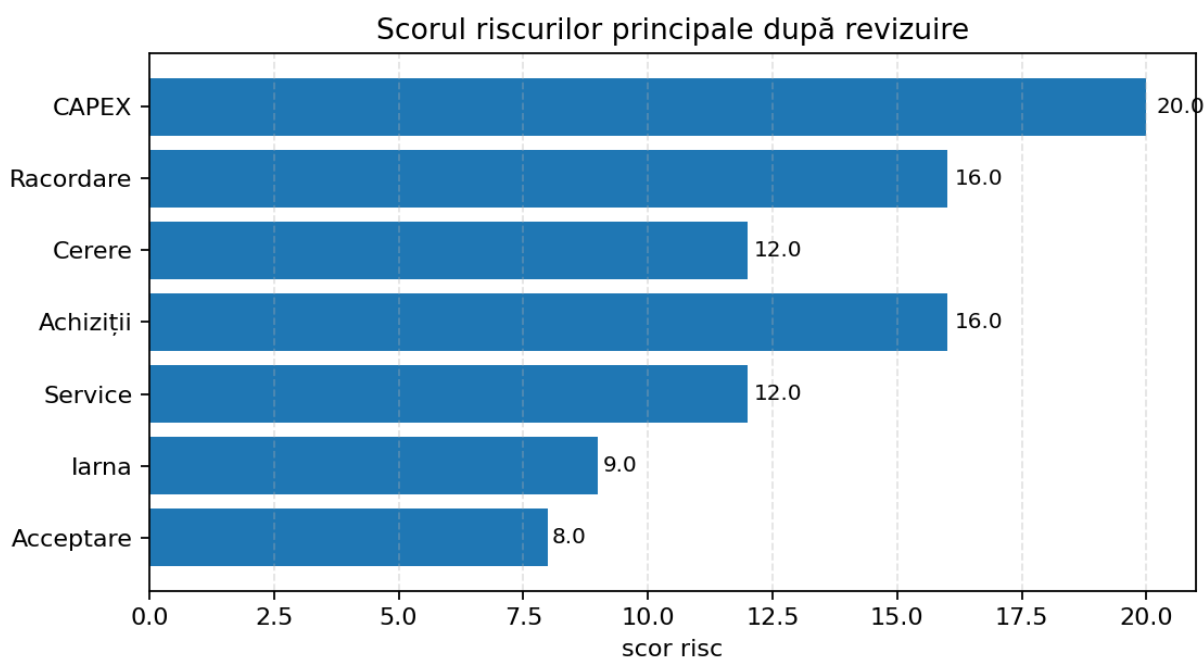
| Risc major                        | Măsură de diminuare                                                             | Moment de aplicare      |
|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| Capacitate electrică insuficientă | Aviz de racordare și verificare post transformare 250-400 kVA                   | Înainte de achiziții    |
| Costuri CAPEX peste buget         | Rezervă de neprevăzute, licitații pe loturi, criterii de cost pe ciclu de viață | Proiectare și achiziții |
| Cerere pasageri sub prognoză      | Sondaje, orar adaptat, integrare cu școli și servicii publice                   | Pregătire și pilot      |
| Defecțiuni stații/vehicule        | Contract service, piese minime, diagnosticare online                            | Operare                 |
| Acceptare publică redusă          | Consultări, informare, tarif social, orar predictibil                           | Înainte de lansare      |
| Performanță redusă iarna          | Rezervă de autonomie 20-30%, încărcare completă noaptea, vehicul de rezervă     | Operare sezon rece      |

Sursa: calcule autor / date de planificare preliminară. Valorile vor fi confirmate la etapa de proiect tehnic.

**Tabelul 149. Matricea riscurilor principale pentru scenariul revizuit**

| Risc                              | Probabilitate | Impact | Scor | Nivel       |
|-----------------------------------|---------------|--------|------|-------------|
| Costuri CAPEX peste buget         | 4             | 5      | 20   | ridicat     |
| Întârziere achiziții              | 4             | 4      | 16   | ridicat     |
| Capacitate electrică insuficientă | 4             | 4      | 16   | ridicat     |
| Cerere pasageri sub prognoză      | 3             | 4      | 12   | mediu       |
| Disponibilitate service redusă    | 3             | 4      | 12   | mediu       |
| Performanță redusă iarna          | 3             | 3      | 9    | mediu       |
| Acceptare tarifară scăzută        | 2             | 4      | 8    | reduc-mediu |
| PV sub producția estimată         | 2             | 3      | 6    | reduc       |

Sursa: elaborare autor pe baza scenariului operațional revizuit și a capitolelor 4–9 actualizate.



**Figura 139. Matrice sintetică a riscurilor principale**

Sursa: grafic elaborat de autor pe baza modelului revizuit al studiului.

## 10.5 Sustenabilitate și finanțare

Sustenabilitatea proiectului depinde de combinarea a trei surse de stabilitate: finanțare nerambursabilă pentru investiția inițială, costuri operaționale reduse prin electrificare și producție locală de energie din PV, respectiv un model operațional bazat pe indicatori măsurabili. Din perspectiva

finanțării, proiectul este potrivit pentru programe orientate spre climă, eficiență energetică, dezvoltare regională, conectivitate rurală și servicii publice moderne.

Modelul financiar al capitolelor anterioare arată că proiectul este dificil de realizat exclusiv din resurse locale, dar devine fezabil în cazul unei finanțări nerambursabile majoritare. O contribuție locală de 20% este realistă doar dacă este eșalonată și corelată cu economiile operaționale generate în primii ani. Pentru această categorie de proiecte, grantul nu trebuie privit ca o subvenție izolată, ci ca instrument de reducere a barierelor CAPEX pentru un serviciu public cu impact social și climatic.

Sustenabilitatea tehnică se asigură prin alegerea unor vehicule standardizate, disponibile în regiune, cu service și garanții clare. Sustenabilitatea energetică se asigură prin încărcare nocturnă controlată, completată de PV/BESS, iar sustenabilitatea socială se asigură prin orar stabil și tarife acceptabile. Pe termen lung, extinderea serviciului trebuie făcută doar după analiza datelor de operare ale etapei pilot.

*Tabelul 199. Surse potențiale de finanțare și relevanța lor*

| Sursă                                     | Tip finanțare              | Relevanță pentru proiect                               |
|-------------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------------------------|
| Fonduri europene / programe de vecinătate | Grant / asistență tehnică  | Mobilitate verde, conectivitate rurală, climă          |
| Fonduri naționale de dezvoltare regională | Grant / cofinanțare        | Infrastructură publică și servicii raionale            |
| Fonduri climatice și eficiență energetică | Grant / credit concesional | Reducere emisii, transport electric, PV/BESS           |
| Buget raional/local                       | Cofinanțare                | Contribuție locală, avize, teren, operare              |
| Parteneriat public-privat                 | Investiție/operare         | Poate acoperi operarea sau infrastructura de încărcare |

*Sursa: sinteză autor; eligibilitatea exactă se verifică la fiecare apel de proiecte.*

*Tabelul 200. Condiții minime de sustenabilitate financiară*

| Condiție                 | Valoare / cerință recomandată                        | Justificare                                        |
|--------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Grant pentru CAPEX       | minimum 70%, recomandat 80%                          | Reduce presiunea asupra bugetului local            |
| Disponibilitate vehicule | minimum 90-95%                                       | Asigură continuitatea serviciului                  |
| Cost energie EV          | sub 3,0 lei/kWh mediu anual                          | Menține avantajul față de motorină                 |
| Grad de utilizare        | minimum 150-180 pasageri/zi total în faza pilot      | Acoperă parțial OPEX și justifică serviciul social |
| PV operațional           | minimum 140-175 MWh/an pentru 150 kWp                | Reduce costul energiei pe termen lung              |
| Rezervă tehnică          | minimum 1 vehicul sau vehicul convențional de backup | Reduce riscul de întrerupere                       |

*Sursa: calcule autor / date de planificare preliminară. Valorile vor fi confirmate la etapa de proiect tehnic.*

*Tabelul 201. Responsabilități de sustenabilitate după punerea în funcțiune*

| Domeniu              | Responsabil                 | Frecvență raportare  |
|----------------------|-----------------------------|----------------------|
| Exploatare rute      | Operator transport          | lunar                |
| Stații de încărcare  | Operator energetic/service  | lunar și la incident |
| PV/BESS              | Operator energetic          | lunar/semestrial     |
| Tarife și subvenții  | Consiliul Raional/APL       | anual                |
| Impact social        | APL-uri + asistență socială | semestrial           |
| Indicatori climatici | Coordonator PIEC/SECAP      | anual                |

Sursa: calcule autor / date de planificare preliminară. Valorile vor fi confirmate la etapa de proiect tehnic.

## 10.6 Monitorizare și indicatori de performanță

Monitorizarea trebuie să înceapă din prima zi de operare pilot. Spre deosebire de transportul convențional, transportul electric permite colectarea automată a datelor privind consumul, încărcarea, starea bateriei și kilometrajul. Aceste date trebuie transformate în rapoarte lunare simple, utile pentru Consiliul Raional, operator și APL-urile beneficiare.

Se recomandă o platformă minimală de monitorizare care să includă GPS, kilometraj, consum kWh/km, energie încărcată pe vehicul, grad de ocupare, număr de curse efectuate și incidente tehnice. Pentru etapa pilot, monitorizarea poate fi realizată printr-un sistem simplificat furnizat împreună cu vehiculele și stațiile de încărcare. Ulterior, aceasta poate fi conectată la un sistem de ticketing și informare publică.

Indicatorii trebuie separați în indicatori tehnici, financiari, sociali și de mediu. Indicatorii tehnici arată dacă sistemul funcționează; indicatorii financiari arată dacă serviciul este sustenabil; indicatorii sociali arată dacă populația folosește serviciul; indicatorii de mediu arată contribuția la obiectivele PIEC/SECAP. Raportarea anuală trebuie să compare valorile reale cu valorile asumate în studiul de fezabilitate.

Monitorizarea este esențială deoarece multe date inițiale au fost estimate pentru faza de fezabilitate. După lansare, proiectul trebuie să producă date reale privind pasagerii, kilometrii, consumul, punctualitatea, energia PV și costurile. Aceste date vor permite ajustarea orarului, a frecvenței, a capacității vehiculelor și a mecanismului de finanțare.

Tabelul 202. Indicatori tehnici de monitorizare

| Indicator             | Unitate           | Valoare țintă revizuită | Frecvență   |
|-----------------------|-------------------|-------------------------|-------------|
| Km operați electric   | km/an             | 222.900                 | lunar/anual |
| Disponibilitate flotă | %                 | 90–95%                  | lunar       |
| Consum specific EV    | kWh/km            | 0,40–0,55 orientativ    | lunar       |
| Energie EV anuală     | MWh/an            | 117,1 cu rezervă        | lunar/anual |
| Funcționare stații    | % timp disponibil | min. 95%                | lunar       |

Sursa: elaborare autor pe baza scenariului operațional revizuit și a capitolelor 4–9 actualizate.

Tabelul 203. Indicatori financiari și sociali de monitorizare

| Indicator                  | Unitate     | Valoare țintă / referință                    | Frecvență   |
|----------------------------|-------------|----------------------------------------------|-------------|
| Pasageri transportați      | pasageri/an | 156.000 minim; țintă extinsă 180.000–220.000 | lunar/anual |
| Cost operațional mediu     | lei/km      | sub nivelul vehiculelor convenționale        | trimestrial |
| Venituri tarifare          | lei/lună    | conform tarif și pasageri validați           | lunar       |
| Grad de ocupare            | %           | monitorizare pe rută și oră                  | lunar       |
| Satisfacția utilizatorilor | scor/sondaj | minimum 4 din 5                              | semestrial  |

Sursa: elaborare autor pe baza scenariului operațional revizuit și a capitolelor 4–9 actualizate.

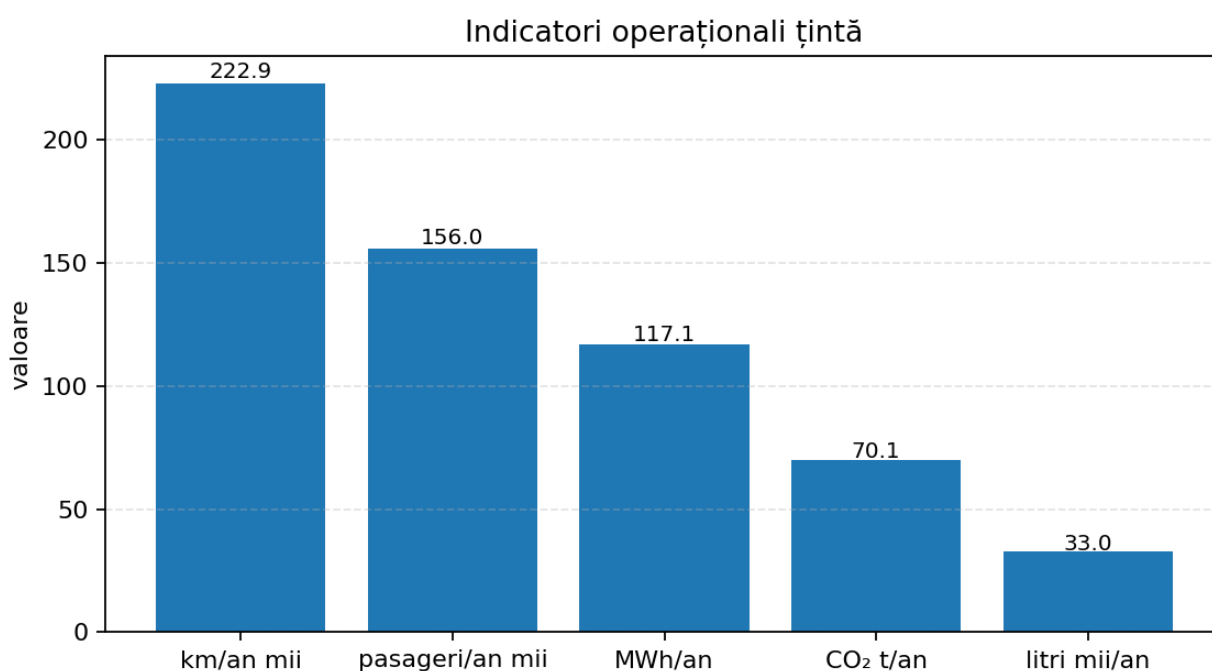
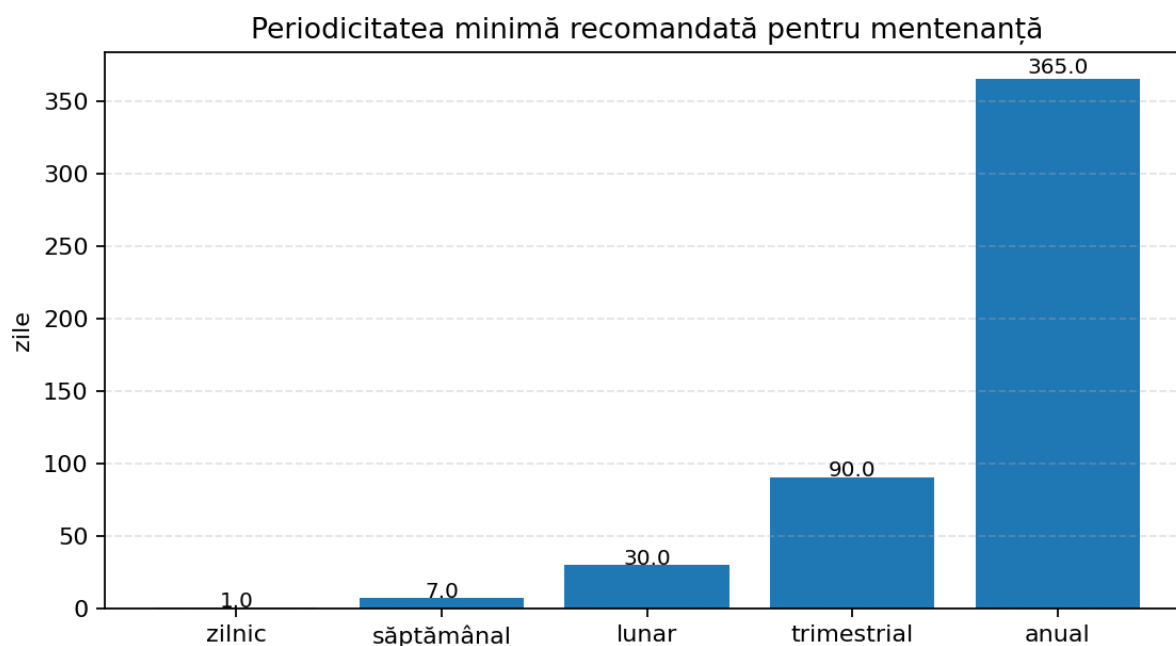


Figura 140. Indicatori operaționali de monitorizare – valori țintă anuale



**Figura 141. Periodicitatea minimă recomandată pentru mentenanță**

**Tabelul 204. Indicatori de mediu și energie**

| Indicator                    | Unitate  | Valoare țintă anuală            | Metodă de calcul                   |
|------------------------------|----------|---------------------------------|------------------------------------|
| Motorină înlocuită           | litri/an | cca 40.000-55.000               | km/an x consum diesel specific     |
| Energie electrică consumată  | MWh/an   | cca 80-100                      | km/an x consum EV specific         |
| Producție PV                 | MWh/an   | cca 160-190                     | producție specifică x kWp          |
| Reducere CO2                 | tCO2/an  | cca 120-160                     | combustibil evitat x factor emisie |
| Pondere energie regenerabilă | %        | min. 50% din necesarul anual EV | PV utilizat / consum EV            |

Sursa: calcule autor / date de planificare preliminară. Valorile vor fi confirmate la etapa de proiect tehnic.

## 10.7 Concluziile Capitolului 10

Implementarea proiectului este realistă dacă se respectă o abordare etapizată, în care infrastructura de încărcare de la Gara Auto Sîngerei este pregătită înainte sau concomitent cu livrarea vehiculelor. Nodul de încărcare trebuie tratat ca element critic al proiectului, deoarece de el depind autonomia zilnică, disponibilitatea vehiculelor și costul energiei.

Pentru etapa de lansare se recomandă scenariul EV + PV/BESS cu finanțare mixtă și grant majoritar. Modelul permite reducerea costurilor operaționale și creează o platformă de date pentru extinderea ulterioară a serviciului. Proiectul trebuie să includă în mod obligatoriu instruire, service, monitorizare, indicatori de performanță și contracte clare de operare.

Riscurile principale pot fi gestionate prin acțiuni pregătitoare înainte de achiziții: confirmarea avizului de racordare, verificarea cererii reale pe rute, consultarea localităților beneficiare și definirea contractului de operare. Dacă aceste condiții sunt îndeplinite, proiectul poate deveni un model replicabil de transport electric rural/intercomunal pentru alte raioane din Republica Moldova.

Tabelul 205. Recomandări finale pentru trecerea la etapa următoare

| Nr. | Recomandare                                                                | Prioritate    |
|-----|----------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1   | Solicitarea avizului de racordare pentru Gara Auto Sîngerei                | Foarte înaltă |
| 2   | Validarea celor 4 rute prin măsurători GIS și sondaj de pasageri           | Foarte înaltă |
| 3   | Pregătirea caietelor de sarcini separate pentru vehicule și infrastructură | Înaltă        |
| 4   | Stabilirea operatorului și a contractului de performanță                   | Înaltă        |
| 5   | Structurarea finanțării cu grant minim 70-80%                              | Foarte înaltă |
| 6   | Lansarea etapei pilot și monitorizarea timp de minimum 2 luni              | Înaltă        |

### 10.8 Pregătirea operațională înainte de lansarea serviciului

Înainte de lansarea curselor regulate, beneficiarul trebuie să organizeze o perioadă de pregătire operațională în care toate procesele sunt testate fără presiunea exploatarei comerciale complete. Această etapă trebuie să includă instruirea șoferilor, verificarea traseelor, verificarea încărcării nocturne, simularea incidentelor tehnice și instruirea personalului responsabil de raportare. Pentru un proiect-pilot în transport electric, calitatea pregătirii operaționale este la fel de importantă ca achiziția echipamentelor.

Testarea trebuie efectuată în condiții cât mai apropiate de operarea reală: plecări dimineața, întoarceri seara, încărcare peste noapte, temperaturi diferite și încărcare cu pasageri simulată sau reală. Pe durata testării se recomandă măsurarea consumului real pe fiecare rută, deoarece diferențele de relief, calitatea drumului, opririle frecvente și încălzirea salonului pe timp de iarnă pot modifica semnificativ consumul față de valorile de catalog.

Tabelul 206. Plan minim de testare înainte de lansarea serviciului

| Test                     | Descriere                                                           | Criteriu de acceptare                           |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Test rută R1-R4          | Parcursarea fiecărei rute dus-întors în regim real                  | Autonomie suficientă cu rezervă minim 20%       |
| Test încărcare nocturnă  | Încărcare simultană sau secvențială la Gara Auto                    | Vehicule încărcate înainte de prima cursă       |
| Test iarnă / HVAC        | Simulare consum suplimentar pentru încălzire                        | Consum în limitele scenariului conservator      |
| Test raportare date      | Transmitere km, kWh, SOC, incidente                                 | Raport generat automat sau manual lunar         |
| Test accesibilitate      | Urcare/coborâre persoane vârstnice și pasageri cu mobilitate redusă | Timp acceptabil și procedură clară              |
| Test intervenție tehnică | Simulare defect stație/vehicul                                      | Timp de reacție și procedură de backup definite |

Sursa: elaborat de autor pe baza datelor de planificare ale studiului.

Tabelul 207. Program de instruire recomandat

| Grup țintă | Tematică instruire                                            | Durată minimă |
|------------|---------------------------------------------------------------|---------------|
| Șoferi     | Conducere eficientă EV, recuperare energie, siguranță baterie | 2 zile        |

|                           |                                                                 |        |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------|--------|
| Dispecer / coordonator    | Planificare curse, monitorizare SOC, raportare KPI              | 1 zi   |
| Mecanic / personal tehnic | Diagnoză de bază, verificări zilnice, defecte frecvente         | 3 zile |
| Responsabil stații        | Operare încărcătoare, proceduri de siguranță, raportare energie | 2 zile |
| APL-uri partenere         | Monitorizare socială, comunicare cu populația, reclamații       | 1 zi   |

Sursa: elaborat de autor pe baza datelor de planificare ale studiului.

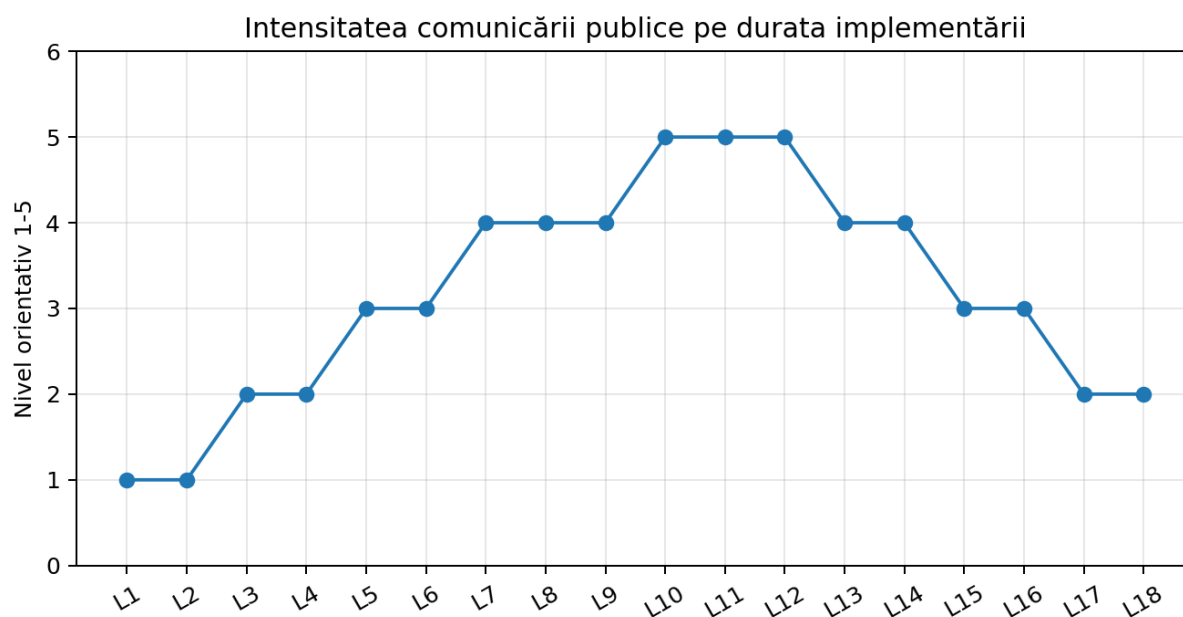


Figura 142. Intensitatea recomandată a comunicării publice pe durata implementării

### 10.9 Comunicare publică și managementul schimbării

Introducerea transportului electric poate modifica modul în care populația utilizează transportul public. De aceea, proiectul trebuie însoțit de o comunicare clară privind rutele, orarul, tarifele, stațiile, modul de utilizare și avantajele pentru comunitate. Comunicarea trebuie să fie practică și locală: afișe în primării, școli, stații, autogară, paginile web ale APL-urilor și informări prin rețele sociale.

Managementul schimbării este important și pentru operatorii existenți. În cazul în care serviciul va fi operat de un operator nou sau pe baza unui contract de performanță, trebuie evitate blocajele instituționale prin dialog timpuriu, reguli clare și definirea rolurilor. Proiectul trebuie prezentat ca o extindere și modernizare a serviciului public, nu ca o măsură izolată de înlocuire tehnologică.

Tabelul 208. Plan de comunicare și consultări publice

| Moment                | Acțiune                      | Public țintă               | Rezultat urmărit                |
|-----------------------|------------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| Înainte de proiectare | Consultări pe rute și orar   | APL-uri, populație, școli  | Rute validate social            |
| Înainte de achiziții  | Prezentarea soluției tehnice | Consilii locale, operatori | Acceptarea modelului de proiect |

|                    |                                  |                               |                               |
|--------------------|----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Înainte de lansare | Campanie de informare orar/tarif | Pasageri potențiali           | Utilizare din prima lună      |
| Primele 2 luni     | Colectare feedback               | Pasageri și șoferi            | Corectarea orarului           |
| După 6 luni        | Raport public de performanță     | Consiliul Raional și cetățeni | Transparență și suport public |

Sursa: elaborat de autor pe baza datelor de planificare ale studiului.

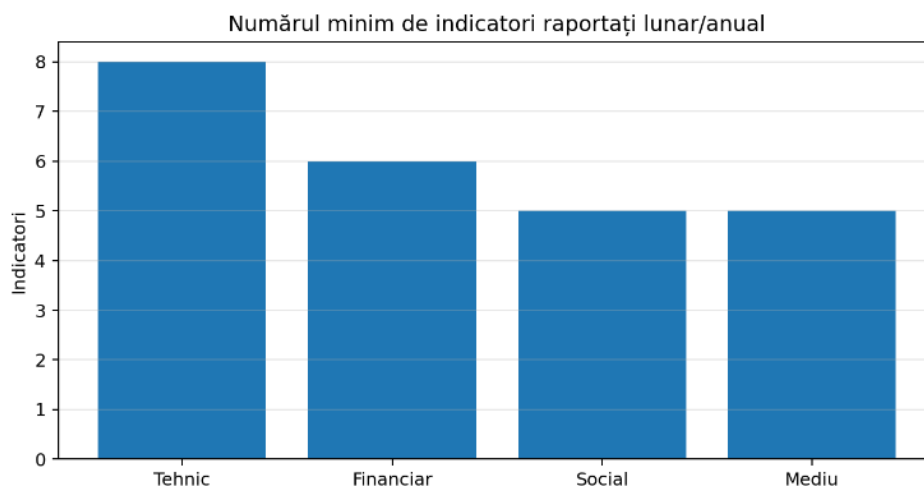


Figura 143. Structura minimă a sistemului de raportare pe categorii de indicatori

Tabelul 209. Registrul lunar de date recomandat pentru operator

| Categorie | Date minime colectate                                      | Format recomandat                      |
|-----------|------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Operare   | curse planificate, curse efectuate, întârzieri, anulări    | Excel / dashboard lunar                |
| Vehicule  | km, kWh consumați, SOC inițial/final, defecțiuni           | raport telematică + verificare manuală |
| Încărcare | energie încărcată, durată, putere maximă, incidente stație | raport stații de încărcare             |
| Pasageri  | pasageri/zi/rută, categorii tarifare, ore de vârf          | ticketing sau numărare manuală         |
| Financiar | venituri bilete, cost energie, cost mentenanță, subvenții  | raport contabil lunar                  |
| Mediu     | motorină evitată, CO2 redus, energie PV utilizată          | calcul lunar/anual                     |

Sursa: elaborat de autor pe baza datelor de planificare ale studiului.

## 11 CONCLUZII ȘI RECOMANDĂRI

Prezentul capitol sintetizează concluziile Studiului de Fezabilitate privind modernizarea și ecologizarea transportului public din raionul Sîngerei prin introducerea vehiculelor electrice, a infrastructurii de încărcare la Gara Auto Sîngerei și a producției locale de energie din sistem fotovoltaic. Concluziile sunt formulate pe baza datelor colectate, a celor cinci coridoare prioritare analizate, a modelului tehnico-economic și a scenariilor de implementare dezvoltate în capitolele anterioare. Studiul ia în calcul 5 rute operaționale, 743 km/zi, aproximativ 222.900 km/an, 5 vehicule active și 1 vehicul de rezervă. Consumul anual al flotei electrice, cu rezervă operațională de 15%, este estimat la circa 117,1 MWh/an.

Valorile indicate în acest capitol reprezintă indicatori de planificare pentru faza de studiu de fezabilitate. În etapa de proiect tehnic, acestea trebuie actualizate pe baza măsurărilor GIS finale, avizului de racordare electrică, ofertelor comerciale ferme, consultărilor cu operatorii de transport și datelor reale privind fluxurile de pasageri.

Tabelul 210. Sinteza deciziei de fezabilitate

| Domeniu analizat | Concluzie finală                                                                                                                                                                        | Nivel de fezabilitate |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Tehnic           | Rutele selectate au parcurhuri zilnice compatibile cu minibuze și midibuze electrice, iar încărcarea nocturnă la Gara Auto Sîngerei este o soluție operațională logică pentru etapa I.  | Ridicat               |
| Energetic        | Consumul anual de energie al flotei electrice poate fi acoperit parțial din PV/BESS, reducând presiunea asupra costurilor de exploatare.                                                | Ridicat               |
| Economic         | Costurile operaționale sunt semnificativ mai mici decât în scenariul cu vehicule convenționale; rentabilitatea investiției depinde de grant, prețul vehiculelor și gradul de utilizare. | Mediu-ridicat         |
| Social           | Proiectul îmbunătățește accesul populației rurale la servicii raionale, educație, piață, servicii medicale și conexiuni regionale.                                                      | Ridicat               |
| Mediu            | Înlocuirea combustibilului lichid cu energie electrică reduce emisiile directe, zgomotul și poluarea locală pe coridoarele deservite.                                                   | Ridicat               |
| Instituțional    | Sunt necesare acorduri clare între Consiliul Raional, Primăria Sîngerei, APL-urile beneficiare și operatorul de transport/energie.                                                      | Mediu                 |

Sursa: sinteză proprie pe baza capitolelor 2-10 ale studiului.

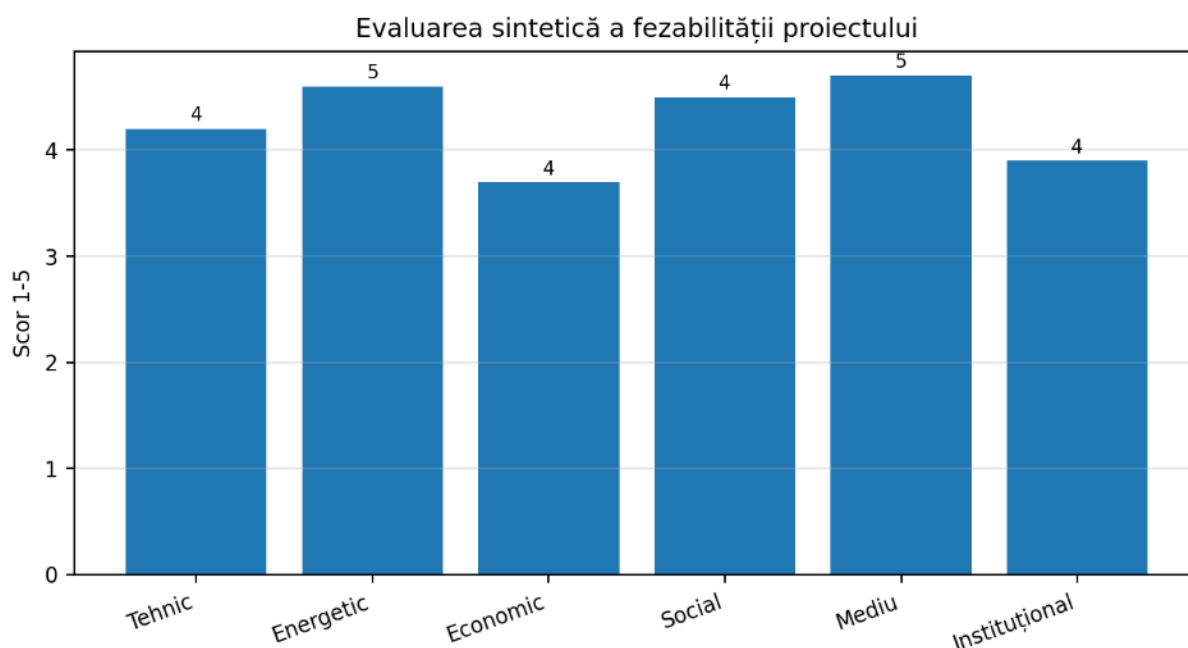


Figura 144. Evaluarea sintetică a fezabilității proiectului

Sursa: model de evaluare multicriterială, elaborare proprie.

### 11.1 Concluzii tehnice

Din punct de vedere tehnic, proiectul rămâne fezabil și după actualizarea rutelor. Noile trasee solicitate de beneficiar sunt mai concrete din punct de vedere operațional decât cele 4 coridoare inițiale și permit dimensionarea mai apropiată de viitorul serviciu public. Principala schimbare constă în majorarea frecvenței zilnice și în trecerea la 5 rute distincte, ceea ce impune o flotă minimă de 5 vehicule active și 1 vehicul de rezervă.

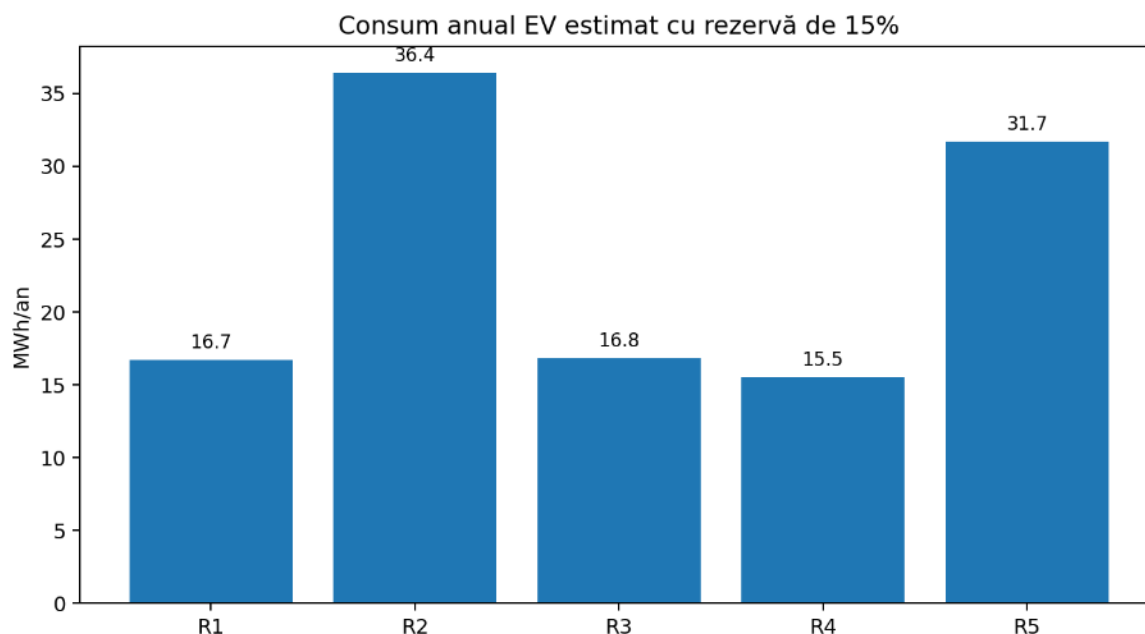
Rutele R1, R3 și R4 pot fi deservite cu minibuze electrice compacte, deoarece au parcurs zilnic moderat și cerere estimată compatibilă cu vehicule de 20-25 locuri. Rutele R2 și R5 au frecvență mai mare și parcurs zilnic de 192 km/zi, respectiv 210 km/zi, astfel că se recomandă vehicule de 25-35 locuri sau midibuze electrice cu autonomie sporită. Vehiculul de rezervă trebuie ales astfel încât să poată substitui cel puțin rutele scurte și medii, iar în caz de necesitate să susțină temporar R2 sau R5.

Tabelul 211. Configurația tehnică recomandată pentru etapa de bază revizuită

| Componentă              | Configurație recomandată                                | Argument tehnic                                                                                |
|-------------------------|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Flotă activă            | 5 vehicule electrice active                             | câte un vehicul pentru fiecare rută operațională prioritară                                    |
| Vehicul de rezervă      | 1 minibus electric de rezervă                           | asigură continuitatea serviciului în caz de mentenanță, avarie sau variații de cerere          |
| Tip vehicule R1, R3, R4 | minibuze electrice 20-25 locuri                         | rute scurte-medii, parcurs zilnic moderat, cost de achiziție mai redus                         |
| Tip vehicule R2, R5     | minibus/midibus electric 25-35 locuri                   | frecvență ridicată, parcurs zilnic mare și cerere potențială mai stabilă                       |
| Încărcare de bază       | 5-6 puncte AC 22 kW                                     | încărcare lentă/nocturnă pentru protecția bateriei și costuri reduse                           |
| Încărcare de rezervă    | 1 stație DC 60 kW; pregătire pentru 120-125 kW          | flexibilitate operațională pentru completări rapide și situații speciale                       |
| PV/BESS                 | PV 150 kWp și BESS 150-250 kWh                          | reducerea costului energiei, utilizarea locală a energiei regenerabile și limitarea vârfurilor |
| Sistem IT               | GPS, monitorizare SOC, consum, punctualitate, raportare | date reale pentru optimizare și management contractual                                         |

Tabelul 212. Concluzii tehnice pe rute operaționale revizuite

| Rută | Localități / noduri deservite                              | Parcurs zilnic, km | Parcurs anual, km | Vehicul recomandat            | Etapă   |
|------|------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------|-------------------------------|---------|
| R1   | Coadă Iazului - Bilicenii Vechi - Sîngerei                 | 121                | 36 300            | minibus electric 20-25 locuri | Faza I  |
| R2   | Ciuciuieni - Iezărenii Vechi - Vrancești - Sîngerei        | 192                | 57 600            | midibus/minibus 25-35 locuri  | Faza II |
| R3   | Cozăști - Brejeni - Sîngerei                               | 108                | 32 400            | minibus electric 20-25 locuri | Faza II |
| R4   | Petrovca - Copăcenii - Grigorăuca - Sîngerei               | 112                | 33 600            | minibus electric 20-25 locuri | Faza I  |
| R5   | Prepeșița - Mihailovca - Copăcenii - Grigorăuca - Sîngerei | 210                | 63 000            | midibus/minibus 25-35 locuri  | Faza I  |



*Figura 145. Consum anual EV estimat pe rute, cu rezervă operațională de 15%*

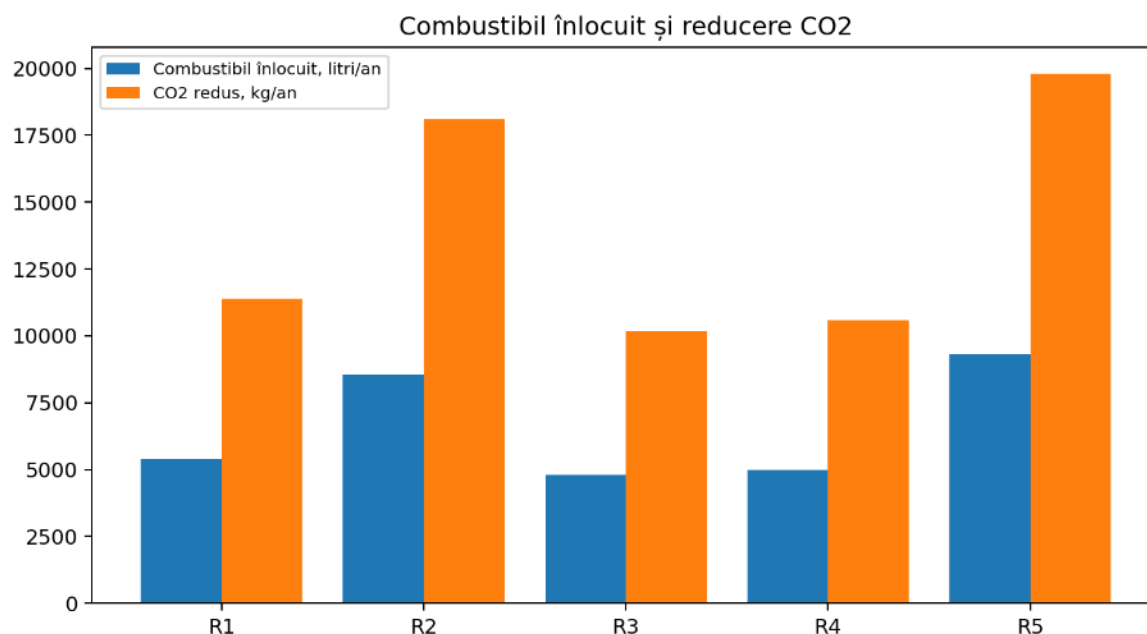
## 11.2 Concluzii energetice și climatice

Trecerea la vehicule electrice conduce la o schimbare structurală a consumului energetic: transportul nu mai depinde de motorină sau benzină, ci de energie electrică monitorizabilă, care poate fi produsă parțial local prin sistem fotovoltaic. În scenariul revizuit, cele 5 rute totalizează aproximativ 222.900 km/an, iar consumul anual de energie electrică este estimat la aproximativ 117,1 MWh/an, incluzând o rezervă de 15% pentru condiții de iarnă, variații de sarcină, climatizare și diferențe reale de operare.

Soluția PV/BESS rămâne justificată. PV 150 kWp poate produce anual o cantitate de energie comparabilă cu necesarul de tracțiune al flotei în balanță anuală, iar BESS 150-250 kWh permite mutarea parțială a producției solare din timpul zilei spre încărcarea de seară/noapte. Totuși, acoperirea în timp real depinde de regimul de consum, tarife, profilul solar, capacitatea racordului și modul de operare a sistemului EMS.

**Tabelul 213. Indicatori energetici și climatici finali revizuiți**

| Indicator                | Situația actuală                          | Scenariul EV + PV/BESS                | Efect estimat                                      |
|--------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Parcurs anual analizat   | 222 900 km/an                             | 222 900 km/an                         | același nivel de serviciu de bază                  |
| Combustibil lichid       | cca 33 042 litri/an                       | 0 litri/an pe rutele electrificate    | eliminare consum direct pe rutele operate electric |
| Consum energie electrică | 0 MWh/an pentru tracțiune                 | 117,1 MWh/an cu rezervă de 15%        | energie măsurabilă și controlabilă                 |
| Pondere PV/BESS          | 0%                                        | aprox. 50-60% în model de planificare | autonomie energetică parțială                      |
| Emisii CO <sub>2</sub>   | cca 87-90 t/an                            | cca 17-20 t/an indirecte              | reducere estimată cca 70,1 t/an                    |
| Zgomot și emisii locale  | ridicate în zone de staționare și pornire | zero emisii locale la vehicul         | calitate mai bună a aerului în stații și în oraș   |



*Figura 146. Combustibil lichid înlocuit și reducere CO2 estimată pe rute*

Reducerea emisiilor nu se limitează la indicatorul CO2. Vehiculele electrice elimină emisiile locale de particule, NOx și fum la punctele de staționare, ceea ce este relevant pentru zonele de îmbarcare, Gara Auto Sîngerei și punctele de oprire din localitățile rurale. Beneficiul climatic va fi mai mare dacă ponderea energiei PV în consumul de încărcare este menținută prin management inteligent și dacă sistemul BESS este dimensionat corect.

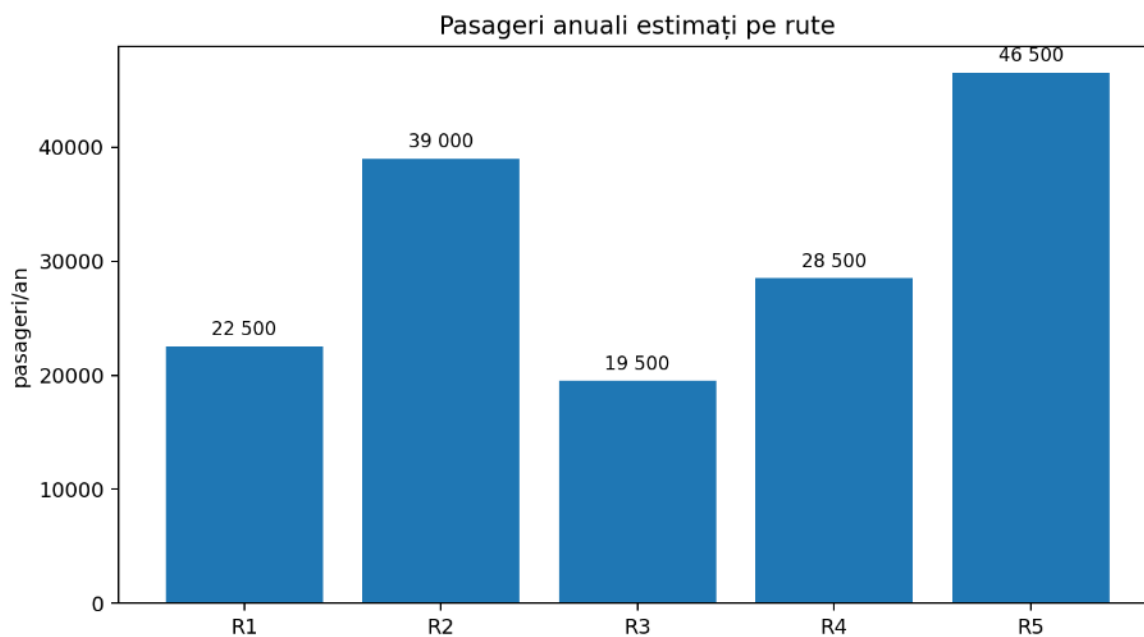
### 11.3 Concluzii economice și sociale

Din punct de vedere economic, proiectul trebuie evaluat prin costul total de operare și nu doar prin investiția inițială. CAPEX-ul este mai ridicat decât în cazul vehiculelor convenționale, însă OPEX-ul se reduce prin consum energetic mai ieftin, mentenanță mai redusă și utilizarea energiei fotovoltaice locale. În scenariul revizuit, investiția preliminară este estimată la circa 2,151 milioane EUR, respectiv aproximativ 41,95 milioane lei. Pentru administrația locală, proiectul devine realist în cazul unei finanțări nerambursabile majoritare.

Impactul social rămâne unul dintre principalele argumente ale proiectului. Cele 5 rute operaționale propuse creează un serviciu mai des și mai concret pentru locuitorii localităților conectate la orașul Sîngerei. Estimarea de lucru indică aproximativ 520 pasageri/zi și 156.000 pasageri/an, cu potențial de creștere după stabilizarea orarului și creșterea încrederii populației în serviciu.

**Tabelul 214. Sinteza economică a scenariului recomandat revizuit**

| Indicator                     | Valoare estimată                | Interpretare                                                                         |
|-------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Investiție totală preliminară | 2,151 mil. EUR / 41,95 mil. lei | include 6 vehicule, stații AC/DC, PV, BESS, racordare, IT, proiectare și neprevăzute |
| OPEX situația actuală         | aprox. 2,18 mil. lei/an         | combustibil, mentenanță și exploatare convențională                                  |
| OPEX scenariul EV + PV/BESS   | aprox. 0,82 mil. lei/an         | energie electrică, mentenanță EV, operare energetică și management                   |
| Economie operațională anuală  | aprox. 1,36 mil. lei/an         | resursă pentru sustenabilitate, mentenanță și stabilizarea tarifelor                 |
| Payback simplu fără grant     | peste 30 ani                    | nu este recomandat ca model unic de finanțare                                        |
| Payback la grant 80%          | aprox. 6-7 ani                  | model fezabil pentru investiție publică verde                                        |



*Figura 147. Pasageri anuali estimați pe rutele operaționale revizuite*

**Tabelul 215. Concluzii sociale pe categorii de beneficiari**

| <b>Categorie beneficiară</b> | <b>Necesitate principală</b>                                                   | <b>Beneficiu generat de proiect</b>                                          |
|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| Elevi și tineri              | deplasare predictibilă spre instituții educaționale și activități extrașcolare | curse regulate dimineața și seara, posibilitate de ajustare la orarul școlar |
| Persoane vârstnice           | acces la servicii medicale, piață, administrație și servicii publice           | mobilitate mai sigură și mai previzibilă între sate și centrul raional       |
| Navetiști                    | deplasare spre locuri de muncă și conexiuni regionale                          | rute repetate zilnic și conectare la orașul Sîngerei                         |
| Persoane fără automobil      | alternativă la transport ocazional sau informal                                | serviciu public organizat, cu orar, stații și reguli clare                   |
| APL-uri locale               | integrare mai bună a satelor cu serviciile raionale                            | instrument de dezvoltare teritorială și reducere a izolării rurale           |

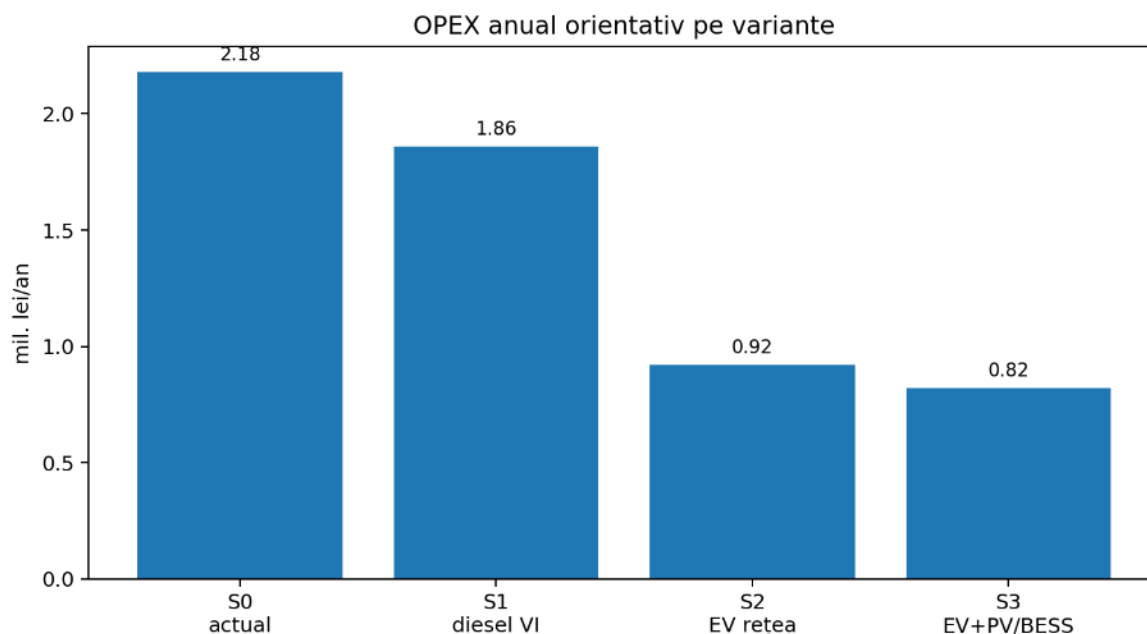


Figura 148. OPEX anual orientativ pe variante tehnice

#### 11.4 Recomandări pentru etapa de proiectare

Înainte de lansarea achizițiilor, ipotezele utilizate în studiul revizuit trebuie transformate în date validate tehnic. Prima prioritate este confirmarea prin GIS a tuturor celor 5 rute operaționale, inclusiv lungimile exacte, opririle, punctele de întoarcere, zonele dificile iarna și amplasamentele sigure pentru stații. Această verificare poate modifica ușor parcursul zilnic și autonomia necesară.

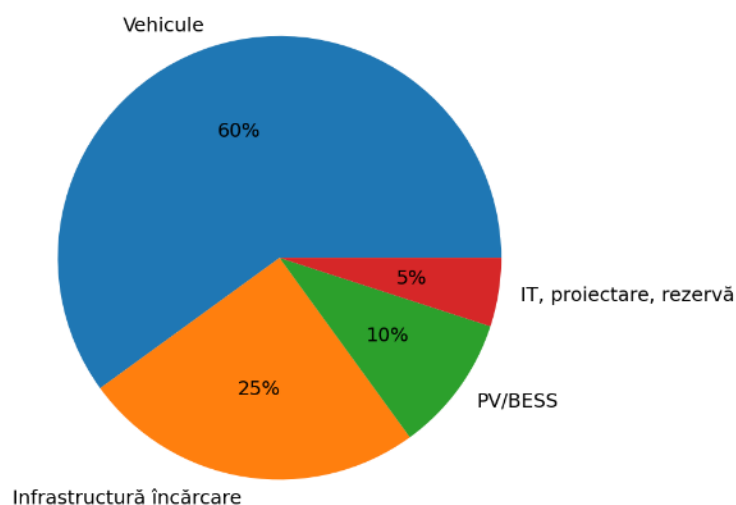
A doua prioritate este obținerea avizului de racordare pentru Gara Auto Sîngerei, deoarece numărul real de stații, puterea simultană acceptată și integrarea PV/BESS depind de condițiile operatorului de distribuție. A treia prioritate este colectarea datelor reale de pasageri pe cel puțin 7 zile pentru fiecare rută, inclusiv dimineața/seara, zi de piață și weekend, pentru validarea capacității vehiculelor și a orarului propus.

Tabelul 216. Recomandări tehnice obligatorii înainte de proiectul tehnic

| Nr. | Acțiune recomandată                     | Rezultat așteptat                                                           | Responsabil propus                       |
|-----|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 1   | Măsurare GIS a celor 5 trasee și stații | lungimi finale, profil rutier, puncte de întoarcere, amplasamente de stații | proiectant / Consiliul Raional           |
| 2   | Studiu rapid de pasageri pe 7 zile      | pasageri/zi, ore de vârf, grad de ocupare, potențial tarifar                | operator / APL / consultant              |
| 3   | Aviz de racordare la Gara Auto Sîngerei | putere disponibilă, condiții tehnice, cost racordare                        | Primăria Sîngerei / operator distribuție |
| 4   | Expertiza amplasamentului PV/BESS       | suprafață disponibilă, orientare, umbrire, regim juridic                    | Primăria Sîngerei / proiectant electric  |
| 5   | Specificații tehnice pentru vehicule    | capacitate, autonomie, garanții, service, accesibilitate                    | grup de lucru achiziții                  |
| 6   | Model juridic și operațional            | operator, proprietar active, tarif, responsabilități, subvenții             | Consiliul Raional / APL-uri partenere    |

**Tabelul 169. Cerințe minime recomandate pentru caietele de sarcini**

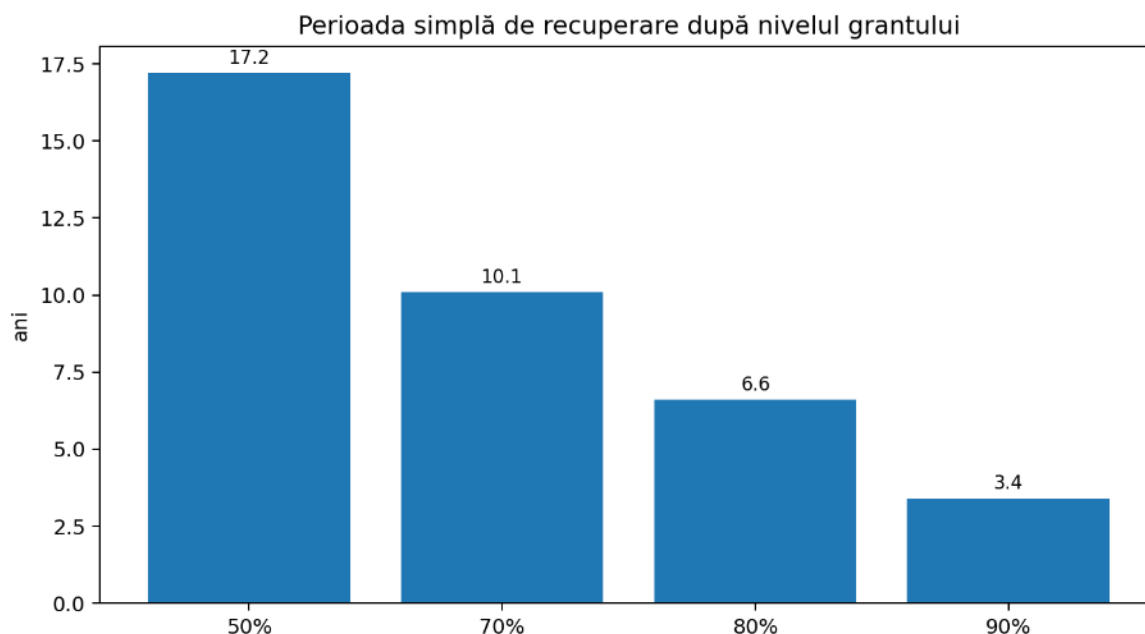
| Pachet               | Cerințe minime recomandate                                                                                                                             |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Vehicule electrice   | autonomie minimă cu rezervă pentru iarnă; accesibilitate PMR; garanție baterie; service regional; telemetrie; consum certificat; climatizare eficientă |
| Stații de încărcare  | compatibilitate CCS2; contorizare; management de sarcină; protecții; comunicare OCPP; posibilitate de extindere; garanție și service                   |
| PV/BESS              | panouri cu garanție de performanță; invertoare monitorizabile; baterii cu BMS; protecții anti-incendiu; integrare EMS                                  |
| Sistem IT            | GPS; monitorizare SOC; raportare km, consum și punctualitate; export date; modul simplu de ticketing sau validare                                      |
| Lucrări la Gara Auto | siguranță electrică, iluminat, acces vehicule, semnalizare, zonă de staționare, protecție echipamente, drenaj și acces service                         |

**Figura 149. Structura orientativă a investiției revizuite**

Recomandarea finală este implementarea etapizată. Faza I trebuie să includă rutele cu risc tehnic mai redus și cu legătură clară la coridorul Copăcenii-Grigorașu-Prepeleț, precum și ruta mixtă Coadă Iazului/Biliceni Vechi-Sîngerei. Faza II poate include rutele care necesită verificare suplimentară a cererii, stațiilor și orarului zilnic. Dacă finanțarea permite achiziția integrală de la început, lansarea operațională trebuie totuși făcută gradual, pentru a testa consumul real, încărcarea și comportamentul pasagerilor.

**Tabelul 217. Recomandarea finală a studiului de fezabilitate revizuit**

| Element               | Recomandare finală                                                                                                                                              |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Varianța recomandată  | Transport electric pe 5 rute operaționale prioritare, cu încărcare la Gara Auto Sîngerei și integrare PV/BESS.                                                  |
| Model de implementare | Implementare etapizată, cu lansare pilot și extindere după validarea consumului, cererii și orarului.                                                           |
| Flotă minimă          | 5 vehicule electrice active + 1 vehicul de rezervă.                                                                                                             |
| Infrastructură minimă | 5-6 stații AC 22 kW, 1 stație DC 60 kW, PV 150 kWp, BESS 150-250 kWh, sistem EMS/IT.                                                                            |
| Condiții obligatorii  | Măsurare GIS, aviz de racordare, numărători de pasageri, clarificarea operatorului și confirmarea CAPEX prin oferte.                                            |
| Decizie finală        | Proiectul este fezabil tehnic, justificat social și relevant energetic/climatic, cu condiția finanțării nerambursabile și a validării datelor în etapa tehnică. |



**Figura 150. Perioada simplă de recuperare în funcție de nivelul grantului**

*Sursa: calcule proprii și sinteză pe baza capitolelor 4-10 revizuite ale studiului.*

În concluzie, actualizarea traseelor nu schimbă direcția strategică a studiului, ci o face mai practică și mai apropiată de cerințele beneficiarului. Proiectul rămâne fezabil în condiții de implementare etapizată, management operațional riguros și finanțare nerambursabilă majoritară. Următorul pas critic este transformarea ipotezelor de fezabilitate în date tehnice validate, astfel încât achizițiile și investițiile să se bazeze pe un program real, măsurabil și acceptat de localitățile beneficiare.

**Tabelul 218. Sinteza economică a scenariului recomandat**

| Indicator                     | Valoare estimată              | Interpretare                                                                 |
|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| Investiție totală preliminară | 2 070 000 EUR / 40.4 mil. lei | include vehicule, stații, PV, BESS, racordare, IT, proiectare și neprevăzute |
| OPEX situația actuală         | 2.01 mil. lei/an              | combustibil, mentenanță, administrare                                        |
| OPEX scenariul EV + PV/BESS   | 0.72 mil. lei/an              | energie electrică, mentenanță EV, operare energetică                         |
| Economie operațională anuală  | 1.29 mil. lei/an              | resursă financiară pentru sustenabilitate                                    |
| Payback simplu fără grant     | 31.2 ani                      | nu este recomandat ca model unic de finanțare                                |
| Payback simplu la grant 80%   | 6.2 ani                       | model financiar fezabil pentru APL/Consiliul Raional                         |

*Sursa: model financiar preliminar din capitolul 8, sintetizat pentru decizia finală.*

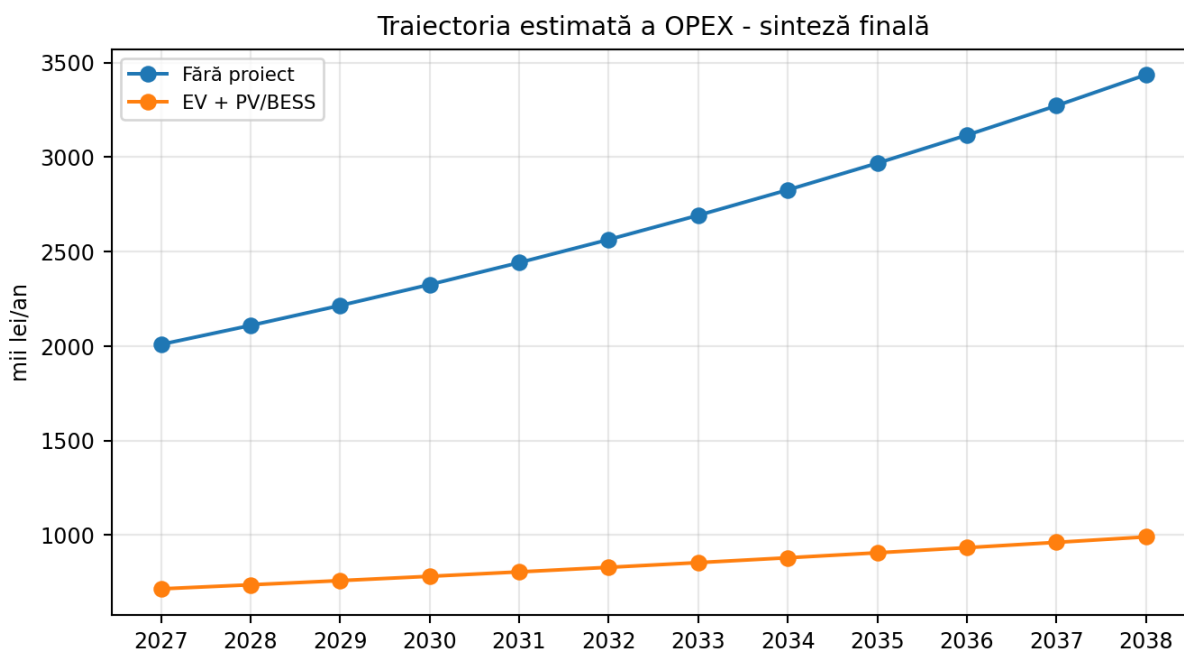


Figura 151. Traectoria estimată a costurilor operaționale

### 11.5 Recomandări pentru etapa de proiectare

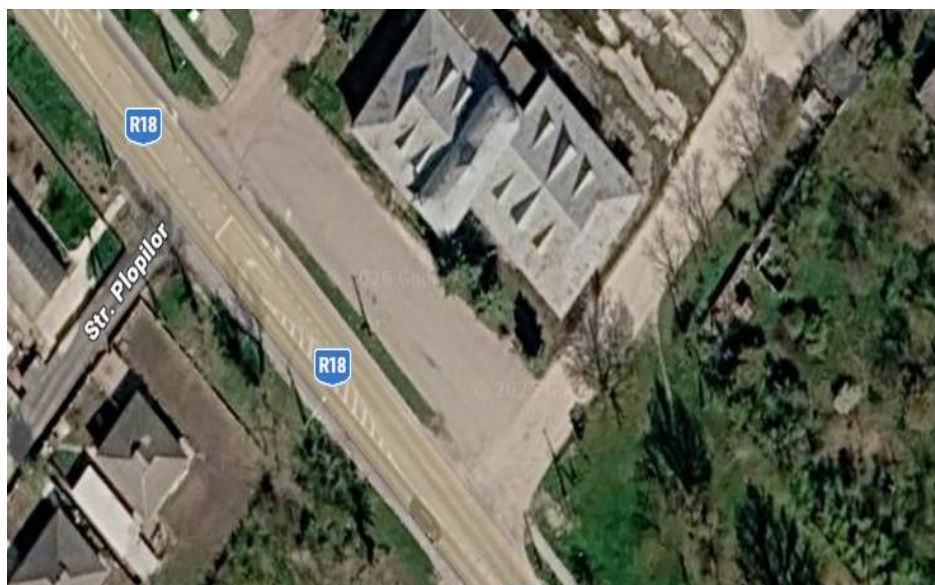
Înainte lansării achizițiilor, se recomandă transformarea ipotezelor de fezabilitate în date validate tehnic. Prima prioritate este confirmarea traseelor prin măsurători GIS, inclusiv lungimi exacte, opriri, puncte de întoarcere, condiții de drum, zone dificile iarna și amplasamente sigure pentru stații de așteptare. Această verificare poate modifica ușor parcursul zilnic și necesarul de autonomie.

A doua prioritate este obținerea avizului de racordare pentru Gara Auto Sîngerei. Studiul recomandă dimensionarea preliminară a racordului pentru un post de transformare de 250-400 kVA, dar soluția finală depinde de puterea disponibilă, regimul de tarificare, protecțiile cerute și posibilitatea integrării PV/BESS. Fără acest aviz, nu poate fi confirmat definitiv numărul și tipul stațiilor de încărcare.

Tabelul 219. Cerințe minime recomandate pentru caietele de sarcini

| Pachet               | Cerințe minime recomandate                                                                                                                             |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Vehicule electrice   | autonomie minimă cu rezervă pentru iarnă; accesibilitate PMR; garanție baterie; service regional; telemetrie; consum certificat; climatizare eficientă |
| Stații de încărcare  | compatibilitate CCS2; contorizare; management de sarcină; protecții; comunicare OCPP; posibilitate de extindere; garanție și service                   |
| PV/BESS              | panouri cu garanție de performanță; invertoare monitorizabile; baterii cu BMS; protecții anti-incendiu; integrare EMS                                  |
| Sistem IT            | GPS; monitorizare SOC; raportare km, consum și punctualitate; export date; modul simplu de ticketing sau validare                                      |
| Lucrări la Gara Auto | siguranță electrică, iluminat, acces vehicule, semnalizare, zonă de staționare, protecție echipamente, drenaj și acces pentru service                  |

Sursa: bune practici tehnice și concluziile capitolelor 5-6.



*Figura 152.* Locația agreată preventiv pentru amplasarea Gării Auto Singerei pentru depou, stații de încărcare și PV/BESS



*Figura 153.* Stații existente și zonele de așteptare pe cele patru coridoare

### 11.6 Pașii următori

Implementarea proiectului trebuie organizată în două niveluri: faza de pregătire tehnică și instituțională, urmată de faza de investiție. În faza de pregătire se finalizează datele operaționale, avizele, documentația tehnică, modelul de operare și aplicația de finanțare. În faza de investiție se achiziționează vehiculele și echipamentele, se amenajează punctul de încărcare la Gara Auto Singerei, se instalează PV/BESS și se lansează operarea pilot pe rutele R1-R2.

Recomandarea finală este implementarea etapizată. Faza I trebuie să acopere rutele cu risc tehnic mai mic și cu parcurs mai ușor de gestionat electric: R1 și R2. Faza II va extinde sistemul către R3 și R4, după validarea cererii, a disponibilității vehiculelor și a performanței infrastructurii de încărcare. Această abordare limitează riscurile, permite ajustarea modelului tarifar și oferă date reale pentru extindere.

Pe termen mediu, proiectul poate deveni un model regional de mobilitate rurală electrică, mai ales dacă este completat cu date operaționale transparente, indicatori de performanță, consultări cu populația și mecanisme de ajustare a rutelor. Pentru finanțatori, valoarea proiectului constă în combinarea impactului climatic cu cel social: reducere de emisii, conectivitate rurală, acces la servicii publice și utilizarea energiei regenerabile locale.

Tabelul 220. Pașii următori pentru implementare

| Etapă                            | Perioadă orientativă | Activități principale                                             | Rezultat                         |
|----------------------------------|----------------------|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Etapa 1 - validare date          | lunile 1-2           | consultări APL, numărători pasageri, verificare stații și drumuri | date finale pentru proiectare    |
| Etapa 2 - avize și proiectare    | lunile 2-6           | aviz racordare, proiect tehnic, caiete de sarcini                 | documentație de achiziție        |
| Etapa 3 - finanțare și achiziții | lunile 6-10          | aplicație finanțare, achiziții vehicule, stații, PV/BESS          | contracte semnate                |
| Etapa 4 - lucrări și livrare     | lunile 9-14          | amenajare Gara Auto, instalare stații, PV/BESS, livrare vehicule  | infrastructură funcțională       |
| Etapa 5 - testare                | lunile 14-15         | testare rute, instruire șoferi și personal tehnic                 | serviciu pregătit pentru lansare |
| Etapa 6 - operare pilot          | lunile 15-18         | lansare rute faza I, monitorizare, ajustare program               | date reale de exploatare         |
| Etapa 7 - extindere              | după luna 18         | extindere spre rutele rămase și posibile rute urbane locale       | sistem raional consolidat        |

Sursa: calendar propus în baza capitolului 10 și a recomandării de implementare etapizată.

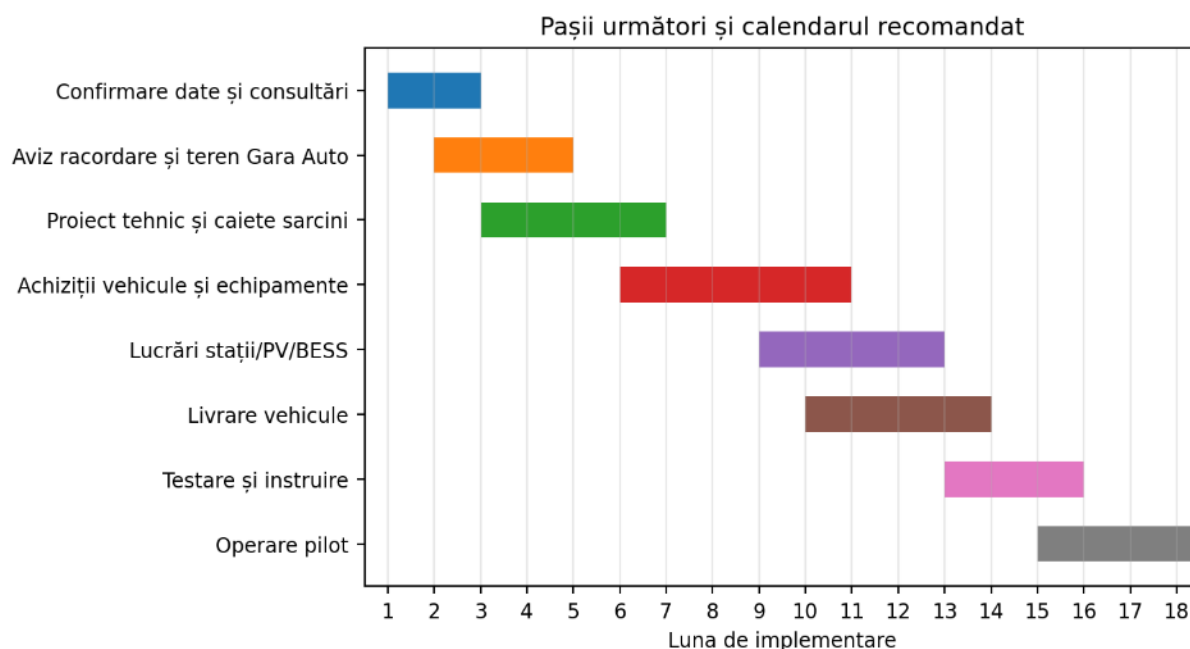


Figura 154. Pașii următori și calendarul recomandat

Sursa: grafic Gantt orientativ pentru implementarea proiectului.

Tabelul 221. Indicatori de monitorizare după implementare

| Indicator             | Unitate     | Valoare țintă pentru etapa de bază           | Frecvență raportare |
|-----------------------|-------------|----------------------------------------------|---------------------|
| Km operați electric   | km/an       | 158 400                                      | lunar/anual         |
| Pasageri transportați | pasageri/an | 159,000 minim; țintă extinsă 200 000-250 000 | lunar/anual         |

|                                     |             |                                         |             |
|-------------------------------------|-------------|-----------------------------------------|-------------|
| Consum specific EV                  | kWh/km      | 0,40-1,10 în funcție de rută și vehicul | lunar       |
| Disponibilitate flotă               | %           | minimum 90-95%                          | lunar       |
| Energie produsă PV pentru încărcare | MWh/an      | 60-80 MWh/an pentru etapa de bază       | lunar/anual |
| Reducere combustibil                | litri/an    | 36 624                                  | anual       |
| Reducere CO2                        | t/an        | 79.3                                    | anual       |
| Cost operațional mediu              | lei/km      | sub nivelul vehiculelor convenționale   | trimestrial |
| Satisfacția utilizatorilor          | scor/sondaj | minimum 4 din 5                         | semestrial  |

Sursa: set minim de KPI pentru monitorizarea tehnică, financiară, socială și climatică.

Tabelul 222. Recomandarea finală a studiului de fezabilitate

| Element              | Recomandare finală                                                                                                                                 |
|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Varianta recomandată | Transport electric pe cele patru coridoare prioritare, cu încărcare la Gara Auto Sîngerei și integrare PV/BESS.                                    |
| Mod de implementare  | Etapizat: Faza I pentru R1-R2, Faza II pentru R3-R4, cu posibilitate de extindere după validarea cererii.                                          |
| Condiție critică 1   | Confirmarea puterii de racordare și a soluției de amplasare a stațiilor/PV/BESS la Gara Auto Sîngerei.                                             |
| Condiție critică 2   | Asigurarea unei finanțări nerambursabile consistente, preferabil minimum 70-80% din investiția inițială.                                           |
| Condiție critică 3   | Crearea unui model instituțional clar privind proprietatea vehiculelor, operarea serviciului, tarifarea și mentenanța.                             |
| Decizie              | Proiectul este fezabil tehnic, energetic, social și climatic; fezabilitatea financiară este favorabilă în scenariul cu grant și operare etapizată. |

Sursa: concluzia finală a consultantului, pe baza tuturor capitolelor studiului.

## Anexa 1 Date și planuri locale .

## Anexa 2. Cadrul de reglementare aplicabil

1. SM EN 16247-2:2015 Audituri energetice. Partea 2: Clădiri;
2. NCM M.01.01:2025 Performanța energetică a clădirilor. Cerințe minime de performanță energetică a clădirilor;
3. NCM M.01.02:2025 Performanța energetică a clădirilor. Metodologia de calcul al performanței energetice a clădirilor;
4. NCM M.01.04:2025 Performanța energetică a clădirilor. Metodologia de calcul al nivelurilor optime, din punctul de vedere al costurilor, ale cerințelor minime de performanță energetică a clădirilor și a elementelor acestora;
5. SNIP 2.01.01-82 Climatologia și geofizica în construcții;
6. CP E.04.05–2006 Proiectarea Protecției Termice a Clădirilor;
7. SNIP 2.04.05–91 Încălzire, condiționare și ventilare;
8. SM EN ISO 5 2016-1:2018 Performanța energetică a clădirilor. Necesarul de energie pentru încălzire și răcire, temperaturi interioare și sarcini termice sensibile și latente. Partea 1: Metode de calcul;
9. SM CEN SM / EN 52016-2:2017 Performanța energetică a clădirilor. Necesități energetice pentru încălzire și răcire, temperaturile interioare și sarcinile de încălzire sensibile și latente. Partea 2: Explicarea și justificarea ISO 52016-1 și ISO 52017-1;
10. SM EN 15316-2:2017 Performanța energetică a clădirilor. Metodă de calcul al cerințelor energetice și al randamentelor instalației. Partea 2: Spații pentru instalații de emisie (încălzirea și răcirea), module M3-5, M4-5;
11. SM EN 15316-3:2017 Performanța energetică a clădirilor. Metodă de calcul al cerințelor energetice și al randamentelor instalației. Partea 3: Instalații de distribuție pentru spații (DHW, încălzirea și răcirea), module M3-6, M4-6, M8-6;
12. SM EN 15316-4-1:2017 Performanța energetică a clădirilor. Metodă de calcul al cerințelor energetice și al randamentelor instalației. Partea 4 -1: Instalații de generare a căldurii pentru încălzirea spațiilor și DHW, instalații de ardere (boilere, biomasă), module M3-8-1, M8-8-1;
13. SM EN 15316-4-3:2017 Performanța energetică a clădirilor. Metodă de calcul al cerințelor energetice și al randamentelor instalației. Partea 4 -3: Sisteme de generare a căldurii, sisteme solare termice și fotovoltaice, Module M3-8-3, M8-8-3, M11-8-3;
14. SM EN 15316-4-4:2017 Performanța energetică a clădirilor. Metodă de calcul al cerințelor energetice și al randamentelor instalației. Partea 4 -4: Sisteme de generare a căldurii, sisteme de cogenerare integrate în clădiri, Module M8-3-4, M8-8-4, M8-11-4;
15. SM EN 15316-4-5:2017 Performanța energetică a clădirilor. Metodă de calcul al cerințelor energetice și al randamentelor instalației. Partea 4 -5: Încălzirea și răcirea spațiilor, module M3-8-5, M4-8-5, M8-8-5, M11-8-5;

16. SM EN 15316-4-8:2017 Performanța energetică a clădirilor. Metodă de calcul al cerințelor energetice și al randamentului instalației. Partea 4 -8: Instalații de generare a căldurii pentru încălzirea spațiilor, instalații de încălzire cu aer cald și prin radiații, inclusiv sobe (locale), modul M3-8-8;
17. SM EN 15316-5:2017 Performanța energetică a clădirilor. Metodă de calcul al necesarului de energie și al eficienței instalațiilor. Partea 5: Sisteme de încălzire și de stocare a apei calde menajere (fără răcire), Modulele M3-7, M8-7;
18. SM CEN/TR 16798-14:2017 Performanța energetică a clădirilor. Ventilarea în clădiri. Partea 14: Interpretarea cerințelor EN 16798-13. Calculul sistemelor de răcire (modulul M4-8). Generare;
19. SM SR EN 12464-1: 2013 Lumină și iluminat. Iluminatul locurilor de muncă. Partea 1: Locuri de muncă interioare;
20. SM EN 13032-1+A1:2017 Lumină și iluminat. Măsurarea și prezentarea rezultatelor fotometrice ale lămpilor și aparatelor de iluminat. Partea 1: Măsurarea și prezentarea datelor;
21. NCM C.04.02:2017 Iluminatul natural și artificial;
22. SM EN 15232-1:2017 Performanța energetică a clădirilor. Impact al automatizării, controlului și managementului tehnic al clădirii. Module M10-4,5,6,7,8,9,10;
23. NCM C.01.03:2017 Proiectarea construcțiilor pentru instituții de învățământ general;
24. NCM E.03.02-2014 Protecția împotriva incendiilor a clădirilor și instalațiilor;
25. SM EN 16798-17:2017 Performanța energetică a clădirilor. Ventilarea în clădiri. Partea 17: Ghid pentru inspecția sistemelor de ventilare și sistemelor de condiționare a aerului (Module M4-11, M5-11, M6-11, M7-11)
26. SM EN 15378-1:2017 Performanța energetică a clădirilor. Sisteme de încălzire și de alimentare cu apă caldă în clădiri. Partea 1: Inspecția cazanelor, sistemelor de încălzire și de alimentare cu apă caldă, Module M3-11, M8-11