



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO**  
Dottorato di Ricerca in Ingegneria Civile, Ambientale, dei Materiali  
Dipartimento di Ingegneria  
Settore Scientifico Disciplinare ICAR/05

**PROGETTAZIONE IN UN CONTESTO MULTIUTENTE E  
MULTIMODALE DI SISTEMI DI BIKE/CAR SHARING PER UNO  
SVILUPPO SOSTENIBILE E SMART DI UNA CITTÀ  
METROPOLITANA**

**IL DOTTORE  
GABRIELE D'ORSO**

**IL COORDINATORE  
CHIAR.MA PROF.SSA ANTONINA PIRROTTA**

**IL TUTOR  
CHIAR.MO PROF. MARCO MIGLIORE**

**CICLO XXXIII  
ANNO CONSEGUIMENTO TITOLO 2021**

## Indice

Abstract.....	14
Capitolo 1 – <i>Smart cities</i> : terreno fertile per lo sviluppo di servizi di mobilità condivisa	
1.1 Città in trasformazione .....	16
1.2 <i>Smart Cities</i> : una definizione attuale.....	19
1.3 Le dimensioni della città intelligente .....	23
1.4 Smart Mobility: sistemi innovativi e mobilità dolce .....	26
1.5 La <i>sharing mobility</i> e il paradigma della condivisione .....	29
1.6 I servizi di mobilità condivisa .....	32
1.7 La <i>sharing mobility</i> in Italia .....	35
1.8 Le iniziative per lo sviluppo smart .....	36
1.9 Mobilità condivisa come primo passo verso lo sviluppo smart della città.....	38
Capitolo 2 – Una metodologia GIS per la progettazione di un servizio car sharing <i>station-based</i>	
2.1 Perché introdurre il car sharing?.....	41
2.2 I modelli di business: <i>station-based</i> e <i>free-floating</i> .....	47
2.3 Gli aspetti principali della progettazione.....	51
2.4 La metodologia.....	53
2.4.1 Le fasi della metodologia .....	56
2.4.2 La letteratura scientifica di riferimento per la progettazione .....	57
2.4.3 Il GIS come ambiente di sviluppo della metodologia .....	59
2.4.4 L’analisi di idoneità.....	60
2.4.5 Il target di utenza .....	64
2.4.6 <i>Site selection analysis</i> .....	67
2.4.7 <i>Walkability analysis</i> .....	71
2.4.8 Dimensionamento delle stazioni candidate .....	76
2.4.9 Il problema di <i>location-allocation</i> .....	81

2.4.10	Verifica del dimensionamento.....	85
2.4.11	Ottimizzazione delle tariffe .....	85
2.5	Risultati e conclusioni .....	86
<b>Capitolo 3 – Il caso studio: analisi dell'attuale servizio car sharing di Palermo</b>		
3.1	Il car sharing di Palermo.....	88
3.1.1	Le modalità di utilizzo .....	91
3.1.2	Le stazioni e l’area di noleggio .....	92
3.1.3	La flotta .....	96
3.1.4	Le tariffe .....	98
3.1.5	Gli iscritti al servizio .....	101
3.2	Dati di utilizzo .....	104
3.3	Analisi dell’uso del car sharing AmiGO nel 2019 .....	104
3.3.1	Gli utenti attivi.....	107
3.3.2	Segmentazione dei noleggi per classe di distanza e per classe di durata .....	108
3.3.3	Fascia oraria di utilizzo .....	111
3.3.4	Utilizzo delle stazioni .....	111
3.3.5	Utilizzo della flotta: chilometri percorsi.....	112
3.3.6	Utilizzo della flotta: tasso di rotazione .....	112
3.3.7	Utilizzo della flotta: tasso di inattività.....	114
3.4	Il profilo della clientela .....	116
3.5	L’indagine di <i>customer satisfaction</i> .....	121
3.6	La localizzazione degli stalli e dell’area di noleggio .....	132
3.7	Accessibilità pedonale delle aree in cui sorgono le stazioni.....	146
3.8	Il dimensionamento della flotta .....	150
3.9	Le tariffe .....	154
3.10	Fattori esterni che incidono sul successo del servizio .....	161
3.11	Indagine sulla domanda .....	162
3.12	La valutazione dei benefici ambientali .....	166

3.13	Analisi dei <i>feedback</i> degli utenti.....	171
3.14	Risultati e conclusioni.....	172
<b>Capitolo 4 – Il caso studio: applicazione della metodologia</b>		
4.1	Le fonti di dati e i software utilizzati.....	176
4.2	Operazioni preliminari.....	177
4.3	Suitability analysis.....	177
4.4	Analisi di site selection.....	182
4.5	<i>Walkability Analysis</i> .....	194
4.6	Il dimensionamento delle stazioni.....	195
4.7	Analisi di <i>location-allocation</i> .....	204
4.8	Verifica del dimensionamento.....	209
4.9	Risultati e conclusioni.....	210
<b>Capitolo 5 – La progettazione di un servizio bike sharing per le scuole</b>		
5.1	Perché introdurre il bike sharing?.....	214
5.2	I modelli di business.....	216
5.3	Gli aspetti principali della progettazione.....	219
5.4	Il bike sharing della città di Palermo.....	223
5.5	Dati di utilizzo del bike sharing nel 2019.....	228
5.6	La localizzazione delle stazioni del servizio di bike sharing.....	233
5.7	Il progetto Go2School.....	235
5.8	Descrizione degli elementi del servizio.....	238
5.9	Analisi del contesto.....	240
5.10	Indagine <i>stated-preference</i> .....	241
5.11	Collocazione ottimale delle nuove ciclostazioni Go2School.....	248
5.12	Collocazione ottimale delle nuove piste ciclabili.....	254
5.13	Il modello di scelta modale.....	258
5.14	Valutazione costi-benefici degli interventi infrastrutturali.....	264

## Capitolo 6 – Il futuro della *sharing mobility*: multimodalità e sistema di trasporto urbano integrato

6.1 Dalle <i>Transit Alliances</i> alle <i>Mobility Alliances</i> .....	274
6.2 Un nuovo paradigma: <i>Mobility as a Service</i> . .....	276
6.3 Perché realizzare l'integrazione tariffaria tramite <i>mobility packages</i> ? .....	280
6.4 Il caso studio: l'analisi SWOT .....	284
6.5 L'idea di integrazione tariffaria da attuare in AMAT .....	285
6.6 La matrice SWOT.....	287
6.7 Progettazione dei pacchetti di mobilità .....	295
6.8. Integrazione o competizione con il trasporto pubblico nel futuro? .....	299
Conclusioni.....	302
Bibliografia.....	305

## Indice delle Figure

Figura 1. Un esempio di <i>urban sprawl</i> . .....	17
Figura 2. Modelli di città in Pagani, 2012. ....	22
Figura 3. Le dimensioni della <i>smart city</i> . ....	24
Figura 4. Tipologie di servizi di mobilità condivisa (modificato da Shaheen & Chan, 2016). .....	33
Figura 5. I modelli di servizio del car sharing <i>station-based: round trip</i> (a) e <i>one-way</i> (b). .....	48
Figura 6. Componenti temporali del modello <i>station-based</i> (a) e <i>free-floating</i> (b). ....	50
Figura 7. Schema logico della metodologia sviluppata. ....	57
Figura 8. Modello per l'analisi di idoneità. ....	62
Figura 9. Modello per l'analisi di <i>site selection</i> . ....	69
Figura 10. Modello per la <i>walkability analysis</i> . ....	72
Figura 11. Modello per il dimensionamento delle stazioni. ....	80
Figura 12. Modello per l'analisi di <i>location-allocation</i> . ....	84
Figura 13. L'area di noleggio per il servizio <i>free-floating</i> nel 2018. ....	90
Figura 14. Le stazioni del servizio <i>station-based</i> e l'area di noleggio per il <i>free-floating</i> nel 2020. ....	93
Figura 15. Evoluzione temporale del numero di tessere raggiunto al 31/12 per gli anni dal 2009 al 2017. ....	101
Figura 16. Numero di tessere rilasciate annualmente. ....	102
Figura 17. Tasso di crescita degli iscritti al servizio rispetto all'anno precedente nel 2019 e nel 2020. ....	103
Figura 18. Segmentazione dei noleggi per classe di distanza. ....	108
Figura 19. Segmentazione dei noleggi per classe di durata. ....	109
Figura 20. Andamento dell'utilizzo giornaliero dei veicoli della flotta nel corso dell'annualità considerata. ....	114
Figura 21. Percentuale di utilizzo dell'autovettura del car sharing palermitano. ....	115
Figura 22. Percentuale di iscritti per sesso (a) ed età (b) nel 2017. ....	116
Figura 23. Percentuale di utenti attivati per sesso (a) ed età (b) nel 2020. ....	117
Figura 24. Percentuale di iscritti (attivati e registrati) per sesso (a) ed età (b) nel 2020. ..	118
Figura 25. Utenti iscritti al 2017 per occupazione (in valori percentuali). ....	118
Figura 26. Localizzazione degli indirizzi degli abbonati residenti a Palermo (2017). ....	119
Figura 27. Sovrapposizione tra i quartieri e gli indirizzi degli utenti. ....	119

Figura 28. Percentuale di abbonati residenti per quartiere. ....	120
Figura 29. Le residenze degli abbonati al servizio car sharing entro il perimetro dell'area di noleggio del <i>free-floating</i> nel 2017 (colorate in verde). ....	121
Figura 30. Utenti intervistati per sesso (a), età (b), grado di istruzione (c) e composizione del nucleo familiare (d) in valori percentuali. ....	122
Figura 31. Occupazione degli intervistati (in valore percentuale). ....	122
Figura 32. Quartiere di residenza degli intervistati (in valore percentuale). ....	123
Figura 33. Distanza della stazione car sharing dal luogo abituale. ....	123
Figura 34. Rispondenti per auto possedute in famiglia (a) e propensione alla rinuncia all'auto privata (b). ....	124
Figura 35. Utenti intervistati per frequenza di utilizzo. ....	124
Figura 36. Abitudini di mobilità per motivo studio-lavoro. ....	125
Figura 37. Abitudini di mobilità per motivo svago-shopping. ....	125
Figura 38. Possesso dell'abbonamento al trasporto pubblico. ....	125
Figura 39. Percentuale di intervistati per fasce orarie di utilizzo. ....	126
Figura 40. Percentuale di intervistati per numero di persone abitualmente occupanti l'auto condivisa. ....	126
Figura 41. Motivi di utilizzo del car sharing a Palermo. ....	127
Figura 42. Propensione all'utilizzo dell'auto privata (a) e del taxi (b) dopo l'iscrizione al car sharing. ....	128
Figura 43. Modalità di trasporto sostituite dal car sharing. ....	128
Figura 44. Soddisfazione globale per il servizio. ....	129
Figura 45. Percentuale degli intervistati per voto attribuito alla soddisfazione nei confronti del sistema di prenotazione. ....	130
Figura 46. Difficoltà nella prenotazione per via dell'indisponibilità di auto condivise nelle vicinanze. ....	131
Figura 47. Percentuale degli intervistati per voto attribuito alla soddisfazione nei confronti della disponibilità dei veicoli. ....	131
Figura 48. Caratteristiche del servizio car sharing per media dei voti attribuiti dagli utenti. ....	131
Figura 49. Aree di miglioramento secondo l'utenza. ....	132
Figura 50. Bacini di utenza del servizio car sharing di tipo <i>station-based</i> . ....	134
Figura 51. Confronto tra l'estensione della <i>catchment area</i> del servizio car sharing <i>station-based</i> e l'estensione dei quartieri di Palermo. ....	135
Figura 52. Distribuzione della popolazione. ....	136

Figura 53. Distribuzione degli addetti nel settore delle imprese. ....	137
Figura 54. Distribuzione degli addetti nel settore delle istituzioni pubbliche. ....	137
Figura 55. Distribuzione degli addetti nel settore delle istituzioni no profit. ....	138
Figura 56. Confronto tra <i>catchment area</i> e distribuzione della popolazione. Cerchiate in rosso le aree altamente popolate esterne alla <i>catchment area</i> . ....	139
Figura 57. Confronto tra <i>catchment area</i> e distribuzione degli addetti nel settore delle imprese. Cerchiate in rosso le aree con alto numero di addetti esterne alla <i>catchment area</i> . ....	140
Figura 58. Confronto tra <i>catchment area</i> e distribuzione degli addetti nel settore delle istituzioni pubbliche. ....	141
Figura 59. Confronto tra <i>catchment area</i> e distribuzione degli addetti nel settore delle istituzioni no profit. ....	142
Figura 60. Confronto tra <i>catchment area</i> del servizio <i>station-based</i> e area di noleggio della modalità <i>free-floating</i> . ....	145
Figura 61. Le zone di traffico comprese dall'area di noleggio. ....	146
Figura 62. Accessibilità pedonale alle stazioni del car sharing. ....	147
Figura 63. Confronto tra l'accessibilità pedonale ideale e l'accessibilità pedonale reale calcolata sulla base della rete pedonale esistente. ....	148
Figura 64. Punto di pareggio tra l'auto privata a benzina e il car sharing <i>one-way</i> (a), il car sharing <i>free-floating</i> (b), il car sharing utilizzato per metà in modalità <i>one-way</i> e per metà <i>round trip</i> (c). ....	159
Figura 65. Punto di pareggio tra l'auto privata a metano e il car sharing <i>one-way</i> (a), il car sharing <i>free-floating</i> (b), il car sharing utilizzato per metà in modalità <i>one-way</i> e per metà <i>round trip</i> (c). ....	160
Figura 66. La griglia utilizzata. ....	178
Figura 67. Le variabili presenti in ArcGIS per la <i>suitability analysis</i> . ....	179
Figura 68. Finestra per l'attribuzione dei pesi. ....	181
Figura 69. Mappa del <i>suitability score</i> . ....	181
Figura 70. Celle risultanti dall'analisi di idoneità. ....	182
Figura 71. I punti di interesse. ....	184
Figura 72. Esempio di localizzazione di un sito candidato in una cella priva di punti di interesse. ....	185
Figura 73. Esempio di localizzazione di un sito candidato a servizio di un punto di interesse esterno alle celle. ....	185

Figura 74. Differenze nel calcolo del percorso seguito da un pedone utilizzando una rete stradale (blu) o una rete pedonale (rosso).....	186
Figura 75. Differenza della modellazione di un incrocio nella rete stradale (blu) e nella rete pedonale (rosso).....	187
Figura 76. La perimetrazione delle aree stradali.....	187
Figura 77. Fasi della costruzione della rete pedonale.....	188
Figura 78. Errore topologico (sinistra) e sua risoluzione (destra). ....	189
Figura 79. La rete pedonale. ....	190
Figura 80. Trasformazione dei punti di interesse da <i>layer</i> poligonale a <i>layer</i> puntuale (centroidi).....	191
Figura 81. Posizione dei punti di interesse dopo l'opzione "snap a rete". ....	191
Figura 82. Aree di servizio dei punti di interesse. ....	192
Figura 83. Individuazione, tramite aree di servizio, della zona (tratteggiata) dove valutare l'inserimento del sito candidato. ....	193
Figura 84. I 170 siti candidati risultanti dall'analisi di <i>site selection</i> . ....	193
Figura 85. La qualità dei percorsi pedonali entro 500 metri dai potenziali siti delle stazioni car sharing.....	195
Figura 86. Classificazione dei siti candidati per tipologia di stazione.....	196
Figura 87. Identificazione delle aree edificate e non edificate delle zone censuarie.....	198
Figura 88. Numero di residenti diplomati o laureati di età compresa tra 30 e 59 anni per cella. ....	199
Figura 89. Numero di residenti diplomati o laureati di età compresa tra 30 e 59 anni per cella con <i>suitability score</i> maggiore di 0,33.....	199
Figura 90. Dimensionamento della flotta per la zona nord di Palermo (a) e per la zona sud (b).....	202
Figura 91. Dimensionamento delle stazioni in termini di numero di stalli per la zona nord di Palermo (a) e per la zona sud (b). ....	203
Figura 92. Risultato dell'analisi di location-allocation (86 stazioni).....	207
Figura 93. Risultato dell'analisi di location-allocation (100 stazioni).....	207
Figura 94. Risultato dell'analisi di location-allocation (125 stazioni).....	208
Figura 95. Risultato dell'analisi di location-allocation (150 stazioni).....	208
Figura 96. Allocazione dei punti di domanda alle stazioni.....	209
Figura 97. Le stazioni risultanti con l'indicazione del numero di autovetture attribuite nella zona nord di Palermo (a) e nella zona sud (b). ....	211

Figura 98. Le stazioni risultanti con l'indicazione del numero di stalli attribuiti nella zona nord di Palermo (a) e nella zona sud (b).....	212
Figura 99. Le biciclette del servizio bike sharing AmiGO. ....	224
Figura 100. Distribuzione delle ciclostazioni AmiGO nel territorio comunale.....	225
Figura 101. Esempio di ciclostazione del servizio AmiGO.....	225
Figura 102. Segmentazione dei noleggi per fascia oraria. ....	231
Figura 103. Segmentazione dei noleggi per classe di durata. ....	232
Figura 104. Segmentazione dei noleggi per classe di distanza. ....	232
Figura 105. <i>Catchment area</i> del servizio di bike sharing. ....	234
Figura 106. Confronto tra bacino di utenza ideale e <i>catchment area</i> calcolata sulla base della rete pedonale. ....	235
Figura 107. Posizione delle scuole coinvolte nel progetto “Go2School”.....	236
Figura 108. Esempio di interfaccia dell'app “Go2School” per dispositivi mobili. ....	238
Figura 109. La rete ciclabile della città di Palermo. ....	241
Figura 110. Percentuale complessiva di spostamenti fatti con un solo mezzo di trasporto o con due. ....	244
Figura 111. Abitudini di mobilità degli studenti intervistati. ....	244
Figura 112. Percentuali di utilizzo della bicicletta da parte degli studenti delle quattro scuole. ....	246
Figura 113. Percentuale di intervistati per motivo di non utilizzo della bicicletta. ....	246
Figura 114. Percentuali di preferenza della tipologia di bicicletta per il progetto “Go2School”.....	247
Figura 115. La griglia per la posizione ottima delle ciclostazioni.....	249
Figura 116. White List e Black List.....	251
Figura 117. Copertura globale ottimizzata (15 ciclostazioni).....	251
Figura 118. Individuazione del sito di installazione di una nuova ciclostazione del servizio Go2School. ....	252
Figura 119. Le stazioni previste per il progetto Go2School. ....	253
Figura 120. Piste ciclabili individuate per il progetto Go2School.....	257
Figura 121. Tavola di progetto di un tratto di pista ciclabile.....	257
Figura 122. Abitudini di mobilità degli studenti degli istituti “A. Einstein” (a, c, e) e “Pio La Torre” (b, d, f).....	266
Figura 123. Le probabilità di scelta per gli studenti dell'istituto “A. Einstein” (a) e dell'istituto “Pio La Torre” (c) per cui si realizza un percorso casa-scuola sicuro, per gli	

studenti dell'istituto "A. Einstein" che possono godere dell'intermodalità tra bike sharing e trasporto pubblico. ....267

## Indice delle Tabelle

Tabella 1. Fattori di successo o fallimento dei servizi di car sharing. ....	52
Tabella 2. Caratteristiche dei servizi car sharing presenti nelle città italiane (2020). ....	54
Tabella 3. Gli indicatori di qualità degli archi pedonali considerati. ....	72
Tabella 4. Gli indicatori della <i>walkability</i> e il sistema di punteggio adottato. ....	74
Tabella 5. Le stazioni presenti nel Comune di Palermo. ....	94
Tabella 6. Le stazioni presenti in area vasta. ....	95
Tabella 7. Le stazioni presenti a Catania. ....	96
Tabella 8. L'evoluzione della flotta. ....	97
Tabella 9. Composizione della flotta. ....	97
Tabella 10. Tariffe per le corse <i>station-based round trip</i> . ....	99
Tabella 11. Tariffe per le corse <i>station-based one-way</i> . ....	99
Tabella 12. Tariffe speciali. ....	100
Tabella 13. Tariffe medie adottate dalle compagnie di noleggio a lungo termine. ....	100
Tabella 14. Tariffe per la modalità <i>free-floating</i> . ....	101
Tabella 15. Numero di iscritti al servizio negli anni 2018, 2019 e 2020. ....	102
Tabella 16. Statistiche del servizio car sharing <i>amiGO</i> nel periodo 2014-2017. ....	104
Tabella 17. Statistiche del servizio car sharing <i>amiGO</i> nel 2019. ....	104
Tabella 18. Numero di utenti per numero di corse effettuate nel 2019. ....	107
Tabella 19. Segmentazione dei noleggi per classe di distanza. ....	108
Tabella 20. Segmentazione dei noleggi per classe di durata. ....	109
Tabella 21. Analisi delle scelte effettuate dagli utenti in relazione ai due modelli di business. ....	110
Tabella 22. Segmentazione dei noleggi per fascia oraria. ....	111
Tabella 23. Chilometri effettuati per modello di auto. ....	112
Tabella 24. Media dei chilometri percorsi annualmente dalle autovetture del car sharing. ....	115
Tabella 25. Il bacino di utenza potenziale del servizio <i>station-based</i> . ....	143
Tabella 26. Popolazione potenzialmente attratta per sesso, età e composizione del nucleo familiare. ....	144
Tabella 27. Popolazione maggiorenne residente e addetti entro il bacino di utenza determinato con riferimento alla rete pedonale. ....	148

Tabella 28. <i>Pedestrian catchment area ratio</i> delle stazioni del servizio car sharing. ....	150
Tabella 29. Confronto di flotta e numero di iscritti dei servizi delle città italiane (al 31/12/2018).....	153
Tabella 30. Confronto delle tariffe applicate dai servizi di car sharing presenti nelle maggiori città italiane (al 31/12/2018).....	156
Tabella 31. Voci di costo per l'autovettura privata. ....	157
Tabella 32. Punti di <i>break even</i> per modalità e alimentazione dell'autovettura.....	158
Tabella 33. Confronto di alcune caratteristiche delle città analizzate. ....	162
Tabella 34. Risultati della calibrazione del modello (fonte: Catalano <i>et al.</i> , 2008). ....	164
Tabella 35. Numero di potenziali utenti. ....	165
Tabella 36. Composizione del parco autovetture circolante a Palermo nel 2016.....	169
Tabella 37. Composizione del parco autovetture circolante a Palermo nel 2016.....	169
Tabella 38. Emissioni delle sostanze inquinanti nei due scenari.....	171
Tabella 39. Capacità attribuite ai siti candidati.....	205
Tabella 40. Domanda servita dalle stazioni scelte dall'algoritmo al variare del numero di stazioni limite.....	206
Tabella 41. Fattori di successo e di insuccesso del bike sharing. ....	219
Tabella 42. Le ciclostazioni del servizio bike sharing AmiGO.....	226
Tabella 43. Le tariffe di utilizzo del bike sharing.....	227
Tabella 44. Statistiche del servizio di bike sharing nel periodo di riferimento 2015-2019. ....	227
Tabella 45. Numero di corse mensili durante il 2019.....	229
Tabella 46. Osservazioni meteorologiche per l'anno 2019. ....	229
Tabella 47. Percentuale di corse effettuate e numero medio di corse giornaliere per giorno della settimana. ....	230
Tabella 48. Bacino di utenza potenziale del servizio bike sharing di Palermo. ....	234
Tabella 49. Campionamento degli studenti e numero di interviste valide.....	244
Tabella 50. Percentuale di spostamenti degli studenti effettuati a piedi per durata dello spostamento. ....	245
Tabella 51. Percentuale di spostamenti degli studenti effettuati in auto e TPL per durata dello spostamento. ....	245
Tabella 52. Propensione all'utilizzo del servizio di bike sharing Go2School.....	247
Tabella 53. Lista delle nuove ciclostazioni del servizio Go2School.....	253
Tabella 54. Descrizioni delle variabili usate dal modello.....	261
Tabella 55. Risultati della calibrazione condotta con il software STATA. ....	261

Tabella 56. Sintesi dei risultati ottenuti per lo scenario attuale e per lo scenario futuro (t <sub>pedi</sub> <90 minuti).....	263
Tabella 57. Sintesi dei risultati ottenuti per lo scenario attuale e per lo scenario futuro (t <sub>pedi</sub> >90 minuti).....	264
Tabella 58. Risultati della nuova calibrazione condotta con il software STATA. ....	265
Tabella 59. <i>Key assumptions</i> per l'analisi economica. ....	270
Tabella 60. Analisi costi-benefici. ....	272
Tabella 61. Analisi SWOT.....	288
Tabella 62. La matrice SWOT.....	290

## Pubblicazioni da questa ricerca

- D'Orso G., Migliore M., 2017. A GIS-Based Methodology to Estimate the Potential Demand of an Integrated Transport System. In: Gervasi O. *et al.* (eds) Computational Science and Its Applications – ICCSA 2017. ICCSA 2017. Lecture Notes in Computer Science, 10407. Springer, Cham.
- D'Orso, G., Migliore, M., 2018. A GIS-Based Method to Assess the Pedestrian Accessibility to the Railway Stations. In: Gervasi O. *et al.* (eds) Computational Science and Its Applications – ICCSA 2018. ICCSA 2018. Lecture Notes in Computer Science, 10964. Springer, Cham.
- Migliore, M., D'Orso, G., Caminiti, D., 2018. The current and future role of carsharing in Palermo: analysis of collected data and results of a customer satisfaction survey. Proceedings – 2018 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2018 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe, EEEIC/I and CPS Europe 2018.
- D'Orso, G., Migliore, M., 2019. Cycling for Home-to-School Travel in Palermo: A Method for Assessing the Optimal Allocation of New Cycling Infrastructure. Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), pp. 217-230.
- D'Orso, G., Migliore, M., Attanasio, M., Enea, M., Di Maria, G., Lo Monaco, R., Caminiti, D., Marchese, M., Bongiorno, N., 2020. School Bike Sharing Program: will it Succeed? Transportation Research Procedia, 47, pp. 171-178.
- Migliore, M., D'Orso, G., Caminiti, D., 2020. The environmental benefits of carsharing: the case study of Palermo. Transportation Research Procedia, 48, pp. 2127-2139.
- Capodici A.E., D'Orso G., Migliore M., 2020. Understanding the Key Factors of Shared Mobility Services: Palermo as a Case Study. In: Gervasi O. *et al.* (eds) Computational Science and Its Applications – ICCSA 2020. ICCSA 2020. Lecture Notes in Computer Science, 12250. Springer, Cham.
- D'Orso, G., Migliore, M., 2020. A GIS-based method for evaluating the walkability of a pedestrian environment and prioritised investments. Journal of Transport Geography, 82, 102555.

# Abstract

Lo sviluppo di una mobilità sostenibile è diventato, negli ultimi anni, una componente essenziale della pianificazione territoriale e urbana, delle politiche ambientali e delle strategie di sviluppo socioeconomico. Per far fronte ai problemi di congestione, inquinamento atmosferico, inquinamento acustico, consumo di suolo, incidentalità, disuguaglianza sociale e sicurezza che affliggono le città moderne, le amministrazioni devono porre in essere sempre più, anche nel settore dei trasporti, delle soluzioni innovative, che rispondano efficacemente alle esigenze di mobilità della collettività, contenendo al contempo gli eventuali impatti negativi.

In connessione con il concetto di sostenibilità, va ricordato anche il concetto di *smart city*: la città del futuro, anzi del presente, deve essere, infatti, più sostenibile - perseguendo l'equità sociale e la riduzione dell'impatto di tutte le attività cittadine sull'ambiente - più intelligente, connessa, efficiente e tecnologica. Essa deve, quindi, organizzare una mobilità urbana intermodale e multimodale, sfruttando a pieno le attuali capacità della tecnologia, al fine di creare sistemi di trasporto intelligenti e, soprattutto, organizzati e gestiti in modo intelligente.

Tra le soluzioni innovative che le amministrazioni possono perseguire nell'ambito dei trasporti si annoverano certamente i sistemi di *sharing mobility*, come car sharing e bike sharing, la cui filosofia è quella di sostituire "l'uso al posto del possesso". Molte città, sia in Italia che all'estero, quindi, hanno adottato negli ultimi anni dei Piani Urbani per la Mobilità Sostenibile, nei quali ampio spazio è riservato alle misure per rendere maggiormente attrattivi tali servizi di mobilità condivisa.

Questi due servizi di mobilità condivisa risultano essere oggi realtà affermate anche grazie al fatto che i gestori di car e bike sharing hanno sapientemente saputo ritagliarsi la loro fetta di mercato all'interno del settore dei trasporti e le tecnologie hanno avuto in pochi anni un notevole progresso. Il successo di tali servizi, però, varia di città in città e molteplici sono i fattori che influenzano tale successo, decretando le sorti dei bilanci delle compagnie che li gestiscono. Pertanto, si ritiene necessario che il mondo della ricerca affronti in maniera puntuale la progettazione di tali sistemi, considerando tutte le problematiche che essi possono trovarsi ad affrontare nei contesti cittadini dove sorgono.

L'obiettivo della presente tesi è stato, quindi, quello di sviluppare tecniche e metodologie per la progettazione e l'ottimizzazione dei servizi di bike e car sharing, concentrandosi

principalmente sulla risoluzione di problemi come la localizzazione delle stazioni, il dimensionamento delle stazioni o il dimensionamento della flotta, in una visione in cui bike sharing e car sharing si inseriscono all'interno del sistema integrato dei trasporti collettivi, in una logica di *Mobility as a Service*. Le analisi e le metodologie sono state sviluppate in ambiente GIS, sfruttando la capacità di tali strumenti software di gestire dati legati a un territorio.

Nello sviluppo di tali metodologie si è partiti da una solida base di dati relativi alle possibili modalità di utilizzo da parte dei cittadini, alle tipologie di utenti serviti, alle potenzialità e alle possibili criticità da affrontare, dati messi a disposizione da un'azienda che opera nel settore della mobilità condivisa nella città di Palermo.

# Capitolo 1

## *Smart cities: terreno fertile per lo sviluppo di servizi di mobilità condivisa*

### 1.1 Città in trasformazione

In tutto il mondo le città si stanno trasformando, affrontando alcuni tra i più importanti cambiamenti evolutivi della loro storia.

Un numero sempre maggiore di persone si è trasferito e continua a trasferirsi nelle città o in prossimità di esse, abbandonando le aree rurali: è il cosiddetto fenomeno dell'inurbamento. A questo fenomeno si assiste dall'Europa, all'America, all'Asia. Secondo il dossier dell'Organizzazione delle Nazioni Unite "World Urbanization Prospect 2018", a livello mondiale il 55,3% della popolazione vive attualmente in aree urbane. Nei paesi più sviluppati, questo dato si alza ancora: oltre l'81% delle persone vivono, di fatto, all'interno delle aree metropolitane, o perché vi risiedono o perché usufruiscono dei servizi e delle opportunità lavorative che le città offrono. Si prevede che nel 2050 circa l'87% della popolazione dei paesi più sviluppati abiterà nelle città, mentre per i paesi meno sviluppati la percentuale di persone che vivranno nelle aree urbane sarà circa il 66%.

Ne consegue che l'area metropolitana ha densità di popolazione sempre più diffusa: spesso si instaura nelle città il processo noto come diffusione urbana (*urban sprawl*), un modello di sviluppo cittadino caratterizzato dalla creazione di insediamenti su aree sempre più vaste, con tassi di densità abitativa sempre più bassi (Fig. 1). Ciò causa la perdita di equilibrio nel rapporto tra lo sviluppo delle aree abitative e i servizi connessi, provocando una maggiore difficoltà nella gestione della mobilità cittadina. L'uso dell'autovettura privata diventa spesso l'unica soluzione possibile per chi vive in una città diffusa.

Nei paesi in via di sviluppo, come Cina, India e Nigeria, il fenomeno dell'inurbamento si accentua ancor più a causa dell'aumento della popolazione.

Questo pone alle città il problema pressante della sostenibilità ambientale, della lotta all'inquinamento, della riduzione degli sprechi per garantire una più oculata gestione delle



Figura 1. Un esempio di *urban sprawl*.

risorse. Le città dovranno fare i conti con sempre maggiori disuguaglianze sociali, mettendo in atto politiche che mitigano le disparità di reddito e l'esclusione sociale, puntando all'equità e alla redistribuzione, e scongiurando problemi di tenuta della sicurezza.

Gli spostamenti migratori, inoltre, pongono alle città la sfida dell'integrazione, dell'accesso alla sanità pubblica e all'istruzione.

Anche l'allungamento delle aspettative di vita e il conseguente invecchiamento della popolazione, dovuto a un miglioramento nella qualità della vita e ai passi avanti fatti dalla ricerca nell'ambito medico-sanitario, pongono nuove sfide alle città: occorre creare città che si prendano cura degli anziani, facilitandone l'accesso ai servizi, la mobilità, la vita sociale. Si prevede, infatti, che la percentuale di persone con età maggiore di 60 anni passerà dal 3% del 2019 al 5% del 2050 e, nello stesso arco di tempo, il numero di ultraottantenni si triplicherà (World Population Prospects 2019, ONU).

Inoltre, dal momento che le attività a livello urbano sono la principale fonte di gas serra, i cambiamenti climatici degli ultimi anni hanno fatto sì che le città adottassero politiche di mitigazione (ISPRA, 2014), rendendo più ecologici certi settori, contrastando l'inquinamento atmosferico, mettendo in atto la raccolta differenziata e il riciclo; sono state introdotte anche politiche di adattamento, che hanno l'obiettivo di ridurre la vulnerabilità del sistema urbano agli effetti negativi dei cambiamenti del clima, limitandone i danni, come la bio-compensazione cittadina con la realizzazione di parchi e orti urbani. Tali politiche sono necessarie in quanto si stima che circa il 70% delle emissioni totali di gas serra sia prodotto dalle città (United Nations Human Settlements Programme, 2011).

In ultimo, la recente pandemia di COVID-19, ha sottolineato la fragilità delle città moderne, spesso prive di aree verdi di quartiere, dove potere passeggiare a distanza e in sicurezza, o

delle infrastrutture necessarie per adottare forme di mobilità sicure e alternative all'auto privata. Il ricorso massiccio allo *smart working*, inoltre, spinge a riflettere su come saranno i luoghi di lavoro e i centri d'affari delle città in un prossimo futuro.

Tutti questi fenomeni hanno costretto e costringono tuttora le città a intraprendere un cammino di trasformazione. Le città devono farsi a misura d'uomo, devono creare un ambiente vivace in cui i cittadini possano apprendere, alimentare le proprie ambizioni lavorative, coltivare le proprie passioni e curare la vita sociale. Occorre offrire ai cittadini spazi di aggregazione: quartieri più verdi e più pedonali rendono più piacevole il ritrovarsi intorno a giochi e sedute, facilitando il dialogo e gli scambi tra i cittadini.

Le città devono divenire compatte, con interventi di rigenerazione urbana che puntino ad un mix funzionale delle aree urbane (*mixed use development*): ogni quartiere deve ospitare servizi e attività di vario tipo (residenze, attività commerciali, istituzionali, culturali, per il tempo libero) facilmente accessibili a piedi e le abitazioni devono essere addensate a sufficienza per costituire una base di utenti tale da sostenere tali servizi, incluso il trasporto pubblico. Occorre riqualificare i quartieri periferici, creando nuove occasioni di lavoro e trasformandoli da quartieri dormitorio a quartieri realmente attrattivi, cuori pulsanti delle attività culturali e dello spirito d'impresa, tanto quanto le aree centrali. Occorre offrire una mobilità sostenibile, eliminando il ricorso eccessivo all'auto privata, fornendo un trasporto pubblico efficiente e mitigando le problematiche della congestione, dell'inquinamento acustico ed atmosferico, del consumo di suolo dovuto alla sosta.

La sfida degli amministratori è, quindi, quella di prevedere e capire questi fenomeni, mettere in campo soluzioni e strategie efficaci atte a ridurre le ricadute negative, assecondare le nuove esigenze dei cittadini.

L'inurbamento, ad esempio, può diventare un'opportunità se le città sapranno andare nella direzione giusta. La concentrazione di persone nelle città permette, infatti, di fornire servizi agli abitanti in maniera più economica. Chi vive in città, rispetto a coloro che vivono in zone rurali, può godere di un migliore accesso all'assistenza sanitaria e all'istruzione. Inoltre, la concentrazione della popolazione in un grande centro abitato può aiutare a minimizzare l'impatto ambientale sul pianeta, purché le amministrazioni sviluppino politiche e strategie volte a rendere più sostenibili e *green* le città.

Negli ultimi anni la stella polare che la città deve seguire è stata individuata nello sviluppo sostenibile e *smart*: ha fatto capolino nel dibattito pubblico il concetto di *smart city*.

## 1.2 *Smart Cities*: una definizione attuale

Se si nomina la parola “*Smart City*”, o la sua traduzione italiana “città intelligente”, nella mente dei più si staglieranno le immagini di una città del futuro, quasi fantascientifica, in cui le automobili sfrecciano senza conducente in strade prive di traffico, le persone vivono in alti edifici verdi ad impatto zero e ogni servizio che l’ambiente urbano può offrire è accessibile attraverso l’uso di uno smartphone o di qualche diavoleria tecnologica non ancora sviluppata dall’essere umano.

Se la stessa parola viene nominata davanti ad un amministratore di qualche città, questi, forse con orecchi più abituati a sentire ripetere questo anglicismo, inizierà un panegirico in cui elencherà tutte quelle politiche e quegli interventi che hanno reso *smart* la propria città.

Come dicevano i saggi antichi, *in medio stat virtus*, e in questo caso nel mezzo, insieme alla virtù, risiede anche la verità.

Al contrario di quello che un comune cittadino, abituato a fare i conti con la propria realtà locale, potrebbe pensare, le *smart cities* non sono città del futuro, ma città del presente, dal momento che progetti per la trasformazione in senso *smart* delle città sono presenti in centinaia di città a livello globale; e non solo, molte città hanno già adottato un approccio alla pianificazione sistemico e messo in campo soluzioni, tecnologiche e non, che le hanno effettivamente rese, almeno in alcuni ambiti, città intelligenti.

Nonostante ciò, non basta qualche intervento che fa riferimento all’uso di tecnologie - applicazioni e *smartphone* su tutte - per dire che la città che si amministra sia *smart*; nel far questo si farebbe di certo la figura di uno *stupid*.

Al fine, quindi, di fugare ogni dubbio e chiarire ogni confusione terminologica, è necessario dare una chiara definizione di *smart city*. Nel dare una definizione completa di città intelligente viene certamente in aiuto l’enorme mole di letteratura scientifica, di documenti ufficiali, articoli di giornale, regolamenti e riferimenti normativi nazionali e internazionali, che negli anni sono stati scritti sull’argomento. Lasciandosi condurre per mano da questi fiumi di inchiostro alla scoperta di ciò che una *smart city* è o non è, si scopre che una certa confusione terminologica è in realtà presente sin dalle origini e che il termine si è arricchito col passare del tempo di nuovi significati; inizialmente, difatti, il termine non inglobava dentro di sé l’ampio ventaglio di caratteristiche che oggi una città intelligente deve avere per essere riconosciuta come tale.

Negli anni passati, come De Jong *et al.* (2015) fanno notare, si sono spesso utilizzati alternativamente e senza alcun discrimine il termine *smart city* e altri termini come

*sustainable city, digital city, intelligent city, eco city, green city, low carbon city, knowledge city, resilient city* ecc...

Molti di questi termini fanno però riferimento a singoli aspetti di una città intelligente, escludendo di fatto tutti gli altri. Essi sono stati introdotti nel tempo, spesso muovendo da punti teorici di partenza differenti o indirizzando lo sguardo verso finalità differenti; ogni qualvolta ciò è accaduto, il termine *smart city* si è arricchito di un ulteriore significato (Lim et al., 2019; Albino et al., 2015).

Così si è passati dalle prime definizioni di *smart city* dei primi anni Novanta, generate in un clima di sviluppo delle tecnologie di informazione e comunicazione (ICT) e tese pertanto ad evidenziare l'aspetto prettamente tecnologico della città intelligente, a quelle degli ultimi anni, in cui, alla luce del dibattito sempre più presente riguardo il fenomeno dei cambiamenti climatici, prepotente si è fatto strada il carattere di sostenibilità ed ecocompatibilità delle *smart cities*.

Infatti, una delle prime definizioni è quella data dal *California Institute for Smart Communities* nel 1997 all'interno dello "*Smart Communities Guidebook*":

<< A smart community is simply that: a community in which government, business, and residents understand the potential of information technology, and make a conscious decision to use that technology to transform life and work in their region in significant and positive ways >>.

Forse tale definizione sembra oggi più vicina al concetto di *digital city*, cioè di una città che utilizza le tecnologie di comunicazione (in primis sensori, applicazioni per smartphones, reti wi-fi) per soddisfare le esigenze dei cittadini e delle imprese, creando un ambiente di condivisione delle informazioni e offrendo ampio accesso a servizi digitali (Yovanof and Hazapis, 2009); punti di contatto ha anche con quella di *intelligent city*, che implica la capacità della città di creare le condizioni favorevoli allo sviluppo tecnologico e all'innovazione, ma che non include i cittadini come componente fondamentale.

Effettivamente, per rendere le città intelligenti occorrono tecnologie che le traghettino verso il cambiamento: l'Internet of Things, l'analisi dei Big Data, la rete 5G, l'Intelligenza Artificiale, sensori ed attuatori.

La tecnologia è ciò che permette il processo di trasformazione della città in *smart city* ma non è che una delle componenti della città intelligente, come sin da subito la comunità scientifica ha messo in luce attraverso dure critiche ad una pianificazione urbana troppo *technically oriented*. Molti studiosi hanno evidenziato il rischio di costruire città in cui l'uomo si sarebbe dovuto adattare ad una tecnologia pervasiva ed invasiva, non risultando più egli stesso il punto focale della pianificazione urbana.

Negli ultimi anni la ricerca si è, quindi, sempre più allontanata dal fornire una visione esclusivamente tecnologica della città intelligente, cercando di comprendere il fenomeno delle *smart cities* attraverso le lenti delle scienze sociali e delle scienze comportamentali.

Gli asset immateriali, quali il capitale umano, cioè l'insieme di competenze, conoscenze e abilità degli individui, e il capitale sociale, cioè l'insieme delle risorse relazionali, hanno importanza tanto quanto gli asset materiali nello sviluppo *smart* della città. Considerare competenze e relazioni diventa fondamentale per gestire la complessità che la pianificazione di una città intelligente richiede, per creare visioni condivise e gestire le trasformazioni in modo partecipato. Inoltre, non solo bisogna considerare la società nel suo complesso, ma occorre sottolineare che una rilevanza nella trasformazione in senso *smart* della città è da attribuire anche al singolo individuo. Tecnologia e persona, collettività ed individuo, devono essere necessariamente dimensioni da conciliare e non da contrapporre in una città intelligente.

Interessante in questo senso è ciò che distingue una città intelligente da altri modelli di città per il professore ordinario di Tecnologia dell'Architettura del Politecnico di Torino, Roberto Pagani; nel suo intervento "*L'Urbe diventa smart*", egli delinea quattro possibili modelli di città (Fig. 2): la *smart city* è l'unica che è in grado di portare benefici sia a vantaggio della collettività che a vantaggio del singolo individuo, a differenza delle altre tipologie di città che possiedono almeno una componente di svantaggio. In particolare, la città "pirata" asseconda le esigenze degli individui a discapito di quelle dell'intera comunità, spesso esacerbando le disuguaglianze e trascurando le problematiche di ampia portata, come l'inquinamento: si pensi, ad esempio, ad una città in cui si incentiva l'utilizzo dell'auto privata a discapito del trasporto pubblico o di mezzi più sostenibili come la bicicletta. La città "pioniera" è, invece, quella in cui i cittadini accettano uno svantaggio individuale al fine di perseguire il bene comune: si pensi all'acquisto di un'auto elettrica, non ancora conveniente al singolo dal punto di vista economico ma sicuramente un tassello in più per costruire un ambiente meno inquinato per la comunità. Infine, lo scenario peggiore è quello rappresentato dalla città "dannosa", che inconsapevolmente infligge danni sia alla collettività che al singolo, adottando soluzioni che vanno in direzione opposta allo sviluppo *smart*: si pensi, ad esempio, a città che mantengono inefficiente ed inquinante il trasporto pubblico, non rendono sicura la mobilità ciclabile o paralizzano i processi produttivi e pianificatori con zavorre di burocrazia.

La *smart city* rappresenta, quindi, il modello più efficace, basato su una logica *win-win*: vince il pubblico se vince il privato, vince la comunità se vince allo stesso tempo anche il singolo. Per l'amministrazione il vantaggio si configurerà come riuscire a garantire

un'elevata qualità della vita della comunità, ridurre i costi dei servizi, attrarre imprese sul territorio e raggiungere gli obiettivi della sostenibilità.

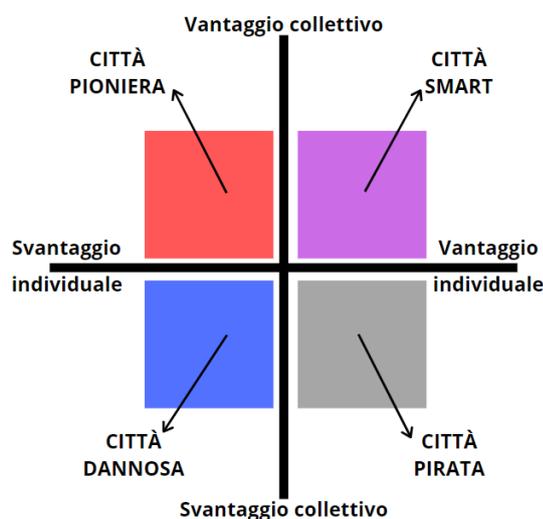


Figura 2. Modelli di città in Pagani, 2012.

Per le imprese il vantaggio sarà costituito dal poter disporre di un terreno fertile, che gli permette di massimizzare i guadagni e ottimizzare i processi produttivi. Infine, il singolo cittadino potrà migliorare la sua qualità della vita, accedere a servizi più efficienti con più facilità e a un costo inferiore.

Tutto ciò che fin qui è stato scritto ancora non basta a fornire una definizione completa ed attuale di città intelligente.

Tra gli attributi chiave che emergono dalla rassegna delle differenti definizioni presenti in letteratura non solo si trovano, come già abbondantemente sottolineato, l'innovazione, le ICT, le infrastrutture e i servizi, il capitale umano e il capitale sociale, ma anche la governance, il coinvolgimento dei cittadini, la crescita economica e lo sviluppo sostenibile. Una definizione completa è, quindi, quella fornita da Cassa Depositi e Prestiti nel suo studio dedicato ai progetti di sviluppo delle *smart cities* e ai metodi di finanziamento:

<< Smart è dunque una città che, secondo una visione strategica e in maniera organica, impiega gli strumenti dell'ICT come supporto innovativo degli ambiti di gestione e nell'erogazione di servizi pubblici, grazie anche all'ausilio di partenariati pubblico-privati, per migliorare la vivibilità dei propri cittadini; utilizza informazioni provenienti dai vari ambiti in tempo reale, e sfrutta risorse sia tangibili (ad es. infrastrutture di trasporto, dell'energia e delle risorse naturali) sia intangibili (capitale umano, istruzione e conoscenza, e capitale intellettuale delle aziende); è capace di adattare se stessa ai bisogni degli utenti, promuovendo il proprio sviluppo sostenibile >>.

La sostenibilità è uno degli altri elementi che sono entrati a far parte delle caratteristiche fondamentali delle *smart cities* e su cui i ricercatori hanno recentemente costruito un accesso

dibattito: un filone della ricerca, ha, infatti, evidenziato come più che di *smart city* si dovrebbe parlare di *smart sustainable cities* (Bibri e Krogstie, 2017; Zheng *et al.*, 2020). L'introduzione della caratteristica di sostenibilità deriva dal fatto che negli anni si è avvertito sempre più pressante il bisogno di affermare la necessità che le città per essere *smart* debbano essere anche sostenibili; tale bisogno è derivato da un divario tra la teoria e la pratica nella realizzazione delle *smart cities*: soluzioni e tecnologie *smart* non necessariamente portano a raggiungere obiettivi di sostenibilità (Yigitcanlar *et al.*, 2019). Inoltre, le innovazioni possono dare risultati in termini di sviluppo sostenibile ma solo se vi è un approccio a lungo termine incentrato sulla sostenibilità. Pertanto le *smart cities* non devono concentrarsi solamente sull'utilizzo di innovazioni tecnologiche che aggiungano tasselli di sostenibilità e prescindere, così facendo, dal mettere in atto quelle strategie consolidate atte a rendere più sostenibile la città quali l'introduzione di mezzi di trasporto meno inquinanti, la destinazione mista del territorio, gli interventi sulla densità abitativa e sulla compattezza della città, la riqualificazione del territorio per renderlo orientato alla mobilità dolce.

### 1.3 Le dimensioni della città intelligente

Un modello ampiamente utilizzato per descrivere la struttura delle *smart cities* è quello introdotto da Giffinger *et al.* (2007) e fatto proprio dal Parlamento Europeo (2014). Questo modello identifica sei dimensioni che la città intelligente deve possedere, sei caratteristiche che la città deve avere per essere considerata una *smart city*. Pertanto, essi sono anche i sei ambiti grazie ai quali è possibile misurare il grado di *smartness* di una città.

Le sei dimensioni di una *smart city* sono rappresentate in Fig. 3.

Per *smart economy* si intende l'abilità della pubblica amministrazione di una città intelligente di creare il migliore ambiente possibile per sostenere lo sviluppo delle imprese facendo aumentare la loro produttività tramite la realizzazione di infrastrutture più efficienti, processi di ottimizzazione e l'uso di tecnologie innovative, favorendo al contempo l'occupazione dei cittadini. La città deve promuovere la collaborazione tra soggetti economici diversi, attrarre e valorizzare il capitale umano qualificato, essere terreno fertile per la creazione di incubatori, *start-up* innovative e centri di ricerca. La città intelligente diventa fucina di creatività, un ambiente dinamico e funzionale. Le tecnologie innovative non sono ciò che dà la spinta propulsiva alla città intelligente: la *smart city* si muove e cambia con mente, cuore e braccia delle persone che l'amministrano.

La pubblica amministrazione è ciò che spinge una città ad intraprendere il percorso dello sviluppo sostenibile e intelligente; per questo motivo è necessario che essa abbia una visione

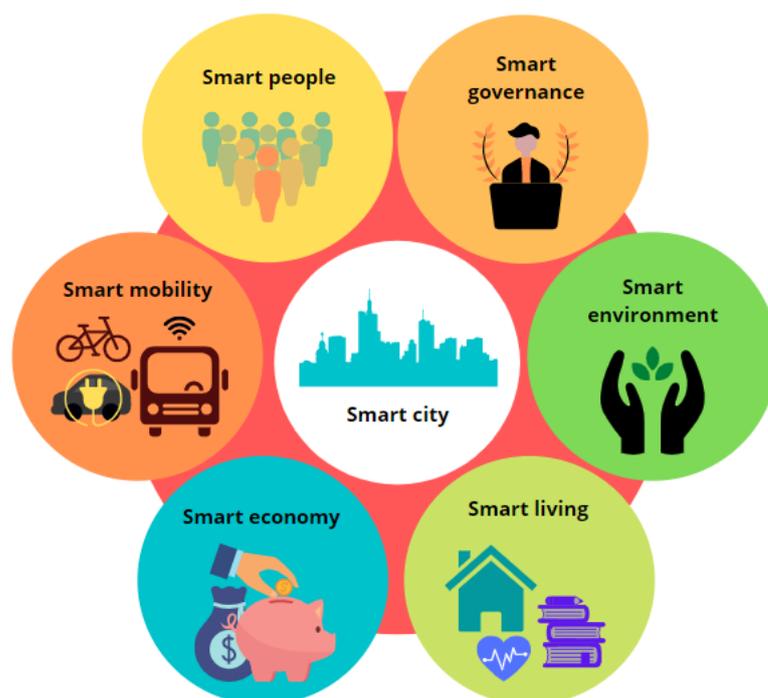


Figura 3. Le dimensioni della *smart city*.

a lungo termine della città e adotti un approccio olistico nella pianificazione degli interventi, considerando tutti gli ambiti della vita cittadina. Non basta pianificare singoli interventi scollegati tra loro ma ogni intervento deve essere coerente e connesso agli altri, contribuendo a compiere ulteriori passi verso la visione globale di città decisa dall'amministrazione. Quest'ultima deve attuare un'azione "nebulizzante": promuovere e regolare il flusso di iniziative, rendendo pervasiva l'innovazione anche oltre i confini del singolo intervento. Nel fare ciò, indispensabile risulta limitare la burocratizzazione e coinvolgere la cittadinanza e le imprese nella scelta delle politiche da attuare.

Se l'amministrazione riesce a fare ciò, non si parla più di *government*, cioè di un governo arroccato su visioni a breve termine e frammentarie, legato alle gerarchie e alla burocrazia, ma di *smart governance*, che interpreta i mutamenti in atto, comprende le nuove esigenze, coinvolge nei processi decisionali e trova le soluzioni più efficaci, anche grazie all'analisi dei dati raccolti.

Spesso ciò che manca a una città per avviare la sua trasformazione *smart* è proprio una *governance* lungimirante, che riesca anche a reperire i finanziamenti necessari per rendere reali gli interventi previsti dalla visione strategica.

I cittadini non sono solo i beneficiari degli interventi previsti per lo sviluppo *smart* della città ma ne sono i protagonisti. La città intelligente muove i suoi passi dalle esigenze dei cittadini e li coinvolge nel processo di trasformazione dell'ambiente urbano. Una città intelligente è una città co-progettata, frutto di un processo di pianificazione partecipativo nel quale il cittadino ritrova la consapevolezza di poter essere co-autore della visione di città e delle

politiche da adottare. La responsabilità sulla direzione intrapresa dalla città diviene pertanto condivisa tra cittadini e governance.

L'attitudine e la propensione al cambiamento dei soggetti interessati dagli interventi pianificatori costituiscono, quindi, un tassello fondamentale per la buona riuscita delle soluzioni *smart* adottate dall'amministrazione cittadina. Partecipazione, coinvolgimento, dialogo, interazione, ascolto: non può esserci una *smart city* se viene a mancare il confronto tra i cittadini e la governance, se le amministrazioni non comunicano ed informano il cittadino sulle azioni messe in campo.

La cittadinanza deve quindi anch'essa essere *smart*: si parla di *smart people*. Le idee e le competenze dei cittadini costituiscono le micce attraverso le quali innescare la scintilla dell'innovazione e del cambiamento.

Tale dinamica partecipativa stimola il desiderio dei cittadini di partecipare alla vita politica della città, di divenire cittadini attivi e di elevare le proprie qualifiche, formandosi sulle tematiche dello sviluppo *smart*. Motivo per cui, una città intelligente promuove anche campagne di sensibilizzazione e formazione per dotare i suoi cittadini del *know-how* necessario alla partecipazione, incentivando altresì la creazione di piattaforme per consentire lo scambio di opinioni, la segnalazione di problemi e di richieste all'amministrazione.

La città diventa così anche inclusiva, favorendo la circolazione di idee e nuove forme di condivisione. Si pensi, ad esempio, all'iniziativa londinese “*Every One Every Day*”, che unisce i residenti di un quartiere di Londra; condividendo le idee, questi creano progetti di vario tipo per migliorare il loro quartiere: si va dalla coltivazione di aree comuni, alla condivisione di oggetti e spazi, alla preparazione di pasti per più nuclei familiari.

Un'altra componente delle città intelligenti è lo *smart environment*, legato al carattere di sostenibilità che essa deve necessariamente possedere. Una *smart city* punta a minimizzare gli sprechi nelle reti idriche ed energetiche con un'attenta manutenzione e con dispositivi di recupero dei surplus, attuare una gestione oculata dei rifiuti, promuovendo la raccolta differenziata; la città intelligente attua politiche di riduzione delle emissioni inquinanti, monitorando costantemente i dati ambientali, dà importanza alle aree verdi, all'arredo urbano e alla pulizia delle strade, adotta strategie di prevenzione dalle calamità naturali, ricorre a fonti di energia rinnovabile.

Con tali interventi al primo posto si rimettono sicurezza e qualità della vita del cittadino, che può godere di soluzioni intelligenti in ogni aspetto della propria esistenza: è il principio dello *smart living*. Pertanto, il cittadino può risparmiare denaro adottando sistemi di riscaldamento più efficienti in abitazioni energeticamente autosufficienti (*smart building*), può accedere facilmente all'istruzione e al sistema sanitario, può ricevere istante per istante informazioni

dalla città sul traffico, sul meteo, su eventi pubblici e manifestazioni; e ancora, può comunicare facilmente con gli uffici della pubblica amministrazione e beneficiare di un'illuminazione pubblica adattiva o di sistemi di sorveglianza delle strade che ne aumentino la sicurezza. La città intelligente è una città più connessa e digitale, in grado di far comunicare dispositivi personali e infrastrutture urbane creando un ambiente digitale accessibile ai cittadini grazie ad accessi wi-fi liberi e reti di sensori.

Infine, una ulteriore dimensione della città intelligente è la *smart mobility*. La mobilità è forse il settore da cui le città che in tutto il mondo hanno intrapreso il percorso verso lo sviluppo *smart* hanno mosso i primi passi: è l'ambito dove vi sono state più sperimentazioni ed entro il quale gli amministratori si sono più spesso cimentati nel trovare soluzioni *smart* ai sempre più presenti fenomeni della congestione e dell'inquinamento dovuto al traffico veicolare.

#### 1.4 Smart Mobility: sistemi innovativi e mobilità dolce

La mobilità *smart* si pone come obiettivi ultimi quelli di ridurre la congestione e l'inquinamento, offrire un'esperienza di mobilità senza soluzione di continuità, integrata, flessibile, *on-demand*, sicura, accessibile a tutti e conveniente. Per fare ciò, essa sfrutta tecnologie, raccoglie dati, innova le infrastrutture e organizza nuove forme di mobilità.

Se si pensa alla *smart mobility* vengono in mente, innanzitutto, gli *Intelligent Transport systems*: innovativi sistemi di controllo del traffico e della sosta, sistemi di infomobilità, sistemi di ottimizzazione dei percorsi. Si hanno così semafori intelligenti, che adattano il ciclo semaforico ai flussi di traffico in attesa o danno la priorità ai mezzi pubblici o ai veicoli in emergenza; si hanno telecamere per il monitoraggio del traffico, sensori per la raccolta dei *Big Data* ed applicazioni per trasmettere informazioni agli utenti quali incidenti e lavori in corso, consentendo al contempo di individuare i percorsi migliori; ed ancora, piattaforme virtuali con cui poter prenotare gli stalli di sosta (*smart parking*) o pagare gli accessi alle zone a traffico limitato.

Alla realizzazione di una mobilità *smart* dà sicuramente un importante contributo l'introduzione della figura del *mobility manager* nelle aziende e negli uffici della pubblica amministrazione. Tale figura ottimizza gli spostamenti di gruppi di persone che lavorano nello stesso ambiente, favorendo il car pooling, razionalizzando i percorsi e promuovendo l'uso di nuove forme di mobilità.

Una mobilità *smart* è anche una mobilità integrata: recentemente si stanno sviluppando modelli di *Mobility as a Service*, cioè un nuovo sistema di mobilità che si basa sull'offerta

di pacchetti di mobilità comprendenti tutti i principali servizi di trasporto pubblico della città, integrati in un'unica piattaforma da cui è possibile pagare, prenotare e pianificare il percorso. Ciò fa sì che la *smart mobility* oggi si intrecci sempre più con il *mobile payment*: ormai in molte città il pagamento dei mezzi di trasporto pubblico, dei parcheggi, del car sharing, della ricarica dei mezzi elettrici e dell'accesso alle zone a traffico limitato, può essere effettuato attraverso l'uso del cellulare.

*Smart mobility* significa, inoltre, mobilità sostenibile e green: ciò si traduce in una promozione della mobilità elettrica, attraverso l'incentivazione delle auto elettriche e la dotazione delle colonnine di ricarica, ma anche nel sostegno alla mobilità ciclabile, attraverso la realizzazione di piste ciclabili.

Una città intelligente è anche quella che permette ai cittadini di spostarsi per lo più a piedi, evitando il ricorso eccessivo all'auto privata.

D'altro canto, camminare è il modo di trasporto più vitale, quel modo di trasporto da cui dipendono tutte le attività sociali: camminando si entra in contatto con tutte le attività commerciali e culturali presenti nel territorio, si hanno interazioni con le altre persone e con la natura, e si sperimentano tutti quei colori, suoni e odori che rendono viva la città. Il camminare è anche il collegamento necessario tra i diversi modi di trasporto.

Come modo di trasporto, la mobilità pedonale offre tempi di percorrenza prevedibili, una disponibilità continua, percorsi facilmente manutenibili, l'assenza di emissioni di sostanze inquinanti, e per molti è anche un esercizio salutare.

La salute è, in effetti, uno dei principali motivi per cui le città dovrebbero rivolgere più attenzione alla mobilità pedonale. Lo stile di vita moderno, con un uso ampio della macchina nei propri spostamenti, lo svolgimento di attività sedentarie e l'automatizzazione di alcune attività a casa e nei posti di lavoro, ha portato a una diffusione dell'obesità, della depressione e di malattie cardio-vascolari. L'attività fisica è riconosciuta come un importantissimo elemento di uno stile di vita sano, poiché riduce il rischio di malattie e di morte prematura. Secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità, anche il design della città ha effetti sull'inattività della popolazione: riprogettare gli spazi urbani in funzione del pedone significa mettere il cittadino in condizioni di poter praticare attività fisica (Wasfi *et al.*, 2016; Adams *et al.*, 2014).

Per questo, la *smart mobility* si traduce anche nell'applicazione di tecniche urbanistiche e di pianificazione territoriale che promuovano la mobilità pedonale e lo rendano un modo sicuro, conveniente ed attrattivo per effettuare i propri spostamenti quotidiani.

In una *smart city*, si deve riporre, pertanto, una nuova attenzione al pedone nella pianificazione dell'ambiente urbano. Le città devono essere riorganizzate affinché si abbiano

attività di diverso tipo raggiungibili dai luoghi di residenza entro una distanza a piedi contenuta. Di recente, ha conquistato gli onori della cronaca la proposta urbanistica lanciata dal sindaco di Parigi per lo sviluppo *smart* della città: trasformare la città in “*ville du quarte d’heure*” (città del quarto d’ora), in cui ogni servizio e attività, dal medico alla scuola, dal teatro alla palestra, dal mercato al parco urbano, è raggiungibile in quindici minuti a piedi o in bicicletta.

I quartieri devono, quindi, essere *walkable*, progettati per i pedoni, e lo sviluppo di essi deve essere orientato al trasporto collettivo, garantendo elevati livelli di accessibilità, sostenibilità e vivibilità dei luoghi urbani (Papa *et al.*, 2015). In urbanistica si parla di *Transit Oriented Development*, uno sviluppo dei quartieri caratterizzato dal mix funzionale e dalla presenza, attorno ai nodi di trasporto pubblico ad alta frequenza, di aree ricche di servizi e attività commerciali, in cui pedoni e ciclisti abbiano priorità assoluta.

Pertanto, la città intelligente deve rivolgere particolare cura all’arredo urbano, alla manutenzione dei marciapiedi, alla realizzazione di percorsi separati e sicuri per il pedone, deve prevedere pedonalizzazioni, l’introduzione di zone 30, ridimensionamenti delle sedi stradali a favore dello spazio pedonale, limitazioni delle velocità veicolari.

Un altro aspetto da considerare è quello legato al conflitto che si genera quando ad una strada si attribuiscono diverse funzioni e dal pericolo che sorge quando essa è interessata da diverse categorie di utenze. In Europa molte esperienze hanno dimostrato come la riprogettazione delle strade, attraverso una diversa distribuzione degli spazi, può rendere compatibili le differenti funzioni della strada, come la circolazione dei veicoli, quella dei pedoni, il riposare, il fare i propri acquisti, aumentando al contempo la sicurezza di tutti gli utenti e riducendo la gravità e il numero di incidenti.

Ma la città intelligente si esplica anche nell’attenzione nella progettazione ai più deboli tra i pedoni: i bambini, gli anziani, i disabili; si vede, quindi, nella realizzazione di percorsi casa-scuola sicuri, nell’organizzazione di piedibus, negli interventi di adattamento degli spazi urbani alle necessità degli utenti con mobilità ridotta.

La *smart mobility* è anche costituita dalle numerose applicazioni per smartphones che cercano di incentivare la mobilità dolce attraverso il meccanismo della ricompensa.

Una tendenza recente in materia di *smart mobility* è la micromobilità: le città si stanno popolando di monopattini elettrici, hoverboard, segway, monowheel, skateboard e altri piccoli mezzi adatti agli spostamenti di ultimo miglio. La micromobilità sta conquistando giovani e lavoratori permettendo di spostarsi in maniera più ecologica, silenziosa e veloce nel traffico cittadino.

In Italia, ad esempio, fino a qualche mese fa, l'utilizzo su strada di tali mezzi era proibito per mancanza di normative che ne regolamentassero la circolazione; il decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 4 giugno 2019 ha dato il via ad una fase di sperimentazione, decretando così l'arrivo dei monopattini elettrici e degli altri dispositivi elettrici di mobilità personale nelle strade italiane, altresì sostenendone, anche con incentivi economici, l'acquisto.

Infine, ampio spazio nelle politiche di *smart mobility* trovano i servizi di mobilità condivisa come bike sharing, car sharing, ride sharing. Essi sono stati assunti come l'emblema della *smart mobility*, in quanto sfruttano appieno le tecnologie, come GPS, applicazioni per smartphone e mobile payment, usufruiscono di flotte composte da veicoli ecologici o elettrici, promuovono la creazione di *communities*.

### 1.5 La *sharing mobility* e il paradigma della condivisione

Prima di addentrarsi nel mondo della mobilità condivisa è necessaria una premessa, al fine di comprendere da quali spinte essa si è originata.

Le relazioni, la partecipazione attiva, la fiducia negli altri, l'altruismo, la condivisione delle esperienze sono sempre stati dei valori fondanti per l'uomo. Ma è negli ultimi anni, principalmente grazie allo sviluppo repentino delle tecnologie di informazione e comunicazione e all'*Internet of things*, che il concetto di condivisione è entrato con forza nelle nostre vite: si condividono ricordi, pensieri e fotografie attraverso l'uso dei social network, i fondi per raggiungere un proprio obiettivo tramite il *crowdfunding*, il cibo attraverso le piattaforme di *social eating*, le abitazioni attraverso piattaforme virtuali come Airbnb o tramite il *cohousing*, gli spazi di lavoro attraverso il fenomeno del *coworking* e del *business center*, o ancora macchinari e competenze attraverso la realizzazione di *fabrication laboratory*.

Si sono sviluppati, quindi, nuovi modi di usufruire di beni e servizi; questo fenomeno è nato dai vantaggi che, in un mondo in piena crisi economica, soggetto ai cambiamenti climatici e sempre più virtuale che reale, la condivisione porta con sé: condividendo si risparmiano denaro, spazio e tempo, si creano reti sociali, si riducono gli sprechi, si mettono a sistema competenze differenti, si esercita la cittadinanza attiva.

Per soddisfare le nuove esigenze, si è creato un nuovo mercato, popolato da aziende innovative e start-up che producono servizi che prima non esistevano.

È sorta una nuova economia, l'economia collaborativa, o *sharing economy*, che sta pian piano sovvertendo le leggi del modello capitalistico fondato sulla proprietà. L'agente economico, precedentemente descritto dall'archetipo dell'"*Homo oeconomicus*", un uomo

che cura esclusivamente i suoi interessi personali, ha assunto oggi un'immagine diversa, che prende in considerazione anche aspetti più sociali ed emozionali. Per il nuovo modo di vedere dell'economia collaborativa, la volontà di costruire relazioni, il senso di appartenenza a un gruppo, le spinte etiche e morali, e la fiducia nell'altro sono caratteristiche fondamentali che l'uomo quale agente economico possiede.

L'economia collaborativa sta modellando la nuova realtà delle città intelligenti e il nuovo paradigma economico della condivisione è penetrato anche all'interno del settore dei trasporti e della mobilità. All'interno delle politiche di *Smart Mobility*, infatti, ha sempre più preso spazio l'introduzione di servizi innovativi di mobilità condivisa (*sharing mobility*).

La condivisione è entrata a far parte soprattutto delle abitudini di mobilità dei giovani sotto i 35 anni: secondo le statistiche sempre più giovani rinunciano al possesso della patente o alla proprietà di un'autovettura.

Secondo la sintesi statistica "L'Auto 2019" dell'Unione Rappresentanti Autoveicoli Esteri (UNRAE) in Italia si sono registrati un crollo delle patenti rilasciate (dal 2001 al 2017 vi è stato un calo del 25%) e una forte diminuzione delle immatricolazioni da parte dei giovani rispetto al passato: si è passati dal 34,7% del numero totale di immatricolazioni nel 2010 al 26,3% del 2019 per la fascia 30-45 anni, e dall'11,8% all'8,5% per la fascia 18-29 anni.

Anche l'azienda di consulenza Bain & Company ha misurato la stessa tendenza con un'indagine effettuata in occasione dell'evento Quattroruote Day 2019: la maggior parte dei giovani intervistati non individua come priorità il possesso di un'auto e ne ritarda l'acquisto, preferendo dare priorità ad altre voci di spesa.

Di ciò sono certamente complici le difficoltà nell'entrare nel mondo del lavoro, un potere d'acquisto che si è ridotto per i giovani nel corso del tempo e la presenza di valide alternative nelle città, come i mezzi di trasporto pubblico; non si può fare a meno di notare, però come un cambiamento culturale comunque ci sia stato.

Avendo tolto la macchina dalla lista degli *status symbol*, le nuove generazioni tendono a preferire l'uso flessibile dei beni strumentali, piuttosto che gestire le complessità del pieno possesso. A prova di ciò, un altro dato importante emerso nel corso del Quattroruote Day riguarda l'attitudine alla condivisione e l'attenzione alla convenienza che continua a crescere: il 55% dei millennials è disposto a utilizzare il car sharing se più conveniente o con amici, percentuale che sale al 66% se si guarda alle generazioni successive.

Non stupisce pertanto il successo e la varietà dei servizi di mobilità condivisa: essi sono molteplici ma accumulati dal fatto che gli spostamenti non avvengano con mezzi privati ma bensì attraverso l'utilizzo di veicoli "condivisi".

A seconda del tipo di servizio di mobilità condivisa, la condivisione dei veicoli da parte degli utenti può avvenire contemporaneamente, quando, per esempio, si fa parte di un equipaggio di carpooling o di un taxi condiviso, o in successione, come accade con il car sharing o il ridesourcing.

Oltre alla condivisione dei veicoli, un altro aspetto che accomuna i servizi di *sharing mobility* è l'uso delle piattaforme digitali: applicazioni per smartphone attraverso le quali prenotare i veicoli, organizzare le corse, pagare l'utilizzo del servizio.

Le piattaforme digitali permettono spesso, inoltre, all'operatore del servizio di interagire con gli utenti e a questi ultimi di creare una *community*. Gli utenti non sono solamente semplici attori passivi ma diventano così veri e propri consumatori consapevoli, utilizzando il servizio in maniera adatta alle loro esigenze, inviando segnalazioni su mal funzionamenti e problematiche, comunicando proposte di miglioramento.

I servizi di mobilità condivisa offrono la possibilità all'utente di svincolarsi dai costi fissi che il possesso di un veicolo comporta, limitandosi a pagare l'utilizzo solo quando egli ritiene di avere bisogno di tali mezzi.

Un aspetto critico è che l'insorgenza dell'esigenza di spostamento (cioè la domanda di mobilità) non può essere istantaneamente soddisfatta come può esserlo, invece, attraverso l'utilizzo di un mezzo privato. Da ciò discende che è molto importante per il successo di un sistema di mobilità condivisa avvicinarsi quanto più possibile alla disponibilità e flessibilità del mezzo privato. Ricorrendo a rapidi sistemi di prenotazione e di accesso al servizio, nonché a flotte di veicoli condivisi opportunamente dimensionate, i servizi di mobilità condivisa possono quasi eguagliare la flessibilità di un mezzo privato.

Di contro, i nuovi servizi di *sharing mobility* sono certamente più flessibili dei sistemi condivisi tradizionalmente intesi, cioè i sistemi di trasporto pubblico, perché non legati a vincoli di orario o di percorso.

Un ulteriore vantaggio dei servizi di mobilità condivisa è lo sfruttamento della capacità residua. Nel settore dei trasporti, in cui preponderante è ancora l'utilizzo di veicoli di proprietà, è intrappolata una grande quantità di capacità inutilizzata, che è causa di un incremento della congestione stradale e dell'inquinamento; si pensi, ad esempio, al fatto che le autovetture di proprietà per la maggior parte del tempo rimangono parcheggiate o al fatto che la maggior parte delle auto viaggia con un solo passeggero a bordo. Tali servizi innovativi, tramite la condivisione dello stesso veicolo tra più utenti, riescono a far sì che il veicolo sia utilizzato in misura maggiore di quanto non sarebbe il veicolo di un singolo individuo.

## 1.6 I servizi di mobilità condivisa

Oggi si assiste ad un variegato panorama di servizi di mobilità condivisa (Machado *et al.*, 2018). Una prima classificazione di tali servizi (Fig. 4) può essere fatta sulla base del fatto che si condivida tra più utenti un veicolo o una corsa (Shaeheen & Chan, 2016).

Dei servizi del primo gruppo i più conosciuti sono certamente i servizi di car sharing, bike sharing e scooter sharing, che hanno trovato applicazione in numerose città del globo.

Il car sharing è un servizio che prevede una flotta di vetture disponibili per il noleggio per breve periodo e senza bisogno di assistenza da parte di personale. Le automobili sono distribuite all'interno di un'area di dimensioni variabili. Nel car sharing di tipo tradizionale il servizio è gestito da un'azienda: esse possono essere aziende private piccole o grandi, con strutture di governance diverse (Spa, Srl o cooperative), oppure aziende partecipate dall'amministrazione pubblica. La tariffa generalmente è legata ai chilometri percorsi e al tempo di utilizzo dell'autovettura, nonché costituita anche da una quota fissa di abbonamento. Esistono vari modelli di business che un'azienda può adottare nella gestione di un servizio car sharing di tipo tradizionale.

Se chi gestisce il servizio non è un'azienda, ma sono dei privati cittadini si parla di car sharing *peer to peer* (P2P): il proprietario di un'autovettura mette a disposizione di un gruppo di utenti la stessa nei momenti in cui egli non la utilizza; in questo modo si dividono i costi fissi dell'autovettura privata proporzionalmente all'utilizzo che ogni individuo ha fatto della stessa. Per facilitare l'incontro tra domanda e offerta di veicoli, sono sorte sul mercato piattaforme di condivisione, alla quale i privati possono registrarsi per offrire a noleggio e noleggiare le autovetture. In questo caso, la relazione fra proprietario e cliente è veicolata da un portale informatico gestito da un'azienda che fa da intermediario, curando le pratiche di affitto del veicolo e la copertura assicurativa. La data e il luogo di prelievo e di riconsegna del veicolo sono, invece, sempre concordate tra i privati. Esempi sono le piattaforme "Getaround" o "Turo", che operano negli Stati Uniti.

Un'altra tipologia è costituita dai car sharing di nicchia, cioè servizi che servono specifici gruppi di persone. Ne fa parte, ad esempio, il *corporate* car sharing o car sharing aziendale, che prevede la condivisione di una flotta di auto aziendali, circoscritta ai dipendenti dell'azienda.

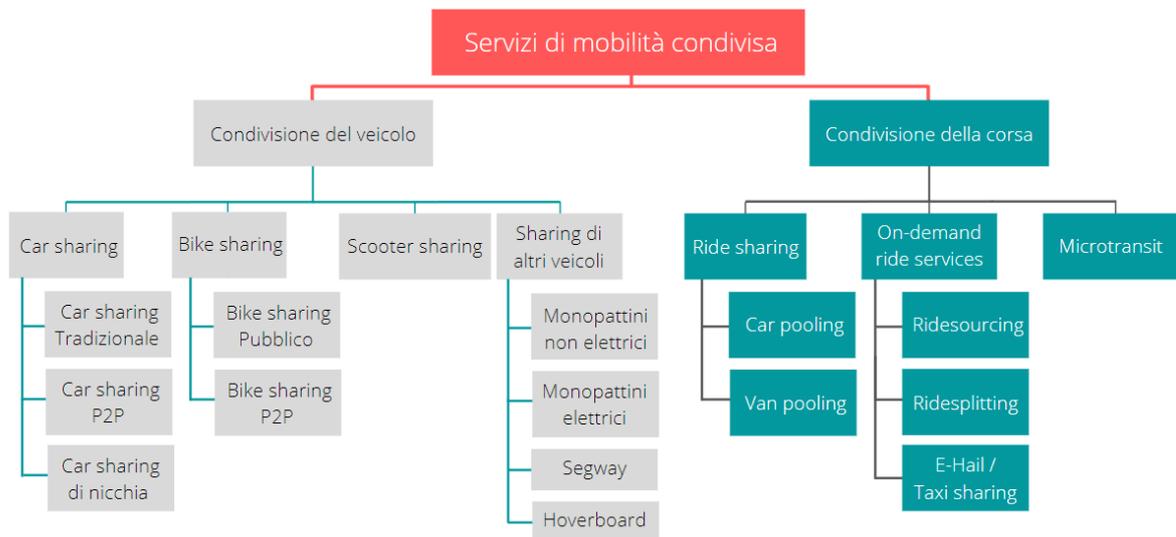


Figura 4. Tipologie di servizi di mobilità condivisa (modificato da Shaheen & Chan, 2016).

Il primo programma di car sharing è nato in Svizzera nel 1948 con la cooperativa “Sefage”: il motivo della condivisione di autovetture era prettamente economico ed infatti la cooperativa attraeva coloro i quali non potevano permettersi l’acquisto di una propria autovettura (Britton, 1999). Sempre in Svizzera, alla fine degli anni Ottanta, nascono i primi veri servizi di car sharing, con la trasformazione di alcune cooperative costituite da ambientalisti in aziende strutturate con modelli organizzativi di tipo imprenditoriale (Burlando & Mistretta, 2007). Da allora il servizio è entrato a far parte delle alternative di mobilità di molte città in tutto il mondo.

Così come il car sharing, anche il bike sharing negli ultimi anni si è diffuso nelle città di ogni parte del mondo. Tale servizio permette di noleggiare per breve tempo biciclette muscolari o a pedalata assistita distribuite a rete sul territorio, anch’esso senza bisogno di assistenza da parte di personale. L’utilizzo avviene dietro un corrispettivo che solitamente è costituito da una quota fissa per l’abbonamento e una tariffa a tempo che viene addebitata all’utente dopo un periodo di utilizzo gratuito, spesso intorno ai trenta minuti. Anche in questo caso esiste un bike sharing P2P, che prevede la condivisione di biciclette tra privati, resa possibile da piattaforme online come “Spinlister” o “Cycle Land”.

Come il servizio di car sharing, partito da piccole realtà disorganizzate e via via sviluppatesi nel corso del tempo, risolvendo i problemi di gestione, adattandosi alle realtà locali e diversificandosi nelle modalità operative, anche il servizio di bike sharing ha subito trasformazioni dalle sue origini. In effetti, la nascita del servizio, avvenuta ad Amsterdam nel 1965, è particolare: un gruppo di anarchici, di nome Provo, verniciò alcune biciclette di bianco (“*White bikes*”) e le lasciarono in giro per la città, disponibili a chiunque avesse bisogno di un mezzo di trasporto (Van de Zee, 2016). L’esperienza durò poco, così come

tutte quelle condotte fino alla fine degli anni Novanta, che dovettero fare i conti con ostacoli normativi, furti e vandalismi. Le tecnologie di sgancio tramite card e del GPS hanno risolto in parte tali problemi, rendendo oggi il bike sharing uno dei servizi di mobilità condivisa più presenti ed utilizzati nelle città.

Di recente si stanno diffondendo nelle città anche servizi di sharing realizzati con veicoli diversi da autovetture e biciclette. Lo scooter sharing (in lingua anglosassone moped sharing), ad esempio, consiste nel noleggio a breve termine di ciclomotori o motocicli, generalmente elettrici. L'avvento della micromobilità ha portato, inoltre, all'avvio di servizi di condivisione di monopattini, monopattini elettrici, segway e hoverboard.

Mentre i servizi basati sulla condivisione dei veicoli hanno, come si è visto, una storia lunga, recenti risultano essere molti di quelli che realizzano la condivisione delle corse.

In tale gruppo troviamo, infatti, il ride sharing tradizionale, rappresentato da car pooling e van pooling, che affonda le radici nel passato, e servizi innovativi, come il ridesourcing, il ridesplitting, il taxi sharing o il microtransit.

Car pooling e van pooling sono caratterizzati dalla condivisione di corse in macchina o in van tra privati che hanno coppie origine-destinazione simili al fine di risparmiare denaro, dividendo il costo della benzina. Tale modalità di trasporto è presente da molto tempo: si pensi, ad esempio, ai numerosi poster americani che, durante la Seconda Guerra Mondiale, promuovevano la pratica di condivisione delle corse tra utenti al fine di risparmiare il carburante necessario per i veicoli militari.

Al carpooling effettuato tra conoscenti se n'è oggi affiancato uno basato su piattaforme online e applicazioni per smartphone, come "BlaBlaCar", che mettono in contatto persone che non si conoscono e che vogliono condividere un tragitto in auto nella stessa direzione, dividendo le spese.

Negli ultimi anni hanno attirato sempre più utenti nuove forme di condivisione delle corse. Grazie ad "Uber" e "Lyft", il ridesourcing (o ridehailing) è salito agli onori della cronaca: si tratta di un servizio in cui dei privati, registrati nelle piattaforme online, si offrono come autisti dando ai clienti passaggio con la propria autovettura dietro il corrispettivo di denaro. La differenza con il car pooling è, quindi, quella che il conducente non accoglie passeggeri che abbiano coppie origine-destinazione simili o lungo il percorso, ma di fatto effettua spostamenti al fine di servire i clienti e guadagnare denaro. Tale servizio innovativo è diventato famoso in molti paesi per aver attirato critiche da parte del mondo dei taxi.

Proprio per rilanciare il settore dei taxi e rivederlo in chiave *sharing*, è nato il fenomeno dell'E-Hail (in Italia noto come taxi sharing), per il quale un taxi tradizionale può essere prenotato tramite app e persone che non si conoscono possono condividere tutta o parte della

corsa. È l'applicazione, a seconda dei punti di origine e di destinazione, a effettuare il match tra i "compagni di taxi". Esempi di servizi di taxi sharing sono forniti da "WeTaxi" o da "Curb".

Il ridesplitting, invece, è realizzato dagli operatori di ridesourcing e consiste nella possibilità di poter condividere una corsa effettuata con un servizio di ridesourcing con altri utenti che hanno una simile destinazione. Esempi di questo servizio sono "Lyft Line" e "Uber POOL". Ciò permette al guidatore di sfruttare la capacità della propria autovettura e ai passeggeri di poter dividere il costo del servizio tra più utenti, sebbene il condividere la corsa potrebbe fare aumentare il tempo per raggiungere la propria destinazione, a causa delle fermate per raccogliere i passeggeri e delle possibili deviazioni.

Infine, il microtransit è un servizio di mobilità condivisa a chiamata effettuato da un'azienda generalmente con dei minibus: tali veicoli condivisi non effettuano dei percorsi prestabiliti, ma anzi questi possono essere flessibili così come la programmazione temporale dei viaggi. Questo servizio è possibile grazie all'utilizzo di piattaforme digitali avanzate, ed è tradizionalmente utilizzato per collegare le periferie al centro città, offrendo un servizio rapido ed efficiente in zone dove spesso il trasporto pubblico ha frequenze scarse o non è presente. I clienti, attraverso i loro dispositivi mobili, possono prenotare la corsa, e sarà la piattaforma a gestire il tragitto migliore in base alle esigenze dei diversi clienti. Vi sono servizi di microtransit che offrono tragitti ad orari prestabiliti o con fermate stabilite, seguendo l'esempio del trasporto pubblico, con la possibilità però da parte dei clienti di proporre nuovi tragitti e fermate.

## 1.7 La *sharing mobility* in Italia

In Italia, la *sharing mobility* è stata introdotta concettualmente per la prima volta nell'ordinamento giuridico nazionale già nel 1998 (cioè quando ancora il termine *sharing mobility* non esisteva) con il Decreto del Ministro dell'Ambiente del 27 marzo 1998, dove si fa riferimento a "servizi di uso collettivo ottimale delle autovetture" e "forme di multiproprietà delle autovetture destinate ad essere utilizzate da più persone": questo è un primo lampante riferimento al car pooling e al car sharing.

Da allora numerosi sono i servizi di mobilità condivisa sorti in Italia, tanto che, al 2018, 271 comuni possono godere di almeno un servizio di mobilità condivisa (Osservatorio Sharing Mobility, 2019). L'Osservatorio Sharing Mobility alla fine del 2017 ha censito ben 357 servizi di mobilità condivisa (Osservatorio Sharing Mobility, 2018). Di questi servizi ben il 76% del totale è rappresentato da servizi di bikesharing: l'Italia è il paese europeo con il più alto numero di servizi attivi in questo settore. Seguono il carsharing e gli aggregatori e

journey planner con percentuali intorno al 10 per cento. I servizi di carpooling erano invece il 3% del totale alla fine del 2017. Ancora di nicchia invece lo scooter sharing, anche se dal 2017 al 2019 il numero di servizi presenti nel territorio italiano è passato dalle 3 alle 10 unità (Osservatorio Sharing Mobility, 2020). Vi sono cinque operatori attivi in quattro città (Genova, Milano, Roma, Torino).

Per quanto riguarda il car sharing, nell'arco di tempo tra il 2015 e il 2019 le flotte dei servizi italiani hanno mantenuto una crescita moderata ma costante.

Le iscrizioni tra 2018 e 2019 sono cresciute di quasi il 30% passando da 1.865.765 nel 2018 a 2.409.309. Questo dato, visto in termini tendenziali, dimostra che l'interesse da parte dei cittadini verso il car sharing continui a crescere anche a dispetto della stasi dell'ultimo anno circa la nascita di nuovi servizi o l'estensione dei servizi a nuove aree urbane.

Anche l'offerta di servizi di bike sharing è cresciuta nel corso degli anni e tra il 2015 e il 2019 la flotta di biciclette si è più che triplicata.

Successivamente al lockdown messo in atto dal Governo italiano per il contrasto alla diffusione del Covid19, sono stati lanciati molti servizi di condivisione di monopattini: sono otto gli operatori attivi e 41 i servizi gestiti. I monopattini condivisi presenti nelle città italiane sono così aumentati di oltre cinque volte nel giro di pochi mesi, arrivando alla cifra di quasi 28000 unità. Le città capoluogo di provincia che ospitano tale tipologia di servizio di mobilità condivisa erano solamente 3 nel 2019 mentre sono salite a 18 nel 2020.

Ad ogni modo, è indubbio constatare come le città in cui tali servizi di mobilità condivisa hanno maggiormente avuto successo, radicandosi nelle abitudini di mobilità dei cittadini, sono anche quelle che hanno intrapreso per prime un percorso di trasformazione verso il modello di *smart city*, Milano e Torino in primis.

## 1.8 Le iniziative per lo sviluppo smart

Il percorso verso le città intelligenti non è stato e non è uguale in tutto il mondo. Passando in rassegna le progettazioni smart avviate in tutto il mondo si può riscontrare che sono state adottate politiche diverse a seconda dell'area geografica a causa delle differenze sociali, culturali e finanziarie che sussistono tra i vari paesi: se in America si è dato più spazio a progetti sulla tecnologia e sugli asset intangibili (*governance* e *smart people*) per la presenza di incubatori di impresa e Università, le città asiatiche hanno realizzato interventi principalmente sulle infrastrutture, nell'ambito dell'edilizia e dei trasporti, grazie alla possibilità di realizzare da zero nuove città o nuovi quartieri (si parla di *smart city greenfield*). In Europa, le città si trovano invece a adottare un approccio diverso: l'urbanistica già consolidata dei quartieri spinge ad una riqualificazione e ad una

ottimizzazione in chiave tecnologica dell'esistente (*smart city brownfield*), che puntano a rimettere al centro il cittadino nei processi pianificatori.

Molti interventi sono nati grazie alla spinta allo sviluppo *smart* e sostenibile delle città arrivata dalle numerose iniziative promosse dalle Nazioni Unite e dall'Unione Europea (UE) nell'ambito della sostenibilità ambientale e dell'innovazione digitale.

Nel 2012, la Commissione europea ha creato l'iniziativa "*European innovation partnership on smart cities and communities*": essa si propone come una piattaforma di aggregazione dei vari stakeholder nelle *smart cities* (cittadini, amministratori pubblici, imprese), in modo da condividere proposte innovative, nuove tecnologie, *best practice* e opportunità di finanziamento.

Stessa funzione, in Italia, è stata assunta dall'Osservatorio Nazionale Smart City, iniziativa promossa dall'Associazione Nazionale Comuni Italiani (ANCI), che mira a mappare, individuare e classificare le soluzioni tecnologiche presenti nelle città (OICE, 2017). L'Osservatorio fornisce le linee guida nella costruzione di una *smart city* per tutti i comuni italiani, aiutando le città a strutturare i progetti, redigere gli strumenti di programmazione e analizzare i principali ostacoli normativi o organizzativi, mediante la messa in rete delle esperienze.

La strategia Europa 2020 e l'Agenda Digitale Europea hanno promosso gli investimenti nelle ITC, in particolare per la diffusione di reti a banda larga e ultra-larga, ritenute indispensabili per una crescita economica intelligente e sostenibile. In Italia, le indicazioni fornite dall'Agenda Digitale Europea sono state rese operative grazie all'Agenda Digitale Italiana, istituita nel 2012.

L'Agenda 2030 delle Nazioni Unite, adottata dai leader mondiali nel 2015, ha stabilito 17 obiettivi di sviluppo sostenibile che i paesi si impegnano a raggiungere entro il 2030: si punta a costruire comunità resilienti, inclusive ed eque, contrastando l'inquinamento, la povertà, il divario economico, e promuovendo la pace, la collaborazione e la ripresa economica.

Negli ultimi anni l'Unione Europea si è soprattutto posta l'obiettivo di ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub> e il consumo di energia da parte dei singoli stati membri. I paesi dell'UE hanno fissato degli obiettivi ambiziosi ma necessari, impegnandosi a ridurre le proprie emissioni totali di almeno del 20% rispetto al 1990 entro il 2020 (Commissione delle Comunità Europee, 2008) e del 40 % entro il 2030 (Commissione delle Comunità Europee, 2014).

Molte, quindi, sono stati le iniziative politiche, le iniziative legislative, gli interventi di carattere regolamentativo ed economico messi in atto per i diversi settori della produzione che hanno avuto come obiettivo la limitazione dei livelli di inquinamento atmosferico e la lotta ai cambiamenti climatici (Commissione delle Comunità Europee, 2013):

l'incentivazione dell'uso di fonti rinnovabili per la produzione di energia, la promozione della mobilità elettrica, le limitazioni delle emissioni per i veicoli, le normative sull'efficientamento energetico nel settore dell'edilizia residenziale, l'abolizione di alcune sostanze nella produzione, la promozione di nuove tecnologie e l'adozione di piani per la mobilità sostenibile (SUMP).

Un'iniziativa che sicuramente si è dimostrata un volano per l'implementazione di interventi in ambito energetico e ambientale nelle città, ponendo le basi per il loro sviluppo *smart*, è quella del Patto dei Sindaci (*Covenant of Mayors*), promossa dalla Commissione Europea a partire dal 2008. Essa conta, a dicembre 2020, 10.395 amministrazioni locali partecipanti e quasi 330 milioni di cittadini coinvolti dalle misure previste.

La particolarità dell'iniziativa risiede nel diretto coinvolgimento delle autorità cittadine, le quali, firmando il patto, si impegnano volontariamente a ridurre le emissioni di gas serra del 40% entro il 2030 attraverso la presentazione e l'adozione entro due anni di un Piano d'Azione per l'Energia Sostenibile ed il Clima (PAESC).

In tale strumento di pianificazione vanno programmate e descritte le misure tecniche che le amministrazioni si impegnano ad attuare sul territorio nei vari settori di attività per la riduzione delle emissioni e l'ottimizzazione dei consumi energetici.

Il PAESC deve essere approvato dal Consiglio Comunale della città e accettato dal *Covenant of Mayors Office*.

I comuni firmatari si impegnano, inoltre, a preparare un Inventario di Base delle Emissioni, che serve per comprendere meglio la situazione di partenza del Comune, e ad inviare un rapporto di monitoraggio e attuazione ogni due anni.

Il Patto dei Sindaci è stato un'utile risorsa già nei primi anni della sua ideazione, contribuendo a far sì che si raggiungessero in molti paesi membri gli obiettivi di riduzione delle emissioni prefissati per il 2020. Esso, inoltre, ha consentito a molte città di iniziare un percorso di innovazione, contribuendo a far sì che si formasse nelle *governance* una visione a lungo termine della città e che si iniziasse una pianificazione urbana integrata: frequentemente il PAESC è stato il primo passo concreto compiuto dalle amministrazioni nell'avvio delle progettualità delle *smart cities*.

## 1.9 Mobilità condivisa come primo passo verso lo sviluppo smart della città

Come abbiamo visto, i servizi di mobilità condivisa, facenti parte della sfera della *smart mobility*, trovano terreno fertile per il loro sviluppo in una città che sia pianificata in un'ottica *smart*. Si provi però adesso a ribaltare il punto di vista: può la *shared mobility* essere un volano per lo sviluppo di una città smart?

Certamente l'implementazione di politiche e interventi che interessano l'ambito della *Smart Mobility* è un primo passo fondamentale verso l'approccio sistemico richiesto dalla concretizzazione del paradigma della *smart city* e le esperienze di molte città lo confermano. La mobilità rappresenta spesso il punto di partenza dal quale parte una rivoluzione in senso *smart* della città, spesso perché è avvertita come l'ambito che ha più impatto sulla qualità della vita dei cittadini. La congestione, le ore perse nel traffico, la difficoltà nel trovare parcheggio, lo smog causato dalle autovetture circolanti, sono infatti problemi pressanti che ogni cittadino si trova a sperimentare, e spesso le soluzioni adottate nell'ambito dei trasporti sono quelle che i più si ricordano quando si pensa agli interventi messi in campo da un'amministrazione cittadina.

La mobilità condivisa è di certo un'opportunità per la città di inserire piccoli frammenti di *smartness* nelle vite dei cittadini ed abituare questi e i propri amministratori a interagire con un ambiente più tecnologico e sostenibile, accrescendo in essi la voglia di interventi *smart* che abbraccino altri ambiti della vita urbana.

Con questo spirito, si è pensato di prendere come riferimento per le analisi svolte nel corso del Dottorato la città di Palermo, che di certo non è ancora assimilabile ad una *smart city*, risultandone invero molto lontana.

Si è pensato, infatti, che, nonostante ciò, la città possa iniziare a percorrere i suoi primi passi verso l'intelligenza urbana, trainata dai servizi di *shared mobility*, già presenti da tempo in città e conosciuti dai residenti.

Affinché la mobilità condivisa faccia quindi da volano per lo sviluppo di una città intelligente, tali servizi devono essere progettati con cura, facendo dapprima breccia nell'insieme di scelta dei modi di trasporto che ogni cittadino si forma al momento di effettuare uno spostamento, per poi consolidarsi nelle abitudini di mobilità di un gruppo ampio di persone.

I servizi di mobilità condivisa della città di Palermo non sono ancora riusciti in questo intento ed è per questo necessario migliorarli o eventualmente ripensarli. Questo può essere fatto solamente valutando tutti quegli aspetti fondamentali che incidono sul successo di queste forme innovative di mobilità.

La presente ricerca, quindi, ha mirato ad individuare gli elementi essenziali che devono essere presi in considerazione nella progettazione dei servizi di mobilità condivisa, ed in particolare dei servizi di car sharing e bike sharing, tentando, inoltre, di sviluppare una serie di metodologie e tecniche per ottimizzare processi e servizi.

Nel fare ciò, si è partiti dalle esperienze dirette di un gestore, individuando punti di forza e criticità dei servizi offerti; ciò ha permesso di toccare con mano, e non da un solo punto di

vista teorico, le potenzialità e le problematiche di questa particolare tipologia di servizi di mobilità, le cui caratteristiche e il cui successo variano da città a città. Di più, un tale approccio ha consentito di comprendere logiche che difficilmente si sarebbero potute intuire rimanendo ancorati ai soli modelli trasportistici e alle analisi teoriche.

Come il paradigma della *smart city* prevede, i dati diventano fonte di informazione e risorsa preziosa per comprendere le esigenze dei cittadini e rimodulare l'offerta di mobilità sulla base di esse: sono stati i dati sull'utilizzo dei servizi di mobilità condivisa, acquisiti quotidianamente dal gestore palermitano, a guidare l'analisi degli aspetti fondamentali di una corretta progettazione.

Anche il territorio, poi, diventa dato ed informazione grazie all'utilizzo di software GIS (*Geographic Information Systems*), che hanno trovato ampio spazio nella ricerca.

Nei capitoli successivi si illustreranno, quindi, alcune metodologie per la progettazione dei servizi di car sharing e bike sharing, sottolineando attraverso il caso studio di Palermo le possibili criticità a cui si va incontro o le eventuali buone pratiche messe in atto. In particolare, nel Capitolo 2 si illustrerà una metodologia, sviluppata interamente in ambiente GIS, per la progettazione di un servizio di car sharing del tipo *station-based* da introdurre in città di medie e grandi dimensioni; nel Capitolo 3 si illustreranno le esperienze del gestore del car sharing palermitano, che hanno contribuito a definire lo schema logico della metodologia; il Capitolo 4 descriverà come la metodologia sviluppata trova applicazione, attraverso il ricorso al caso studio della città di Palermo. La progettazione di un servizio di bike sharing indirizzato a un target di utenti specifico, cioè gli studenti delle scuole superiori, sarà trattata nel Capitolo 5; infine, nel Capitolo 6 si tratterà come, in un prossimo futuro, tali servizi condivisi possano essere integrati al trasporto pubblico in un'ottica di *Mobility as a Service*, nonché le possibili evoluzioni della *shared mobility*.

# Capitolo 2

## Una metodologia GIS per la progettazione di un servizio car sharing *station-based*

Scopo di questo capitolo è stato quello di fornire una metodologia integrata in ambiente GIS per la progettazione di un servizio car sharing *station-based*, indagando preliminarmente le possibili criticità che possano nascere in seguito a una progettazione che non abbia tenuto in debito conto di quei fattori da cui dipende il successo di tale servizio. Si è fatto ciò al fine di proporre un approccio che consenta di individuare e risolvere le problematiche che le compagnie intenzionate a far parte nel settore della mobilità condivisa o che già vi operano devono affrontare, con l'obiettivo di incrementare il numero di cittadini che utilizzano questo modo di trasporto in alternativa all'auto privata.

Le metodologie e le analisi che verranno illustrate possono essere considerate veri e propri strumenti di supporto alle decisioni di aziende e amministrazioni pubbliche che vogliano dare avvio alla progettazione di un servizio di car sharing o che vogliano valutare le prestazioni di un servizio esistente.

Nell'illustrare l'applicazione di tale metodologia ad un caso reale si farà riferimento, nei Capitoli seguenti, al servizio di car sharing della città di Palermo.

### 2.1 Perché introdurre il car sharing?

Il car sharing è diventato, negli ultimi anni, una modalità di trasporto sempre più presente e sempre più utilizzata in ambito urbano. Dagli anni in cui solo poche compagnie di car sharing si contendevano le fette di un mercato in ampia crescita, si è velocemente passati alla nascita e all'affermazione di numerose aziende, private e a partecipazione pubblica, che con i loro servizi costituiscono ormai nelle città un'offerta ampia e variegata.

Il successo di tale servizio è da ricercarsi nei molteplici benefici che l'introduzione di un servizio di car sharing può portare alla città, alla comunità cittadina e ai singoli utenti.

In primis, essendo un servizio di mobilità condivisa, il car sharing ha come indirizzo strategico la riduzione della dipendenza dei cittadini dall'auto privata, nonché il corretto dimensionamento dei veicoli rispetto alla domanda, cioè un aggiustamento delle dimensioni e delle caratteristiche dell'offerta rispetto alla consistenza della domanda.

Infatti, molti utenti che realizzano spostamenti brevi, sia nello spazio che nel tempo, ma frequenti potrebbero cambiare le proprie abitudini di spostamento, scegliendo di utilizzare i servizi di bike sharing o car sharing, permettendo così la riduzione del numero di auto su strada (in circolazione o in sosta), che risulta oggi, soprattutto nelle città italiane, troppo elevato in confronto alle reali esigenze di mobilità dei cittadini.

Di più, molto spesso si acquistano autovetture che hanno *performance* e dimensioni tarate sulle specificità di spostamenti che vengono effettuati raramente: si pensi a chi acquista vetture di grandi dimensioni per fare occasionali viaggi fuori città, o trasportare occasionalmente valigie e grandi carichi. O ancora, si pensi a chi per la maggior parte dei suoi spostamenti si ritrova a guidare da solo ma compra autovetture grandi per far posto a tutta la famiglia.

Il car sharing, che dispone solitamente di una flotta composta da diversi modelli di autovettura, consente di adattare le caratteristiche del veicolo alle effettive esigenze di spostamento, evitando il ricorso a veicoli sovradimensionati.

Tali sistemi di mobilità condivisa possono, quindi, concorrere a risolvere i crescenti problemi di congestione, inquinamento e carenza di spazio, che affliggono le città.

In particolare, le numerose ricerche condotte negli anni hanno dimostrato come la riduzione dei volumi di traffico e dello spazio necessario per la sosta costituiscano due dei più importanti benefici dell'applicazione del servizio.

È stato osservato, infatti, che ogni auto del car sharing che effettua 20.000 km l'anno sostituisce almeno 8 auto private (Ufficio Studi ICS, 2005).

Inoltre, da diversi studi analizzati relativi al car sharing *station-based* si riscontrano forti riduzioni delle percorrenze veicolari da parte degli utenti di car sharing rispetto alle abitudini di viaggio precedenti all'iscrizione al servizio. Si passa da una riduzione minima di circa il 2%, riscontrata tra gli utenti del servizio di San Francisco (Cervero, 2003), sino ad un massimo del 45%, riferita al caso di Brema (Ryden *et al.*, 2005). In media si registrano, comunque, riduzioni delle percorrenze veicolari dell'ordine del 20%, a vantaggio di una mobilità combinata con mezzi di trasporto compatibili con l'ambiente.

Il car sharing, inoltre, può avere influenza sulla riduzione del numero di veicoli di proprietà. Gli impatti sulla proprietà e la disponibilità dei veicoli a livello individuale e di nucleo familiare possono essere diversi:

- la vendita dei veicoli da parte degli utilizzatori di servizi di mobilità condivisa;
- la rottamazione dei veicoli ovvero l'eliminazione di una parte del parco circolante;
- il ritardo o la rinuncia all'acquisto di un veicolo aggiuntivo nel nucleo familiare di chi utilizza i servizi di mobilità condivisa;
- il ricovero dei veicoli in aree protette, al di fuori della sede stradale, dovuto ad un loro utilizzo meno frequente.

Numerosi studiosi hanno dedicato la loro ricerca a questo argomento e si è riscontrato che i valori riferiti al car sharing *station based* sono migliori di quelli relativi al servizio *free floating*, pur emergendo in entrambi i casi una diminuzione nella proprietà dei veicoli tra gli utenti.

Studi come quelli condotti da Namazu e Dowlata (2018), Le Vine e Polak (2017), Becker *et al.* (2017), Becker *et al.* (2018), hanno investigato gli effetti che il car sharing *free-floating* ha sul numero di auto di proprietà. I ricercatori hanno cercato di rispondere al seguente quesito: diventare membro di un car sharing di tipo *free-floating* può portare ad un minore utilizzo del proprio veicolo o può facilitare una posticipazione dell'acquisto di un veicolo aggiuntivo?

Essi hanno trovato che il numero di veicoli di proprietà si riduce, ma la riduzione non è consistente tanto quanto quella derivante dall'utilizzo di un sistema di car sharing *station-based*.

L'indagine realizzata sul servizio *free-floating* Car2go (Martin *et al.*, 2016) registra una riduzione massima del 10% del numero di auto di proprietà seguito all'iscrizione al car sharing (considerando anche il mancato acquisto e le auto "ricoverate"), mentre le riduzioni riscontrate dai vari studi che analizzano i servizi a stazione fissa sono dell'ordine del 30-40% (Le Vine *et al.*, 2017; Myers, 2009; Zipcar, 2005; Cervero *et al.*, 2007; Ryden e Morin, 2005).

Firnorn e Müller (2015) hanno, comunque, visto come l'adozione di veicoli elettrici può portare l'utente dei servizi car sharing *free-floating* ad avere una maggiore propensione al rinvio dell'acquisto di un'auto privata. Questo è probabilmente dovuto al fatto che il car sharing ha in tal caso da offrire un elemento in più: le auto elettriche, non ancora alla portata di tutti dal punto di vista economico, possono attrarre gli utenti più sensibili alle tematiche dell'ambiente e dell'inquinamento, ben disposti a rinunciare all'acquisto di un'autovettura più inquinante.

Un ulteriore beneficio dell'applicazione del car sharing risulta, infatti, essere connesso alla riduzione delle emissioni di sostanze inquinanti. Questa è dovuta, non solo alla presenza in flotta di auto elettriche o comunque a basse emissioni, ma soprattutto al meccanismo della

condivisione e alla riduzione dei chilometri percorsi. Esistono molteplici studi riguardanti questo argomento (Baptista *et al.*, 2014; Chen e Kockelman, 2016; Firnkorn e Müller, 2015; Giesel e Nobis; Martin e Shaheen, 2010; Musso *et al.*, 2012; Shaheen e Lipman; 2007; Vasconcelos *et al.*, 2017).

L'indagine realizzata da Martin e Shaheen sull'impatto del car sharing in Nord America (Martin *et al.*, 2010) mostra che i veicoli condivisi utilizzati dagli intervistati sono più efficienti dei veicoli normalmente circolanti nei contesti urbani analizzati. Questo differenziale, riferito a tutta la flotta e alle minori percorrenze effettuate, determina una riduzione annua del 34,5% delle emissioni di gas serra.

L'analisi sul servizio di car sharing free-floating di Car2go (Martin *et al.*, 2016) traduce la riduzione delle percorrenze in una stima del carburante non consumato e della riduzione delle emissioni. Complessivamente si riscontra una riduzione media del 10,6% di gas ad effetto serra per ogni membro di Car2go.

Anche Firnkorn and Müller hanno investigato le potenzialità del servizio free-floating della città di Ulm, in Germania, di ridurre le emissioni di gas serra e di ridurre il numero di auto di proprietà sulla base di interviste del tipo “*stated preference*” (Finkorn e Müller, 2011; Finkorn e Müller, 2012).

Ancora, il car sharing porta benefici alla collettività anche in termini di riduzione dello spazio necessario alla sosta su strada: infatti, l'auto condivisa è utilizzata da più persone e, in un servizio di successo, circola per buona parte della giornata. Un'autovettura privata, invece, subisce il fenomeno opposto: molto spesso, il tempo in cui l'auto rimane inutilizzata in sosta è più ampio del tempo in cui essa circola.

La minore circolazione di auto private, nonché il minore acquisto di esse, dovuto al successo del car sharing in ambito urbano, richiedono un minore spazio da riservare alla sosta.

Balac *et al.* (2017) ha evidenziato, inoltre, come i veicoli del car sharing, soprattutto quelli utilizzati in modalità a flusso libero, utilizzano gli stalli di sosta più efficientemente degli altri veicoli, poiché con l'utilizzo del car sharing si ha un maggiore *turn-over*, l'occupazione media degli stalli nella zona di noleggio tende ad essere più omogenea e si evitano picchi di domanda di sosta.

La cittadinanza può, quindi, riappropriarsi di alcuni spazi su strada, che possono essere destinati ad altro: piste ciclabili e marciapiedi più ampi per i pedoni.

Il car sharing si colloca, inoltre, in un contesto in cui si assiste a una crescente articolazione nello spazio e nel tempo degli spostamenti e a uno scollamento tra la domanda di mobilità, sempre più volatile e irregolare, e l'offerta che, soprattutto in Italia, rimane spesso ingessata su schemi tradizionali. E proprio la mobilità condivisa, di cui il car sharing è la forma più

diffusa, si propone come soluzione e superamento di questo scollamento tra domanda e offerta.

Infatti, la mobilità tradizionale non riesce spesso a superare tale criticità. Da un lato le collettività urbane e le pubbliche amministrazioni sono sempre meno soddisfatti dal modello di mobilità esistente che poggia in modo eccessivo sull'uso dell'auto privata, con ricadute negative molto gravi sia in termini sociali che ambientali; dall'altro, le aziende di trasporto collettivo, che dovrebbero rappresentare una valida alternativa di trasporto e quanto meno mitigare, con l'attrazione della domanda, le problematiche della mobilità, risultano inadeguate a soddisfare le esigenze degli utenti e vivono un circolo vizioso di crisi finanziaria, che porta a un abbassamento del livello qualitativo e quantitativo del servizio offerto, alla conseguente perdita massiccia di utenti e all'acutizzarsi del deficit di bilancio.

Un efficace sistema di trasporto pubblico collettivo deve essere affiancato, quindi, da servizi di mobilità non tradizionale - tra i quali il car sharing gode di un posto di assoluta rilevanza - che hanno il compito di aumentare, rendere capillare e maggiormente versatile l'offerta di trasporto e affermarsi in quei contesti dove il sistema di trasporto di massa non risulta efficiente. Il car sharing deve, quindi, integrare il sistema di trasporto pubblico locale, colmando il *gap* tra una domanda di trasporto flessibile, confortevole, capillare e veloce, e un'offerta di trasporto collettivo tendenzialmente poco efficace, ponendosi come alternativa o integrazione all'applicazione di politiche esclusivamente punitive nei confronti dell'auto individuale.

Tra l'altro si riscontra una tendenza molto marcata degli utilizzatori di car sharing ad acquistare un abbonamento al trasporto pubblico dopo l'adesione al programma di car sharing: da un'indagine svolta sulle città del circuito italiano di car sharing ICS (2009) si è rilevato come il 19% del campione degli abbonati al TPL dichiara di esserlo diventato dopo l'iscrizione ad un servizio car sharing. Inoltre, nella stessa indagine è emerso che il tasso di utenti del car sharing con un abbonamento al trasporto pubblico è molto alto, intorno al 40%. Analoga condizione è riscontrabile, ad esempio, a Milano dove gli utilizzatori del car sharing dichiarano di utilizzare più di prima il servizio di trasporto pubblico a fronte di un minore utilizzo del servizio di taxi (Indagine AMAT Milano 2015). Tale sinergia tra car sharing e trasporto pubblico è presente anche al di là del territorio nazionale: l'indagine effettuata dall'agenzia francese per la protezione dell'ambiente Ademe (ADEME, 2013) relativa al caso di alcune grandi città francesi ha mostrato che, in seguito all'iscrizione al car sharing, si registra un aumento del 31% degli spostamenti a piedi, del 30% dell'uso della bicicletta e del 25% del trasporto pubblico urbano e del treno.

Tale servizio di mobilità condivisa, quindi, può oggi essere incentivato non solo per contrastare l'eccessivo utilizzo dell'autovettura privata e ciò che ne consegue, cioè inquinamento atmosferico, inquinamento acustico e consumo di suolo, al fianco di politiche restrittive come il *road pricing*, l'introduzione di zone a traffico limitato o il *parking pricing*, ma anche per rendere concreto il concetto di *Mobility as a Service*, cioè l'offerta di un sistema di trasporti che comprenda svariati servizi di mobilità, integrandoli nel tempo, nello spazio e nelle tariffe. Ciò fa sì che tutta la cittadinanza possa godere del grande beneficio di avere la possibilità di usare con facilità, in ogni momento, il modo di trasporto che più riesce a soddisfare la sua esigenza di spostamento.

Ma il car sharing porta benefici anche a chi utilizza questa modalità di trasporto. In primis, un punto di forza che rende unico questo servizio di mobilità condivisa è la sua flessibilità: gli iscritti possono utilizzare l'auto solamente nell'esatto momento in cui essa serve, prenotando l'auto condivisa più vicina tra quelle dell'ampia flotta messa a disposizione dalle compagnie.

In questo senso, il car sharing risulta un modo di trasporto efficace per effettuare soprattutto spostamenti non sistematici e adatto in particolare a quei cittadini che, non avendo o non volendo un'auto sempre a loro disposizione, utilizzano in concerto trasporto pubblico e car sharing per soddisfare le loro esigenze di mobilità in area urbana ed extra-urbana.

La flessibilità è, altresì, insita, come già detto, nel poter utilizzare diverse categorie di veicoli a seconda delle necessità, come city-car, furgoni o veicoli a basse emissioni che permettono molto spesso all'utente di spostarsi con più libertà, svincolandosi dalle restrizioni del traffico veicolare adottate dalle amministrazioni comunali.

Il car sharing può essere considerato una valida alternativa sia per le persone che non possiedono l'auto privata sia per le persone che possiedono una o più autovetture.

Esso, soprattutto, può riuscire a soddisfare esigenze di mobilità che riguardano spostamenti di carattere occasionale o a media e bassa frequenza.

Infine, un beneficio per l'utente è sicuramente la convenienza economica: la massima convenienza rispetto ad altre forme di noleggio la si ha per spostamenti di durata compresa dalle 2 alle 8 ore e di distanza compresa tra 20 e 100 km.

Il vantaggio economico nei confronti dell'auto privata dipende, invece, dalle tariffe applicate e si riduce, fino ad annullarsi, al crescere delle percorrenze annue realizzate: con riferimento alle tariffe praticate in alcune importanti esperienze europee, la soglia di convenienza si assesta intorno ai 10.000 chilometri annui.

I benefici fin qui illustrati dipendono in larga parte da quanta domanda il servizio car sharing riesce ad attrarre.

## 2.2 I modelli di business: *station-based* e *free-floating*

La scelta del modello di business è il primo passo nella progettazione di un servizio car sharing. Questo passaggio è fondamentale poiché a seconda del modello adottato cambiano non solo le modalità operative ma risulta differente anche il target di clientela a cui il servizio punta. Infatti, il car sharing di tipo *station-based* e il car sharing *free-floating* servono tipologie di spostamento diverse.

Nel car sharing di tipo *station-based*, i veicoli sono parcheggiati in apposite aree a formare una “stazione” e possono essere prelevati senza interazioni con il personale.

L’utente iscritto al servizio prenota e noleggia il veicolo attraverso un portale informatico (applicazione per smartphone o sito web), per poi riconsegnarlo al termine dell’utilizzo.

Le stazioni devono essere facilmente raggiungibili a piedi, dislocate in particolar modo in zone centrali o con spiccato carattere residenziale, in zone con poli attrattori o in prossimità di nodi di scambio intermodale: occorre intercettare il maggior numero di utenti in aree dove la domanda di mobilità sia elevata.

Per garantire la disponibilità dei veicoli nelle stazioni sono necessarie operazioni di equilibrio della flotta da parte degli operatori dell’azienda, che incidono sui costi della gestione del servizio. Occorre, pertanto, attrarre una base di utenza ampia per evitare che il bilancio dell’azienda vada in rosso.

Le tariffe adottate per questa tipologia di sistema sono orarie e chilometriche.

Generalmente la prenotazione della corsa avviene con un certo periodo di anticipo, per cui il servizio *station-based* serve per lo più spostamenti programmati; tali spostamenti sono di media lunghezza, in quanto diverse alternative di mobilità risultano più convenienti per spostamenti brevi (bike sharing, micromobilità) o lunghi (trasporto pubblico di massa, autobus extraurbani, autonoleggio).

Il car sharing *station-based* può essere offerto mediante due tipologie di modelli di servizio: il servizio *round trip* in cui la riconsegna del veicolo avviene nella medesima stazione del prelievo, e il servizio *one-way* che consente anche di poter lasciare l’auto condivisa in una stazione diversa da quella di prelievo (Fig. 5).



Il car sharing *free-floating*, infatti, permette all'utente di prenotare il veicolo tramite il proprio smartphone, utilizzarlo per effettuare una corsa e rilasciarlo ovunque in una zona della città designata dall'operatore del servizio di auto condivise. Esso è una tipologia di servizio car sharing relativamente recente: i primi test pilota per una simile modalità di car sharing risalgono ai primi anni del Duemila.

Il primo programma pilota che si è trasformato in un servizio vero e proprio è sorto ad Ulm, in Germania, nel 2008 (Kortum *et al.*, 2016; Shaheen *et al.*, 2015). Oggi questo modello di business si è sviluppato ed è presente a livello globale in oltre 40 città. In Europa e Nord America, in particolare, per lungo tempo hanno dominato il mercato due operatori privati: "Car2go" e "DriveNow". Queste due grandi aziende offrivano due servizi leggermente diversi: Car2go dava l'opportunità di noleggiare piccole auto a due posti, mentre DriveNow possedeva una varietà di modelli di autovettura nella propria flotta. Tali aziende si sono unite nel 2018, diventando così l'operatore più diffuso a livello mondiale e leader nel settore del car sharing *free-floating*.

Sono, comunque, presenti anche molti altri piccoli operatori, tra i quali anche aziende pubbliche, che gestiscono piccoli servizi adottando tale modello di business.

Il servizio a flusso libero offre agli utenti una maggiore flessibilità rispetto alla modalità *station-based*: di fatto, il car sharing *free-floating* svincola l'utente dal dover rilasciare l'auto in stalli di sosta prestabiliti, permettendo di parcheggiare l'auto condivisa e concludere la corsa in siti potenzialmente più vicini alla propria destinazione finale.

L'area di noleggio, quindi, è l'area stabilita dall'operatore entro cui le autovetture si possono muovere e possono essere ritirate e rilasciate. Quest'area non può coprire l'intera città perché i costi dell'azienda diventerebbero insostenibili se non ricompensati da una grande domanda: sarebbero necessarie molte autovetture per garantire la disponibilità delle auto all'utenza e delle operazioni di riequilibrio della flotta persino più frequenti ed onerose di quelle necessarie per la modalità *station-based*, in quanto le prenotazioni avvengono più rapidamente e con meno preavviso. Per questi motivi, generalmente si adottano aree di noleggio che coprano solo una piccola porzione del territorio cittadino, dove risiede e lavora in maggiore misura lo specifico target di utenza di tale servizio.

Inoltre, la maggiore flessibilità comporta altre possibili criticità: innanzitutto, se un car sharing *station-based*, gestito con stazioni distribuite su tutto il territorio cittadino, può disporre di un potenziale bacino di utenza ampio, il servizio *free-floating*, più concentrato sul territorio, ha un bacino di utenza potenziale più ristretto. Coloro i quali effettuano in larga misura spostamenti all'esterno del perimetro dell'area di noleggio non riterranno il servizio utile a soddisfare le proprie esigenze di mobilità.

L'area di noleggio deve, inoltre, sorgere in una zona in cui vi sia una certa offerta e disponibilità di sosta: se l'utente non riesce a trovare uno stallone di sosta legale libero vicino alla sua destinazione ed è costretto ad impiegare buona parte del tempo di noleggio nella ricerca del parcheggio, accade che la flessibilità del servizio scompare e il costo del noleggio aumenta. È logico supporre che in breve tempo l'utilità attribuita dall'utente a tale tipologia di servizio diverrà molto scarsa.

In Fig. 6, sono infatti illustrate le componenti temporali dell'utilizzo di un servizio di car sharing *free-floating*, confrontandole con quelle del servizio *station-based*.

Altro aspetto fondamentale per tale modello di business risulta essere la dimensione della flotta: se il cittadino non riesce a trovare una macchina disponibile nelle sue vicinanze non diventerà mai un utente assiduo del servizio.

Come si è evidenziato, quindi, dalla scelta del modello di business derivano tecniche progettuali differenti, in quanto diverse sono le caratteristiche del servizio offerto. Al fine di introdurre il sistema che è più adatto alle caratteristiche della domanda, le amministrazioni e le aziende devono comprendere quali siano gli aspetti principali della progettazione delle due tipologie di servizio.

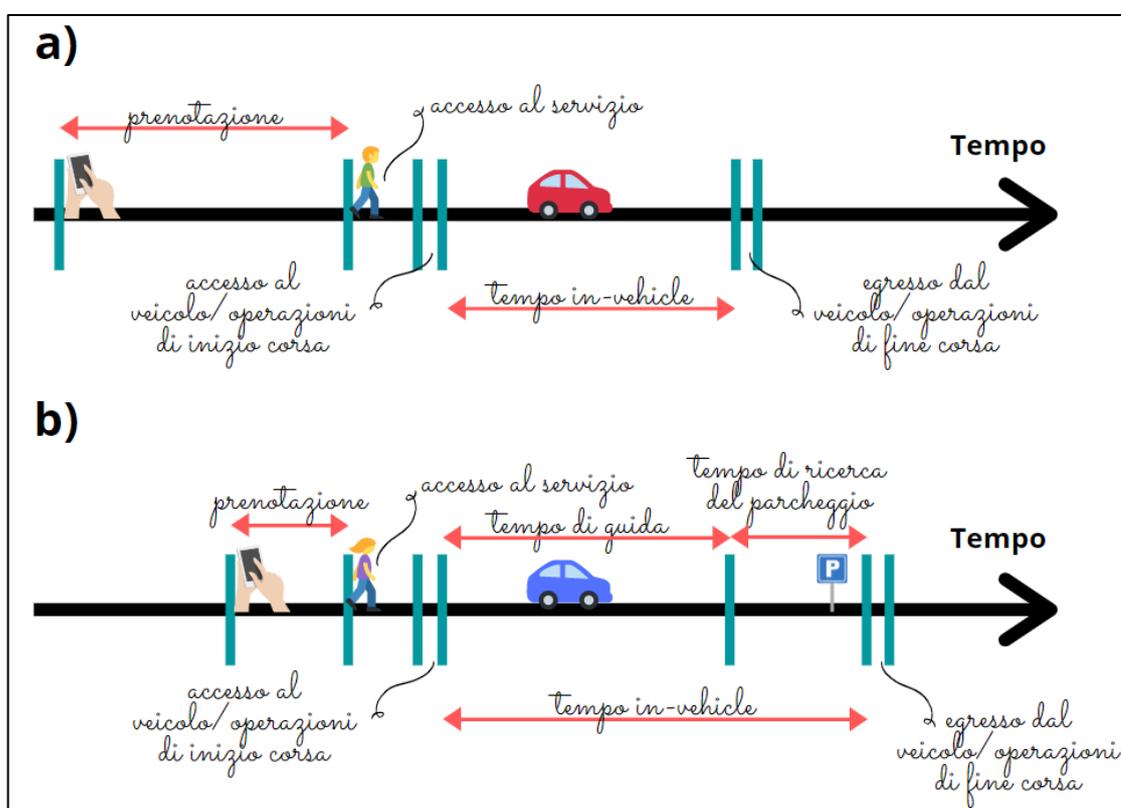


Figura 6. Componenti temporali del modello station-based (a) e free-floating (b).

## 2.3 Gli aspetti principali della progettazione

A questo punto della trattazione risulta necessario compiere un altro importante passo: individuare quali siano i molteplici fattori che, se non progettati con l'opportuna cura, portano al successo o all'insuccesso del car sharing e che decidono, in definitiva, le sorti del bilancio degli operatori di tale servizio di mobilità.

Il soddisfacimento della domanda che l'introduzione del car sharing genera, infatti, è subordinato ad alcuni fattori che ne influenzano ampiamente l'efficienza, il livello di servizio e il raggiungimento di prestazioni sufficienti.

Il livello di servizio dipende principalmente dall'accessibilità, cioè dalla distanza dell'origine e della destinazione dell'utente dai punti di prelievo e rilascio dell'auto, ma anche dalla disponibilità dei veicoli nelle stazioni, fattore influenzato dalla dimensione della flotta e che a sua volta influenza i costi operativi e di gestione del sistema.

Per questo motivo, il successo del car sharing – e, in generale, dei servizi di mobilità condivisa - si costruisce soltanto con un'attenta pianificazione, che consiste nella localizzazione ottimale delle stazioni (nei servizi *station-based*) o nella corretta definizione dell'estensione dell'area di noleggio (nei servizi *free-floating*), nell'ottimizzazione del numero di stazioni e del numero di stalli, nel dimensionamento della flotta, nell'ottimizzazione delle operazioni di riequilibrio della flotta e nella definizione ottimale delle tariffe.

Si è cercato di riassumere i fattori legati al successo o al fallimento della progettazione di un sistema car sharing in Tab. 1, facendo l'opportuna distinzione tra quelli relativi al car sharing *free-floating* (FF) e quelli relativi alla modalità *station-based* (SB).

Molti dei fattori, come già affermato, condizionano il livello di servizio offerto dai sistemi di mobilità condivisa: un numero di veicoli in flotta tale da non garantire la disponibilità dell'auto agli utenti al momento della prenotazione inficia fortemente il successo di questi servizi in ambito urbano, come pure una non accurata collocazione degli stalli di sosta in relazione alla distanza dai maggiori poli di attrazione e alla loro accessibilità pedonale. Anche tariffe percepite come elevate dall'utente o progettate senza un'opportuna gradualità, come pure sistemi di prenotazioni complessi, che richiedono tempo e numerosi step, possono influenzare la scelta di avvalersi di tali servizi.

Inoltre, anche tariffe troppo basse e un numero elevato di veicoli a disposizione dell'utenza sono causa di fallimento di tali servizi: in questi casi, anche se il numero di utenti attratti dal sistema potrebbe essere superiore, le entrate non coprirebbero le spese effettuate dalla compagnia per la gestione del sistema.

Tabella 1. Fattori di successo o fallimento dei servizi di car sharing.

		Car sharing	
		FF	SB
<b>Fattori di successo</b>	Integrazione tariffaria	X	X
	Integrazione modale con il trasporto pubblico	X	X
	Tariffe che agevolano il riequilibrio della flotta	X	X
	Ottimizzazione della flotta	X	X
	Ottimizzazione della posizione delle stazioni in relazione alle attività del territorio	-	X
	Applicazione di restrizioni del traffico e politiche di <i>pricing</i>	X	X
	Offerta di diverse tipologie di veicoli	X	X
<b>Fattori di insuccesso</b>	Sottodimensionamento della flotta	X	X
	Sovradimensionamento della flotta	X	X
	Area di noleggio troppo ampia o troppo ristretta	X	-
	Rete stradale molto congestionata	X	X
	Assenza di colonnine di ricarica dei veicoli elettrici	X	X
	Mancanza di integrazione con il trasporto pubblico	X	X
	Scarsa accessibilità pedonale delle stazioni	-	X
	Tariffe non adeguate	X	X
	Sistema di trasporto pubblico inefficiente	X	X
	Occupazione degli stalli da parte di veicoli non autorizzati	-	X
	Elevati tempi di ricerca del parcheggio	X	-
	Sistemi di prenotazione non <i>user-friendly</i>	X	X

Di contro, tariffe che vengono modulate sulla base delle richieste e che agevolano lo spontaneo riequilibrio della flotta, e un'offerta variegata per quanto riguarda la tipologia dei veicoli sono punti di forza per le aziende.

Un ulteriore forte incentivo all'uso dei servizi di mobilità condivisa risulta essere l'integrazione, anche tariffaria, con il trasporto pubblico, in quanto i due sistemi sono complementari. L'integrazione modale con il trasporto pubblico e l'efficienza di quest'ultimo rivestono un ruolo importante nella scelta da parte del cittadino di usufruire di un servizio di mobilità condivisa come il car sharing: gli utenti verso cui tali servizi si rivolgono sono generalmente coloro i quali rinunciano all'acquisto di una macchina in favore del trasporto pubblico per gli spostamenti sistematici e in favore del car sharing per quelli non sistematici.

Altri fattori, invece, non dipendono dalle scelte progettuali delle aziende di car sharing. L'inefficienza del trasporto pubblico, una scarsa qualità dell'ambiente pedonale, una rete stradale molto congestionata e con una scarsa offerta di sosta, sono tutti fattori che possono

far desistere il cittadino dal fare entrare questa modalità di trasporto tra le sue abitudini di mobilità.

Le aziende che operano nel settore della mobilità condivisa dovrebbero, quindi, tenere in opportuna considerazione tali fattori, valutandoli preliminarmente, in fase di progettazione. Individuati i fattori da tenere in considerazione nella progettazione di un servizio di car sharing, ci si addentra, quindi, nell'illustrare, in riferimento a tali aspetti progettuali, la metodologia sviluppata.

## 2.4 La metodologia

L'attività di ricerca si è concentrata nel proporre una metodologia di progettazione di un sistema di tipo *station-based* per città di medie e grandi dimensioni, basata sull'ottimizzazione della localizzazione delle stazioni e della flotta tramite software GIS, così da realizzare un servizio che punti ad avere un ampio e variegato bacino di utenza. Tale metodologia è stata poi applicata al caso studio di Palermo, volendo essere di supporto all'ottimizzazione del servizio attualmente offerto dal gestore car sharing palermitano.

Al fine di sviluppare la metodologia, il primo passo è stato quello di scegliere il modello di business verso cui rivolgere le proprie attenzioni e i propri sforzi.

A seconda delle caratteristiche della città, ed in particolar modo della sua estensione e topografia, ma anche in base alla tipologia di utenza e alle peculiarità degli spostamenti che l'azienda di car sharing vuole puntare a servire e che sono preponderanti in città, occorre scegliere il modello di business che può con più facilità far breccia nelle abitudini di mobilità dei cittadini e raggiungere l'obiettivo di contribuire alla riduzione dell'inquinamento e del numero di autovetture di proprietà in città.

È, quindi, fondamentale che le aziende, nello strutturare il servizio offerto in un centro urbano, verifichino in primo luogo che il modello di business proposto possa effettivamente essere attrattivo per gli abitanti di quella specifica città. È necessario che il servizio sia, pertanto, *city-oriented* e *customer-oriented*, adattandosi alla città e ai suoi abitanti, anche attraverso soluzioni peculiari, uniche e, per così dire, "personalizzate".

Analizzando il panorama delle città italiane (Tab. 2), si nota come negli ultimi anni la modalità *free-floating* si sia affermata soprattutto nelle grandi città, in cui spesso operano contestualmente diverse compagnie, realizzando così un'offerta ampia e variegata. Sono sorti, altresì, dei servizi in *free-floating* in città di medie dimensioni, con popolazione inferiore ai 250.000 abitanti, prevalentemente elettrici e operanti con piccole flotte.

Dalla tabella si può notare come alcuni servizi a flusso libero, offrano ad ogni modo, la possibilità di parcheggiare in stalli riservati, spesso forniti di colonnine per la ricarica.

Il car sharing *station-based* risulta essere una soluzione molto adottata in ambiti urbani di medie dimensioni. Risulta, inoltre, la modalità utilizzata soprattutto per implementare servizi che operino in un contesto di area vasta o regionale, come il servizio siciliano AmiGO, E-vai in Lombardia o Car Sharing Sudtirool in Trentino-Alto Adige.

Tabella 2. Caratteristiche dei servizi car sharing presenti nelle città italiane (2020).

Città	Popolazione [abitanti]	Superficie [km <sup>2</sup> ]	Densità di popolazione [abitanti per km <sup>2</sup> ]	Operatori		Numero di stazioni	Numero di veicoli
Roma	2.808.293	1.287,24	2182	SB	Carsharing Roma	156	181
				FF	Sharenow	-	
				FF	Enjoy	-	
Milano	1.406.242	181,68	7740	SB	Ubeeqo	90	150
				SB	E-vai	14	94 (operanti in tutta la Lombardia)
				FF	Enjoy	-	
				FF	Sharenow	-	
Napoli	948.850	118,94	7977	FF	Amicar	4	35
Torino	857.910	130,06	6596	FF	LeasysGO (ex Bluetorino)	-	
				FF	Sharenow	-	
				FF	Enjoy	-	
Palermo	647.422	160,59	4032	SB/ FF	AmiGO	86	159
Genova	565.752	240,29	2354	SB	Car Sharing Genova	33	69
Bologna	395.416	140,86	2807	FF	Corrente	14	280 (operanti anche a Ferrara)
				FF	Enjoy	-	
Firenze	366.927	102,32	3586	FF	Adduma car	-	100
				FF	Enjoy	-	
Catania	296.266	182,80	1621	SB	AmiGO	39	50
Venezia	258.685	415,89	622	SB	Kinto Share	15	45
Messina	227.424	213,76	1064	FF	Pista	-	20

Città	Popolazione [abitanti]	Superficie [km <sup>2</sup> ]	Densità di popolazione [abitanti per km <sup>2</sup> ]	Operatori		Numero di stazioni	Numero di veicoli
Padova	210.077	93,03	2258	SB	Car Sharing Padova	10	16
Parma	200.455	260,60	769	SB	Car Sharing Parma	13	13
				FF	All Ways	-	15
Brescia	196.340	90,33	2173	SB	Automia	6	6
Reggio di Calabria	174.885	239,04	732	FF	C'Entro Car Sharing	-	21
Cagliari	151.005	84,58	1785	FF/ SB	Playcar	54	99
Ferrara	132.899	405,14	328	FF	Corrente	10	280 (operanti anche a Bologna)
Latina	127.037	277,62	458	FF	Eppy	-	22
Bergamo	120.783	40,15	3008	SB	E-vai	6	94 (operanti in tutta la Lombardia)
Trento	120.641	157,87	764	SB	Car Sharing Trentino	7	14
Arezzo	98.259	384,75	255	FF	Car Sharing Arezzo	9	30

Considerando che la metodologia da sviluppare voleva essere a supporto del gestore di car sharing della città di Palermo, la scelta del modello di business che più si adatta a tale centro urbano può, in qualche modo, basarsi sulla storia del servizio e sulle esperienze fin qui accumulate dall'operatore cittadino. L'operatore palermitano, infatti, offre agli utenti la possibilità di usufruire del servizio in entrambe le modalità, avendo implementato, nel corso degli ultimi tre anni, un servizio di tipo misto. Pertanto, risulta più facile comprendere quale dei due modelli di business sia più attrattivo nella città di Palermo.

Alla luce dell'analisi dei dati sui noleggi del car sharing palermitano del 2019 e delle sue criticità, che saranno illustrati al Capitolo 3, è possibile affermare che la modalità *station-based* è quella più utilizzata dai cittadini palermitani.

La metodologia qui proposta è stata, pertanto, sviluppata, in primo luogo, per la progettazione di un servizio di tipo *station-based*.

#### 2.4.1 Le fasi della metodologia

Il modello proposto per la progettazione di un servizio car sharing *station-based* si articola in cinque passi: (1) l'applicazione di un modello di *suitability analysis*, ovvero di analisi di idoneità, che consenta di identificare le porzioni di territorio maggiormente adatte a ricevere una stazione di car sharing, dal punto di vista della domanda potenziale; (2) un modello di *site-selection* delle stazioni che individui, ad una scala di dettaglio, i siti candidati a far sorgere le stazioni del servizio, considerando i vincoli di spazio, l'accessibilità pedonale delle stesse, la visibilità e la vicinanza a punti di interesse; (3) un'analisi di *walkability*, che verifichi l'effettiva capacità dei siti candidati di essere adatti ad essere raggiunti a piedi dagli utenti; (4) un preliminare dimensionamento delle stazioni candidate, che assegni ad ognuna di esse un numero di stalli e di autovetture necessarie in relazione alla domanda potenziale che essi potranno attrarre; (5) un'analisi di *location-allocation*, che, considerando il numero di stalli e autovetture assegnate, permetta di trovare il numero e la distribuzione delle stazioni che ottimizzano la copertura della domanda.

Alla fine della metodologia verrà effettuata una verifica del dimensionamento compiuto in precedenza, in base alla domanda allocata in ogni stazione scelta dall'algoritmo di *location-allocation*.

Il metodo di progettazione proposto è descritto dalla Fig. 7, in cui sono evidenziati le fasi operative e i risultati di ognuna di esse.

L'obiettivo finale della metodologia è quello di ottenere un servizio di car sharing che sia opportunamente dimensionato in termini di stazioni e autovetture disponibili in relazione alla potenziale domanda che il territorio può generare. Ciò si traduce, in primo luogo, nel trovare non solo il numero ma anche la localizzazione ottimale delle stazioni di car sharing.

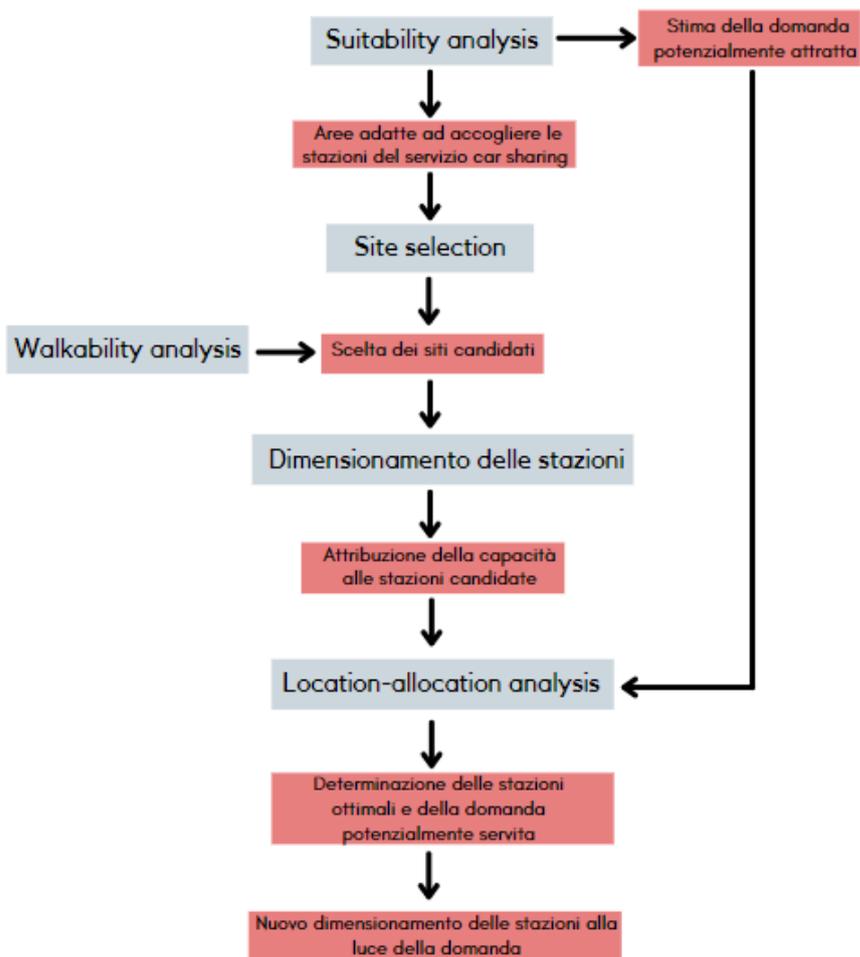


Figura 7. Schema logico della metodologia sviluppata.

#### 2.4.2 La letteratura scientifica di riferimento per la progettazione

La metodologia vuole dare forma al tentativo di colmare un *gap* presente nella ricerca sul car sharing, cioè disporre di una metodologia unitaria per la progettazione di servizi di car sharing a stazioni fisse, sviluppata interamente in un unico ambiente software.

In letteratura, infatti, sono presenti numerose metodologie che consentono di progettare l'uno o l'altro aspetto del servizio: metodologie per il dimensionamento della flotta, per la progettazione ottimale della capacità delle stazioni, per la collocazione ottimale degli stalli, per la stima della domanda, per la progettazione delle tariffe.

Ad esempio, Monteiro *et al.* (2021) hanno sviluppato una metodologia utile per determinare la dimensione della flotta di un servizio a stazioni fisse che consente di massimizzare il numero di potenziali clienti. Hu e Liu (2016), invece, hanno sviluppato un modello per il dimensionamento della flotta e la determinazione della capacità ottimale delle stazioni, considerando la congestione stradale e ponendosi come principale obiettivo la massimizzazione dei profitti dell'azienda.

L'ottimizzazione del numero, della localizzazione e della dimensione delle stazioni di un servizio *one-way* è, invece, il fine ultimo del metodo proposto da Correia e Altunes (2012), che prevede anch'esso come criterio la massimizzazione dei profitti.

Per quanto riguarda la stima della domanda, nel corso degli ultimi anni si sono affermati principalmente i modelli di simulazione ad agenti, come quello proposto da Ciari *et al.* (2016).

Infine, Perboli *et al.* (2018) si sono occupati della progettazione delle tariffe, studiando e comparando tramite una simulazione Monte Carlo le tariffe applicate da quattro diversi operatori a Torino. Jorge *et al.* (2015) hanno, invece, sviluppato un modello in cui le tariffe variano per zona e ora del giorno per minimizzare le operazioni di riequilibrio della flotta e massimizzare i profitti.

Tutte queste tecniche di progettazione considerano gli elementi caratterizzanti del servizio come separati o al più indagano, con un approccio multi-obiettivo, soltanto alcuni dei legami che tra essi intercorrono, trascurandone altri; in realtà, però, tutti gli aspetti sopra citati si intrecciano gli uni agli altri e gli effetti della progettazione di uno di questi elementi si ripercuotono sulla progettazione di tutti gli altri.

Se, ad esempio, si applica una metodologia per determinare la collocazione ottimale degli stalli tale da consentire di rispondere ad una certa domanda, si deve altresì riconoscere come il numero e la distribuzione sul territorio delle stazioni che ne derivano abbiano delle dirette conseguenze sulla dimensione della flotta di cui l'azienda deve disporre. Come pure, il dimensionamento e la collocazione degli stalli sono influenzati dalla progettazione delle tariffe: le tariffe applicate potrebbero far sì che la domanda attratta dal servizio sia in realtà inferiore a quella ipotizzata nell'applicazione della metodologia per la determinazione del numero delle stazioni e la loro collocazione, rendendo di fatto il risultato di quest'ultima non ottimale. Pertanto, questi aspetti del servizio andrebbero progettati simultaneamente.

Si veda un altro esempio: una metodologia di progettazione delle tariffe dovrebbe tener conto non solo dell'equilibrio tra ricavi e spese dell'azienda di car sharing, e quindi della potenziale domanda (da cui dipendono i ricavi) e della dimensione della flotta (la cui gestione comporta buona parte delle spese), ma anche della distribuzione della domanda sul territorio, della tipologia di utenza che si punta a servire, della collocazione e della tipologia delle stazioni in relazione alle attività presenti sul territorio (cioè se esse sono stazioni utilizzate prevalentemente in origine o in destinazione), risultando quindi intimamente legata ai meccanismi di progettazione di questi ulteriori aspetti.

La stima della domanda, infine, non può trascurare gli effetti che il dimensionamento della flotta, la progettazione delle tariffe e la collocazione delle stazioni sul territorio hanno sulla

domanda stessa: un sottodimensionamento della flotta, delle tariffe percepite come troppo elevate, una collocazione delle stazioni in aree poco accessibili o di scarso interesse concorrono necessariamente a far decrescere la domanda che il servizio può riuscire ad attrarre in ambito urbano rispetto a quella che potenzialmente il territorio potrebbe esprimere sulla base della sola aderenza delle caratteristiche della cittadinanza al target d'utenza o rispetto a quella determinata con indagini a preferenza dichiarata e modelli di domanda che non abbiano tenuto conto di tali fattori.

Occorre pertanto un approccio unitario alla progettazione del servizio, che consideri come i diversi elementi che caratterizzano il sistema car sharing siano tra loro intimamente legati. La metodologia sviluppata, quindi, si propone di offrire a chi debba progettare un sistema di car sharing *station-based* un processo logico da seguire che, attraverso step successivi e operazioni da effettuare in un unico ambiente software, guardi alla progettazione di tutti gli elementi caratterizzanti del servizio.

#### 2.4.3 Il GIS come ambiente di sviluppo della metodologia

Strumenti efficaci per la valutazione, lo studio e la risoluzione di problematiche aventi la comune caratteristica di essere legate al territorio sono i Sistemi Informativi Geografici (GIS).

Un GIS è, infatti, un sistema informativo computerizzato che permette l'acquisizione, la registrazione, l'analisi, la visualizzazione e la restituzione di informazioni derivanti da dati geografici o geo-riferiti. Secondo la definizione di Burrough (1986), *“il GIS è composto da una serie di strumenti software per acquisire, memorizzare, estrarre, trasformare e visualizzare dati spaziali dal mondo reale”*.

Il GIS è, quindi, un sistema informatico che associa a ciascun elemento geografico una o più descrizioni alfanumeriche. La principale caratteristica di un GIS è, infatti, quella di poter associare ad una o più basi di dati georeferenziati quantità potenzialmente illimitate di attributi, con ampie capacità di operare incroci e confronti tra i database, permettendo manipolazioni ed analisi. La maggiore attrattiva del GIS, infatti, è quella di poter contenere in un unico strumento dati assai diversi tra loro, come carte di uso del suolo, mappe catastali, ortofoto, immagini da satellite, carte topografiche, tabelle, che, una volta integrati in un GIS, danno l'opportunità di poter formulare giudizi e previsioni legati a problematiche connesse al territorio.

La tecnologia GIS è, inoltre, in grado di integrare le comuni operazioni di interrogazione di un database tradizionale e le tecniche di analisi statistica con le potenzialità uniche di visualizzazione e analisi spaziale offerte dalla cartografia digitale.

È, quindi, ragionevole pensare che una semplice coppia di coordinate geografiche non possa costituire un'informazione utile a qualsiasi tipo di studio, ma se a questa coppia di coordinate si associano una serie di altri valori numerici, alfanumerici, statistici, allora il dato geografico diventa informazione. Se poi i dati vengono rappresentati su una mappa per mezzo delle tecnologie offerte dai GIS, il campo di applicazione di tale strumento diventa assai vasto e il risultato, cioè la realizzazione di carte tematiche, diventa comprensibile da tutti. Tipicamente, infatti, i software GIS offrono la possibilità di visualizzare i dati disponendoli su *layer* ossia strati informativi sovrapponibili e confrontabili.

Negli ultimi anni i software GIS hanno subito evoluzioni tali da integrare al loro interno *plugin* e strumenti utili ad effettuare analisi sofisticate, come la *Suitability Analysis*, o risolvere problemi complessi, come quello di *location-allocation*.

Essendo il GIS il principale strumento di analisi di un territorio, è apparso naturale sviluppare la metodologia di progettazione interamente in ambiente GIS, avvalendosi delle potenzialità e degli strumenti che oggi questi software riescono ad offrire.

Infatti, il car sharing del tipo *station-based* è strettamente connesso al territorio, perché sono le stazioni, distribuite all'interno dell'area urbana, il perno principale di tale sistema. La progettazione di questa tipologia di car sharing, dunque, non può prescindere dall'analisi - per così dire "geografica" - del territorio in cui esso viene offerto, ed in particolare dalle caratteristiche sociodemografiche della popolazione che in esso risiede, dall'accessibilità pedonale e dalla *walkability* dei luoghi in cui le stazioni sorgono, dalla distribuzione e dalla tipologia di servizi e attività presenti in città.

#### 2.4.4 L'analisi di idoneità

La metodologia prevede, come passo iniziale, l'individuazione dei potenziali siti candidati ad accogliere le stazioni di car sharing. Le stazioni candidate, con la loro localizzazione e la loro capacità, saranno utilizzate come input dall'algoritmo di ottimizzazione del software GIS durante l'analisi di *location-allocation*, che porterà all'individuazione di quei siti, distribuiti in maniera ottimale sul territorio, nei quali installare effettivamente le stazioni di car sharing.

Al fine di ottenere il numero e la localizzazione dei siti candidati, il primo passo è, quindi, un'analisi di idoneità al car sharing delle diverse parti del territorio cittadino. Questo passaggio può, di fatto, essere evitato, affidandosi ad una distribuzione randomica ma frequente delle stazioni candidate su tutto il territorio cittadino. Ciò comporterebbe, però, un numero elevato di siti candidati, nonché un'attribuzione della capacità delle stazioni basata su ipotesi non comprovate da valutazioni quantitative sulla potenziale domanda. Ancora,

non si terrebbero in considerazione i vincoli di spazio e la visibilità delle stazioni, nonché le condizioni di accessibilità ai poli attrattori.

Al fine di restringere il numero di siti candidati, diminuendo altresì i tempi di computazione dell'algoritmo di *location-allocation*, la metodologia prevede, pertanto, di escludere le zone il cui apporto, in termini di domanda di car sharing, non possa risultare significativo, sulla base delle caratteristiche delle stesse e dei cittadini che in esse risiedono. L'approccio previsto è quello di discretizzare lo spazio attraverso una griglia ortogonale, suddividendo il territorio cittadino in celle quadrate di lato pari alla massima distanza che mediamente gli utenti del car sharing accettano di percorrere a piedi per raggiungere la stazione più vicina. Tale distanza può variare da città a città a seconda della maggiore o minore propensione a spostarsi a piedi dei cittadini. È possibile, pertanto, in ambiente GIS creare una griglia costituita da  $n$  elementi quadrati, che copra l'intero territorio cittadino; ad ogni cella occorre attribuire un codice identificativo "id".

L'idoneità delle  $n$  zone ad accogliere una o più stazioni di car sharing è stabilita, in questa prima analisi, sulla base di un unico criterio, cioè dell'attitudine di queste a generare una domanda di car sharing che possa giustificare l'installazione di una stazione (Fig. 8). Occorre, pertanto, stabilire con precisione quale sia il profilo del target di utenza del servizio, poiché è principalmente da esso che si genererà la domanda.

Il profilo dell'utente medio attratto dal car sharing varia di città in città, pertanto la metodologia non può fornire un'indicazione univoca su quale sia la fascia di popolazione da selezionare come fetta preponderante dell'utenza potenziale del servizio. Studi specifici devono essere condotti preliminarmente all'analisi di idoneità.

Il profilo dell'utenza può essere, infatti, ricavato sulla base di indagini condotte ex-novo nella città in cui introdurre il servizio, determinando, attraverso apposite interviste, la differente propensione all'utilizzo da parte di cittadini con caratteristiche socioeconomiche diverse; in alternativa, qualora esistano o siano esistite compagnie di car sharing operanti in città, si possono valutare le caratteristiche del potenziale utente del servizio car sharing sulla base dei dati e delle esperienze da esse raccolte.

Una volta individuato il target di utenza, si deve determinare quali celle della griglia caratterizzate da residenti affini a tale target. Per fare ciò, è necessario determinare le variabili demografiche e socioeconomiche di ogni elemento della griglia, avvalendosi, ove possibile, delle seguenti fonti di dati:

- *shapefile* del territorio cittadino suddiviso in zone censuarie, importabile in un software GIS;

- dati censuari del territorio urbano, da cui desumere le caratteristiche della popolazione residente nelle zone censuarie e nelle celle della griglia.

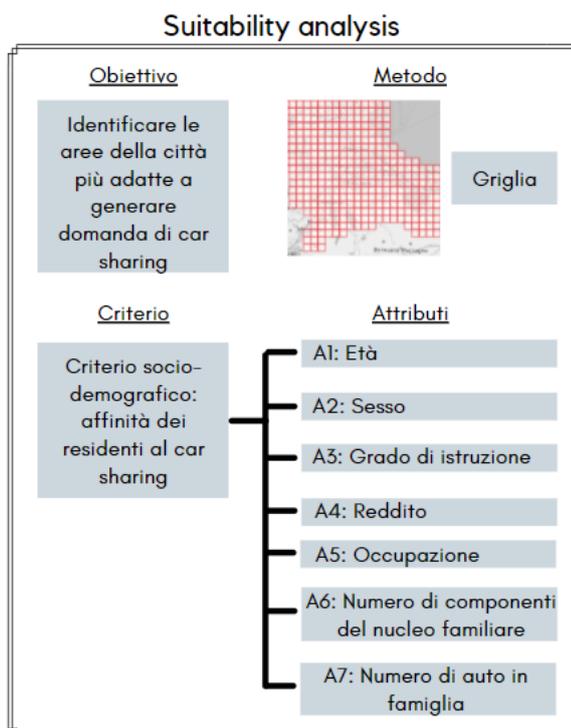


Figura 8. Modello per l'analisi di idoneità.

Le tecniche GIS per ricavare le variabili statistiche delle celle a partire dalla conoscenza dei dati delle zone censuarie saranno illustrate in riferimento al caso studio nel capitolo seguente. Le variabili giudicate qui significative per caratterizzare le celle della griglia e utili ad individuare il target di utenza del car sharing sono:

- residenti per età;
- residenti per sesso;
- residenti per grado di istruzione;
- residenti per occupazione;
- reddito medio dei nuclei familiari residenti;
- numero medio di componenti del nucleo familiare;
- numero medio di auto in famiglia.

È necessario, quindi, che tali attributi siano compresi tra quelli raccolti dagli istituti di statistica utilizzati come fonti di dati.

L'analisi di idoneità prevede di attribuire ad ogni cella della griglia un punteggio, detto *suitability score*, variabile da 0 a 1 in relazione a quanto i residenti nel territorio in essa compreso rientrino nel profilo dell'utente medio del car sharing. Il *suitability score* dipende dal punteggio associato per ogni cella ad ogni singola variabile. Ad ogni variabile può essere, inoltre, associato un peso, qualora alcune di esse incidano maggiormente nel caratterizzare

l'utente tipico del servizio. È auspicabile che tali pesi siano stabiliti da un panel di esperti del settore (come, ad esempio, i dirigenti e i tecnici dell'azienda di car sharing).

L'analisi di idoneità può essere svolta tramite software GIS, utilizzando direttamente la funzionalità già presente in alcuni di questi programmi o simulandone i risultati attraverso semplici operazioni di *geoprocessing*.

Il software ArcGIS, per esempio, consente di effettuare analisi di questo tipo attraverso il comando "Suitability Analysis", presente nel pacchetto degli strumenti di "Business Analyst". Per determinare l'affinità di una zona al car sharing si possono, quindi, adottare come criteri di valutazione le variabili predisposte nel programma, che derivano da un'ampia base di dati demografici e socioeconomici riferiti ai territori di diverse nazioni, costruita dalla società Michael Bauer Research. Tali dati possono essere anche ampliati, importando ulteriori statistiche.

L'algoritmo del software GIS assegna il punteggio seguendo il metodo descritto qui di seguito.

Siano  $n$  le celle in cui il territorio cittadino è suddiviso e  $X_1, X_2, \dots, X_m$  le variabili considerate come criteri di valutazione dell'affinità di esse al servizio di car sharing.

Ogni variabile  $X_i$  ( $i=1, \dots, m$ ) considerata come criterio di valutazione, come ad esempio il numero di residenti compresi tra i 30 e i 59 anni, assume un determinato valore  $X_{i,j}$  nella cella  $j$ . Per ogni cella  $j$  della griglia ( $j=1, \dots, n$ ) e per ogni variabile  $X_i$  si calcola, quindi, un punteggio pesato  $weighted\_score_{X_i,j}$  che:

- qualora il legame tra la variabile  $X_i$  e l'affinità al car sharing sia positivo, è pari al prodotto tra il peso attribuito alla variabile "peso $_{X_i}$ " e la differenza percentuale del valore assunto dalla variabile rispetto a un valore target:

$$weighted\_score_{X_i,j} = peso_{X_i} \times \left[ \frac{(X_{i,j} - minX_i)}{(maxX_i - minX_i)} \right]$$

dove  $max_{X_i}$  e  $min_{X_i}$  sono i valori massimi e minimi assunti dalla variabile considerando le  $n$  celle.

- qualora il legame tra la variabile e l'affinità al car sharing sia negativo, è pari a:

$$weighted\_score_{X_i,j} = peso_{X_i} \times \left[ \frac{(maxX_i - X_{i,j})}{(maxX_i - minX_i)} \right]$$

Il punteggio finale di idoneità (*suitability score*) della cella  $j$  è dato dalla somma dei singoli punteggi pesati ottenuti in riferimento alle variabili prese in considerazione:

$$suitability\_score_j = \sum_{i=1}^m weighted\_score_{X_i,j}$$

Il punteggio di idoneità farà da discriminare nel confronto tra le celle in cui è suddiviso il territorio: verranno considerate come potenziali zone dove posizionare le stazioni di car sharing solamente le zone che superano una soglia prestabilita del *suitability score*. Tale soglia è decisa dalla compagnia di car sharing in relazione alle disponibilità economiche e agli obiettivi di copertura della potenziale domanda che essa intende perseguire.

Qualora la metodologia si usi per l'ottimizzazione di un servizio operativo, si potrà verificare se le stazioni di car sharing esistenti ricadano all'interno delle celle individuate e se alcune di esse che presentano alti punteggi di idoneità siano rimaste scoperte dal servizio.

#### 2.4.5 Il target di utenza

Sebbene, come detto, il profilo medio dell'utente attratto dal car sharing cambi di città in città, alcune caratteristiche del profilo risultano ricorrenti e invariante rispetto al contesto territoriale.

In particolare, Ramos *et al.* (2020) hanno indagato il profilo degli utenti e dei non utenti dei servizi car sharing presenti nelle città europee. È risultato che l'utente del car sharing ha, in ogni contesto territoriale, un reddito e un livello di istruzione superiori rispetto alla media. In particolare, il car sharing sembra essere un servizio che fa particolarmente presa sugli strati più scolarizzati della popolazione; questo è uno dei suoi più marcati tratti distintivi.

Inoltre, si ha una maggiore propensione all'utilizzo del car sharing tra i maschi, piuttosto che tra le femmine, e tra i componenti delle famiglie composte da due persone. Variano, invece, a seconda del contesto territoriale, l'età media degli utenti nonché il numero medio di auto possedute e condivise dal nucleo familiare. Le fasce di età presenta, in particolare, differenze sostanziali, anche perché diversa è la forza di attrazione delle fasce giovani a seconda del tipo di vettura e di offerta proposta al mercato da ciascuna società di car sharing. Le differenze tra gli utenti dei servizi di alcune città europee sono state principale oggetto di studio del progetto europeo “*Shared mobility opporTunities And challenges foR European citieS*” (STARS, 2018). Lo studio ha riscontrato come non ci siano differenze significative tra i profili dei membri del car sharing *station-based* rispetto agli utenti dei servizi *free-floating*: questo significa che i servizi sono utilizzati per motivi differenti ma dalla stessa tipologia di utenti. Esistono differenze sostanziali tra le utenze del car sharing tipiche dei vari Paesi.

Nelle città inglesi, ad esempio, la più ampia fetta di utenza è costituita da giovani che vivono in affitto nei quartieri vivaci del centro città, vicino ai luoghi di lavoro e ai luoghi della vita notturna, anche se, tra gli utenti, risultano numerosi le famiglie con alti redditi che vivono nelle periferie subito fuori dal centro città, i liberi professionisti della fascia 30-40 e i

residenti più anziani che vivono in quartieri periferici con un buon accesso a supermercati, negozi e farmacie.

In Francia vi è un'utenza di nicchia, con caratteristiche ben delineate: l'utente medio ha 45 anni, vive vicino al centro città in una famiglia composta da una coppia di adulti più bambini, ha un livello di istruzione elevato e un'alta posizione lavorativa.

Nelle città tedesche l'utente medio è un uomo giovane, laureato, che vive nell'area urbana e ha una famiglia con figli minorenni.

In Olanda gli utenti afferiscono principalmente a due categorie: i giovani single della fascia 30-40 appartenenti a una classe socioeconomica elevata e il gruppo di età dei 40-50, caratterizzato principalmente dalla presenza di liberi professionisti e direttori di grandi aziende.

In Italia l'utente medio del car sharing *station-based* è costituito da un uomo tra i 36 e i 55 anni di età, che vive da solo o in una famiglia composta da due persone, possiede una laurea o almeno un diploma e lavora come impiegato in un'azienda. Circa il 90% degli utenti vivono all'interno del territorio cittadino e il 20% all'interno di zone a traffico limitato. Inoltre, gli utenti italiani sono caratterizzati da una scarsa disponibilità di autovetture all'interno del nucleo familiare.

Per avere un'idea più precisa del profilo dell'utente medio delle città italiane si può fare riferimento anche al rapporto ANIASA 2019 (ANIASA, 2020). Il profilo rilevato è quello di un utente principalmente di sesso maschile (65% del totale). Per quanto riguarda le diverse fasce di età, i giovani tra i 18 ed i 25 anni (Generazione Z) si attestano al 26%. Il primo segmento di utenti del car sharing sono i ragazzi tra i 26 e i 35 anni (i Millennial) che sono cresciuti nel corso degli ultimi anni, raggiungendo nel 2019 il 32%. L'età media si attesta, comunque, a poco più di 35 anni, anche se negli ultimi anni si assiste ad una progressiva diminuzione degli utenti over 35.

Benché vi siano, quindi, delle differenze tra i profili di utenza dei vari Paesi, si possono, comunque, delineare tre tipologie di profili che risultano particolarmente attratti dal servizio car sharing e che ne costituiscono il pilastro portante dell'utenza in ogni contesto territoriale (Ramos *et al.*, 2020). Tali tipologie di profili differiscono soprattutto per le abitudini di mobilità.

Un primo profilo è caratterizzato da utenti che, avendo un livello medio di viaggi da effettuare in auto, usano raramente i modi di trasporto motorizzati privati, con una frequenza da una a poche volte al mese. Essi preferiscono il ricorso alla mobilità attiva o al trasporto pubblico, utilizzando questi modi di trasporto da 1 ai 3 giorni a settimana, ma usano

raramente anche il car sharing da una a poche volte al mese. Tali utenti non hanno particolare sensibilità verso le tematiche ambientali.

Un secondo profilo di utenti è caratterizzato da cittadini che hanno un'alta frequenza di utilizzo dell'auto privata, usando il trasporto pubblico o la mobilità attiva poche volte al mese. Tali utenti utilizzano l'auto condivisa in sostituzione di quella privata per alcuni spostamenti specifici e per un'alta sensibilità nei confronti delle tematiche ambientali. Sono generalmente persone che hanno un reddito superiore alla media e un lavoro che li porta a dover percorrere molti chilometri in città e fuori città.

Il terzo profilo è composto da quegli utenti che effettuano con bassissima frequenza viaggi in auto privata e che, al contempo, sono i più sensibili alle tematiche ambientali. Essi si spostano giornalmente con il trasporto pubblico o con modi di trasporto attivo, utilizzando il car sharing nel momento in cui hanno necessità di effettuare spostamenti con le condizioni di trasporto garantite da un'autovettura. Essi sono, infatti, quegli utenti più disposti a non possedere alcuna auto privata. Le ragioni principali per le quali questa tipologia di utenti utilizza il car sharing sono rappresentate dall'aver a disposizione una macchina solamente quando necessario ed evitare le responsabilità e i costi inerenti manutenzione e possesso di un'auto privata.

Per la prima e la seconda tipologia di profili, le ragioni di utilizzo del servizio di mobilità condivisa sono principalmente l'aver a disposizione un'autovettura quando serve e la presenza di una stazione del servizio vicino l'abitazione o il luogo di lavoro.

Uno studio effettuato da ICS nel 2018 (Mastretta e Vindigni, 2018), invece, ha carpito il profilo di chi, a seguito dell'iscrizione a un servizio di car sharing in Italia, ha rottamato la propria autovettura. Questo è il target di utenza che i servizi di auto condivise dovrebbero principalmente puntare ad attrarre, al fine di apportare benefici alla collettività. Come prevedibile, gli utenti che hanno rottamato la propria autovettura sono per la maggior parte uomini (61%) e hanno un'età compresa tra i 36 e i 55 anni (59%). Tali utenti sono single (34%) o fanno parte di famiglie composte da due persone (28%). La maggioranza delle famiglie sono monoreddito (56%), data la grande incidenza dei single, ma il 40% delle famiglie può contare su due occupati; sono, inoltre, assenti famiglie in condizione di disoccupazione totale. In particolare, il 29% degli utenti è libero professionista, imprenditore o dirigente e il 39% impiegato: l'area del lavoro intellettuale, a vario titolo, è assolutamente prevalente. Per quanto riguarda il grado di istruzione, il profilo degli utenti car sharing che hanno usufruito degli incentivi alla rottamazione si allinea a quelli caratteristici dell'utente di car sharing: si ha un livello di istruzione più elevato rispetto alla media della popolazione italiana, con il 47% del campione laureato e il 43% diplomato.

Sulla base delle indicazioni generali descritte in questo paragrafo e sulla base di indagini svolte ad hoc nel contesto territoriale in cui il servizio di car sharing dovrebbe sorgere si possono, quindi, valutare le variabili sociodemografiche più significative del possibile target di utenza e i pesi da attribuire ad esse; queste variabili verranno considerate come criteri tramite i quali, nel corso della *suitability analysis*, valutare l'attitudine delle zone a generare domanda di car sharing.

#### 2.4.6 *Site selection analysis*

L'analisi di idoneità permette di individuare quelle zone capaci di generare domanda di car sharing, ma non indica, come potenziali zone dove introdurre le stazioni del servizio di auto condivise, quelle in cui si hanno importanti poli di attrazione e potenziali destinazioni degli spostamenti. Un ulteriore limite dell'analisi di idoneità è quello di non essere capace di localizzare in maniera puntuale i siti candidati all'interno delle celle individuate.

Per superare tali limiti si è, pertanto, sviluppato un modello di *site selection*. Esso prevede, innanzitutto, di individuare, sulla cartografia di fondo del software GIS, i possibili punti di interesse, cioè quei poli attrattori che in maggiore misura rappresentano le possibili destinazioni degli spostamenti effettuati in car sharing, siano essi interni o esterni alle celle risultanti dalla *suitability analysis*.

L'individuazione dei punti di interesse serve, in primo luogo, ad individuare dei siti ulteriori rispetto a quelli da introdurre nelle celle scelte a seguito dell'analisi di idoneità. Molti saranno, infatti, quei punti di interesse che ricadono al di fuori delle celle risultanti dalla *suitability analysis* che tiene conto solamente delle caratteristiche socioeconomiche dei cittadini residenti e, quindi, delle più frequenti zone di origine degli spostamenti.

Contestualmente, tale modello, ereditando i risultati dell'analisi di idoneità, prevede di inserire una o più stazioni all'interno delle celle che raggiungono un *suitability score* superiore alla soglia prestabilita.

In tal caso, qualora all'interno delle celle siano presenti punti di interesse, l'individuazione di tali punti serve per definire meglio la posizione dei siti candidati entro le stesse. Il modello di *site selection* qui descritto prevede, infatti, che, all'interno di tali celle, i siti candidati siano scelti in modo tale che tutti i punti di interesse ivi presenti siano raggiungibili a piedi, percorrendo al più la massima distanza accettata in media dagli utenti del car sharing. Non bisogna dimenticare, infatti, che l'accesso e l'egresso al sistema car sharing avvengono a piedi, per cui solo le origini e le destinazioni raggiungibili a piedi dalle stazioni di car sharing potranno essere servite da questo modo di trasporto.

A tal fine, per individuare al meglio le zone dove collocare i siti candidati, può essere utile tracciare in ambiente GIS le cosiddette aree di servizio dei punti di interesse: esse sono le aree comprendenti tutti i tratti della rete pedonale raggiungibili entro la massima distanza che la maggior parte degli utenti è disposta a percorrere. Le aree di servizio permettono a colpo d'occhio di escludere le posizioni dei siti candidati che non consentono il rispetto del criterio di accessibilità pedonale ai punti di interesse.

È, quindi, di fondamentale importanza avere disponibile, preliminarmente all'analisi di *site selection*, la rete pedonale cittadina in formato leggibile da un software GIS. Questo dato non è generalmente tra quelli acquisiti dalle amministrazioni comunali o resi disponibili al pubblico. Nella maggior parte dei casi occorre costruire da principio, in ambiente GIS, la rete pedonale, costituita da marciapiedi e attraversamenti pedonali. Nel corso della trattazione del caso studio verrà illustrato, pertanto, un metodo per la costruzione di tale rete tramite il software QGIS.

Oltre al criterio di accessibilità ai punti di interesse, la metodologia (Fig. 9) prevede di considerare come criterio di scelta dei siti candidati la visibilità e la centralità del sito: gli stalli riservati al car sharing dovranno, infatti, essere collocati preferibilmente in strade conosciute e in una posizione facilmente individuabile dall'utente. Un altro criterio è quello di considerare i vincoli di spazio: i siti candidati devono essere scelti tra quelle strade che consentano l'inserimento di stalli di sosta riservati.

Considerando, quindi, i vincoli di spazio e visibilità, nella selezione dei siti candidati all'interno delle celle risultanti dalla *suitability analysis* si seguiranno i seguenti criteri:

- Nelle celle in cui non sono presenti punti di interesse si introdurrà il sito candidato in una posizione quanto più centrale possibile rispetto alla cella, per garantire la maggiore copertura dell'utenza espressa dalla cella.
- Nelle celle in cui è presente un solo punto di interesse si introdurrà il sito candidato nelle immediate prossimità di esso.
- Qualora il punto di interesse sia situato nelle zone estreme della cella, si preferirà allontanare leggermente il sito candidato da esso a favore di una posizione più centrale che garantisca una maggiore copertura dell'utenza potenziale espressa dalla cella.
- Nelle celle in cui sono presenti più punti di interesse, come detto, si introdurrà il sito candidato in una posizione in cui tutti i punti di interesse siano raggiungibili entro la distanza massima percorribile dall'utente a piedi.

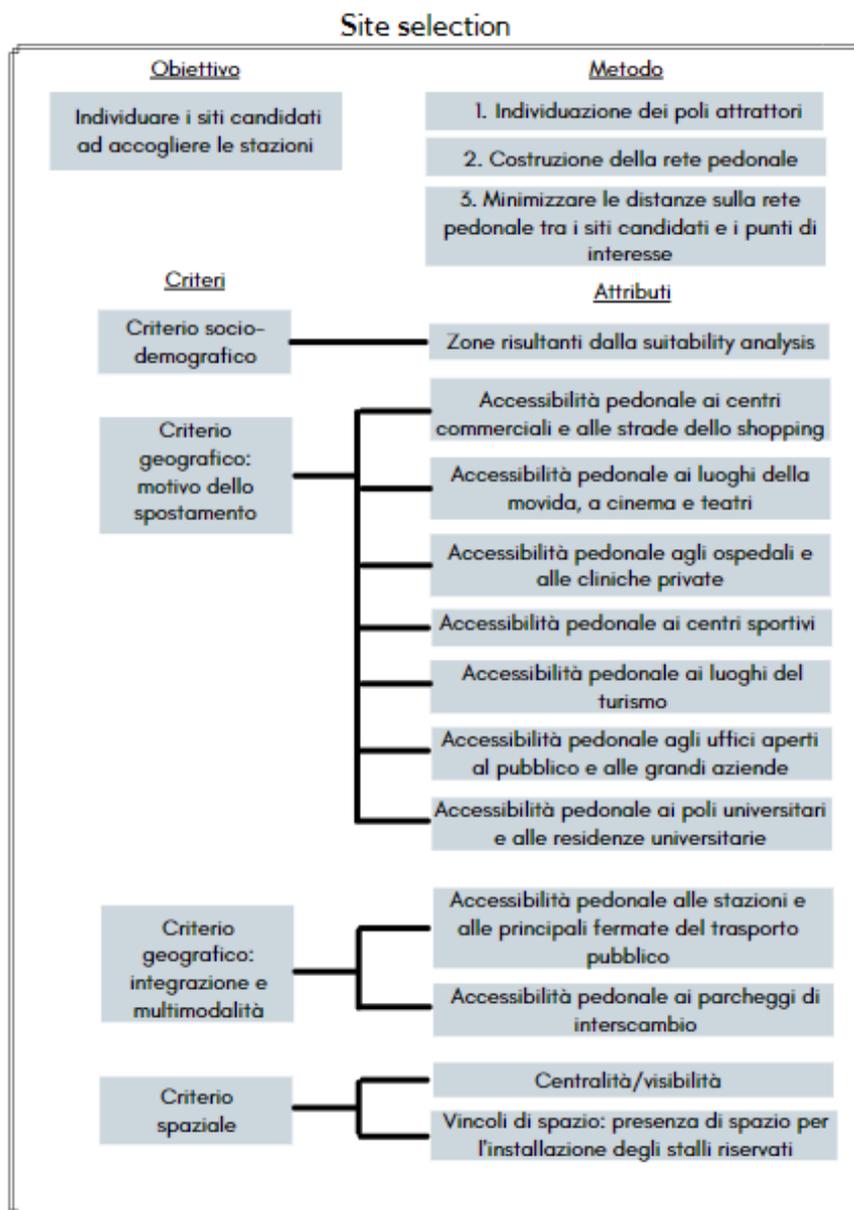


Figura 9. Modello per l'analisi di *site selection*.

Come già detto, alcuni punti di interesse ricadranno al di fuori delle celle risultanti dall'analisi di idoneità: in tal caso, tenendo sempre in opportuno conto i criteri di visibilità e i vincoli di spazio, si selezioneranno i siti candidati seguendo le seguenti regole:

- Qualora il punto di interesse ricada in una posizione prossima ad una delle celle, si valuterà se il sito individuato per quella cella possa servire il punto di interesse entro la massima distanza fissata.
- Qualora il punto di interesse sia esterno e lontano da una delle celle risultanti dalla *suitability analysis* per esso si individuerà un sito candidato a servirlo nelle immediate vicinanze.

- Qualora vi siano più punti di interesse ravvicinati esterni e lontani dalle celle si posizionerà un solo sito candidato in una posizione in cui tali punti di interesse siano tutti raggiungibili entro la massima distanza ammessa.

Per la definizione dei punti di interesse si è fatto principalmente riferimento ai motivi dello spostamento più comuni legati all'utilizzo del servizio di car sharing. Le esperienze europee (STARS, 2018) indicano come i servizi di car sharing generalmente non siano utilizzati per gli spostamenti casa-lavoro, ma piuttosto gli utenti usino questo particolare modo di trasporto per effettuare spostamenti occasionali. Molto spesso il car sharing è utilizzato per raggiungere destinazioni legate al tempo libero e ad attività ricreative come lo shopping. Per esempio, in Italia, sebbene l'auto condivisa venga utilizzata per gli spostamenti casa-lavoro in misura maggiore rispetto a quanto avvenga negli altri Paesi (18%) a causa della presenza di molti servizi *free-floating*, le attività inerenti al tempo libero e allo shopping sono la motivazione sottesa al 58% dei viaggi in car sharing (Mastretta *et al.*, 2018). Sono anche numerosi i viaggi che vengono effettuati in auto condivisa per fare visita a parenti e amici (10%) o per dare passaggi alle persone care che non hanno la possibilità di guidare un'autovettura (8%). Il 5% dei viaggi in car sharing è effettuato per commissioni occasionali legate al proprio impiego, come, ad esempio, incontrare un collega presso il suo studio professionale o recarsi in un ufficio tecnico per avviare una pratica.

Alla luce di questi dati, si possono considerare come punti di interesse e potenziali poli attrattori per il servizio car sharing:

- i centri commerciali e le strade urbane dello shopping;
- i luoghi della vita notturna;
- i cinema e i teatri;
- i centri sportivi;
- i poli ospedalieri e le cliniche private;
- gli uffici aperti al pubblico.

Al fine di allargare il bacino di utenza del servizio ad alcune particolari categorie di utenti si possono ulteriormente includere:

- i poli universitari e le case dello studente, che possono intercettare la domanda degli studenti fuori sede e dei *visiting professors*, che generalmente non dispongono in città di un'autovettura propria;
- i luoghi di interesse turistico (musei, monumenti e grandi alberghi), che possono rendere attrattivo il servizio ai turisti;
- le grandi aziende, per proporre il servizio car sharing come alternativa all'auto aziendale a disposizione degli impiegati.

Per tenere in opportuna considerazione il fatto che il car sharing possa essere utilizzato in ottica inter- e multimodale, soprattutto dai pendolari, si suggerisce, inoltre, di considerare come punti di interesse anche le principali stazioni e fermate del trasporto pubblico di massa su ferro e su gomma.

#### 2.4.7 *Walkability analysis*

Il criterio dell'accessibilità pedonale, però, tiene conto esclusivamente della raggiungibilità o meno dei punti di interesse in termini di distanza. Una valutazione più completa della bontà di un sito ad accogliere una stazione di car sharing si ha prendendo in considerazione anche la *walkability* delle aree attorno ad esso: essa è definita come la misura di quanto una specifica area urbana sia adatta al transito dei pedoni (Galanis e Eliou, 2011). È vero che la prima valutazione della *walkability* dell'area è rappresentata dalla determinazione della cosiddetta *Pedestrian Catchment Area*, cioè l'area definita dalla massima distanza che gli utenti sono disposti a percorrere a piedi, ma non bisogna trascurare come ci siano anche molti altri fattori che incidono sull'accessibilità pedonale ad un luogo.

La *walkability* non è generalmente tenuta in conto dalle aziende di car sharing nella definizione della collocazione ottimale delle stazioni del servizio *station-based*. Tuttavia, come si è detto, l'esperienza dell'utente del car sharing è in parte comune all'esperienza di viaggio di un pedone, poiché i percorsi tra le stazioni riservate e le origini e le destinazioni finali dell'utente sono in genere effettuati a piedi. Una scarsa *walkability* delle aree dove sorgono le stazioni potrebbe, pertanto, compromettere l'utilizzo delle stesse da parte degli utenti. Le aziende di car sharing dovrebbero valutare la *walkability* di tali aree, per decidere dove localizzare al meglio le proprie stazioni o verificare se una posizione già decisa risulta ottimale.

Dopo l'analisi di *site selection*, risulta necessario, quindi, verificare la *walkability* delle aree in prossimità dei siti candidati, cioè le zone dove sorgeranno le stazioni di car sharing. Questo approccio progettuale rappresenta un'assoluta novità nel panorama della letteratura scientifica sul car sharing.

Seguendo tale logica, si sono individuati i fattori che influenzano la *walkability* e si è sviluppata una nuova metodologia, utile per determinare la qualità dei percorsi pedonali attorno alle stazioni di car sharing: essa facilita l'individuazione delle zone da evitare per la collocazione delle stazioni in quanto scarsamente adatte ad essere percorse dai pedoni.

Il modello (Fig. 10) è stato sviluppato anch'esso in ambiente GIS, poiché esso consente la creazione di mappe tematiche, che evidenziano con più immediatezza i tratti della rete pedonale scarsamente *walkable*.

## Walkability analysis

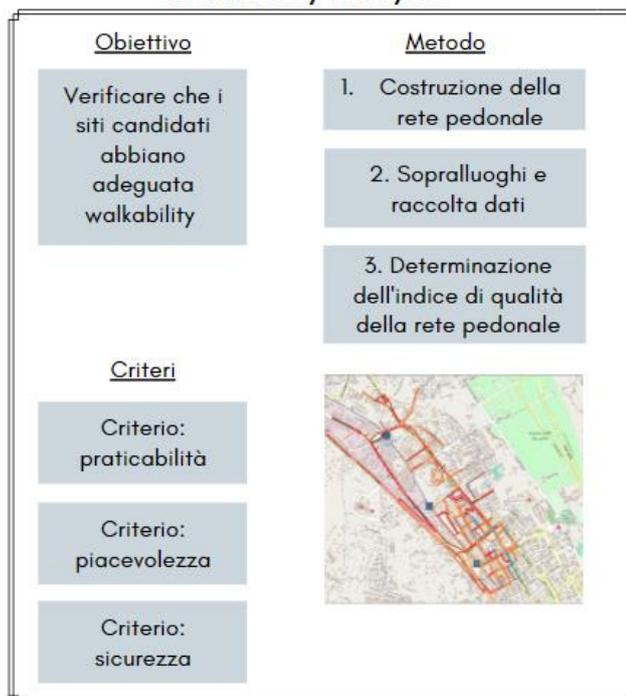


Figura 10. Modello per la *walkability analysis*.

Sulla base della letteratura scientifica sull'argomento (D'Alessandro *et al.*, 2016; Galanis e Eliou, 2011) e in forza dell'influenza che ognuno dei fattori ha sulla scelta del percorso e la scelta modale da parte dell'utente, si è scelto di considerare come indicatori della qualità di un percorso pedonale quelli riportati in Tab. 3.

Tabella 3. Gli indicatori di qualità degli archi pedonali considerati.

<b>Praticabilità</b>	Pendenza del marciapiede
	Livello di Servizio pedonale (presenza di ostacoli e larghezza del marciapiede)
	Degrado della pavimentazione
<b>Piacevolezza</b>	Presenza di accessori di arredo urbano (panchine, cestini, riparo dalla pioggia e dal sole)
	Presenza di spazi verdi
	Presenza di negozi e vetrine
	Contesto architettonico e decoro urbano
<b>Sicurezza</b>	Illuminazione
	Volume di traffico
	Presenza di barriere per la protezione dai veicoli
	Semaforizzazione alle intersezioni
	Presenza di passi carrabili

Gli indicatori considerati sono stati raggruppati in tre macro-indicatori:

- **Praticabilità:** riguarda il comfort che il pedone percepisce nel percorrere l'infrastruttura pedonale, quindi lo spazio disponibile, la pendenza, la presenza di buche, di avvallamenti, di ostacoli come macchine posteggiate sul marciapiede;
- **Piacevolezza:** riguarda la gradevolezza del percorso percepito dal pedone, quindi la presenza di alberature e spazi verdi, di vetrine e attività commerciali, di luoghi di interesse sociale e culturale, la presenza di accessori di arredo urbano o il degrado urbano;
- **Sicurezza:** riguarda il senso di sicurezza che il pedone ha nel camminare sul marciapiede o nell'attraversare sulle strisce pedonali, quindi la congestione della strada, l'inquinamento acustico ed atmosferico, la semaforizzazione degli attraversamenti, la presenza di passi carrabili o la presenza di barriere di protezione del marciapiede.

La *walkability analysis* segue i seguenti step:

- Disegno della rete pedonale in ambiente GIS;
- Sopralluoghi;
- Attribuzione dei punteggi agli indicatori per ogni arco pedonale;
- Attribuzione del peso e calcolo dell'indice di qualità;
- Identificazione degli archi con scarsa qualità dell'ambiente pedonale.

Il metodo prevede, in primo luogo, di tracciare in ambiente GIS la rete pedonale. Successivamente, per ogni arco della rete pedonale, si deve assegnare un punteggio relativo ad ogni singolo indicatore, in base a valutazioni oggettive su di essi.

Il metodo prevede, quindi, di effettuare dei sopralluoghi e di raccogliere i dati arco per arco, costruendo un database. Questa operazione, assolutamente dispendiosa in termini di tempo, va condotta da un *team* di esperti o di volontari precedentemente formati. Il database può essere realizzato in un foglio Excel, dove è possibile associare ad ogni arco il punteggio per ogni indicatore: in tal caso, ogni riga può essere riferita ad un arco della rete e in ogni colonna si troveranno i punteggi attribuiti ai diversi indicatori.

In Tab. 4 si riporta il sistema di attribuzione dei punteggi agli indicatori.

Per quegli indicatori basati sulla presenza o l'assenza di determinati elementi, sono stati attribuiti punteggi nel range 0–1, mentre una scala 0–2 è applicata a quegli indicatori che richiedono un maggiore livello di dettaglio (flussi di traffico, velocità veicolare e semaforizzazione). Ad ogni modo, come si è detto, il sistema di punteggi si basa su valutazioni oggettive e misure quantitative, non risultando soggetto a discrezionalità.

Tabella 4. Gli indicatori della *walkability* e il sistema di punteggio adottato.

Fattori	Pesi	Indicatori	Punteggio	Descrizione
Praticabilità	0.3	Pendenza del marciapiede	0	Pendenza eccessiva per gli anziani e per i disabili in carrozzina (>5%)
			1	Pendenza gestibile (<5%)
		Livello di servizio pedonale (Fruin, 1971)	0	Alti flussi pedonali, piccola larghezza del marciapiede, presenza di ostacoli (LOS D, E, F)
			1	Scarsi flussi pedonali, larghezza del marciapiede adeguata e assenza di ostacoli (LOS A, B e C)
		Degrado della pavimentazione	0	Presenza di buche o avvallamenti, pavimentazione degradata
			1	Assenza di buche o avvallamenti, pavimentazione in buono stato di manutenzione
Piacevolezza	0.3	Arredo	0	Assenza di cestini, panchine e altri elementi di arredo urbano
			1	Presenza di cestini, panchine e altri elementi di arredo urbano
		Protezione dal sole e dalla pioggia	0	Nessuna protezione dal sole o dalla pioggia
			1	Presenza di ripari dal sole e dalla pioggia
		Spazi verdi	0	Assenza di aiuole o spazi verdi
			1	Presenza di aiuole e spazi verdi
		Negozii	0	Assenza di negozi
			1	Presenza di negozi e vetrine
		Contesto architettonico	0	Paesaggio urbano degradato (presenza di danni all'arredo urbano, mancanza di pulizia della strada, presenza di graffiti sulle facciate, presenza di capannoni industriali)
			1	Contesto architettonico piacevole (perfetta funzionalità degli elementi di arredo urbano, pulizia, presenza di edifici con facciate ben mantenute)

Fattori	Pesi	Indicatori	Punteggio	Descrizione
Sicurezza	0.4	Illuminazione	0	Illuminazione scarsa (secondo lo standard UNI 11248) o assente
			1	Illuminazione adeguata ed efficiente (secondo lo standard UNI 11248)
		Volume di traffico e velocità veicolare	0	Alti volumi di traffico (>1000 veic/h) o alte velocità (>50 km/h)
			1	Altri casi
			2	Flusso libero (>300 veic/h) e bassa velocità (<30 km/h)
		Barriere a protezione dei pedoni	0	Assenza di barriere a protezione dei pedoni dal traffico veicolare
			1	Presenza di barriere a protezione dei pedoni dal traffico veicolare
		Semaforizzazione delle intersezioni	0	Assenza di semaforizzazione
			1	Semaforizzazione dell'intersezione ma presenza di conflitti tra le diverse componenti di traffico (ad esempio, svolta continua)
			2	Semaforizzazione che elimina i punti di conflitto tra veicoli e pedoni
		Passi carrabili	0	Assenza di passi carrabili
			1	Presenza di passi carrabili

Poiché gli aspetti relativi agli indicatori non incidono nello stesso modo nella percezione della qualità del percorso da parte del pedone sono stati assegnati dei pesi: 0,3 per la praticabilità, 0,3 per la piacevolezza e 0,4 per la sicurezza. I pesi scelti derivano dall'analisi della letteratura scientifica (D'Alessandro *et al.*, 2016; Ruiz-Padillo *et al.*, 2018). Il peso maggiore è stato dato alla sicurezza perché essa è il fattore più importante nelle decisioni di scelta del percorso effettuate dai pedoni e influenza profondamente la *walkability* (Ruiz-Padillo *et al.*, 2018).

Sommando i punteggi ottenuti per ogni indicatore si possono determinare i punteggi totali per singolo fattore (praticabilità, piacevolezza e sicurezza). Moltiplicando questi per i relativi pesi e sommandoli, per ogni arco si ricava l'indice di qualità.

Riportando i dati in un software GIS è possibile ricavare con facilità una mappa della qualità degli archi pedonali e determinare quali sono gli archi che necessitano di maggiori interventi. È, inoltre, possibile per ogni arco vedere quali sono gli indicatori con valori insufficienti e determinare quale specifica tipologia di intervento occorre attuare, al fine di migliorare la qualità complessiva dell'arco stesso.

La metodologia sviluppata in ambiente GIS risulta, quindi, essere un potente strumento di supporto alle decisioni nell'ambito della valutazione del collocamento ottimale delle stazioni del car sharing per le aziende che gestiscono tale servizio, ma anche nell'ambito della valutazione degli interventi da effettuare sulle infrastrutture pedonali per le autorità cittadine. Valutata la *walkability* delle aree attorno a ciascun sito candidato, si suggerisce di individuare collocazioni alternative qualora essa non risultasse soddisfacente.

#### 2.4.8 Dimensionamento delle stazioni candidate

Una volta stabiliti la posizione dei siti candidati con l'analisi di *site selection* e verificata la *walkability* delle aree prossime ad essi, occorre dimensionare le stazioni candidate in termini di numero di stalli. Si è seguito un criterio diverso a seconda della tipologia di stazione che il sito candidato può ospitare. Una stazione del servizio, infatti, a seconda del numero di viaggi attratti e di viaggi generati, può essere classificata come:

- stazione di origine: il rapporto tra viaggi attratti e viaggi totali è inferiore al 40%. La stazione, non essendo in prossimità di punti di interesse, è utilizzata principalmente come origine dello spostamento degli utenti che risiedono nelle vicinanze. I siti candidati per queste stazioni sono quelli individuati nelle celle che raggiungono la soglia considerata per il *suitability score* ma non comprendono punti di interesse. In questo caso, le auto condivise devono occupare la maggior parte degli stalli della stazione nelle ore di maggiore richiesta (generalmente mattutine) e un discreto numero di stalli deve, invece, risultare libero nelle ore di minore richiesta (generalmente quelle serali);
- stazione mista: il rapporto tra viaggi attratti e viaggi totali è compreso tra il 40% e il 60%. La stazione è utilizzata, quindi, sia come origine che come destinazione degli utenti car sharing. I siti candidati per queste stazioni si trovano in celle che hanno raggiunto un *suitability score* oltre la soglia e in cui sono presenti anche punti di interesse; occorre garantire un adeguato numero di auto disponibili e stalli vuoti nel corso di tutta la giornata.
- stazione di destinazione: il rapporto tra viaggi attratti e viaggi totali è tra il 60% e l'80%. La stazione è utilizzata principalmente come destinazione dello spostamento in car sharing. I siti candidati per queste stazioni sono quelli a servizio di punti di interesse esterni alle celle individuate con la *suitability analysis*. In queste stazioni occorre che vi siano più stalli vuoti rispetto a quelli occupati al mattino per consentire agli utenti di trovare uno stallone riservato nel corso della giornata. Anche alla sera la

maggior parte degli stalli devono essere per la maggior parte vuoti per non destinare troppe autovetture a stazioni poco utilizzate come origine dei noleggi.

- stazione a servizio di grandi poli attrattori: il rapporto tra viaggi attratti e viaggi totali è superiore all'80%. In tal caso, la stazione è a servizio di un grande polo attrattore sito in una zona scarsamente abitata, come ad esempio un centro commerciale. Gli stalli al mattino e alla sera possono essere anche privi di macchine disponibili, poiché nessuno utilizzerà la stazione come origine dello spostamento.

Per le stazioni di origine e le stazioni miste, il criterio prevede di stimare il numero di noleggi che ogni cella può generare. Tale numero è ovviamente correlato alla domanda di car sharing che la città esprime.

La stima della domanda relativa al car sharing è stata oggetto di diversi studi in letteratura, basati principalmente su approcci indirizzati a conoscere preferenze e comportamento degli utenti. Infatti, nel tradizionale modello trasportistico (modello a quattro stadi), il modello di scelta del modo di trasporto è generalmente legato a dati sulle preferenze rivelate (indagini *Revealed Preference*). Tipicamente, tali indagini includono esclusivamente l'uso dell'auto privata e del trasporto pubblico, includendo tutt'al più la mobilità pedonale e la bicicletta. Se si vuole indagare anche la domanda di car sharing bisogna considerare che esso è valutabile come un servizio di nicchia e ben pochi dati sarebbero disponibili per la stima dei parametri necessari. La difficoltà nella stima della domanda di car sharing deriva, infatti, dal fatto che il servizio fa parte di un mercato i cui numeri in valore assoluto risultano esigui se confrontati ai numeri complessivi della mobilità urbana. La stima della domanda risulta, quindi, complessa alla luce del fatto che gli spostamenti effettuati con il car sharing sono sporadici, con motivi generalmente diversi da studio e lavoro. L'alternativa alle indagini RP, le interviste a preferenze dichiarate (indagini *Stated Preference*), risultano, inoltre, costose e difficili da condurre, poiché difficile è delineare le caratteristiche del servizio car sharing nello scenario da sottoporre all'utenza senza cadere in *bias* di design dell'indagine, influenzando cioè le risposte dell'intervistato.

La natura profonda del car sharing non riesce, infatti, ad essere ben compresa dai tradizionali modelli di trasporto e dalle classiche tecniche di indagine. In effetti, esso è un modo di trasporto peculiare che consente all'utente di guidare in autonomia scegliendo liberamente il proprio percorso come è possibile fare con un'autovettura privata, ma condivide molto anche con il trasporto pubblico, avendo un certo tempo di accesso e non essendo sempre disponibile all'utenza. Nello sviluppo dei modelli di domanda occorre, quindi, descrivere dettagliatamente le differenze tra tali modi di trasporto per non cadere in errore.

Inoltre, il fatto che il servizio di car sharing sia localizzato solo in alcuni punti del territorio e non sia accessibile a tutti, in quanto non solo è vincolato al possesso di una patente e di un conto bancario, ma anche alla sottoscrizione ad una *membership*, lo rendono un modo di trasporto che difficilmente si riesce a caratterizzare dettagliatamente all'interno di un modello trasportistico tradizionale.

Alcuni ricercatori, provando a superare tali difficoltà, hanno individuato nelle simulazioni multi-agente *activity-based* il più efficace criterio di modellazione della domanda attratta dal car sharing (Ciari, 2013; Ciari *et al.*, 2016). Tale approccio consente di modellare gli spostamenti degli utenti in maniera individuale: gli agenti, entità che agiscono in un mondo artificiale che modella le condizioni dell'offerta di trasporto della città, effettuano i propri spostamenti sulla base di semplici regole comportamentali prestabilite e sulla base di programmi inerenti alle attività da effettuare.

L'analisi multi-agente si basa su interviste rivolte ad un campione di cittadini: in particolare, essi devono compilare un diario delle attività che svolgono durante la giornata, indicando i modi di trasporto utilizzati per gli spostamenti.

Queste simulazioni richiedono, pertanto, dati sociodemografici e comportamentali a livello individuale che sono spesso non disponibili per l'intera città, o comunque non acquisibili dalle compagnie di car sharing (Schwer e Timpf, 2016). Inoltre, le caratteristiche degli utenti del car sharing, come sesso, età, reddito, numero di auto di proprietà, dimensione del nucleo familiare e motivazioni di utilizzo, nonché l'entità più o meno ampia del bacino d'utenza, variano di stato in stato e di città in città. Infatti, essi dipendono da fattori complessi come il divario tra ricchi e poveri, l'entità della differenza tra gli schemi di mobilità tra uomini e donne, l'ampiezza dell'offerta di trasporto in ambito urbano, le prestazioni dei sistemi di trasporto pubblico, la diffusione di una cultura più o meno sensibile alle tematiche ambientali. Tutto ciò fa sì che non si possano usare come basi di partenza dati provenienti da indagini effettuate in altri luoghi che non siano quello dove si intende sviluppare il servizio.

La situazione pandemica dovuta alla diffusione del virus SARS-CoV-2 ha, inoltre, evidenziato come anche particolari eventi esterni, soggiunti all'improvviso, possano influenzare significativamente la domanda dei servizi di mobilità condivisa, pertanto indagini basate su interviste o diari di attività svolte durante questo periodo comporterebbero gravi errori nella stima della domanda.

Per tutte queste ragioni, per stimare la potenziale domanda, in base alla quale decidere il numero di stazioni da introdurre in ogni cella ed effettuare il dimensionamento delle stesse in termini di numero di stalli, la metodologia qui sviluppata prevede di fare riferimento al

numero di residenti di età, grado di istruzione, reddito, occupazione, composizione familiare, caratteristici del target di utenza del car sharing, presenti in ogni cella della griglia. In tal modo si dimensiona il servizio in relazione a chi non solo ha maggiore probabilità di iscriversi al servizio, ma ha una probabilità più alta di usare il servizio con maggiore frequenza. Di questi, solo una percentuale considererà, infatti, conveniente iscriversi al car sharing e diverrà abbonato al servizio. Tale percentuale può essere stimata con un'indagine del tipo *stated preference*.

Si prevede che, giornalmente, soltanto una parte del bacino di iscritti della cella effettuerà un noleggio. Gli abbonati residenti in una cella della griglia utilizzeranno il servizio con una frequenza media che tipicamente si assesta tra l'una e le quattro volte al mese (STARS, 2018).

Al fine di determinare il numero di auto necessarie e, quindi, di stalli necessari per ogni sito candidato, occorre ricavare il numero di utenti che presumibilmente può richiedere la disponibilità di un'auto del servizio nel sito candidato in contemporanea o ad una distanza temporale tale da non poter esserci stato un riequilibrio della flotta. Occorre, quindi, considerare che, in virtù del fatto che gli spostamenti effettuati in car sharing sono sporadici e legati a motivi diversi da studio e lavoro, i noleggi non avvengono nello stesso momento e che le auto nel corso della giornata possono essere auspicabilmente condivise in sequenza da più persone.

Alla luce di queste considerazioni, per ogni cella della griglia, dal numero di residenti che possiedono le caratteristiche tipiche del target di utenza del car sharing, si può pervenire ad una stima degli utenti che richiedono di utilizzare il car sharing giornalmente e, quindi, del numero minimo di auto condivise che devono essere disponibili all'utenza. Ogni utente che vuole utilizzare il car sharing, infatti, deve trovare un'auto a disposizione nella stazione a lui più vicina.

Ovviamente tale stima non sarà una stima quantitativa precisa della domanda di car sharing – come detto difficile da determinare - ma costituisce un valore di riferimento per l'applicazione della metodologia.

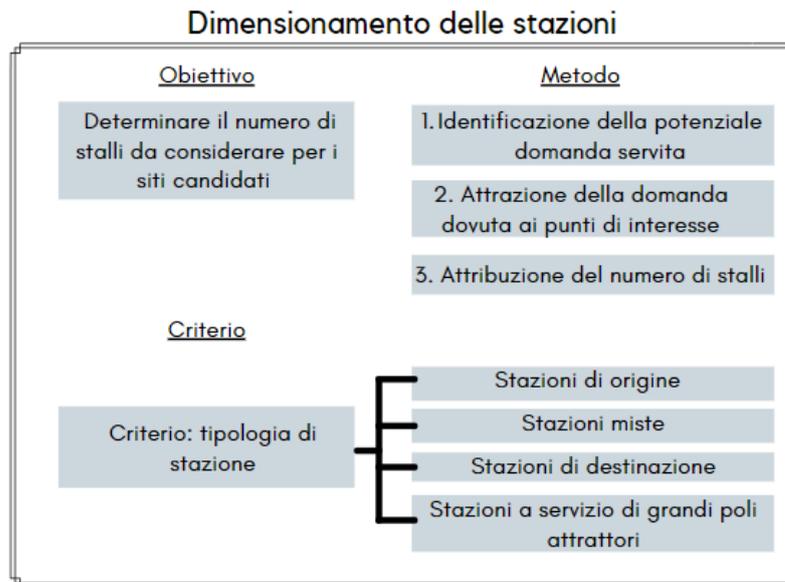


Figura 11. Modello per il dimensionamento delle stazioni.

Ogni stazione è tipicamente formata da un numero di stalli compreso tra 2 e 4, anche al fine di non ridurre troppo gli stalli di sosta su strada disponibili per le autovetture private. Pertanto, conoscendo il numero di auto necessarie in ogni cella della griglia si può dedurre il numero di stalli da attribuire ad ogni stazione candidata:

- per le stazioni di origine e miste il numero totale di stalli attribuiti ad ogni stazione sarà pari al numero delle auto necessarie per servire l'utenza maggiorato di uno: almeno uno stallone deve risultare vuoto per accogliere gli utenti che utilizzano la stazione come destinazione;

A questo punto si può anche valutare, per ogni cella della griglia, se una sola stazione sia sufficiente a rispondere alle richieste dei potenziali utenti residenti: qualora le auto necessarie determinate in relazione all'utenza siano superiori a 3, non è sufficiente una sola stazione ma si devono posizionare più stazioni. I siti candidati aggiuntivi sono localizzati seguendo i criteri del modello di *site selection*.

Per i siti candidati a divenire stazioni di destinazione o stazioni a servizio di grandi poli attrattori, prossimi a uno o più punti di interesse, il numero di stalli è calcolato sulla base di quanta utenza il sito possa attrarre. Il numero di presenze giornaliere registrate nei punti di interesse può essere un valore di riferimento per comprendere quali siano i poli che maggiormente possano attrarre utenza. Poiché, comunque, tali siti sono utilizzati prevalentemente come destinazione degli spostamenti si attribuisce:

- una sola auto alle stazioni di destinazione;
- zero auto alle stazioni a servizio dei grandi poli attrattori.

A seconda della capacità del punto di interesse di attrarre utenza si ha che:

- per le stazioni di destinazione il numero di stalli è pari al numero di stalli vuoti, che varierà tra 1 e 3, maggiorato di uno (stallo occupato dall'autovettura);
- per le stazioni a servizio di grandi poli attrattori il numero di stalli varierà tra 3 e 4, e tutti gli stalli saranno vuoti.

Si pone in evidenza come il meccanismo di attribuzione delle autovetture ai siti candidati qui proposto non tiene in piena considerazione il dinamismo del sistema car sharing: infatti, visto che le autovetture, nel corso della giornata, si spostano da una stazione ad un'altra, parte della domanda assegnata ad una stazione potrebbe, in una situazione reale, essere soddisfatta da autovetture, assegnate ad un'altra stazione, che vi sopraggiungono. Ciò si potrebbe riscontrare soprattutto per le stazioni definite miste, che sarebbero pertanto soggette a un sovradimensionamento in termini di auto necessarie a soddisfare la domanda. Ulteriori ricerche verranno condotte per tenere in considerazione questo aspetto e superare tale limitazione della metodologia.

#### 2.4.9 Il problema di *location-allocation*

Una volta individuati i siti candidati grazie alle precedenti fasi della metodologia, l'analisi di *location-allocation* si pone l'obiettivo di individuare tra essi quelli che possano ottimizzare la copertura della domanda: si tratta, cioè, di pervenire alla distribuzione ottimale delle stazioni di car sharing.

La distribuzione ottimale delle stazioni di un servizio di car sharing *station-based* in un territorio cittadino rientra in quella categoria di problemi che aziende private ed amministrazioni pubbliche devono affrontare nel momento in cui si intenda offrire un servizio che sia quanto più accessibile al proprio target di utenza: si parla, in generale, di *location-allocation problems*. Di questa tipologia di problemi fanno parte, ad esempio, la collocazione di una nuova scuola, di un ospedale, di una caserma dei vigili del fuoco, di un ufficio aperto al pubblico, come anche l'apertura di un nuovo punto vendita o di un centro di distribuzione di merci. In tutti questi casi l'obiettivo da raggiungere è quello di scegliere la posizione geografica ottimale in cui collocare la struttura o il servizio in modo tale da massimizzare la domanda che da esso può essere attratta o minimizzare la distanza e i costi di trasporto tra la struttura e i punti di domanda.

I problemi di questo tipo sono, quindi, insieme matematici e geografici. La formulazione più generale di questi problemi è la seguente: supponendo di avere un insieme di  $n$  punti distribuiti in uno spazio, un peso numerico associato ad ogni punto e un insieme di  $m$  punti senza una posizione prestabilita, il problema di *location-allocation* è quello di trovare la

posizione nello spazio dei punti  $m$  (*location*) e fare afferire a un punto  $m$  ogni punto  $n$  o parte di esso (*allocation*), in maniera tale da ottimizzare una specifica funzione obiettivo.

Appare chiaro, quindi, come questo problema sia in realtà la combinazione complessa di due problemi più semplici: da un lato, se sono note le posizioni delle strutture ma si vuole conoscere quanta domanda essi attraggono, si ha un tipico problema trasportistico di assegnazione della domanda; dall'altro lato, se si conoscono i flussi di domanda e si vuole determinare la posizione geografica delle strutture, si ha un semplice problema di localizzazione, come quello di Weber (Scott, 2010).

Nella letteratura scientifica inerente alla ricerca operativa, comuni sono i problemi di localizzazione su reti, in cui strutture e punti di domanda sono localizzati sui nodi di un grafo. A seconda dell'obiettivo che si intende raggiungere, i problemi di localizzazione possono essere distinti in:

- problemi di mediana, la cui finalità è situare  $p$  strutture in modo da minimizzare la distanza media tra i punti di domanda e la struttura più vicina (Hakimi, 1965; ReVelle e Swain, 1970; Hillsman, 1984). In tal caso, si considera che ogni utente si recherà alla struttura a lui più vicina. La localizzazione di centri commerciali o scuole segue questo tipo di approccio.
- problemi di centro, in cui l'obiettivo è situare  $p$  strutture in modo da minimizzare la massima distanza tra un punto di domanda e una struttura. È questo, ad esempio, il caso della localizzazione dei punti di primo soccorso e di presidio alle emergenze, in cui si vogliono tenere in maggior considerazione gli utenti più svantaggiati, cioè quelli più lontani dalle strutture (Calik *et al.*, 2015).
- problemi di copertura, in cui si vogliono situare un insieme di strutture in modo tale che tutti i clienti siano coperti entro un certo tetto di impedenza (Church e ReVelle, 1974). La soluzione del problema sarà, pertanto, il numero minimo di strutture che sarà necessario ubicare. La localizzazione degli estintori in un edificio ne è un pratico esempio.

In particolare, della grande famiglia dei problemi di localizzazione e allocazione, quelli a cui la localizzazione ottimale delle stazioni di un servizio di car sharing può afferire sono i problemi di copertura e di *capacitated facility location* che modellano, ad esempio, anche problemi di distribuzione di servizi di emergenza sul territorio.

In questo caso, su un grafo avente  $n$  nodi vengono individuati  $m$  potenziali siti candidati all'apertura delle strutture (nel caso in questione, le stazioni del servizio car sharing). Ad ogni nodo del grafo è attribuita una domanda che deve essere soddisfatta ma, in tale tipologia

di problemi, ogni struttura possiede una certa capacità: infatti, le stazioni di car sharing hanno un limitato numero di stalli e di autovetture che è possibile trovarvi.

Pertanto, ogni stazione può rispondere contemporaneamente solo a un certo numero di richieste: la domanda in eccesso rispetto alla capacità di una stazione dovrà rivolgersi ad un'altra stazione comunque raggiungibile entro una distanza ammissibile.

La soluzione ottimale dovrà tendere al perseguimento dell'obiettivo ultimo, cioè soddisfare la domanda di ogni nodo, installando le stazioni di car sharing soltanto in alcuni degli  $m$  siti candidati, assegnando la domanda proveniente dai nodi alle varie stazioni, senza eccederne la capacità (Fig. 12). L'assegnazione della domanda alle stazioni deve essere effettuata in modo tale da perseguire l'ulteriore obiettivo di minimizzare la distanza tra il nodo di domanda e la stazione a cui esso è assegnato.

Proprio a causa della forte caratterizzazione geografica di questa famiglia di problemi, le analisi di *location-allocation* sono da tempo entrate a far parte di quelle indagini che i sistemi informativi geografici possono effettuare attraverso le loro funzioni e i loro algoritmi. Ne è un esempio il software ArcGIS che è stato utilizzato per condurre questo tipo di analisi in relazione al caso studio.

Il comando “*Maximize Capacitated Coverage*”, data una rete, permette di risolvere problemi di *location-allocation* di copertura e di strutture con limite di capacità. L'algoritmo utilizzato dal software trasforma il problema di copertura in un problema di mediana attraverso un processo sviluppato da Hillsman (Hillsman, 1984) e successivamente applica una euristica di sostituzione dei vertici, sviluppata da Teitz e Bart (Teitz e Bart, 1968), per risolvere il problema di mediana. Un approccio simile è descritto da Lorena e Pereira (Lorena e Pereira, 2002).

Il software richiede come input i seguenti dati:

- posizione geografica dei siti candidati, importati come *layer* puntuale georiferito e con associato come attributo la capacità degli stessi, cioè il quantitativo di domanda che essi possono servire;
- rete pedonale connessa, importata come *layer* lineare, costituito da archi rappresentanti marciapiedi e attraversamenti pedonali;
- punti di richiesta, cioè un *layer* di punti rappresentanti gli edifici residenziali, georiferiti e con associato come attributo la domanda che essi esprimono;
- massimo numero di stazioni che l'algoritmo deve fornire come risultato.

L'individuazione dei siti candidati è avvenuta in ambiente GIS grazie alle precedenti fasi della metodologia. Occorre adesso associare ad ogni sito una capacità che l'algoritmo del software considera come valore massimo della domanda da poter allocare nella stazione.

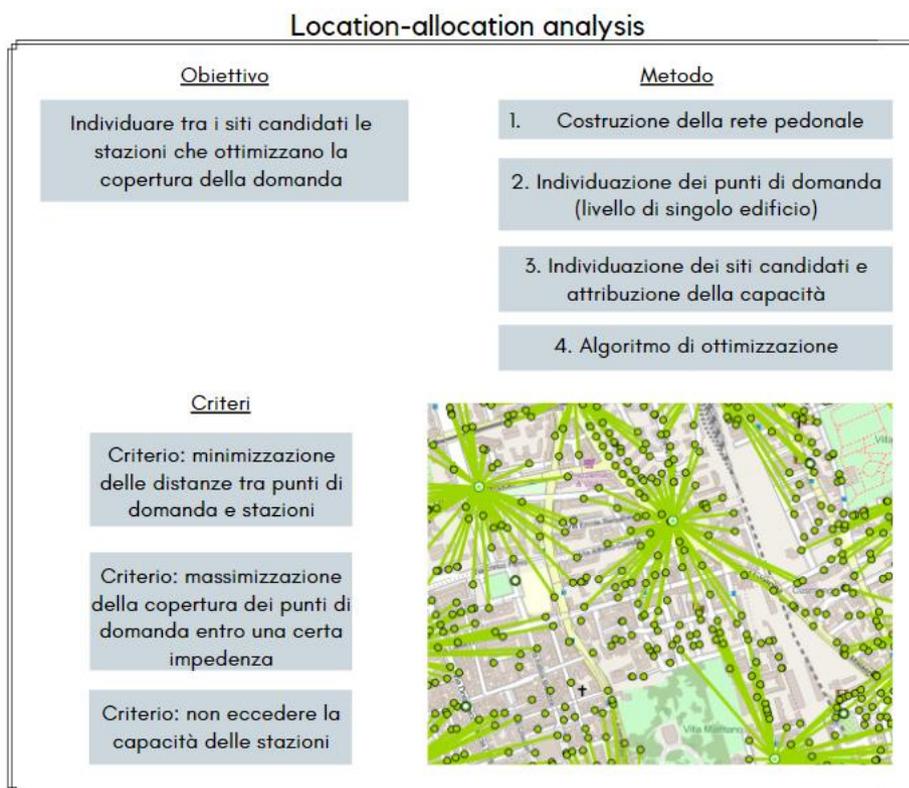


Figura 12. Modello per l'analisi di *location-allocation*.

Tale capacità è stata fissata, quindi, nel numero massimo di residenti, con le caratteristiche del tipico profilo d'utenza, che vivono in prossimità della stazione candidata e che possono essere serviti dalla stessa, in ragione del numero di autovetture ad essa attribuite.

I punti di richiesta sono, invece, i luoghi da dove questa domanda si genera: è necessario, quindi, avere per ogni edificio residenziale il numero di residenti con le caratteristiche del target di utenza del car sharing. Il software GIS permette non solo di individuare gli edifici residenziali presenti in una città, dapprima come poligoni e in un secondo momento come punti, ma anche di desumere dalle statistiche demografiche delle celle della griglia il valore di domanda esplicito dal singolo edificio, attraverso alcune operazioni di *geoprocessing*. Tali operazioni verranno spiegate in dettaglio attraverso la trattazione del caso studio.

È necessario, inoltre, far sì che l'algoritmo possa attribuire alle stazioni candidate soltanto la domanda che si trova ad una distanza al più uguale alla distanza massima che mediamente gli utenti del car sharing sono disposti a percorrere a piedi per accedere al servizio. A tal fine, è possibile fissare un "taglio", cioè un limite di distanza dei punti di domanda dalla stazione candidata, calcolata sulla rete pedonale, oltre il quale l'algoritmo non considererà attribuibile alla stazione la domanda ivi residente.

Prima di avviare l'algoritmo, alcuni dei siti candidati possono essere impostati come stazioni richieste: essi sono siti candidati che l'algoritmo deve obbligatoriamente scegliere. Se la compagnia di car sharing ha individuato dei siti in cui intende installare una stazione di car

sharing prescindendo dai risultati che darà l'algoritmo, poiché, ad esempio, prossimi a dei poli strategici da servire, tali siti possono essere, quindi, importati come stazioni richieste. È necessario fissare il numero di stazioni che l'algoritmo deve fornire come risultato. Al fine di pervenire al risultato ottimale, è necessario pertanto effettuare diverse simulazioni variando il numero di stazioni. Un risultato può essere considerato ottimale quando i siti scelti dall'algoritmo serviranno il 95% della domanda che sarebbe servita qualora si considerasse il numero totale di siti candidati risultati dall'analisi di *site selection*.

Una volta fissati i siti candidati, i siti richiesti, i punti di richiesta, e stabilito il taglio, si può avviare l'algoritmo. Il risultato dell'operazione è la scelta di quei siti candidati che ottimizzano la copertura della domanda e minimizzano le distanze tra punti di domanda e stazioni, nel rispetto della capacità di quest'ultime. Il primo risultato è, quindi, la distribuzione ottimale delle stazioni.

Un secondo risultato della procedura è dato dalla stima, per ogni sito scelto dall'algoritmo per l'installazione delle stazioni del servizio, della domanda che esso servirà.

#### 2.4.10 Verifica del dimensionamento

Si è appena illustrato come l'analisi di *location-allocation* consente di allocare la domanda presso ciascuna stazione scelta. Risulta, quindi, opportuno, a seguito di tale analisi, verificare il numero di auto necessarie e il numero di stalli assegnati a ciascuna stazione scelta, alla luce dei valori di domanda in essa allocata dall'algoritmo. Infatti, alcune stazioni, in ragione della prossimità con altri siti scelti, serviranno di fatto un numero di utenti inferiore a quelli che gli erano stati attribuiti prima dell'analisi di *location-allocation*: in tal caso tali stazioni possono essere ridimensionate, diminuendo il numero di stalli e attribuendogli un numero inferiore di auto necessarie.

#### 2.4.11 Ottimizzazione delle tariffe

Descritta la metodologia per individuare il numero, la posizione e la distribuzione ottimale delle stazioni, nonché il dimensionamento delle stesse e quello della flotta, si offrono adesso degli spunti di riflessione sulla tariffazione, che ne sono diretta conseguenza. Le tariffe dei servizi *station-based* variano generalmente al variare delle percorrenze chilometriche, del tempo di noleggio e della tipologia di veicolo noleggiato. Al fine di incentivare gli utenti ad utilizzare maggiormente le auto condivise, le tariffe possono essere strutturate in maniera ancor più dinamica.

Ad esempio, Jorge *et al.* (2015) hanno proposto una metaeuristica basata sull'*iterated local search*, considerando come, per il car sharing *station-based one-way*, le possibili variazioni delle tariffe di viaggio per zona e per fascia oraria possano far sì che il riequilibrio della

flotta possa essere svolto inconsapevolmente dagli utenti, riducendo il personale dell'azienda addetto alla ricollocazione delle auto condivise. Perboli *et al.* (2018), invece, hanno simulato l'introduzione di nuove tariffe tenendo conto dei diversi profili di utenti e delle loro esigenze.

Alla luce della metodologia sviluppata, si può pensare di fare variare le tariffe a seconda della tipologia di stazione (di origine, mista, di destinazione e a servizio di un grande polo attrattore). In particolare, si potrebbe seguire il seguente criterio:

- Il noleggio di auto posizionate in una stazione di destinazione o in una stazione a servizio di un grande polo attrattore potrebbe essere scontato qualora la destinazione dello spostamento, richiesta in fase di prenotazione, fosse una stazione di origine o una mista;
- Il noleggio con origine in una stazione di origine o in una stazione mista potrebbe subire un *malus*, cioè un aumento della tariffa associata, qualora la destinazione fosse una stazione di destinazione o una stazione a servizio di un grande polo attrattore;
- In tutti gli altri casi, si potrebbe applicare la tariffa base.

L'applicazione di questo semplice criterio favorirebbe lo spontaneo riequilibrio della flotta da parte degli utenti stessi, riducendo così i costi che l'azienda dovrebbe sostenere per effettuare giornalmente tale operazione.

## 2.5 Risultati e conclusioni

La metodologia sviluppata, descritta in questo capitolo, consente di pervenire ad un servizio *station-based* che possiede un numero di stazioni, stalli e autovetture ottimizzato sulla base della potenziale utenza e della copertura dei principali poli attrattori.

Si pone in evidenza che il risultato ottimale ottenuto dall'applicazione della metodologia può non essere realizzabile dall'azienda di car sharing, in quanto devono essere tenuti in considerazione i vincoli di *budget* a cui le aziende spesso sono soggette. È necessario, inoltre, valutare, attraverso un'analisi costi-benefici, se le entrate connesse all'utilizzo del servizio da parte della potenziale utenza servita possano almeno compensare i costi connessi alla gestione del servizio da parte dell'operatore.

Il risultato ottimale a cui si può pervenire è comunque di interesse per le aziende di car sharing che debbano introdurre il servizio in un territorio cittadino, poiché esso rappresenta l'offerta di servizio a cui tendere, al fine di avere un ampio bacino di utenza, attraendo diverse categorie di utente, contemplando diversi motivi dello spostamento e rendendo accessibili i possibili punti di interesse.

La metodologia sviluppata, inoltre, risulta di notevole supporto anche alle aziende che debbano ottimizzare un servizio già introdotto in un contesto cittadino: il risultato della metodologia può essere confrontato con l'offerta del servizio esistente, al fine di comprendere quali siano le criticità di quest'ultimo e trovare le possibili soluzioni.

In conclusione, il contributo alla ricerca sull'argomento e la novità del metodo proposto risiedono in diversi elementi: in primo luogo, si sono integrate analisi differenti, come la *suitability analysis* e le analisi di *location-allocation*, in un processo unitario, sviluppato interamente in ambiente GIS, usufruendo delle funzioni e degli algoritmi integrati nei software di tal tipo; l'idoneità e la convenienza delle aree del territorio ad ospitare le stazioni car sharing sono state valutate non solo tenendo conto delle caratteristiche della domanda, cioè sulla base della presenza o meno di un discreto numero di residenti appartenenti al tipico target di utenza del servizio, ma anche considerando il lato offerta, cioè in base all'accessibilità a punti di interesse e poli attrattori, nonché tenendo in conto l'integrazione con il trasporto pubblico locale e la multimodalità. Molto rilievo è stato dato, infine, alla relazione che intercorre tra l'utilizzo del car sharing, l'accessibilità pedonale e la *walkability* delle aree dove dovrebbero sorgere le stazioni, alla luce del fatto che lo spostamento con le auto condivise consta sempre di un tratto iniziale ed uno finale effettuati a piedi. Tale ultimo aspetto non ha trovato ampio spazio in letteratura e, spesso, non è preso in dovuto conto dalle aziende di car sharing in fase di progettazione.

# Capitolo 3

## Il caso studio: analisi dell'attuale servizio car sharing di Palermo

La metodologia descritta al Capitolo 2 per la progettazione e l'ottimizzazione di un sistema car sharing di tipo *station-based* trova applicazione nel presente lavoro attraverso il caso studio della città di Palermo. È opportuno sottolineare però come le esperienze dell'operatore car sharing palermitano, attualmente operante in città, abbiano contribuito allo sviluppo della metodologia, e anzi ne siano state la spinta iniziale. Si è seguito un processo logico di costruzione della procedura metodologica dal particolare al generale: l'obiettivo è stato quello di sviluppare una metodologia di progettazione che potesse dar vita ad un servizio ottimizzato, tenendo in opportuna considerazione quelle criticità che possono affliggere un servizio esistente.

I dati sul profilo dell'utenza e sulle modalità di utilizzo del car sharing palermitano sono, inoltre, serviti come dati di input in alcune fasi della metodologia. Pertanto, prima di discutere, nel successivo Capitolo 4, come la metodologia sviluppata possa essere applicata al caso reale, si è ritenuto opportuno fornire un'analisi dettagliata del servizio attualmente operativo nella città di Palermo, individuandone le caratteristiche principali, i punti di forza e le criticità.

### 3.1 Il car sharing di Palermo

Il servizio di car sharing della città di Palermo è gestito dall'azienda partecipata del Comune di Palermo AMAT Palermo S.p.A., che si occupa del trasporto pubblico palermitano (bus, tram).

Il servizio ha visto la luce nel marzo 2009, grazie al finanziamento del Ministero dell'Ambiente. Al nome "Car Sharing Palermo" viene affiancato il marchio nazionale "IO Guido Car Sharing", che contraddistingueva i servizi di car sharing facenti parte della convenzione Iniziativa Car Sharing (ICS). Quest'ultima era un'iniziativa nata sull'impulso del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare nel maggio 2000 e da

esso finanziata, la cui missione era promuovere la diffusione del car sharing nei comuni italiani e coordinare le realtà del car sharing delle diverse città aderenti.

ICS ricevette un primo finanziamento di poco più di quattro milioni di euro dal Ministero dell’Ambiente per la realizzazione di un “Programma Nazionale di Car Sharing”, mirato a facilitare l’avvio di servizi di car sharing nelle realtà urbane, supportandone la progettazione. L’intervento si inquadrava nell’ambito del cosiddetto “decreto Ronchi” (decreto del Ministero dell’Ambiente 27 marzo 1998 – “Mobilità sostenibile nelle aree urbane”).

La realizzazione di ICS ha consentito, in primo luogo, di creare un’unica piattaforma tecnologica e definire gli standard dei servizi, facilitando alle aziende le operazioni di gestione del servizio nei primi anni di operatività. Ha creato, inoltre, l’occasione di scambiare esperienze su quel mondo misterioso che il settore del car sharing rappresentava per le città italiane nei primi anni Duemila, definendo *best practices* e analizzando le criticità che via via si sviluppavano.

Il car sharing della città di Palermo ha, quindi, mosso i primi passi all’interno di tale circuito, per poi crescere nel corso del tempo, sviluppando caratteristiche che lo hanno reso unico e differente dai servizi delle altre città aderenti ad Iniziativa Car Sharing. Tra queste sicuramente è da annoverare la vocazione più a carattere regionale del servizio, che l’ha portato ad espandersi verso altri comuni, creando, di fatto, un car sharing di area vasta.

In previsione della conclusione dell’attività operativa di ICS, avvenuta il 30 aprile 2020, il servizio di car sharing ha abbandonato il circuito “IO Guido”, avviandosi verso una nuova fase con la gestione esclusiva di AMAT. Dal 1° luglio 2019, il servizio viene denominato “AmiGO”, si è dotato di una nuova piattaforma gestionale e di una nuova applicazione per smartphones che consente di prenotare e aprire le porte delle auto. Inoltre, in data 17 dicembre 2019, è stato integrato nella stessa piattaforma anche il servizio di bike sharing della città, gestito da AMAT S.p.A. sin dal 13 dicembre 2015.

Nel corso del tempo, il servizio si è sempre più espanso ed ha subito evoluzioni anche dal punto di vista del modello di business scelto e delle modalità di utilizzo offerte.

Nel 2009, infatti, il car sharing di Palermo è stato lanciato come tipico servizio *station-based*, con sole 40 autovetture a metano che si potevano trovare in 41 stazioni dislocate nel territorio palermitano. Il servizio poteva essere utilizzato in modalità *round trip*; prevedeva, cioè, che l’utente ritornasse alla stazione da cui aveva fatto partire la corsa. La prenotazione poteva essere fatta tramite call center o tramite sito web e l’apertura delle autovetture si effettuava tramite una smart card data all’utente nel momento della registrazione al servizio.

Da marzo 2013, è stata introdotta la possibilità di prenotare via applicazione per smartphones.

Dal 9 luglio 2015, alla modalità di utilizzo *round trip*, si è affiancata per l'utente la possibilità di effettuare corse di tipo *one-way*. Grazie alla possibilità di rilasciare l'autovettura in una stazione diversa da quella di origine, ma anche per mezzo dell'aggiunta di 80 auto di diversa tipologia, tra cui alcuni van, il 2015 ha segnato un anno di svolta per il servizio.

A questa svolta ha contribuito, inoltre, l'introduzione in flotta di 24 auto elettriche e 16 colonnine di ricarica, rese operative il 7 ottobre 2015.

Nel 2017 il servizio ha voluto allargare il bacino di utenza, diventando più inclusivo ed accessibile: quattro autovetture della flotta sono state adattate alla guida di soggetti con disabilità agli arti inferiori attraverso l'introduzione di comandi speciali non permanenti. Tale progetto, unico in Europa, è stato attivato attraverso la sottoscrizione di un protocollo d'intesa fra Comune di Palermo, AMAT ed INAIL.

Infine, l'AMAT ha deciso di affiancare dal 2018 al sistema *station-based*, il car sharing di tipo *free-floating*, individuando un'area di noleggio di 4,83 kmq (Fig. 13) e destinando ad esso esclusivamente le auto elettriche presenti in flotta. Tale area di noleggio è stata allargata, comprendendo anche il centro storico di Palermo, in data 28 febbraio 2020, a seguito della decisione dell'amministrazione comunale di estendere gli effetti della zona a traffico limitato alle ore notturne del venerdì e del sabato.

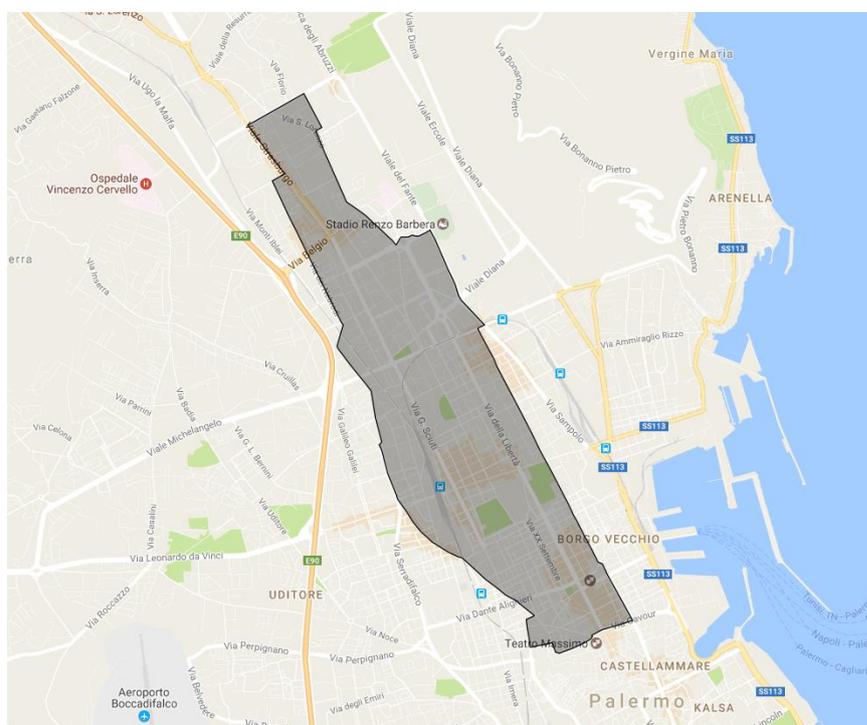


Figura 13. L'area di noleggio per il servizio *free-floating* nel 2018.

Attualmente il servizio offerto è, pertanto, di tipo misto, caso unico a livello italiano. All'interno della città di Palermo sono presenti degli stalli riservati da cui è possibile effettuare corse in modalità *station-based* di tipo *round trip* o *one-way*, ma è presente anche

un'area, coincidente con l'area centrale della città, in cui è possibile prelevare l'autovettura condivisa, individuandola sulla mappa visibile nell'applicazione per smartphone, e rilasciarla all'interno di una qualsiasi strada compresa nel perimetro dell'area di noleggio negli spazi destinati alla sosta legale, indipendentemente dagli stalli riservati al car sharing.

### 3.1.1 Le modalità di utilizzo

Per avvalersi del servizio bisogna effettuare un abbonamento annuo al costo di 25 euro, comprendente altresì il servizio di bike sharing. La sottoscrizione dell'abbonamento può essere fatta online nel sito [www.amigosharing.it](http://www.amigosharing.it) nella sezione "Registrati". Per iscriversi al servizio occorre essere in possesso da almeno un anno della patente di guida B valida in Italia. Al momento dell'abbonamento, si ricevono tutte le istruzioni e i documenti necessari per usufruire del servizio, come il piano tariffario e il regolamento. Si può eventualmente richiedere una smart card, cioè una scheda con microchip individuale dotata di codice segreto (PIN), che può essere utilizzata per ritirare la vettura e restituirla in alternativa all'applicazione per smartphone.

L'utilizzo dell'auto può avvenire una volta effettuata la prenotazione della stessa. Si può prenotare l'auto dalla sezione "Prenota un veicolo" del sito web individuando la vettura desiderata su una base cartografica, oppure tramite l'app AmiGO per Android e iOS, scaricabile gratuitamente, o, infine, effettuando una prenotazione telefonica a pagamento tramite il call center, chiedendo il veicolo che si preferisce, specificando la modalità di utilizzo ed eventualmente lo stallo riservato che risulta essere più comodo come origine della corsa.

Il servizio di prenotazione è attivo 24 ore su 24. Tutti gli abbonati hanno lo stesso diritto di prenotazione ed utilizzo del servizio, secondo la disponibilità delle autovetture.

Il veicolo in modalità di servizio *station-based* è prenotabile da 5 minuti ad un massimo di 12 ore prima dell'orario di prelievo prescelto. L'inizio e la fine della prenotazione devono corrispondere alle ore piene o frazione di quarti d'ora. Il tempo minimo di prenotazione è pari ad un'ora e verrà addebitata per intero anche se l'autoveicolo verrà utilizzato per un tempo minore. A partire dalla seconda ora, per il tempo residuo di mancato utilizzo, verrà applicata una tariffa pari al 50 % del solo costo orario del modello di auto corrispondente alla fascia prescelta.

Per periodi di durata superiore ai sette giorni, non sarà possibile effettuare la prenotazione dall'applicazione, ma l'abbonato dovrà contattare lo staff di AmiGO.

È possibile modificare una prenotazione con le stesse modalità con cui è stata effettuata; è inoltre possibile effettuare un prolungamento a corsa già iniziata, se l'auto non ha ulteriori prenotazioni successive.

In modalità a flusso libero, il veicolo è prenotabile da 5 a 30 minuti prima dell'orario di prelievo prescelto. L'effettivo tempo di utilizzo del servizio in minuti ha inizio dalla conferma della procedura di prenotazione e fine alla chiusura della corsa. La prenotazione ha validità 30 minuti dalla conferma della stessa, superati i quali la stessa si annulla ed il veicolo diviene disponibile per un'altra prenotazione.

Per entrambe le modalità, l'autoveicolo non può essere ritirato prima dell'inizio del tempo di prenotazione.

Dopo aver aperto le porte, appoggiando la card sul lettore posto nel parabrezza o attraverso la funzione presente nell'app, ed avere risposto nell'app alle domande relative allo stato del veicolo, l'utente può iniziare la corsa. La chiave di accensione dell'autovettura è conservata a bordo del veicolo all'interno del portaoggetti. Alla fine del noleggio, una volta posteggiato il veicolo e spento il motore, l'utente, attraverso l'applicazione, può chiudere la corsa e terminare il noleggio. Se l'utente non seleziona l'opzione "Termina noleggio", continuerà a mantenere per sé l'utilizzo del veicolo in corsa attiva.

Al termine dell'utilizzo, la restituzione dell'autoveicolo dovrà avvenire: per la modalità *round trip* al parcheggio di prelievo del veicolo; per la modalità *one-way* al parcheggio di destinazione dichiarato all'atto della prenotazione del veicolo; in modalità a flusso libero in qualunque stallo di sosta legale all'interno dell'area di noleggio.

La consegna dell'autoveicolo in ritardo rispetto al periodo prenotato nella modalità *station-based* determina un disservizio per l'utente successivo. Per tale ragione l'infrazione verrà sanzionata con una specifica penale.

### 3.1.2 Le stazioni e l'area di noleggio

Il numero di stazioni del servizio *station-based* è cresciuto nel corso del tempo. All'interno del Comune di Palermo sono presenti 86 stazioni, per un totale di più di 300 stalli riservati. In Fig. 14 è possibile osservare la localizzazione delle stazioni presenti in città, mentre in Tab. 5 si riporta la denominazione di tali stazioni. In Fig. 14 è stata, altresì, rappresentata l'area di noleggio prevista per la modalità a flusso libero.

Le stazioni provviste di colonnine per la ricarica elettrica attualmente sono otto: Viale Campania, Libertà-Politeama, Piazza Unità d'Italia, Parcheggio Ungheria, Stazione Notarbartolo, Piazza Verdi, Cassa di Risparmio-Via Malta e Piazza Ignazio Florio. Le stazioni in cui vi è la possibilità di trovare una autovettura con allestimento speciale per

persone con disabilità motoria agli arti inferiori erano quattro: Piazza Principe di Camporeale, Libertà-Politeama, Via Aquileia e Viale del Fante. Quest'ultima stazione oggi non risulta più disponibile per tale servizio.

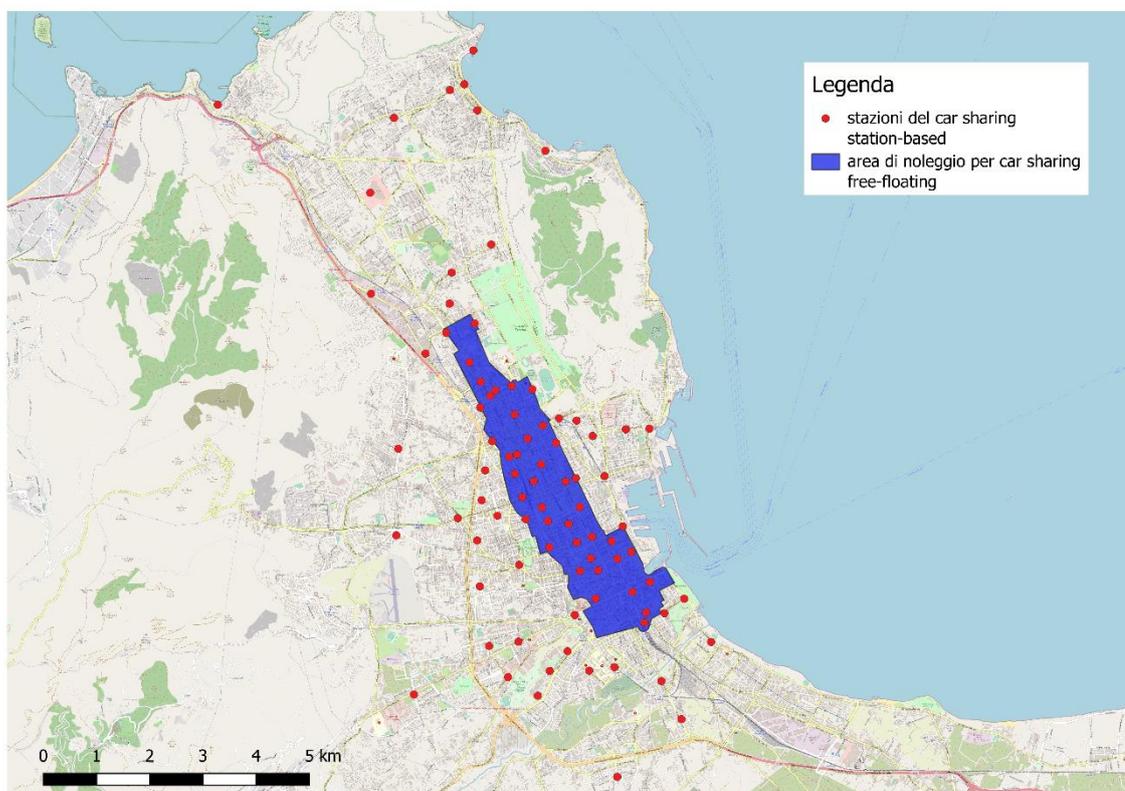


Figura 14. Le stazioni del servizio *station-based* e l'area di noleggio per il *free-floating* nel 2020.

Stazioni del servizio sono, inoltre, presenti anche in altri comuni delle province di Palermo, Trapani ed Enna, in una logica di servizio di area vasta. Dal giugno 2020, AmiGO ha aperto anche a Catania, con una flotta di 50 autovetture esclusivamente destinate alla città e 39 stazioni di parcheggio.

In Tab. 6 e in Tab. 7 si riportano rispettivamente il numero e la denominazione delle stazioni presenti nei comuni dell'area vasta e a Catania, nonché le relative date di apertura del servizio.

Tabella 5. Le stazioni presenti nel Comune di Palermo.

N°	Denominazione	N° stalli	N°	Denominazione	N° stalli	N°	Denominazione	N° stalli
1	Acquasanta	3	29	Garibaldi - S. Cecilia	3	58	Piazza Restivo	4
2	Alberigo Gentili	4	30	Giachery	3	59	Principe di Paterno'	3
3	Alpi	4	31	Iandolino	4	60	Principe di Villafranca - Agrigento	4
4	Ammiraglio Rizzo	4	32	Imperatore Federico	3	61	Resurrezione	3
5	Aquileia (H)	4	33	Indipendenza	4	62	Roma	4
6	Archirafi	4	34	La Malfa	3	63	Saetta	3
7	Arcoleo - Titone	3	35	Laurana	3	64	San Michele	4
8	Ausonia	3	36	Lennon	4	65	Schifani-Turba	3
9	Autonomia Siciliana	4	37	Leonardo da Vinci	4	66	Sciuti	4
10	Belgio	3	38	Libertà-Politeama (H)	4	67	Sett'Angeli	3
11	Brunelleschi	3	39	Lincoln	4	68	Sferracavallo - Torretta	3
12	Calatafimi - Pindemonte	3	40	Lodato - Vespri	4	69	Stazione Centrale	5
13	Campania	4	41	Lolli	4	70	Stazione Marittima Palermo	3
14	Campolo	4	42	Lungomare C.Colombo	4	71	Stazione Notarbartolo	2
15	Camporeale (H)	3	43	Marchese di Villabianca	4	72	Strasburgo - Aldisio	4
16	Cassa di Risparmio - Malta	4	44	Mater Dolorosa	2	73	Strasburgo - Pantelleria	4
17	Centro Commerciale Conca D'oro	4	45	Mondello Charleston	4	74	Strauss	3
18	Cirrincione	3	46	Mondello parcheggio Galatea	4	75	Terrasanta	4
19	Crispi	4	47	Mondello Piano Gallo	4	76	Tosti	4
20	De Gasperi - Restivo	3	48	Mondello Valdesi	4	77	Tribunale	4
21	De Gasperi - Trinacria	4	49	Nazario Sauro	3	78	Tricomi	3
22	Di Giovanni	2	50	Nebrodi	4	79	Ungheria	6
23	Diodoro Siculo	3	51	Nenni	3	80	Unita' d'Italia	4
24	Dogali	4	52	Nina Siciliana	4	81	Università Architettura	4
25	Domino	3	53	Oreto - La Colla	3	82	Università fisica Ed. 17	4
26	Don Bosco	4	54	Oreto Nuova	3	83	Università Ing. Chimica	5
27	Fante	3	55	Papa Giovanni XXIII (Bonagia)	3	84	Verdi	4
28	Florio	3	56	Paruta	3	85	Villafranca - Dante	3
			57	Piazza Marina	4	86	XIII Vittime	3

Tabella 6. Le stazioni presenti in area vasta.

<b>Provincia</b>	<b>Comune</b>	<b>Denominazione</b>	<b>Data apertura</b>
PA	Cinisi	Aeroporto Palermo - Falcone Borsellino	17/01/2013
	Monreale	Monreale - B. D'acquisto	21/11/2017
		Monreale - Inghilleri	
	Capaci	Capaci - Piazza Cataldo	16/12/2019
Capaci - Piazzale XXIII Maggio			
TP	Alcamo	Alcamo - Bagolino	21/09/2014
	Castellammare del Golfo	Castellammare - Repubblica	03/07/2015
		Castellammare - Verdi	
	Castelvetrano	Castelvetrano - oasi bar	28/08/2019
		Castelvetrano - Parco archeologico di Selinunte	
		Castelvetrano - Piazza Archimede	
		Castelvetrano - Piazza Regina Margherita	
		Castelvetrano - Piazza Stesicoro	
		Castelvetrano - Stazione ferroviaria	
		Castelvetrano - Via della Rosa	
		Castelvetrano - Viale Roma	
	Sciacca	Sciacca - Piazza Don Luigi Sturzo	07/08/2020
		Sciacca - Piazza La Rosa	
		Sciacca - Piazza Mariano Rossi	
		Sciacca - Via Figuli	
Scopello	Scopello	03/07/2015	
Trapani	Trapani - Abate Palmerio	18/06/2015	
	Trapani - Aeroporto I.Florio	08/08/2014	
	Trapani - Stazione Marittima	18/06/2015	
EN	Enna	Enna - Castello di Lombardia	01/04/2019
		Enna - Pergusa	
		Enna - Piazza Bernini	
		Enna - Piazza Vittorio Emanuele	
		Enna - Stazione ferroviaria	
		Enna - Via delle Olimpiadi	
		Enna - Viale A.Diaz	
		Enna - Viale IV Novembre	
		Enna - Via Roma	
		Enna - Via Salvatore Ingrà	
Enna - Via Unità d'Italia			

Tabella 7. Le stazioni presenti a Catania.

Comune	Denominazione	Data apertura
Catania	CT01 - Piazza Roma	23/06/2020
	CT02 - Piazza S. Maria di Gesù	
	CT03 - Piazza Dante	
	CT04 - Via della Lettera	
	CT05 - Via A. di Sangiuliano	
	CT06 - Piazza dei Martiri	
	CT07 - Stazione Centrale	
	CT08 - Piazza Europa - Largo M.G.Cutuli	
	CT09 - Piazza G. Verga	
	CT10 - Via Cappuccini	
	CT11 - Piazza E- Maiorana	
	CT12 - Piazza P. Iolanda	
	CT13 - Piazza F. di Svevia	
	CT14 - Piazza del Risorgimento	
	CT15 - Piazza Crocifisso Maiorana	
	CT16 - Via Torquato Tasso	
	CT17 - Viale M. Rapisardi	
	CT18 - Via Leucatia	
	CT19 - Via V.E. Da Bormida (civ. 51-53)	
	CT20 - Viale A. Alagona	
	CT21 - Piazza del Tricolore	
	CT22 - Corso Italia	
	CT23 - Piazza Corsica	
	CT24 - Piazza A. Lincoln	
	CT25 - Piazza Croce Rossa Italiana (A. Moro)	
	CT26 - Viale Ulisse	
	CT27 - Via Caronda (FCE stazione Borgo)	
	CT28 - Via Principe Nicola	
	CT29 - Piazza Repubblica	
	CT30 - Piazzale Raffaello Sanzio	
	CT31 - Parcheggio Nesima AMT	
	CT32 - Parcheggio Due Obelischi AMT	
	CT33 - Via Plebiscito 747 Parcheggio R1 AMT	
	CT34 - Parcheggio Borsellino AMT	
	CT35 - Aeroporto Fontanarossa parcheggio AMT	
	CT36 - Cittadella universitaria S. Sofia	
	CT37 - Via Bronte fermata Milo FCE	
	CT38 - Piazza R. Pilo	
	CT39 - Cimitero via M. del Divino Amore Park Zia Lisa	

### 3.1.3 La flotta

In Tab. 8 si mostra l'evoluzione della flotta, dal 2009 ad oggi. Nel dicembre 2020, con l'introduzione di nove Lancia Ypsilon Hybrid, la flotta disponibile per l'utenza a Palermo e in area vasta conta 159 autovetture, di cui 24 elettriche, destinate esclusivamente al servizio *free-floating*.

Tabella 8. L'evoluzione della flotta.

<b>Modello auto</b>	<b>2009</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>
Fiat 500L	-	10	10	9	-	-	-	-
Fiat Doblò	-	-	-	-	5	5	5	5
Fiat Panda	-	-	10	10	10	10	10	10
Fiat Punto	-	-	-	-	45	45	45	45
Fiat Tipo	-	-	-	-	5	5	5	5
Lancia Ypsilon Hybrid	-	-	-	-	-	-	-	9
Opel Combo	-	-	3	3	3	3	3	3
Opel Zafira	-	-	3	3	3	3	3	3
Renault Zoe	-	-	24	24	24	24	24	24
Skoda Fabia	10	10	10	8	-	-	-	-
Volkswagen Golf	-	-	6	6	6	6	6	6
Volkswagen Golf Plus	10	2	2	1	1	1	-	-
Volkswagen Polo	20	20	20	20	20	20	13	13
Volkswagen Touran	-	4	4	4	4	4	4	4
Volkswagen Up!	-	-	34	33	33	33	32	32
<b>TOT</b>	<b>40</b>	<b>46</b>	<b>126</b>	<b>121</b>	<b>159</b>	<b>159</b>	<b>150</b>	<b>159</b>

Le caratteristiche delle autovetture che compongono la flotta nel 2020 sono illustrate in Tab. 9. Si può notare come siano disponibili diverse categorie di auto: ciò permette di soddisfare esigenze di mobilità differenti.

Tutti i veicoli componenti la flotta sono in regola con gli standard di sicurezza, di emissioni e di consumo, previsti dalla normativa europea; inoltre, sono tutti dotati di climatizzatore e autoradio, nonché contrassegnati dal logo del servizio. Tutti gli autoveicoli del servizio di car sharing sono assicurati per la Responsabilità Civile verso terzi e coperti per i danni propri e per incendio, furto e rapina.

Tabella 9. Composizione della flotta.

<b>Categoria</b>	<b>Modello</b>	<b>Alimentazione</b>	<b>Cilindrata</b>	<b>Standard emissivo</b>	<b>Anno di immatricolazione</b>	<b>Anni di anzianità</b>
Elettrica	Renault Zoe	Elettrica	43 kw	-	2015	5
City	Fiat Panda	Metano	875	Euro 6	2015	5
	Lancia Ypsilon Hybrid	Ibrida	999	Euro 6	2020	0
	Volkswagen Up!	Metano	999	Euro 5	2014	6
Utilitaria	Fiat Punto	Benzina	1242	Euro 6	2017	3
	Volkswagen Polo	Benzina	1198	Euro 5	2009	11
Media	Volkswagen Golf	Metano	1395	Euro 6	2014	6
	Fiat Tipo	Diesel	1598	Euro 6	2017	3
Monovolume	Opel Zafira	Metano	1598	Euro 6	2014	6
	Volkswagen Touran	Metano	1984	Euro 5	2009	11
Van	Fiat Doblò	Metano	1400	Euro 6	2017	3
	Opel Combo	Metano	1600	Euro 5	2014	6

### 3.1.4 Le tariffe

Il sistema tariffario è stato adottato in conformità con quello degli altri servizi del consorzio Io Guido. In particolare, il costo del servizio car sharing si compone di due voci tariffarie:

- una quota fissa di abbonamento annuale;
- un costo variabile dipendente dall'effettivo utilizzo dell'auto.

L'abbonamento è personale, ha la durata di dodici mesi ed un costo di 25 euro. Esso è attualmente valido anche per usufruire del servizio di bike sharing.

Ultimamente AMAT ha stipulato delle convenzioni con alcuni enti per promuovere il servizio, decidendo di effettuare degli sconti sul costo di abbonamento destinati ad alcune categorie di utenti: studenti e personale dell'Università degli Studi di Palermo, studenti dell'Università Kore di Enna, possessori di abbonamento al Teatro Biondo di Palermo.

Le tariffe di utilizzo includono il carburante, le polizze assicurative, l'uso gratuito dei parcheggi (zone blu e parcheggi ad uso esclusivo), la percorrenza all'interno delle corsie preferenziali e l'accesso alla ZTL.

L'importo complessivo del noleggio è addebitato al termine dello stesso. L'unica modalità di pagamento prevista per il servizio è quella mediante carta di credito o carta prepagata, che deve essere registrata dall'abbonato all'atto della sottoscrizione del contratto.

Il costo variabile cambia a seconda del modello di business e delle modalità d'uso prescelti dal cliente.

Le tariffe per il servizio *station-based* dipendono da:

- categoria di veicolo: al variare del veicolo prenotato variano le tariffe;
- fascia oraria: il giorno è diviso in due fasce, una diurna (7-22) e una notturna (22-7);
- numero di chilometri percorsi: sono previste tre differenti tariffe per altrettante fasce di chilometri percorsi; tali tariffe prevedono una diminuzione del prezzo per chilometro all'aumentare della distanza percorsa;
- modello di business: sono previste tariffe diverse in funzione della tipologia scelta (*round trip* o *one-way*);
- durata della prenotazione: vi è una tariffa oraria; sono previste, altresì, delle tariffe speciali per chi intende avvalersi del servizio per lunghi periodi temporali; in questo caso, la tariffa è giornaliera.

Il costo variabile è, quindi, legato all'effettivo utilizzo dell'autoveicolo ed è calcolato sommando la tariffa oraria e la tariffa chilometrica.

In Tab. 10 e Tab. 11 si riportano rispettivamente le tariffe per le corse *station-based round trip* e *one-way*.

Tabella 10. Tariffe per le corse *station-based round trip*.

Categoria	Tariffe h 7-22 (€/h)	Tariffe h 22-7 (€/h)	Tariffa fino a 100km (€/km)	Tariffa da 101 a 300km (€/km)	Tariffa oltre 301km (€/km)
City	2,00	0,75	0,45	0,40	0,35
Utilitarie	2,40	0,75	0,52	0,42	0,35
Medie	2,60	1,00	0,56	0,45	0,35
Monovolume/van	3,00	1,20	0,70	0,55	0,45
Elettriche	2,00	0,75	0,45	0,40	0,35

Tabella 11. Tariffe per le corse *station-based one-way*.

Categoria	Tariffe h 7-22 (€/h)	Tariffe h 22-7 (€/h)	Tariffa fino a 100km (€/km)	Tariffa da 101 a 300km (€/km)	Tariffa oltre 301km (€/km)
City	2,40	0,90	0,54	0,47	0,40
Utilitarie	2,85	0,90	0,58	0,50	0,40
Medie	2,95	1,20	0,66	0,52	0,40
Monovolume	3,15	1,20	0,72	0,55	0,42
Van	3,60	1,45	0,84	0,64	0,52
Elettriche	2,40	0,90	0,54	0,47	0,40

Si può notare come le tariffe per le corse *round trip* risultino inferiori alle tariffe *one-way*: tale criterio di progettazione delle tariffe risulta corretto in quanto il sistema *round trip* impone all'utente una rigidità in più, che è quella della riconsegna dell'autovettura nella stazione di partenza.

Inoltre, il sistema *round trip* permette un'autoregolazione della flotta, in quanto le autovetture, prelevate nelle stazioni soggette a maggiore domanda, ritorneranno alle stesse, una volta effettuate le corse, e non in stazioni dove la domanda è bassa. Ciò consente all'azienda un risparmio di tempo e denaro dovuto a operazioni di equilibrio della flotta meno numerose.

AMAT offre la possibilità di prenotare l'autovettura in modalità *station-based one-way* per un periodo di tempo superiore al giorno. Questa possibilità è evidentemente un modo per attrarre principalmente turisti e professionisti che sporadicamente debbano effettuare dei viaggi più lunghi nell'ambito della Regione. L'opzione, da un lato, fa sì che venga effettivamente sfruttata l'interoperabilità dei servizi della rete di area vasta creata da AMAT,

dall'altro lato, come si dirà nel seguito, causa degli squilibri nella flotta a servizio della città di Palermo, mettendo a rischio l'affidabilità percepita del servizio.

Il servizio car sharing si pone, in questo modo, come diretto competitor delle compagnie di autonoleggio. Da un'analisi delle tariffe speciali (Tab. 12), si può però notare che per le categorie di auto city, utilitaria e media, le autovetture messe a disposizione dalle compagnie di autonoleggio risultano più economiche (Tab. 13). Per la categoria monovolume e van, è più economica la soluzione car sharing. Per il calcolo delle tariffe medie applicate dalle aziende di autonoleggio si è fatto riferimento alle piattaforme online di comparazione tra servizi di autonoleggio, considerando il mese di maggio 2020.

Tabella 12. Tariffe speciali.

Categoria	1g (€)	2gg (€)	3gg (€)	4gg (€)	5gg (€)	6gg (€)	7gg (€)	Al giorno oltre il 7° (€/g)	Costo km (€/km)
City	20,00	36,00	48,00	65,00	82,00	98,00	115,00	17,00	0,35
Utilitarie	25,00	45,00	68,00	85,00	100,00	115,00	135,00	20,00	0,35
Medie	30,00	55,00	72,00	94,00	110,00	125,00	150,00	25,00	0,35
Monovolume	35,00	65,00	92,00	118,00	131,00	147,00	175,00	28,00	0,35
Van	40,00	75,00	108,00	135,00	150,00	170,00	200,00	30,00	0,35
Elettriche	20,00	36,00	48,00	65,00	82,00	98,00	115,00	20,00	0,35

Tabella 13. Tariffe medie adottate dalle compagnie di noleggio a lungo termine.

Categoria	1g (€)	2gg (€)	3gg (€)	4gg (€)	5gg (€)	6gg (€)	7gg (€)	Costo carburante (€/km)
City	22,57	43,66	56,57	65,18	76,02	93,87	109,16	0,10
Utilitarie	22,84	47,88	67,56	73,55	89,03	106,59	123,87	0,10
Medie	24,87	47,97	76,42	84,28	104,91	126,27	146,48	0,12
Monovolume	67,26	135,40	160,79	163,60	201,75	252,67	293,43	0,14
Van	78,15	152,00	176,20	186,52	226,85	269,32	312,58	0,14

Le tariffe per il servizio *free-floating* dipendono da:

- fascia oraria: il giorno è diviso in due fasce, una diurna (7-22) e una notturna (22-7);
- durata della prenotazione: vi è una tariffa al minuto; i minuti parzialmente utilizzati vengono considerati per arrotondamento pari a sessanta secondi a partire dal trentunesimo secondo.
- numero di chilometri percorsi: vi è una tariffa chilometrica che si applica solamente nell'eventualità che vengano superati 50 chilometri.

Nella modalità a flusso libero, pertanto, si ha esclusivamente una tariffa al minuto, entro una percorrenza di 50 km. Superato il numero di chilometri gratuiti, la tariffa sarà calcolata sommando la tariffa al minuto e la tariffa chilometrica.

Si riportano in Tab. 14 le tariffe applicate dall'azienda alle corse in modalità a flusso libero.

Tabella 14. Tariffe per la modalità free-floating.

Modalità	Tariffe h 7-22 (€/min)	Tariffe h 22-7 (€/min)	Tariffa oltre 50 km (€/km)
Flusso libero	0,24	0,17	0,35

### 3.1.5 Gli iscritti al servizio

Per quanto riguarda gli iscritti al servizio, sin dalla sua nascita il car sharing di Palermo ha goduto di una buona risposta da parte dei cittadini.

Nel grafico di Fig. 15 si mostra l'evoluzione temporale dal 2009 al 2017 del numero progressivo raggiunto al 31 dicembre per le tessere di abbonamento rilasciate.

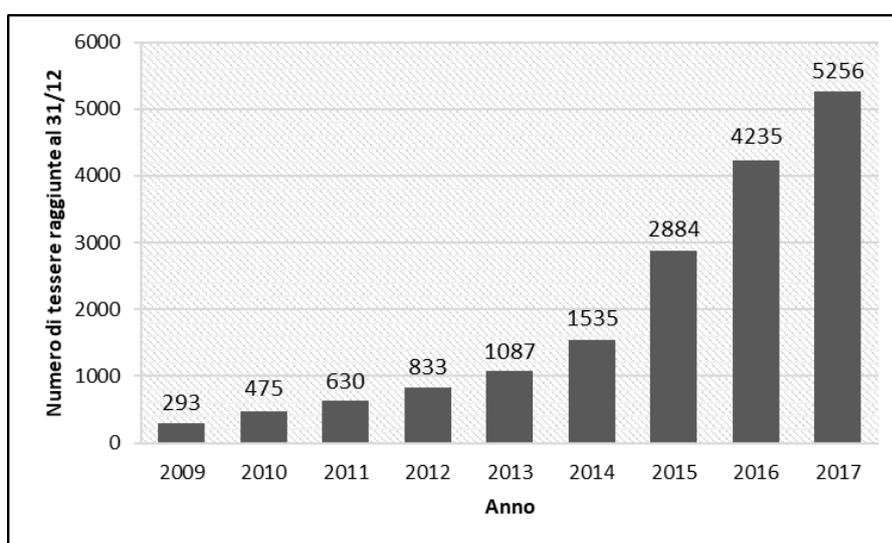


Figura 15. Evoluzione temporale del numero di tessere raggiunte al 31/12 per gli anni dal 2009 al 2017.

Il numero di abbonamenti rilasciati è stato abbastanza costante nei primi anni; un incremento significativo si è avuto nel 2015, dovuto presumibilmente all'apertura del servizio nelle località di Trapani e Castellammare, nonché alla promozione effettuata in occasione dell'ampliamento della flotta e dell'introduzione delle auto elettriche. Nel 2016 è stato rilasciato circa lo stesso numero di abbonamenti dell'anno precedente, mentre nel 2017 le tessere rilasciate sono diminuite, superando comunque le 1000 unità. L'andamento descritto è rappresentato in Fig. 16.

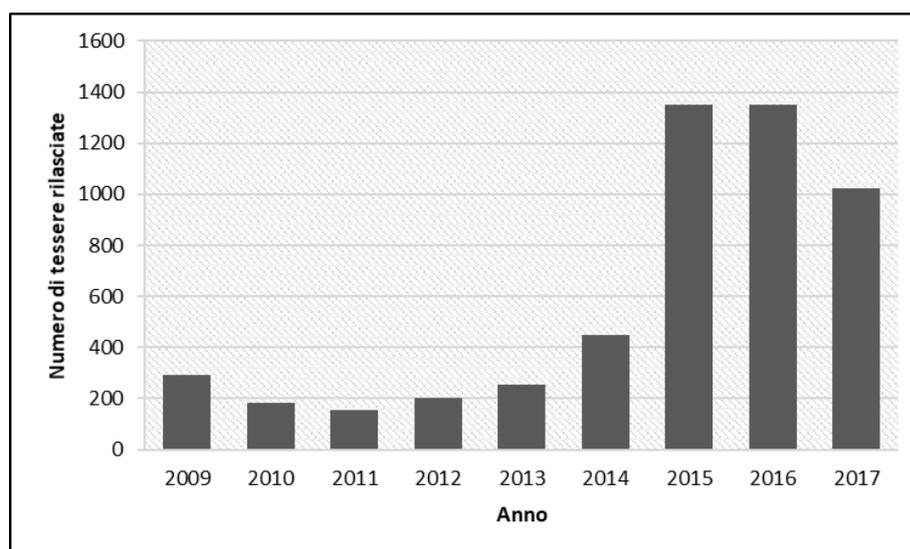


Figura 16. Numero di tessere rilasciate annualmente.

L'andamento delle tessere di abbonamento rilasciate non tiene conto del fatto che diversi utenti hanno abbandonato il servizio nel corso del tempo.

Con l'avvento del nuovo servizio Amigo e di una nuova gestione del database, si è potuto fare riferimento a dati più precisi, relativi agli utenti iscritti al servizio negli ultimi tre anni (2018, 2019 e 2020).

Dal database degli abbonamenti è, infatti, possibile ricavare per ogni anno il numero di utenti attivati, cioè quegli utenti regolarmente iscritti al servizio e che possono usufruire di esso, il numero degli utenti registrati, cioè di coloro i quali si sono registrati sul sito o sull'applicazione ma non hanno ancora regolarizzato la propria posizione attraverso l'immissione dei documenti necessari o il pagamento, il numero degli utenti cancellati, sospesi o disabilitati. I dati sono riportati in Tab.15.

Tabella 15. Numero di iscritti al servizio negli anni 2018, 2019 e 2020.

	2018	2019	2020 (dicembre)
<i>Utenti attivati</i>	2116	3386	5905
<i>Utenti registrati da attivare</i>	215	698	2872
<i>Utenti cancellati/sospesi</i>	556	648	2029

Sommando gli utenti attivati e quelli registrati, nel dicembre 2020 il servizio raggiunge il numero di 8777 iscritti.

L'andamento degli iscritti non è andato di pari passo quindi con l'andamento delle tessere rilasciate: ciò significa che l'azienda non è riuscita a fidelizzare bene i clienti, che non hanno continuato a rinnovare l'abbonamento nel corso degli anni. Una campagna di marketing più

diffusa e l'erogazione di sconti e promozioni, oltre che un miglioramento del livello di servizio offerto, avrebbero forse aiutato a mantenere l'utenza fedele all'auto condivisa. Nonostante ciò, i dati degli ultimi tre anni appaiono confortanti: il servizio è comunque in crescita. In Fig. 17 si riporta il tasso di crescita degli iscritti rispetto all'anno precedente. Si può notare come nel 2019 il numero di iscritti è cresciuto del 75% rispetto al 2018, mentre esso nel 2020 è più che raddoppiato rispetto all'anno precedente.

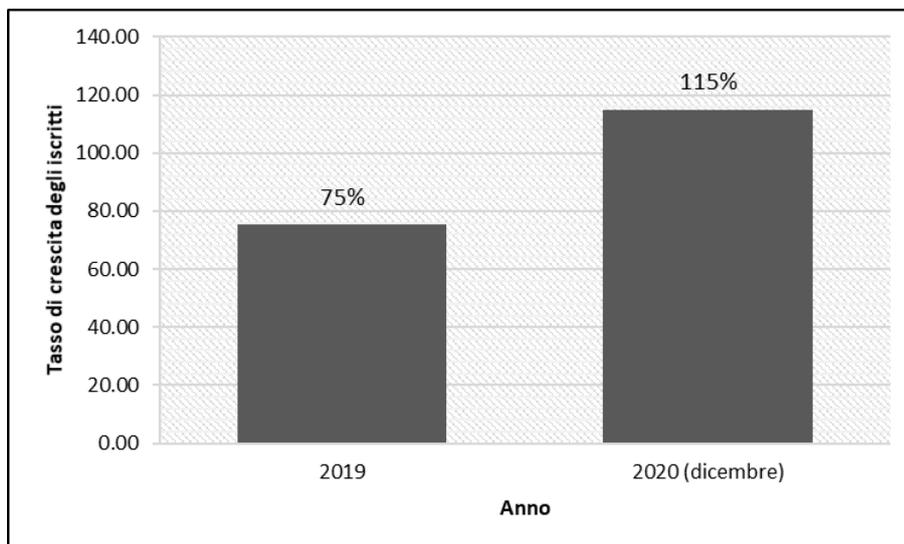


Figura 17. Tasso di crescita degli iscritti al servizio rispetto all'anno precedente nel 2019 e nel 2020.

Nell'ultimo anno, quindi, si è assistito a un balzo in avanti considerevole del numero di iscritti al servizio. Tale incremento è dovuto principalmente a quattro fattori:

- l'apertura del servizio nella città di Catania, avvenuta nel giugno 2020;
- la convenzione con l'Università degli Studi di Palermo, che dal 22 giugno 2020 ha previsto l'attribuzione di abbonamenti gratuiti a studenti, dottorandi e specializzandi tramite bando, per un numero massimo pari a 3200.
- l'inserimento nel conteggio degli iscritti al servizio di bike sharing dovuto alla confluenza di essi nel database, realizzata a partire dal 17 dicembre 2019;
- l'iscrizione di coloro i quali vogliono avvalersi solamente del servizio di bike sharing, che sottoscrivono in ogni caso un abbonamento unico, valido anche per il car sharing.

Da tali fattori dipendono, quindi, sia il numero di utenti attivati, sia il numero di coloro i quali non hanno ancora perfezionato la loro posizione; tra questi ultimi sono presenti, infatti, molti utenti del bike sharing, i quali non hanno ancora usufruito del servizio car sharing, ma anche nuovi utenti di Catania o studenti dell'Università di Palermo, registratisi di recente.

Da sottolineare è il numero molto alto di utenti cancellati o sospesi nel 2020, che può rivelarsi indice di una certa insoddisfazione dell'utenza nell'ultimo anno.

### 3.2 Dati di utilizzo

Dai dati di utilizzo dei primi quattro anni, forniti da AMAT, si è appreso che il servizio è stato caratterizzato, sin dal suo avvio, da una crescita costante, sia in termini economici, sia di consensi, in linea con gli sviluppi registrati dalle altre città italiane appartenenti al circuito nazionale Io Guido. Si è registrato, infatti, un costante aumento sia del numero di corse, sia delle ore di utilizzo e dei chilometri percorsi, ad eccezione del 2017, in cui, a fronte di un numero di corse e chilometri percorsi più basso rispetto all'anno precedente, si è avuto comunque un aumento del numero di ore di utilizzo. Il trend dal 2014 al 2017 è mostrato in Tab. 16.

Tabella 16. Statistiche del servizio car sharing amiGO nel periodo 2014-2017.

Anno	Totale prenotazioni	Totale corse	Totale km	Totale ore
2014	12.053	10.956	458.094	107.044.94
2015	23.399	20.984	894.051	187.209.12
2016	34.042	30.009	959.888	206.461.86
2017	31.913	28.647	848.498	210.264.66

Tali dati sono stati forniti dall'azienda AMAT e tengono in considerazione anche l'utilizzo del car sharing nei comuni dell'area vasta.

Si riportano, inoltre, in Tab. 17 i dati del 2019: essi sono stati acquisiti direttamente dal database ed elaborati. Infatti, sono state escluse le corse con durata inferiore ai 2 minuti (potenziali errori).

Tabella 17. Statistiche del servizio car sharing amiGO nel 2019.

Anno	Totale corse	Totale km	Totale ore
2019	27.691	559.398	143.756,23

Si nota come i numeri siano inferiori rispetto al 2017. Con l'introduzione del servizio in nuovi comuni, i chilometraggi, le ore in noleggio e il numero di corse effettuate non sono di certo aumentate come ci si aspettava, anzi sono diminuite: ciò può essere dovuto a una frammentazione della flotta tra i vari comuni che, probabilmente, ha penalizzato il servizio.

### 3.3 Analisi dell'uso del car sharing AmiGO nel 2019

Benché in ogni città del mondo il car sharing sia offerto più o meno con le stesse modalità e abbia caratteristiche similari dal punto di vista dell'accesso al sistema e dell'operatività, il

servizio, a seconda del contesto cittadino in cui nasce, è accolto dalla cittadinanza con più o meno entusiasmo. In alcune città esso diventa un modo di trasporto molto utilizzato, riuscendo a radicarsi all'interno della mobilità urbana, in altre fa più fatica ad affermarsi come alternativa all'auto privata.

Certamente il successo del car sharing dipende molto da quanto l'azienda riesce a far conoscere il servizio, convincere i cittadini della sua convenienza, rendere efficiente il sistema di prenotazione e facile l'utilizzo. Molto, come si è detto, dipende dalle caratteristiche del servizio stesso: l'adeguatezza delle tariffe, la dimensione della flotta, la localizzazione degli stalli rispetto alla domanda. Molto dipende, ancora, dalle caratteristiche della città e dalle politiche di mobilità intraprese dall'amministrazione: la presenza di aree pedonali e zone a traffico limitato, la presenza di molte alternative modali valide, la presenza di un trasporto pubblico efficiente.

Non bisogna dimenticare però che un ruolo importante nel far sì che il servizio di car sharing abbia successo in una città, sia anche rivestito dagli stessi utenti: molto dipende da come essi utilizzano il servizio di mobilità condivisa, da quanto essi siano riusciti ad entrare nel meccanismo di condivisione delle auto, da quanto abbiano compreso quando il servizio sia per loro conveniente e quando non lo sia.

Per comprendere al meglio, quindi, come gli utenti palermitani utilizzino il servizio, si è voluto analizzare il database delle corse effettuate nel corso del 2019.

In tale database, ogni corsa effettuata da un utente iscritto al servizio viene registrata attraverso alcuni dati che ad essa si riferiscono:

- il nominativo dell'utente che effettua la corsa;
- il parcheggio di partenza, nel caso della modalità *station-based*, o l'indirizzo di prelievo dell'auto, nel caso della modalità *free-floating*;
- il parcheggio di arrivo, nel caso della modalità *station-based*, o l'indirizzo di rilascio dell'auto, nel caso della modalità *free-floating*;
- la data e l'ora di inizio della corsa;
- la data e l'ora di conclusione della corsa;
- la targa del veicolo con il quale la corsa è stata effettuata;
- i chilometri percorsi;
- il costo della corsa.

I dati sono stati trasmessi dall'AMAT, dopo aver reso anonimi gli utenti associati ad ogni corsa per il rispetto della normativa sulla *privacy*. In sostituzione del nominativo è stato, quindi, fornito un codice cliente, univoco per ogni utente.

Attraverso questo ricco database, quindi, si è potuto analizzare non soltanto quanto il servizio sia utilizzato ma anche come gli abbonati lo utilizzano.

Al fine di non considerare gli errori di prenotazione e tutte quelle problematiche riscontrate dagli utenti in fase di avvio della corsa che li costringono a chiudere il noleggio avviato dopo un brevissimo periodo di tempo (problemi tecnici, assenza di carburante, scarsa pulizia del mezzo), sono state scartate tutte le corse di durata inferiore ai due minuti. Considerando, infatti, la tempistica necessaria per le operazioni di accesso (regolazione dei sedili, regolazione della posizione degli specchietti, indossare la cintura di sicurezza), di avvio e di conclusione della corsa (interfacciamento con l'applicazione), e i perditempo legati alle manovre di parcheggio del veicolo, è poco probabile che tali corse siano delle corse realmente effettuate dall'utente per spostarsi da un'origine a una destinazione.

Escluse le corse con durata inferiore ai due minuti, si è trovato che le corse effettuate nel 2019 dagli utenti del servizio AmiGO sono state in totale 27.691.

Il numero di quelle effettuate nei comuni dell'area vasta o tra questi e la città di Palermo, è stato di 335.

Le corse effettuate all'interno della città di Palermo o tra essa e l'aeroporto "Falcone e Borsellino" di Punta Raisi o il comune di Monreale, sono state, invece, 27.356.

Si può, quindi, notare come il car sharing gestito dall'AMAT non sia ancora molto utilizzato all'interno dei piccoli comuni dell'area vasta, in quanto quasi il 99% delle corse sono state effettuate nella città di Palermo.

Quest'ultime sono state analizzate nel dettaglio. Si è voluto estendere l'analisi alle corse tra la città e l'aeroporto poiché, come si vedrà, l'utente palermitano utilizza spesso il car sharing per recarsi alla stazione del servizio situata all'interno dell'area aeroportuale. Si sono considerate, inoltre, le corse che coinvolgono il comune di Monreale per la vicinanza con la città di Palermo: di fatto le stazioni presenti a Monreale sono appendici naturali del servizio car sharing di Palermo.

Delle 27.356 corse totali, l'88,9% (24.322 corse) sono state effettuate in modalità *station-based*, mentre l'11,1% (3.023 corse) in modalità *free-floating*. Lo 0,04% (11 corse) è stato effettuato, forse per errore, in modalità mista: in tale caso il prelievo è avvenuto entro l'area di noleggio e il rilascio in una stazione dello *station-based*.

La modalità a flusso libero, introdotta nel 2018, non era ancora riuscita a conquistare l'utenza palermitana dopo un anno.

Per quanto riguarda la modalità *station-based*, il 60% delle corse effettuate era del tipo *one-way* e, conseguentemente, il 40% era del tipo *round trip*. La possibilità di rilasciare l'autovettura in una stazione diversa da quella di partenza ha sicuramente fatto breccia

nell'utente palermitano, anche se il costo più basso delle corse *round trip* fa sì che la quota di corse effettuate in questa modalità sia ancora abbastanza elevata.

### 3.3.1 Gli utenti attivi

Gli utenti attivi, cioè coloro i quali hanno effettuato almeno una corsa nel corso dell'annualità, sono stati 1.998, circa il 60% degli utenti iscritti che potevano usufruire del servizio al 31/12/2019 (3.386).

Si nota, quindi, come vi sia un grande numero di iscritti che non ha utilizzato di fatto il servizio nel corso del 2019.

Ogni utente attivo, in media, quindi, ha effettuato quasi 14 corse nell'anno considerato: non tenendo in considerazione coloro i quali non hanno usufruito del servizio neanche una volta, esso è stato utilizzato in media poco più di una volta al mese.

Guardando più nel dettaglio, dei 1.998 utenti attivi, 446 utenti, cioè il 22%, hanno effettuato un'unica corsa durante tutto l'anno, mentre 3 utenti (lo 0,15%) hanno effettuato in media una corsa al giorno, raggiungendo un numero di corse superiore a 365. Più del 75% degli utenti attivi ha utilizzato il servizio al più 12 volte: ciò significa che l'utilizzo da parte della maggioranza degli utenti è sporadico, attestandosi al più ad una volta al mese. Soltanto il 6% circa degli utenti attivi utilizza in media il servizio di auto condivise più di una volta a settimana.

In Tab. 18 si riporta la distribuzione degli utenti attivi in relazione al numero di corse effettuate.

Tabella 18. Numero di utenti per numero di corse effettuate nel 2019.

<b>Numero di corse effettuate</b>	<b>Numero di utenti</b>	<b>%</b>
1 corsa	446	22.32
2 corse	292	14.61
3 corse	171	8.56
da 3 a 12 corse	607	30.38
da 12 a 24 corse	211	10.56
da 24 a 36 corse	89	4.45
da 36 a 48 corse	54	2.70
da 48 a 96 corse	90	4.50
da 96 a 144 corse	24	1.20
da 144 a 192 corse	3	0.15
da 192 a 240 corse	2	0.10
da 240 a 288 corse	3	0.15
da 288 a 365 corse	3	0.15
oltre 365 corse	3	0.15

### 3.3.2 Segmentazione dei noleggi per classe di distanza e per classe di durata

Per comprendere a pieno l'utilizzo delle auto condivise da parte dell'utenza è importante analizzare la segmentazione dei noleggi per classe di distanza e per classe di durata.

La segmentazione dei noleggi per classe di distanza è riportata in Tab.19. Per facilitare il confronto tra le due modalità, si è costruito il grafico di Fig. 18.

Tabella 19. Segmentazione dei noleggi per classe di distanza.

<b>Km percorsi</b>	<i>Station-based</i>		<i>Free-floating</i>	
	numero di corse	%	numero di corse	%
fino a 3	4999	20.6	1826	60.4
3--5	3272	13.5	582	19.3
5--7	2448	10.1	211	7.0
7--10	2819	11.6	159	5.3
10--12	1282	5.3	54	1.8
12--15	1327	5.5	50	1.7
15--25	2810	11.6	84	2.8
25--30	1812	7.5	17	0.6
30--40	1202	4.9	15	0.5
40--50	471	1.9	11	0.4
oltre 50	1880	7.7	14	0.5
totale	24.322	100.0	3023	100.0

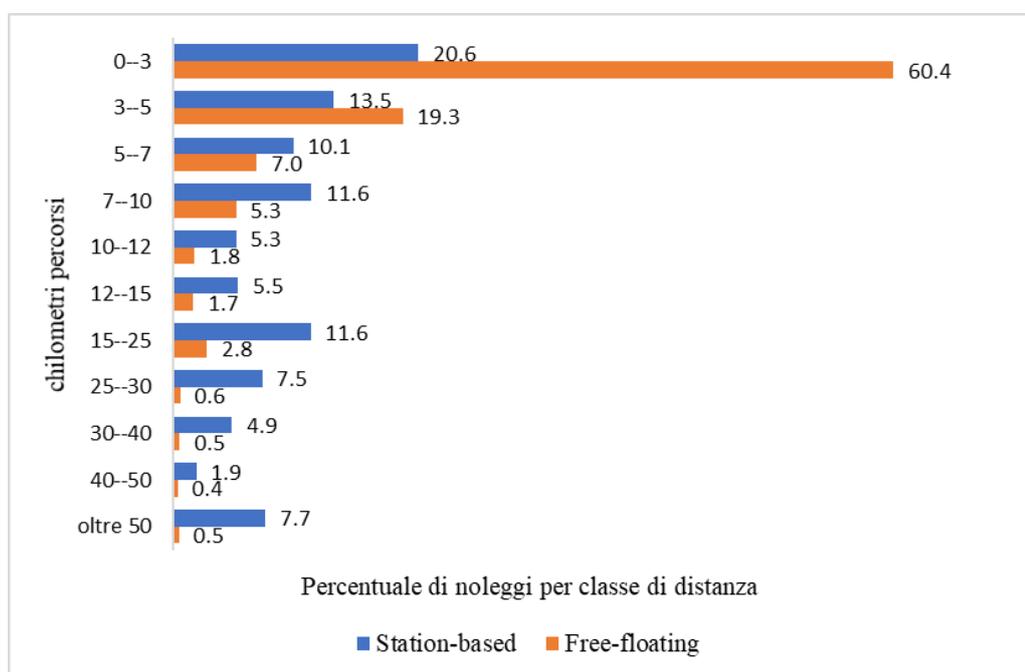


Figura 18. Segmentazione dei noleggi per classe di distanza

Il grafico evidenzia come lo *station-based* sia utilizzato per il 20,6% al fine di compiere spostamenti entro i 3 km, per il 7,7% al fine di compiere spostamenti di oltre 50 km. La modalità a flusso libero, invece, è utilizzata maggiormente per spostamenti entro i 10 km: il

91,9% delle corse effettuate in *free-floating* ha una distanza inferiore a tale chilometraggio, e addirittura il 60,4% ha distanza inferiore ai 3 km.

Il noleggio medio è di 22,4 km per la modalità *station-based* e di 4,8 km per il sistema *free-floating*.

La segmentazione dei noleggi per classe di durata è riportata in Tab. 20. Anche in questo caso, per facilitare il confronto tra le due modalità, si è costruito il grafico di Fig. 19.

Tabella 20. Segmentazione dei noleggi per classe di durata.

tempo	<i>Station-based</i>		<i>Free-floating</i>	
	numero di corse	%	numero di corse	%
fino a 5 min	141	0.6	114	3.8
da 5 a 10 min	730	3.0	561	18.6
da 10 a 15 min	972	4.0	609	20.1
da 15 a 20 min	917	3.8	476	15.7
da 20 a 30 min	1650	6.8	439	14.5
da 30 a 60 min	7441	30.6	377	12.5
da 1h a 3h	6087	25.0	307	10.2
da 3h a 5h	2784	11.4	83	2.7
da 5h a 12 h	2186	9.0	37	1.2
da 12h a 24h	653	2.7	10	0.3
oltre 24h	761	3.1	10	0.3
totale	24.322	100.0	3023	100.0

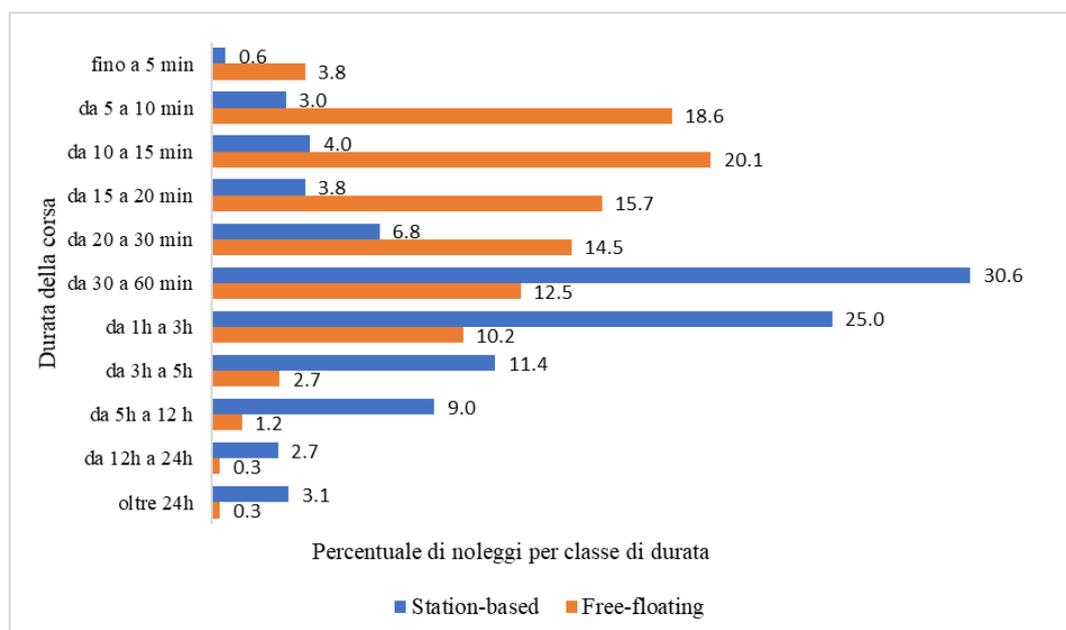


Figura 19. Segmentazione dei noleggi per classe di durata.

La durata media della corsa in *station-based* è di circa 5 h, mentre quella delle corse in *free-floating* è di 59 minuti.

Il grafico permette di notare come lo *station-based* sia utilizzato principalmente in corse della durata superiore all'ora: l'81,9% delle corse *station-based* hanno, infatti, durata superiore a un'ora. Il 3,1% sono addirittura noleggi di durata superiore a un giorno.

Si evidenzia come le corse complessive con durata inferiore ai 15 minuti siano 3.130, cioè l'11,4% delle corse totali effettuate nel 2019. Di queste, 1.284 sono state effettuate in modalità *free-floating*, 1.843 in modalità *station-based* e 3 in modalità mista.

Inoltre, 1.739 sono le corse in modalità a flusso libero con durata superiore ai quindici minuti: questo valore corrisponde a ben il 57,5% delle corse effettuate in *free-floating*.

Si nota, quindi, come vi sia una distorsione nei comportamenti dell'utenza. Infatti, gli utenti, forse ancora poco consapevoli delle differenze tra i due modelli di business e confusi da un sistema tariffario complesso, sembrano utilizzare in maniera piuttosto indiscriminata le due tipologie di servizio, andando spesso contro il principio della convenienza economica.

Si è, quindi, valutato, per le corse in *free-floating* con durata superiore ai quindici minuti e per quelle in *station-based* con durata inferiore ai quindici minuti, se la scelta dell'utente fosse stata oculata in relazione alla convenienza economica. Ovviamente, per le corse in *station-based* si è valutato anche se origine e destinazione ricadessero all'esterno del perimetro dell'area di noleggio, facendo sì che questa modalità fosse l'unica che potesse soddisfare l'esigenza di spostamento dell'utente.

Si riportano i dati di questa analisi in Tab. 21.

In particolare, sembra che gli utenti non abbiano compreso per quali spostamenti convenga utilizzare il sistema *free-floating*: solo per il 25% delle corse in *free-floating* con durata superiore ai quindici minuti l'utente aveva effettivamente una convenienza economica nello scegliere tale modalità piuttosto che il servizio *station-based*.

Di contro, il 35,9% delle corse in *station-based* con durata inferiore ai quindici minuti poteva essere effettuato più convenientemente in modalità a flusso libero.

Tabella 21. Analisi delle scelte effettuate dagli utenti in relazione ai due modelli di business.

	<b>Totale</b>	<b>Numero di corse per le quali la scelta effettuata è economicamente conveniente o obbligata</b>	<b>Numero di corse per le quali la scelta effettuata è economicamente sconveniente</b>
Corse in <i>free-floating</i> sopra i 15 minuti	1.739	437 (25,1%)	1.302 (74,9%)
Corse in <i>station-based</i> sotto i 15 minuti	1.843	1.182 (64,1%)	661 (35,9%)

Una motivazione per l'utilizzo dello *station-based* anche al di sotto della soglia del quarto d'ora potrebbe essere data dalla difficoltà nel trovare parcheggio all'interno dell'area di noleggio: alti tempi di ricerca del parcheggio fanno sì che il *free-floating* non sia più competitivo e che l'utente preferisca utilizzare la modalità *station-based*, sapendo di poter contare sulla presenza di uno stallo riservato a sua disposizione.

### 3.3.3 Fascia oraria di utilizzo

Si sono determinate, successivamente, le fasce orarie in cui le due modalità appaiono più utilizzate: si riporta la segmentazione dei noleggi per fascia oraria in Tab. 22.

Tabella 22. Segmentazione dei noleggi per fascia oraria.

fascia oraria	Station-based		Free-floating	
	numero di corse	%	numero di corse	%
07:00-15:00	12.820	52.7	1297	42.9
15:00-20:00	6494	26.7	848	28.1
20:00-00:00	3435	14.1	591	19.6
00:00-07:00	1573	6.5	287	9.5
totale	24.322	100.0	3023	100.0

Si nota come sia la modalità *free-floating* che quella *station-based* siano utilizzate prevalentemente nella fascia oraria mattutina.

### 3.3.4 Utilizzo delle stazioni

Le stazioni più utilizzate come origine delle corse sono state “Aeroporto Falcone e Borsellino” (1166 corse), “Unità d'Italia” (926), “Aquileia” (857), “Crispi” (852) e “Libertà-Politeama” (746). Le stazioni meno utilizzate come origine delle corse sono state, invece, “Iandolino” (9 corse), “Domino” (9), “Monreale-B. D'Acquisto” (27).

Le stazioni di destinazione più frequenti sono state “Aeroporto Falcone e Borsellino” (1279 corse), “Crispi” (877), “Aquileia” (869), “Unità d'Italia” (812) e “Libertà-Politeama” (754). Le stazioni di destinazione meno utilizzate sono state, invece, “Domino” (8 corse), “Iandolino” (10), “Francia” (30).

Si nota, quindi, come le stazioni più utilizzate e meno utilizzate siano le stesse se si considerano come origini o come destinazioni delle corse.

È da rilevare, inoltre, come il car sharing sia molto utilizzato dai palermitani per effettuare spostamenti da e per l'aeroporto: essi lo ritengono più comodo dei pullman delle compagnie private perché garantisce maggiore flessibilità di orario, nonché una valida alternativa all'uso dell'auto privata, probabilmente in vista dei costi elevati della sosta nei parcheggi dell'area aeroportuale.

Esclusa la stazione Aeroporto, le altre ricadono all'interno dell'area noleggior del *free-floating*, nonché nei quartieri Libertà e Politeama, in cui risiede, come si è visto, la maggior parte degli iscritti.

### 3.3.5 Utilizzo della flotta: chilometri percorsi

Altro fattore che è stato valutato è il chilometraggio percorso nel 2019 dalle varie tipologie di autovettura. Si riportano i valori trovati in Tab. 23.

Tabella 23. Chilometri effettuati per modello di auto.

<b>Categoria</b>	<b>Modello auto</b>	<b>Numero di corse</b>	<b>km</b>	<b>Media km per corsa</b>
Van	Fiat Doblò	428	8.220	19,2
City	Fiat Panda	2.157	59.419	27,5
Utilitaria	Fiat Punto	8.741	166.918	19,1
Media	Fiat Tipo	1.035	37.846	36,6
Van	Opel Combo	384	11.866	30,9
Monovolume	Opel Zafira	492	11.871	24,1
Elettrica	Renault Zoe	2.685	14.969	5,6
Media	Volkswagen Golf	1.102	28.851	26,18
Monovolume	Volkswagen Golf Plus	86	1.132	13,2
Utilitaria	Volkswagen Polo	799	11.702	14,6
Monovolume	Volkswagen Touran	473	8.932	18,8
City	Volkswagen Up!	8.974	197.672	22
<b>TOT</b>		<b>27.356</b>	<b>559.398</b>	<b>20,4</b>

La tabella evidenzia che i modelli di auto più utilizzate per effettuare le proprie corse sono la Volkswagen Up, della categoria city, e la Fiat Punto, classificata come utilitaria. Il van Opel Combo e la macchina media Fiat Tipo sono quelle che hanno percorso in media più chilometri per singola corsa, mentre le elettriche Renault Zoe hanno percorso in media solo 5,6 km per singola corsa.

### 3.3.6 Utilizzo della flotta: tasso di rotazione

Come indicatore di *performance* si è determinato il tasso di rotazione delle auto, cioè il numero di volte che l'auto viene condivisa dagli utenti nel corso della stessa giornata. Nel 2019, 147 auto su 150 hanno effettuato corse e il tasso di rotazione medio per tali auto è risultato di valore pari a 0,57. Ciò significa che in media un'auto condivisa viene noleggiata dagli utenti ogni due giorni circa.

Su tale valore molto basso del tasso di rotazione incidono sicuramente due fattori; innanzitutto, incide l'interoperabilità del servizio palermitano con i servizi dei comuni dell'area vasta, che, a causa di un riequilibrio della flotta probabilmente non frequente, porta ad avere autovetture parcheggiate negli stalli riservati degli altri comuni, quando la città

genererebbe una domanda sicuramente maggiore. Il secondo fattore è legato, invece, ai noleggi di lungo periodo.

In media, al giorno, hanno effettuato corse a Palermo 58 auto (40%), mentre ne sono rimaste parcheggiate 89 (60%). Di queste 89 molte sono quelle site negli stalli degli altri comuni dell'area vasta, per cui indisponibili per gli utenti di Palermo. Infatti, il gestore, al fine di assicurare il servizio agli utenti residenti nei comuni dell'area vasta, destina almeno 21 auto alle stazioni di tali siti.

Inoltre, in media, ben nove auto al giorno risultano noleggiate per un noleggio a lungo termine: questo fa sì che tali auto siano “bloccate” per giorni dallo stesso utente, che non permette di dividerle con gli altri iscritti e che le rende a loro inutilizzabili (Fig. 20). Spesso tali auto sono noleggiate per lunghi periodi da utenti business, cioè da aziende che fanno utilizzare la macchina condivisa ai propri dipendenti, sostituendo così la necessità di disporre di macchine aziendali.

Di fatto ciò penalizza non poco gli altri iscritti, che vedono ridotta la flotta a disposizione soprattutto in determinati periodi dell'anno: nel 2019 ciò è accaduto specialmente nei mesi di dicembre e gennaio durante la pausa natalizia, e nei mesi estivi di luglio e agosto, con un picco di ben 37 auto noleggiate a lungo termine (25%) nella settimana di Ferragosto.

Domenica 30 giugno 2019 è stato il giorno in cui la flotta è stata utilizzata meno: ben l'85% delle auto non hanno effettuato in tal giorno alcuna corsa. Il 30 dicembre 2019 è stato, invece, il giorno con la più alta utilizzazione della flotta: il 55% delle auto che compongono la flotta car sharing ha effettuato almeno una corsa.

Il tasso di rotazione medio relativo esclusivamente alle auto elettriche, e quindi al *free-floating*, è pari a 0,32. Ciò significa che in media un'auto elettrica è stata utilizzata per effettuare una corsa ogni tre-quattro giorni. Questo valore è decisamente basso se si mette a confronto il servizio palermitano con i servizi *free-floating* delle altre città italiane, che vanno da un tasso di rotazione pari a 2 di Bologna a quello pari a 6 di Torino (Osservatorio Nazionale Sharing Mobility, 2020).

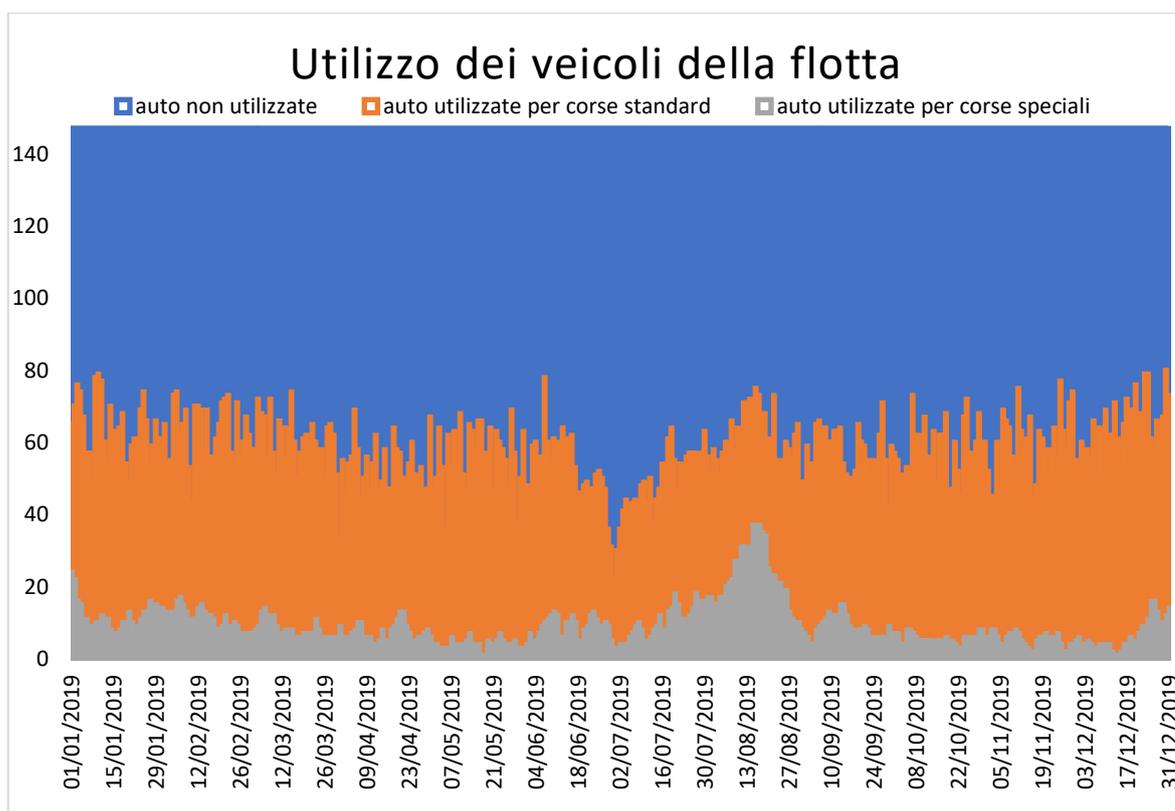


Figura 20. Andamento dell'utilizzo giornaliero dei veicoli della flotta nel corso dell'annualità considerata.

### 3.3.7 Utilizzo della flotta: tasso di inattività

Come altro indicatore di *performance* è stato considerato il tasso di inattività dell'autovettura. Il tasso di inattività, definito come il rapporto in percentuale tra il numero di giorni in cui l'autovettura è stata ferma e il numero totale di giorni dell'anno, è stato in media pari al 78% per le Renault Zoe.

Nel dettaglio, i valori del tasso di inattività variano da un massimo del 97%, corrispondente a 355 giorni di inattività, a un minimo del 68%, corrispondente a 249 giorni di inattività.

Ciò è confermato anche dalla Tab. 24, che mostra come le Renault Zoe siano state ben poco utilizzate nel corso degli anni: esse hanno percorso in media 2.144 chilometri l'anno, contro una media di circa 8.700 chilometri percorsi l'anno dalle autovetture di diversa tipologia.

Si sottolinea che le autovetture elettriche, essendo utilizzate per la modalità *free-floating*, percorrono pochi chilometri per singola corsa (secondo i dati del 2019, 4,26 km in media per corsa), in quanto gli spostamenti serviti da tale modello di business sono più brevi, allorché espletati entro il perimetro dell'area di noleggio. Tuttavia, l'esiguo numero di chilometri percorsi trova giustificazione nel basso valore assunto dal tasso di rotazione più che in quest'ultima motivazione.

Di conseguenza, l'azienda dovrebbe puntare ad un utilizzo ben più ampio della flotta elettrica, favorendo una condivisione dell'autovettura tra molti utenti nel corso della stessa giornata, anche alla luce dei brevi tempi di occupazione dell'auto per singolo utente.

Tabella 24. Media dei chilometri percorsi annualmente dalle autovetture del car sharing.

Modello	Chilometri percorsi al 2019	Anni di anzianità al 2019	Chilometri percorsi in media annualmente
Fiat DOBLO'	9.198	2	4.599
Fiat PANDA	47.918	4	11.980
Fiat PUNTO	14.796	2	7.398
OPEL COMBO	50.052	5	10.011
OPEL ZAFIRA	48.021	5	9.604
RENAULT ZOE	8.575	4	2.144
TIPO SW	19.918	2	9.959
VW GOLF	62.759	5	12.552
VW POLO	79.682	10	7.968
VW TOURAN	93.653	10	9.365
VW UP!	46.274	5	9.507

Più utilizzate sono le altre tipologie di auto: se si considerano le autovetture non elettriche della flotta la percentuale media di utilizzo annuale passa, infatti, al 43% (Fig. 21). Considerando l'intera flotta, le auto sono state utilizzate in media per 144 giorni su 365, cioè per il 40% dell'anno.

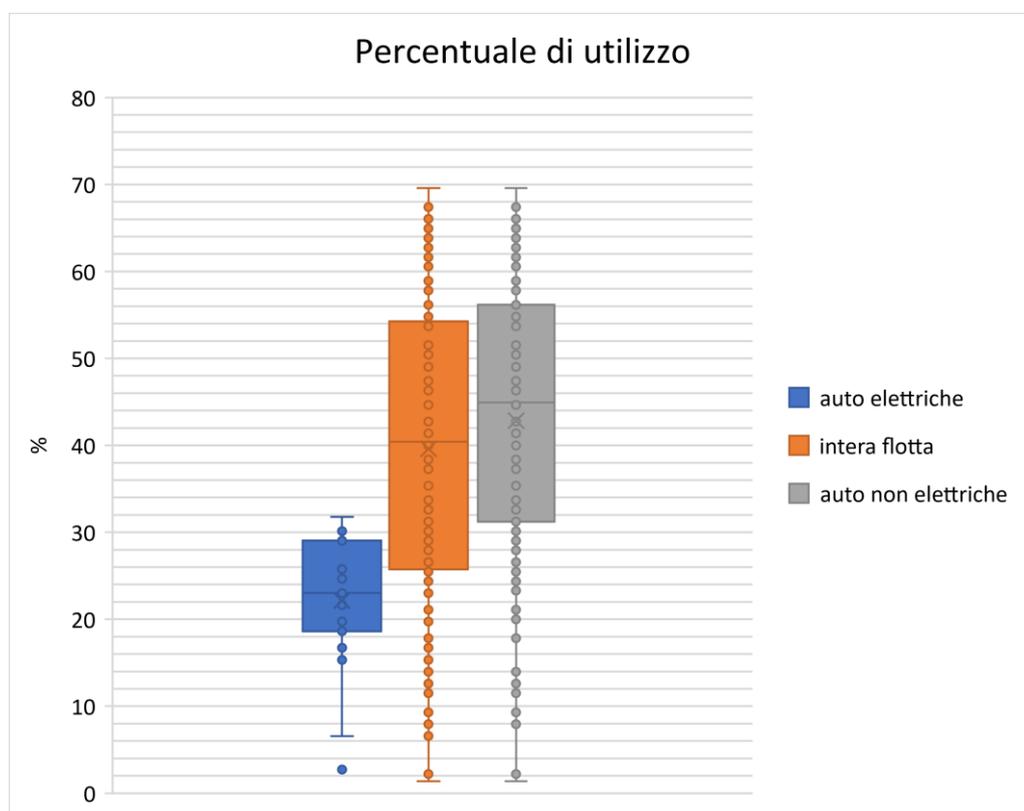


Figura 21. Percentuale di utilizzo dell'autovettura del car sharing palermitano.

### 3.4 Il profilo della clientela

Un aspetto fondamentale della progettazione di un servizio car sharing è comprendere la tipologia di utenza che esso deve puntare ad attrarre. Solo un'attenta analisi delle caratteristiche dell'utenza maggiormente attratta può far capire alle aziende dove conviene introdurre il servizio e con quali modalità.

Si è cercato di determinare il profilo della clientela del servizio AmiGO, attraverso l'analisi dei dati provenienti dal database degli abbonamenti, mai gestito direttamente da AMAT ma da società esterne. Tale operazione è risultata di difficile attuazione in quanto le tipologie di dati raccolti variavano di anno in anno; per avere, quindi, una visione completa si è dovuto fare riferimento ad anni diversi.

I dati sono stati trattati nell'assoluto rispetto della *privacy* in quanto sono stati comunicati da AMAT in forma anonima (un codice identificativo sostituiva il nominativo dell'utente).

Per valutare, inoltre, se vi sia stato un cambiamento nel profilo della clientela si è fatto riferimento ai dati del 2017 e del 2020.

A fronte di una popolazione italiana maggiorenne composta da donne più che da uomini, l'utenza del car sharing palermitano nel 2017 appariva soprattutto maschile: per il 69% essa era costituita da uomini, per il 27% da donne, mentre il rimanente 4% era rappresentato da profili aziendali, non legati ad alcun nominativo connesso ad una persona fisica. L'87% degli utenti aveva sottoscritto un abbonamento come cliente privato, mentre il 13% possedeva un abbonamento per aziende e partite IVA. In Fig. 22 si può notare la distribuzione dell'età dell'utenza: il 57% degli abbonati aveva un'età compresa tra i quaranta e i cinquantanove anni, mentre solo il 6% risultava avere meno di trenta anni.

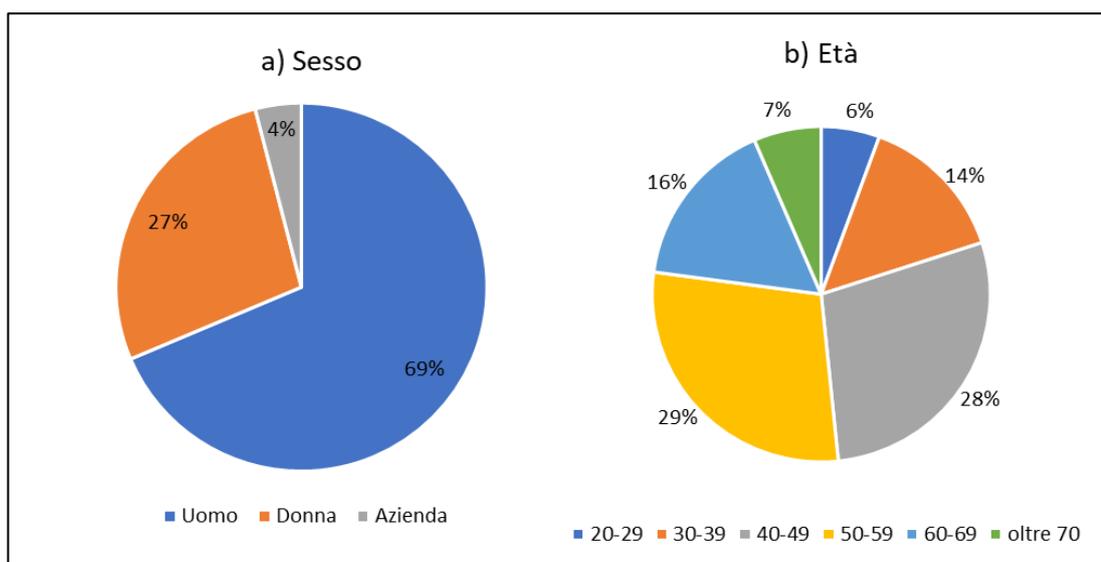


Figura 22. Percentuale di iscritti per sesso (a) ed età (b) nel 2017.

Nel 2020, con riferimento ai soli utenti attivati, è cresciuto il numero di donne (29%), mentre è diminuito il numero di abbonamenti aziendali, non legati ad un singolo utilizzatore (Fig. 23). Il 94% degli utenti attivati dispone di un profilo privato, mentre il restante 6% di un profilo aziendale. Molto diversa dal 2017 è la distribuzione per età: si riducono gli utenti appartenenti alle fasce di età più alte, mentre gli utenti con meno di trenta anni costituiscono adesso il 20% del totale.

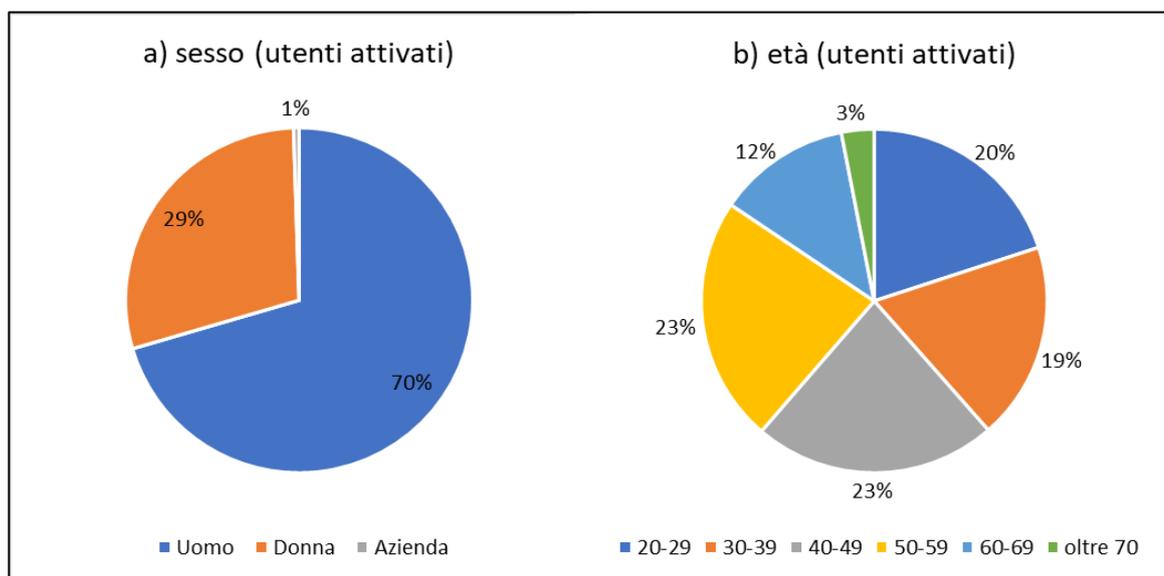


Figura 23. Percentuale di utenti attivati per sesso (a) ed età (b) nel 2020.

Le differenze tra il 2017 e il 2020 vengono alla luce ancor di più se si prende a riferimento il dato relativo agli iscritti totali al servizio (somma degli utenti attivati e degli utenti registrati non ancora attivati): le donne sono, in questo caso, il 30,5% e gli utenti che possiedono meno di trenta anni salgono al 27% (Fig. 24).

Una maggiore presenza femminile e di utenti con età inferiore ai trenta anni è dovuta sicuramente alle promozioni messe in campo nell'ultimo anno nei confronti degli studenti delle Università di Palermo e di Enna, nonché all'introduzione dell'abbonamento unico per car sharing e bike sharing, quest'ultimo utilizzato prevalentemente da un'utenza più giovane rispetto al servizio di auto condivise.

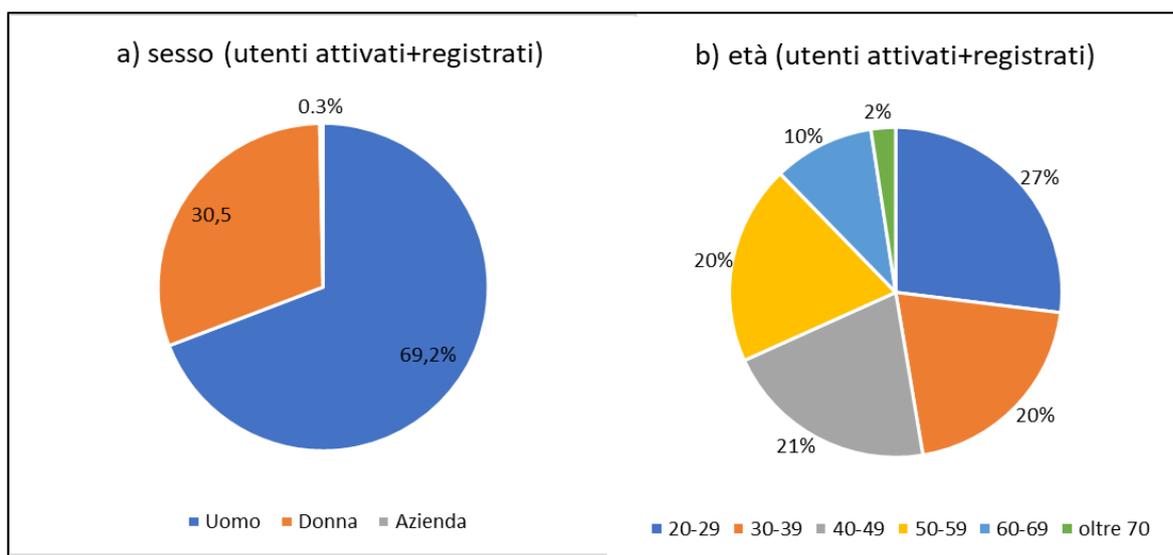


Figura 24. Percentuale di iscritti (attivati e registrati) per sesso (a) ed età (b) nel 2020.

Per quanto riguarda la professione degli iscritti al servizio, si è fatto riferimento ai dati del 2017. In Fig. 25 si riporta il numero di utenti iscritti per occupazione in valori percentuali. Si riscontra che il 37,4% dell'utenza nel 2017 era costituita da lavoratori dipendenti, mentre il 37,2% da liberi professionisti.

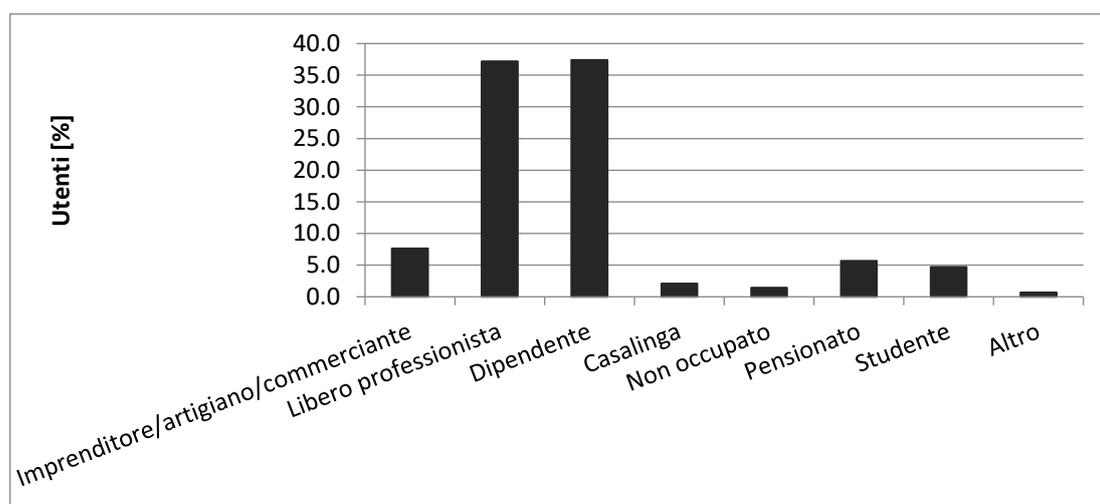


Figura 25. Utenti iscritti al 2017 per occupazione (in valori percentuali).

Infine, al fine di determinare i quartieri di provenienza della maggior parte degli iscritti, si sono presi in considerazione gli indirizzi degli utenti che risultavano abbonati nel 2017 e che risiedevano a Palermo: attraverso un'operazione di *geocoding* effettuata con l'applicazione "Google Earth" di Google, che consente di ricavare da una lista di indirizzi la loro localizzazione, ogni indirizzo è stato geo-localizzato sulla mappa della città; tale mappa è riportata in Fig. 26.

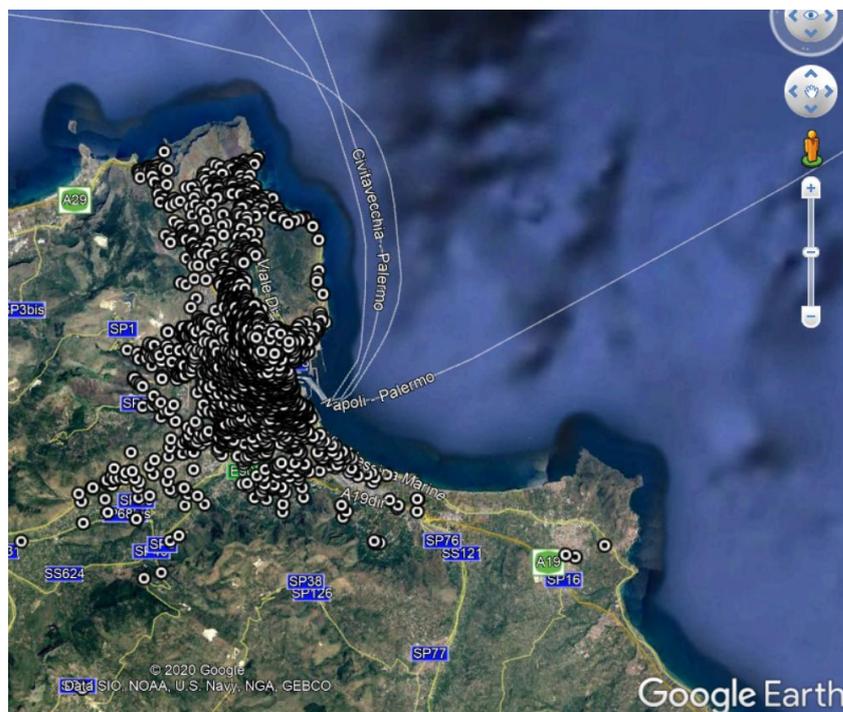


Figura 26. Localizzazione degli indirizzi degli abbonati residenti a Palermo (2017).

Si è visto, quindi, quante residenze ricadevano all'interno di ciascun quartiere sovrapponendo in ambiente GIS gli indirizzi, caricati come *layer* puntuale, ad una mappa in cui il territorio palermitano era suddiviso nei suoi 25 quartieri (Fig. 27). Ciò è stato fatto grazie allo strumento "Intersezione" di QGIS.

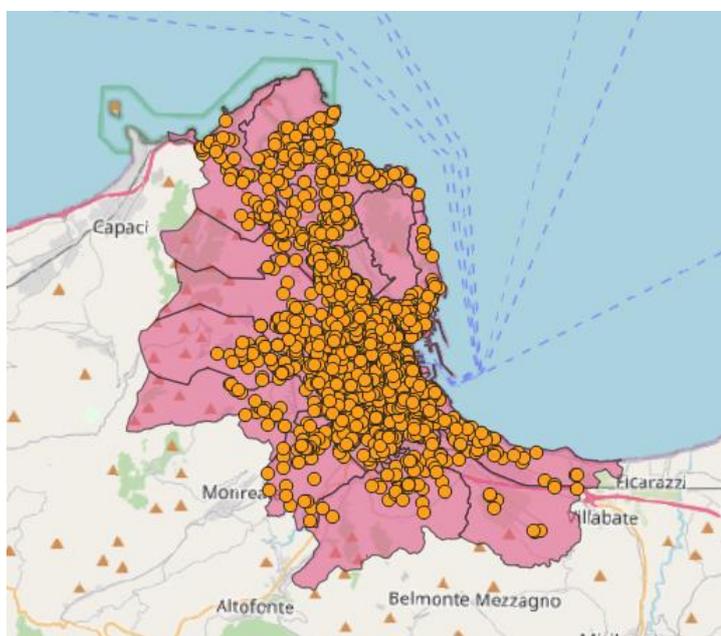


Figura 27. Sovrapposizione tra i quartieri e gli indirizzi degli utenti.

In Fig. 28 si riporta la percentuale di iscritti per ogni quartiere della città di Palermo.

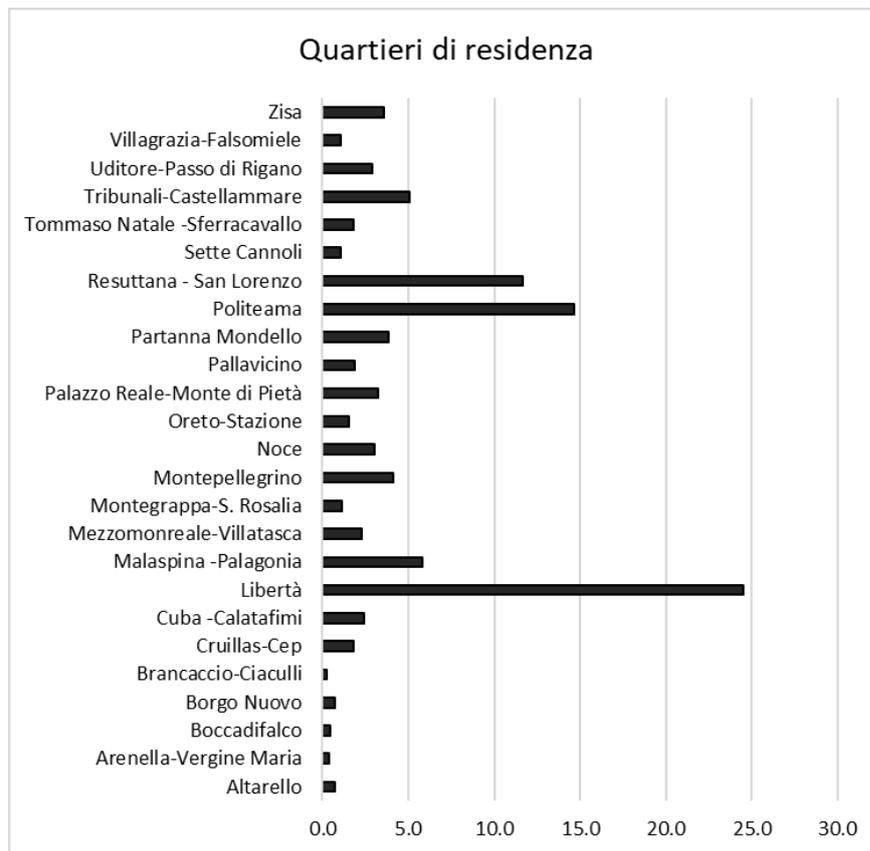


Figura 28. Percentuale di abbonati residenti per quartiere.

Come si nota, il quartiere in cui si ha il maggior numero di abbonati è il quartiere Libertà, seguito dai quartieri Politeama e Resuttana-San Lorenzo. Non stupisce, quindi, come le stazioni del car sharing che sorgono in tali quartieri siano tra le più utilizzate. Inoltre, questi quartieri sono stati quelli designati per l'introduzione della modalità a flusso libero nel 2018. Dalla sovrapposizione in ambiente GIS degli indirizzi di residenza dell'utenza con l'area di noleggio adottata per il servizio *free-floating* (Fig. 29), si è determinato che il 41,7% degli abbonati nel 2017 risiedeva, infatti, all'interno del perimetro dell'area scelta per tale modello di business.

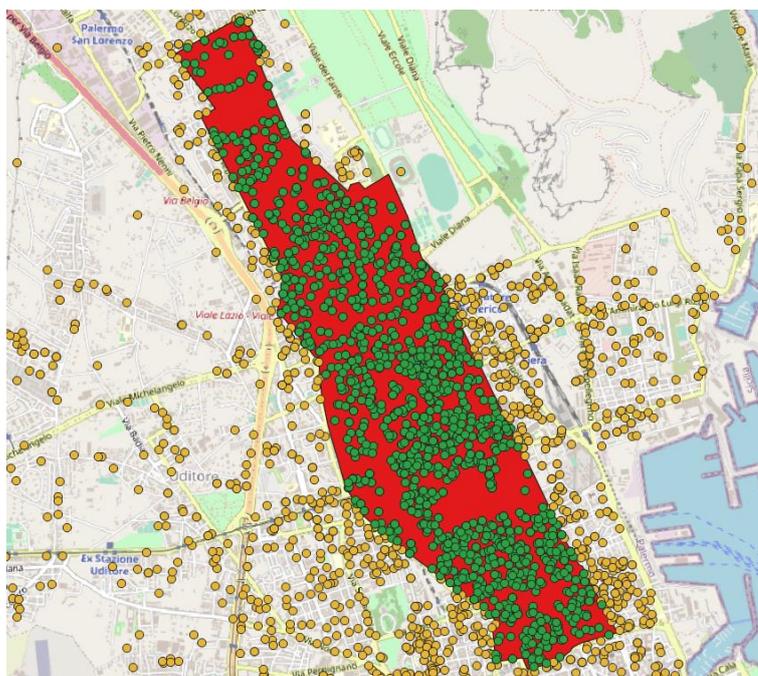


Figura 29. Le residenze degli abbonati al servizio car sharing entro il perimetro dell'area di noleggio del *free-floating* nel 2017 (colorate in verde).

### 3.5 L'indagine di *customer satisfaction*

Al fine di estendere ulteriormente la comprensione del profilo della clientela, si sono analizzati i risultati di un'indagine di *customer satisfaction* condotta nel corso del 2017 e indirizzata a tutti gli iscritti del servizio di car sharing.

L'indagine consisteva in un'intervista in forma anonima somministrata online, nella quale si chiedeva di rispondere a 25 domande relative al grado di soddisfazione raggiunto dal servizio e alle modalità di utilizzo del car sharing da parte dell'intervistato.

Su un totale di 5.256 soggetti presenti in anagrafica, 718 utenti hanno compilato il questionario di *customer satisfaction*, con un tasso di risposta statisticamente più che significativo pari al 14% circa dell'universo. Tale numerosità, e la copertura che garantisce, permette di considerare i dati registrati come attendibili e rappresentativi.

Innanzitutto, si riporta il profilo dei rispondenti (Fig. 30).

Il campione intervistato appare soprattutto maschile (77,3% di uomini contro il 22,7% di donne). I rispondenti hanno per lo più un'età adulta (l'86,6% degli intervistati ha un'età compresa tra i 30 e i 65 anni) e, rispetto alla media nazionale, un alto livello di scolarizzazione (il 62,9% è laureato o possiede titoli post-laurea). Il 29,9% dei rispondenti ha una famiglia composta da due persone, ma alta è anche la percentuale di chi ha una famiglia composta da tre (22,4%) o quattro persone (27,3%).

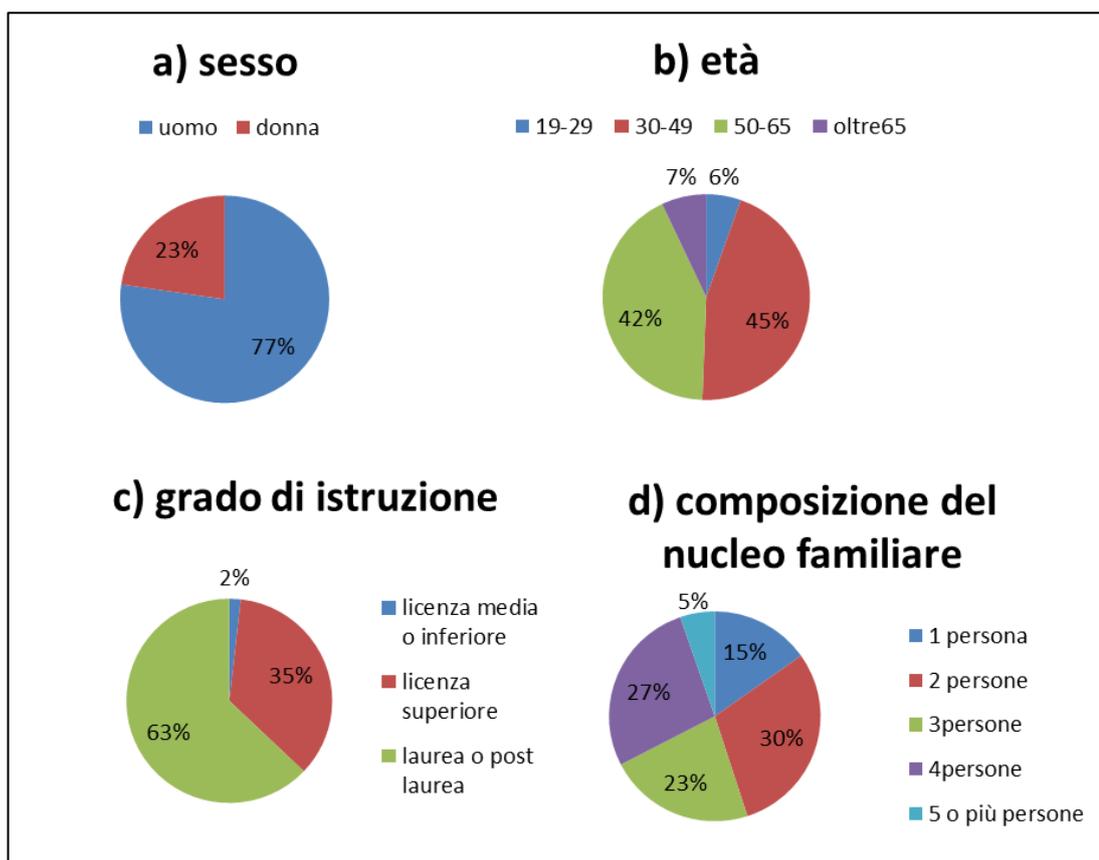


Figura 30. Utenti intervistati per sesso (a), età (b), grado di istruzione (c) e composizione del nucleo familiare (d) in valori percentuali.

Per quanto riguarda la professione svolta dagli abbonati che hanno risposto all'indagine (Fig. 31), la quota maggiore di utenti si rileva tra i lavoratori dipendenti (44,6%) e i liberi professionisti (26,1%).

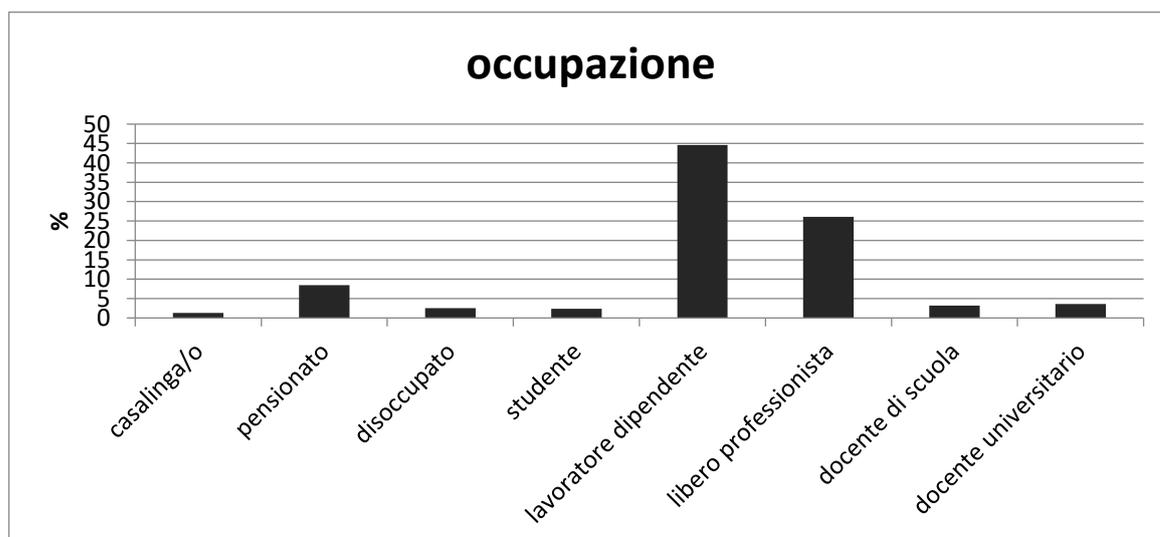


Figura 31. Occupazione degli intervistati (in valore percentuale).

In riferimento invece alla residenza (Fig. 32), gli utenti intervistati risiedono principalmente nei quartieri Libert , Resuttana-San Lorenzo e Politeama.

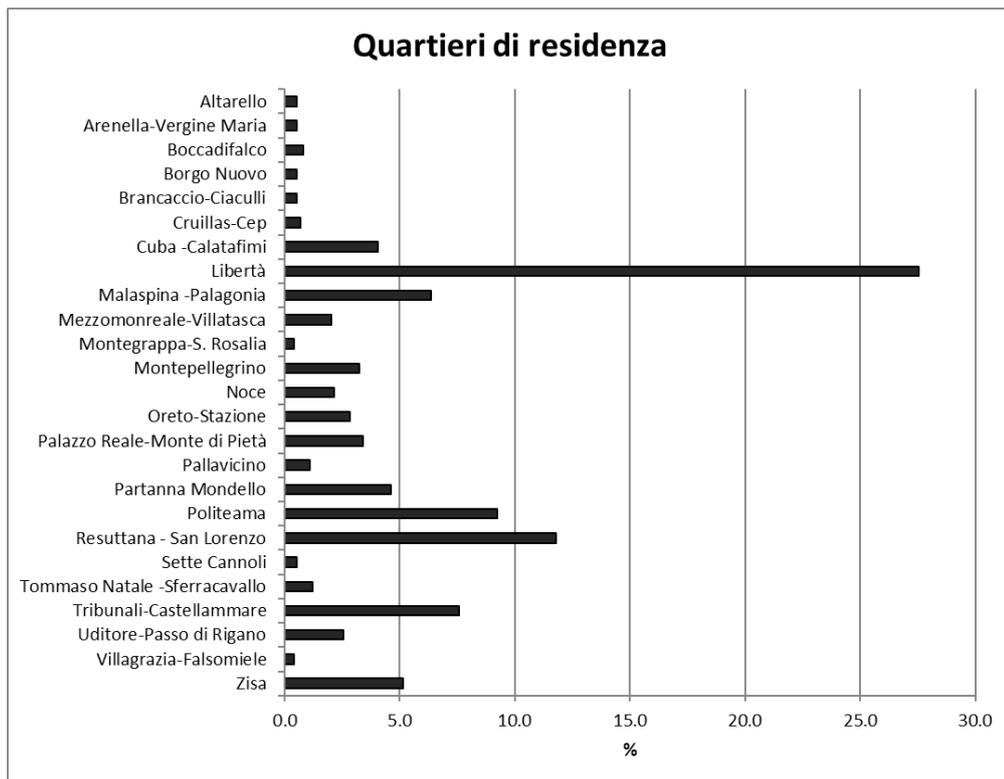


Figura 32. Quartiere di residenza degli intervistati (in valore percentuale).

Come si è già visto, questi sono i quartieri in cui risiede la maggior parte dell'utenza e dove sono più concentrati gli stalli riservati al servizio. Non stupisce, quindi, come il 79,4% degli utenti intervistati affermi che la stazione di car sharing più vicina al suo luogo abituale dista meno di 1 km (Fig. 33).

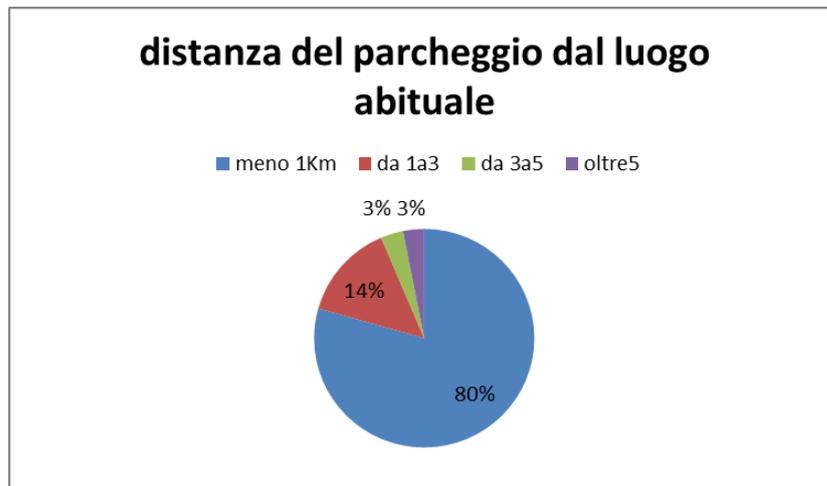


Figura 33. Distanza della stazione car sharing dal luogo abituale.

Escludendo il parcheggio maggiormente utilizzato, che è quello sito all'aeroporto di Punta Raisi, gli ulteriori parcheggi più utilizzati sono, infatti, quello di Piazza Unità d'Italia, il parcheggio Libertà-Politeama e Piazzale Ungheria, localizzati nei quartieri Libertà e Politeama.

La maggior parte degli utenti nell'indagine dichiara di possedere 1 auto in famiglia (51,7%) e che non rinuncerà all'auto di famiglia (61,3%) (Fig. 34).

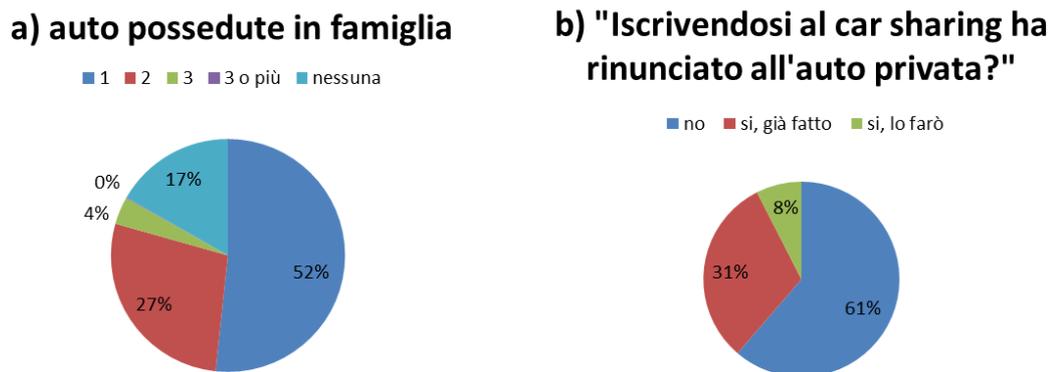


Figura 34. Rispondenti per auto possedute in famiglia (a) e propensione alla rinuncia all'auto privata (b).

Tali affermazioni, uniti al fatto che il nucleo familiare dell'intervistato è composto in genere da più persone, portano ad affermare che l'uso del car sharing è legato molto spesso all'indisponibilità di avere un'autovettura a disposizione, poiché essa è principalmente utilizzata dagli altri componenti della famiglia, e sostituisce di fatto l'acquisto di una seconda auto.

Il 17% non possiede addirittura alcuna autovettura di proprietà.

Questo porta a pensare che questi utenti utilizzino di norma per i propri spostamenti il trasporto pubblico locale (autobus e tram) o altri modi di trasporto, come la mobilità pedonale, bicicletta o motocicli, servendosi occasionalmente del car sharing per effettuare degli spostamenti specifici.

La maggioranza degli abbonati intervistati dichiara, infatti, di utilizzare il car sharing raramente (38,7%) o con una frequenza di poche volte al mese (28%) (Fig. 35), e di recarsi generalmente in auto, moto o a piedi sul luogo di lavoro/studio (Fig. 36), ma anche nei luoghi di svago e shopping (Fig. 37).

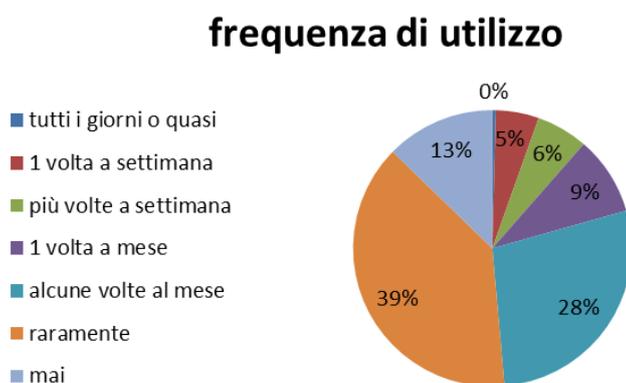


Figura 35. Utenti intervistati per frequenza di utilizzo.

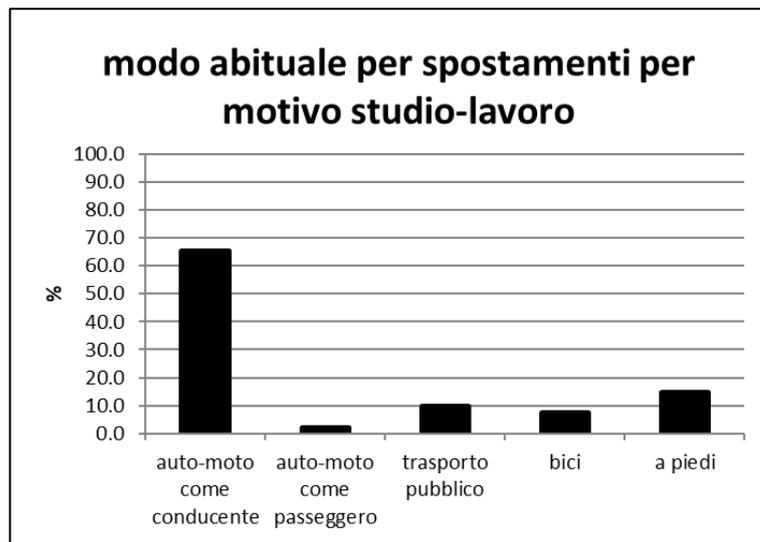


Figura 36. Abitudini di mobilità per motivo studio-lavoro.



Figura 37. Abitudini di mobilità per motivo svago-shopping.

Solo il 9,3% ha un abbonamento al trasporto pubblico e il 65,5%, invece, acquista i biglietti quando necessario (Fig. 38).

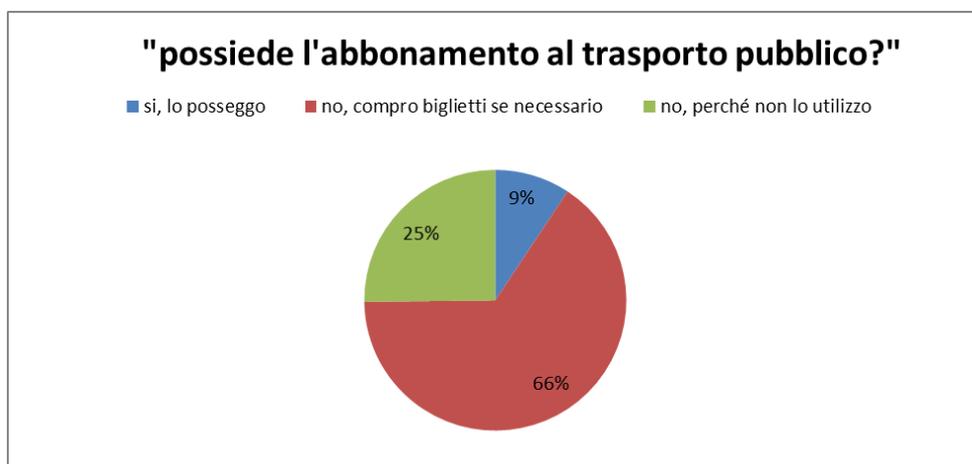


Figura 38. Possesso dell'abbonamento al trasporto pubblico.

La fascia diurna 7:00-15:00 è quella in cui gli intervistati utilizzano maggiormente il servizio (41%), sebbene anche nella fascia 15:00-20:00 e nelle ore notturne il car sharing rimanga ugualmente molto utilizzato (rispettivamente dal 32,8% e dal 26,5% dei rispondenti) (Fig. 39). Ciò può indicare che non si preferisce utilizzare il car sharing per gli spostamenti casa-lavoro rispetto agli spostamenti fatti per svago, ma evidentemente esso a Palermo serve entrambe le tipologie di spostamento in egual misura.

### fasce orarie di utilizzo

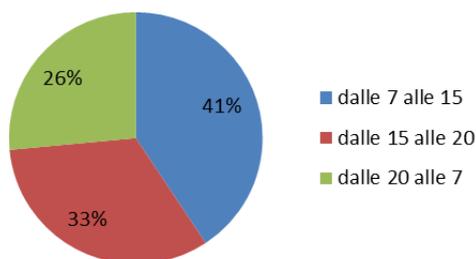


Figura 39. Percentuale di intervistati per fasce orarie di utilizzo.

Il 35% degli intervistati dichiara di utilizzare il servizio da solo, mentre il 59% dichiara di trasportare fino a due persone oltre sé durante i noleggi effettuati in car sharing (Fig. 40).

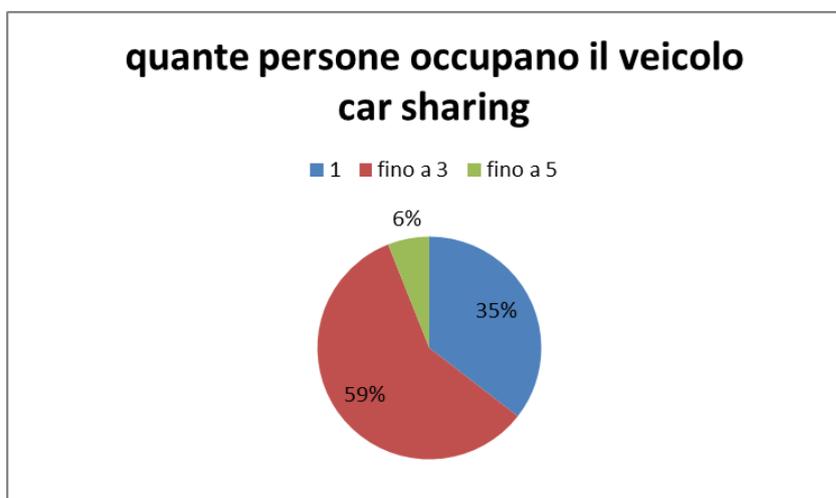


Figura 40. Percentuale di intervistati per numero di persone abitualmente occupanti l'auto condivisa.

Tra le motivazioni di scelta del car sharing (Fig. 41) è emerso che un'alta percentuale dei rispondenti utilizza il servizio per avere una maggiore libertà di transito e sosta, cioè per accedere alla zona a traffico limitato, utilizzare le corsie e gli stalli riservati e parcheggiare gratuitamente negli stalli a pagamento (39,8%); il 38,9% usufruisce di tale servizio perché non ha una macchina a sua disposizione, mentre il 26,3% per la maggiore praticità. Significativo è anche il fattore economico: il 26,6% dichiara di usare l'auto condivisa poiché

si ha un prezzo “*all inclusive*”, il 17,7% perché in generale più conveniente rispetto all’auto privata. Poco incide la sensibilità nei confronti delle tematiche ambientali (17,8%).

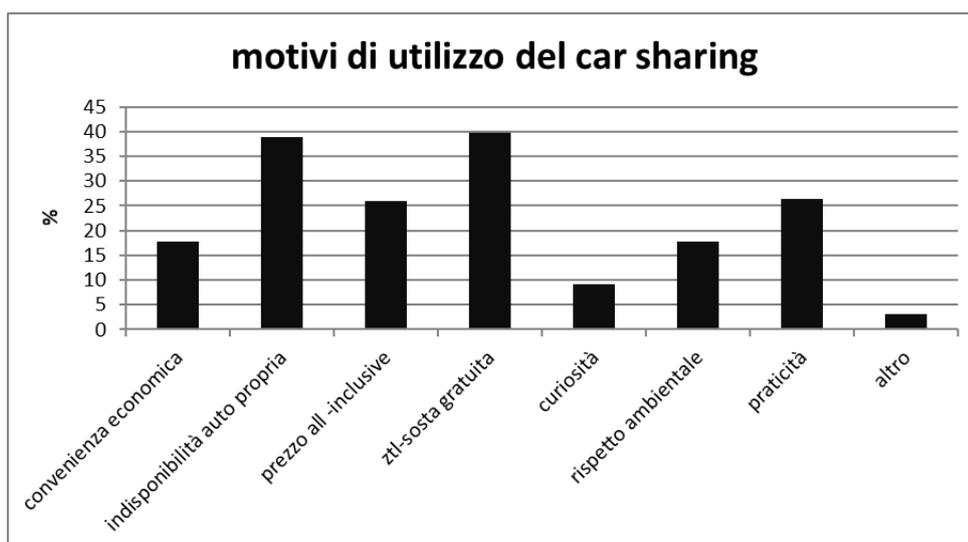


Figura 41. Motivi di utilizzo del car sharing a Palermo.

L’utente medio ha, quindi, una certa disponibilità economica e dà grande valore al tempo risparmiato nella ricerca del parcheggio o allo stress evitato grazie all’utilizzo delle corsie riservate, che permettono di attraversare facilmente zone molto congestionate.

A ciò si aggiunge anche che il parco auto circolante rimane ancora oggi per una buona percentuale composto da veicoli vetusti ed altamente inquinanti: ben il 40,7% del totale delle auto circolanti a Palermo è al di sotto dello standard europeo sulle emissioni inquinanti Euro 4 (Sistan, 2020). L’introduzione della ZTL potrebbe, quindi, aver spinto il possessore di un’auto inquinante, cui è vietato l’ingresso nella zona, a rivolgersi al servizio di car sharing. Da qui si può affermare che un ampliamento della zona a traffico limitato nel futuro o costi maggiori per l’ottenimento dei pass, potrebbero portare ulteriore utenza al servizio di car sharing.

Dall’indagine si è potuto comprendere, inoltre, come l’adesione al car sharing abbia portato un cambiamento nelle abitudini di mobilità degli iscritti al servizio: benché il 53% dei rispondenti abbia dichiarato di aver percorso lo stesso numero di km in auto dopo l’adesione, il 41,6% ha percorso meno km in auto (Fig. 42). Inoltre, il 41,1% ha dichiarato di utilizzare meno il taxi.

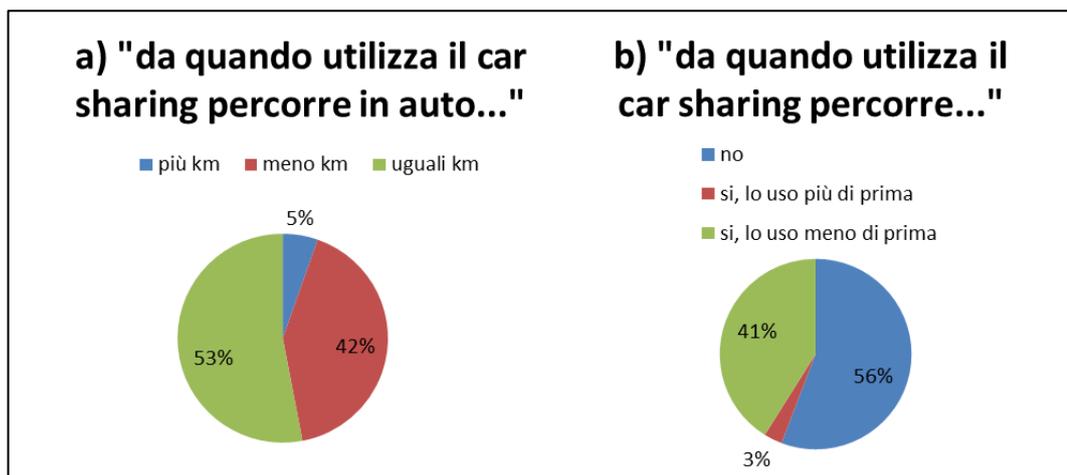


Figura 42. Propensione all'utilizzo dell'auto privata (a) e del taxi (b) dopo l'iscrizione al car sharing.

Il 57,7% degli intervistati dichiara che gli spostamenti effettuati con il servizio di car sharing li avrebbe effettuati, in assenza di esso, con l'auto privata (Fig. 43).



Figura 43. Modalità di trasporto sostituite dal car sharing.

Unendo concettualmente i dati sugli abbonati derivati dal database dell'AMAT con quelli dell'indagine di *customer satisfaction* si evince, quindi, che l'utilizzatore medio del servizio di car sharing, sin ad oggi offerto nella città di Palermo, è un uomo dall'età compresa tra i trenta e i cinquantanove anni in possesso di laurea o titolo post-laurea facente parte di una famiglia composta da due/quattro persone con una unica auto privata, che utilizza il servizio di car sharing sporadicamente per usufruire dei vantaggi derivanti dallo stesso (ingresso ZTL, utilizzo di corsie riservate, parcheggi gratuiti, stalli riservati) o per indisponibilità dell'auto propria.

Poiché poi il parcheggio più utilizzato ogni anno risulta essere, come già detto, quello ubicato all'aeroporto di Punta Raisi, certamente una particolare tipologia di utenza è quella che, facendo spostamenti frequenti da e per l'aeroporto, ritiene conveniente il car sharing a tal scopo.

L'indagine di *customer satisfaction* ha avuto come obiettivo, infine, quello di valutare la qualità del servizio percepita dagli utenti e in che misura il car sharing soddisfi le esigenze dell'utenza. La qualità, infatti, non è altro se non la globalità degli aspetti e delle caratteristiche di un servizio da cui dipendono le sue capacità di soddisfare completamente un dato bisogno. Per l'azienda una tale tipologia di indagine risulta estremamente utile al fine di capire quali elementi sono avvertiti come critici ed elaborare le strategie per migliorare il servizio offerto.

Il car sharing risulta un servizio "promosso" dai suoi utenti, che lo hanno valutato utilizzando una scala da 1 a 10.

Si parla di soddisfazione piena per un servizio nel momento in cui la media dei voti che ottiene supera il 7,5. Nel caso del car sharing palermitano, non si raggiunge la soddisfazione piena ma la media dei voti ricevuti dal servizio è 6,4, quindi esso risulta nel suo complesso soddisfacente. Il 72,3% degli iscritti, infatti, ha valutato il servizio con un voto superiore o uguale a 6. Il 20,6% degli utenti attribuisce un voto pari a 7 e il 21,6% dichiara di essere molto soddisfatto, attribuendo un voto pari a 8 (Fig. 44).

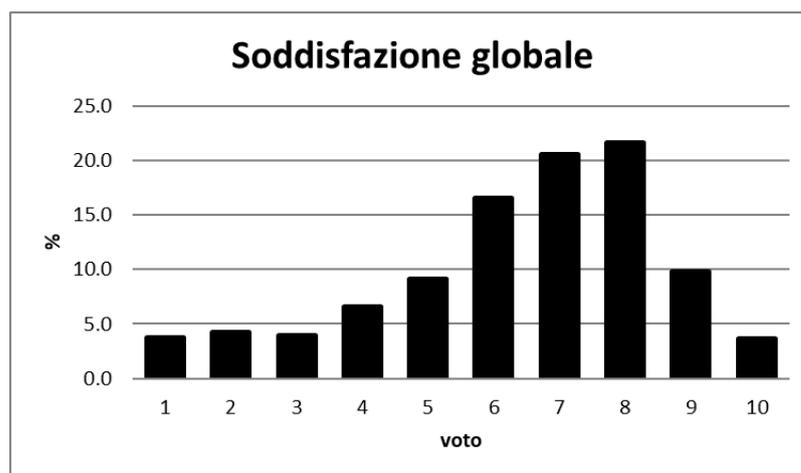


Figura 44. Soddisfazione globale per il servizio.

Oltre alla soddisfazione globale espressa per il servizio, gli utenti hanno valutato in maniera più puntuale i vari aspetti che costituiscono nel dettaglio l'offerta car sharing.

Il sistema di prenotazione sembra essere il punto debole del servizio per l'utenza, che non è avvertito come semplice, rapido ed intuitivo: ben il 21,6% degli intervistati valuta il sistema di prenotazione con il voto minimo (Fig. 45). Una revisione del sistema di prenotazione è pertanto auspicabile.



Figura 45. Percentuale degli intervistati per voto attribuito alla soddisfazione nei confronti del sistema di prenotazione.

Altro punto debole è sicuramente la disponibilità del veicolo nelle vicinanze del luogo di interesse, tanto che il 39,3% degli utenti afferma di trovare quasi sempre difficoltà nel prenotare l'auto nel parcheggio e nell'orario preferito (Fig. 46). Il 17,7% addirittura afferma di riscontrare sempre difficoltà a trovare un veicolo disponibile, a fronte di un 34,7% che afferma di non trovare quasi mai difficoltà e di un 8,3% che riesce sempre a prenotare l'auto. Il 60,2% degli intervistati ha attribuito un'insufficienza a questo aspetto del servizio palermitano (Fig. 47).

Sicuramente l'aumento della flotta può portare un miglioramento di tale aspetto. Anche la mancanza di un accoglimento di suggerimenti e reclami è vista come una criticità del servizio, quindi l'azienda dovrebbe rivolgere una maggiore attenzione al dialogo con il cliente.

Semplicità e rapidità delle modalità di prelievo e restituzione del veicolo, modalità di pagamento e sostenibilità ambientale sono aspetti cui l'utente attribuisce un punteggio pienamente sufficiente. Facilità di localizzazione del veicolo, trasparenza del prezzo, economicità del servizio, diversificazione dei modelli della flotta, assistenza, dotazione a bordo, manutenzione, pulizia e stato dei veicoli, sono, invece, attributi per i quali gli utenti si dicono soddisfatti in misura quasi sufficiente (Fig. 48).

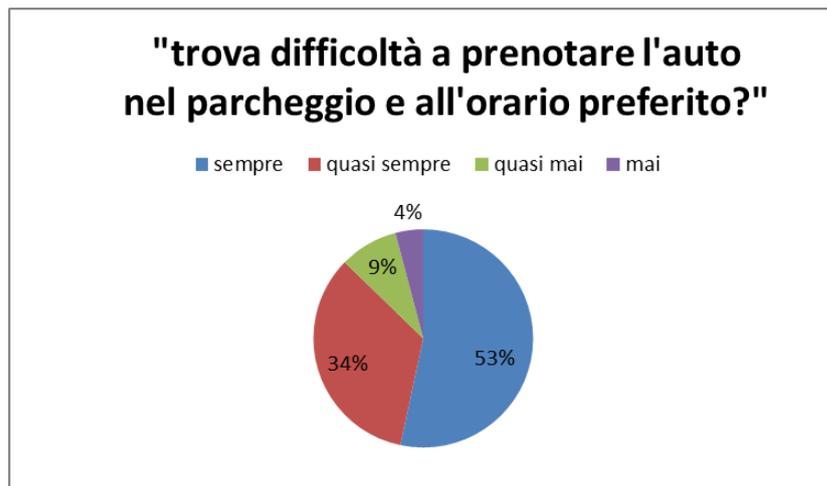


Figura 46. Difficoltà nella prenotazione per via dell'indisponibilità di auto condivise nelle vicinanze.

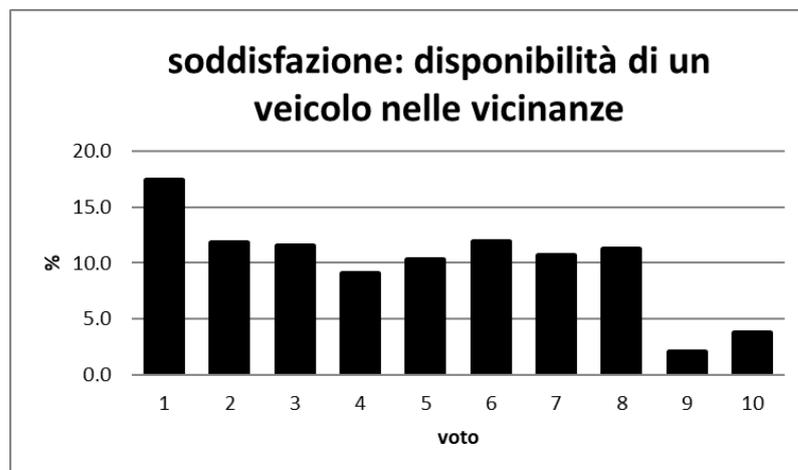


Figura 47. Percentuale degli intervistati per voto attribuito alla soddisfazione nei confronti della disponibilità dei veicoli.

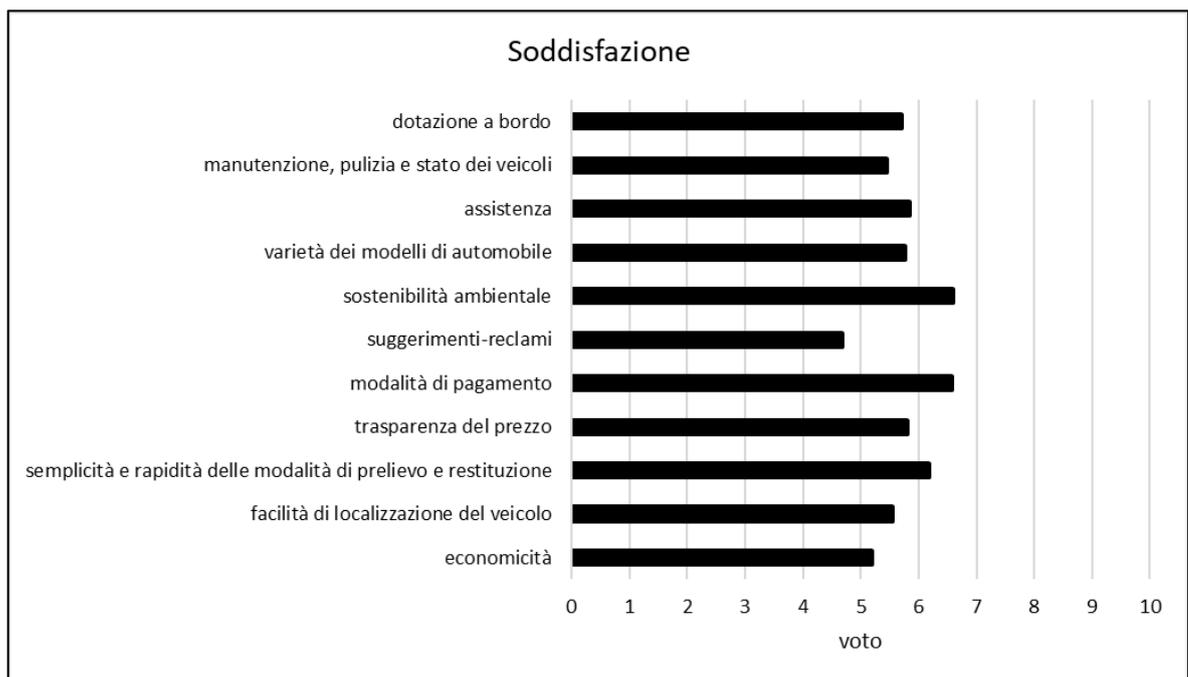


Figura 48. Caratteristiche del servizio car sharing per media dei voti attribuiti dagli utenti.

A conferma di quanto detto, gli iscritti indicano, inoltre, come possibili aree di miglioramento per il car sharing (Fig. 49) una maggiore disponibilità di veicoli (28,4%), un sistema di prenotazione più facile (22,7%) e promozioni e offerte più numerose (14,3%).

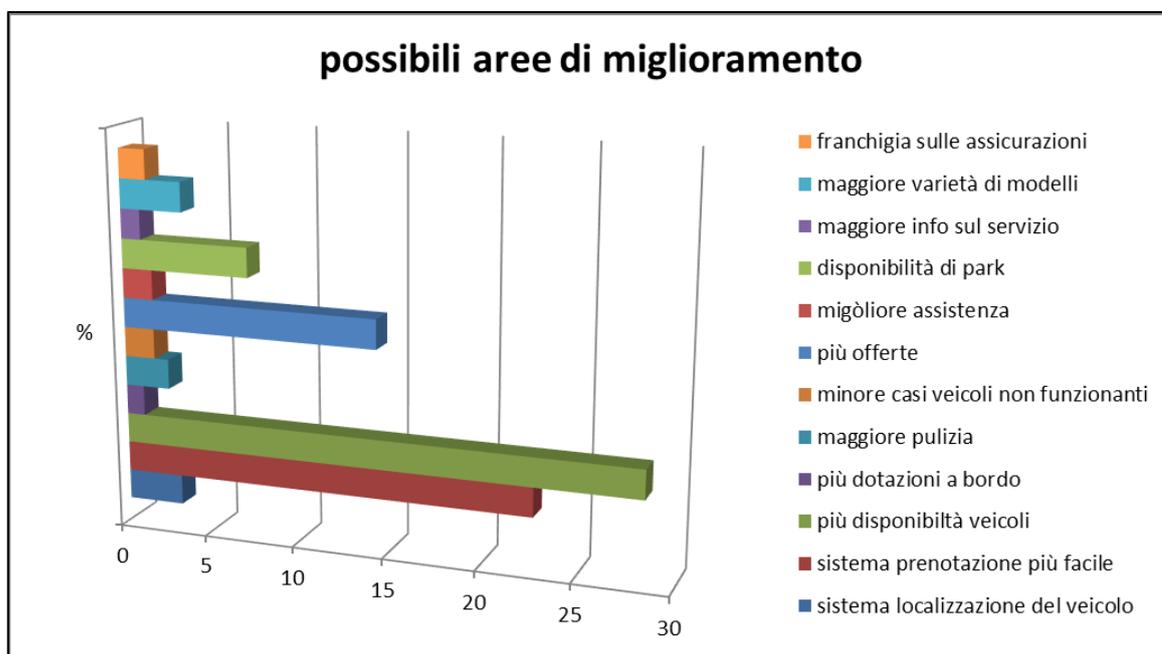


Figura 49. Aree di miglioramento secondo l'utenza.

### 3.6 La localizzazione degli stalli e dell'area di noleggio

La localizzazione degli stalli del car sharing *station-based*, come si è detto, è un aspetto fondamentale della progettazione del servizio: stazioni situate in zone con scarsa domanda, in aree difficilmente accessibili per il pedone o lontane da servizi ed attività attrattivi, possono compromettere il successo del servizio. Inoltre, anche la densità delle stazioni e la loro vicinanza con i principali nodi del trasporto pubblico sono sicuramente elementi da tenere in considerazione quando si progetta un servizio di car sharing.

Pertanto, si è voluto valutare se la localizzazione delle stazioni del car sharing palermitano, effettuata dall'azienda, fosse ottimale e se esse fossero in numero adeguato a garantire una buona copertura del territorio cittadino e dell'utenza.

Si è, in primo luogo, determinata la *catchment area* delle stazioni del car sharing, cioè l'area da cui il servizio può attrarre utenza. Ciò è utile al fine di comprendere la copertura che il servizio assicura, in che aree urbane esso ha più potenzialità e se esso lascia ampie zone della città non servite, trascurando così ampi bacini di possibili utenti.

Per il car sharing di tipo *station-based*, la valutazione dell'adeguatezza della *catchment area* raggiunta dal servizio si determina calcolando il numero di cittadini che il servizio può

potenzialmente attrarre, cioè coloro i quali risiedono o lavorano ad una distanza pedonale dagli stalli riservati alle auto condivise.

Per la valutazione della *catchment area*, si è fatto riferimento ai dati del 2019, quando nel territorio cittadino erano presenti 82 stazioni sulle 86 attuali.

Fondamentale è stato l'ausilio dato da QGIS, software GIS che ha permesso di effettuare operazioni di *buffering* ed elaborare i dati ISTAT del Censimento della popolazione e delle attività del 2011, ricavando il bacino di utenza potenziale.

La distanza massima considerata percorribile a piedi dall'utente del car sharing è stata fissata in 500 m: l'utente, infatti, mediamente accetta di prelevare un'auto del car sharing se essa si trova ad una distanza variabile tra i 300 ed i 500 metri rispetto alla propria posizione, superati i quali riterrà la stazione del servizio troppo distante rispetto all'origine del suo spostamento. Il primo passo è stato, quindi, quello di posizionare accuratamente in ambiente GIS le stazioni del servizio car sharing.

Ciò può essere fatto utilizzando dapprima il programma Google Earth di Google, inserendo un segnaposto in corrispondenza dei luoghi in cui sorgono le stazioni. Tali segnaposti possono poi essere salvati con estensione “.kml”, formato importabile su QGIS. Con l'importazione, i segnaposto di Google Earth vengono trasformati in un *layer* di punti: ogni stazione è così geolocalizzata in modo preciso.

Una volta localizzate le stazioni, è possibile determinare la *catchment area*, tracciando dei *buffer* circolari attorno ai parcheggi riservati: per effettuare tale operazione è stata utilizzata l'estensione di QGIS denominata “MMQGIS”, che permette di attivare la funzione “Create buffers”.

Il risultato in termini cartografici delle operazioni di *buffering* effettuate attorno alle stazioni del servizio di auto condivise, cioè l'area di servizio con raggio di 500 m, è riportato in Fig. 50.

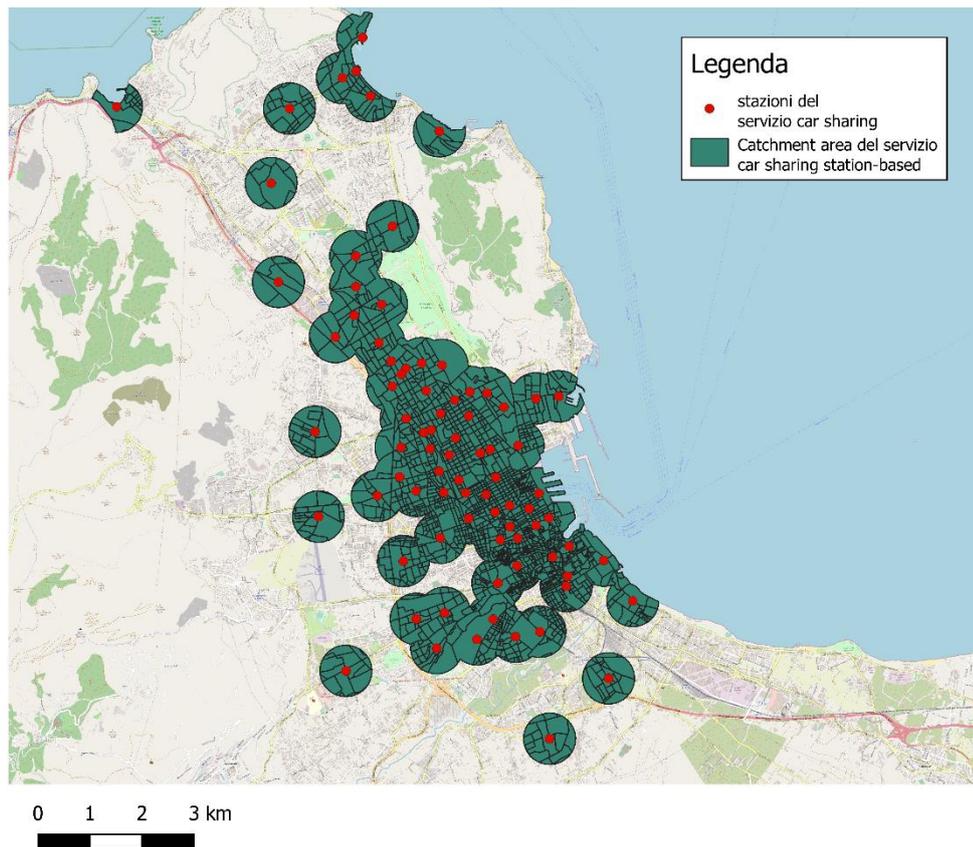


Figura 50. Bacini di utenza del servizio car sharing di tipo *station-based*.

Sovrapponendo i bacini di utenza ricavati con la mappa dei quartieri (Fig. 51), è possibile fare una prima, semplice, constatazione: si nota come i quartieri periferici della città siano veramente poco coperti dal servizio e come esso si concentri principalmente nei quartieri del centro città.

Alla luce di questa considerazione, si possono spiegare i dati presentati nel corso dell'analisi del profilo della clientela riportata al paragrafo 3.4. Una presenza esigua delle stazioni di car sharing fa sì che pochi risultino gli iscritti nei quartieri di Brancaccio-Ciaculli (0,3%), Arenella-Vergine Maria (0,4%), Boccadifalco (0,4%), Altarello (0,8%) e Borgo Nuovo (0,8%).

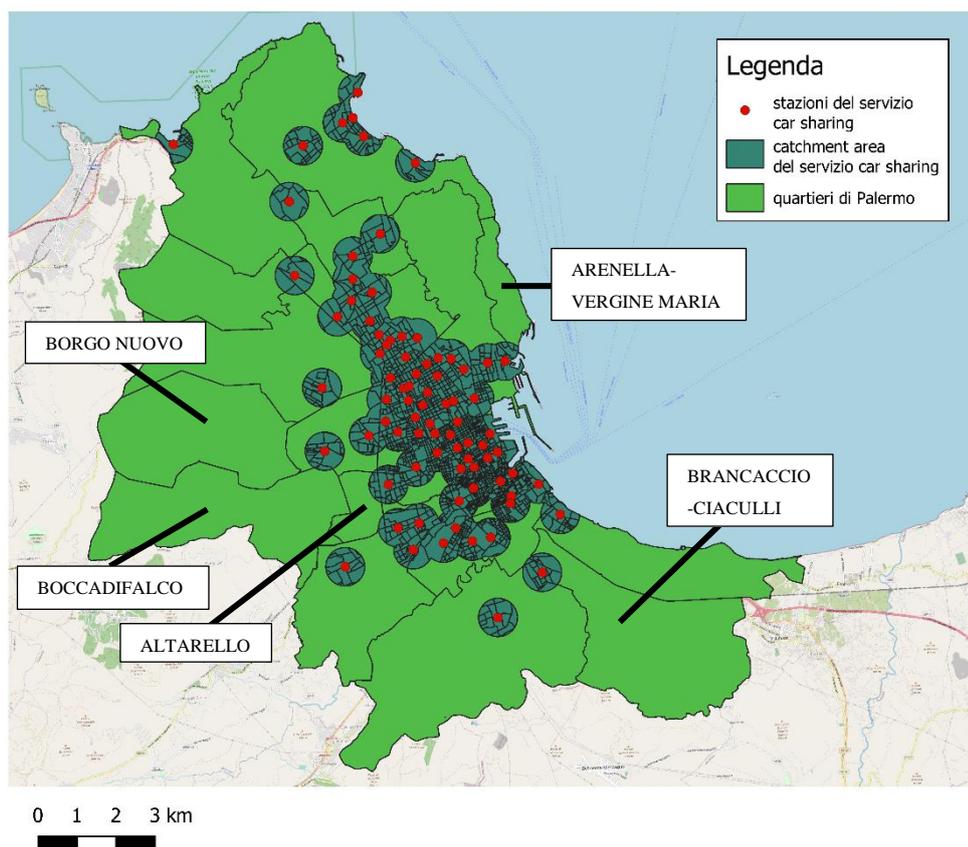


Figura 51. Confronto tra l'estensione della *catchment area* del servizio car sharing *station-based* e l'estensione dei quartieri di Palermo.

È stata quindi determinata per ogni quartiere la popolazione che il servizio di car sharing potrebbe potenzialmente attrarre.

L'uso dei software GIS permette, infatti, di associare al dato geografico altre tipologie di dati, come, in questo caso, quelli sociodemografici, relativi alla popolazione residente e agli addetti.

In occasione del 15° Censimento della popolazione e delle abitazioni e del 9° Censimento dell'industrie e dei servizi, effettuati da ISTAT nel 2011, il territorio palermitano è stato suddiviso in 2.876 zone censuarie, di estensione variabile. Un infittimento delle zone censuarie si ha per i quartieri centrali della città, mentre le zone periferiche sono suddivise in zone censuarie di maggiori dimensioni.

Per ogni zona censuaria, ISTAT ha raccolto dati relativi al numero di residenti, alla distribuzione dei residenti per età e per sesso, alla composizione del nucleo familiare, al numero e alla tipologia di imprese presenti.

I dati sociodemografici, risultato del censimento, sono forniti dall'Istituto di statistica in formato ".xls". Le basi territoriali e i dati geografici di ogni singola sezione di censimento

ricadente nel territorio comunale sono, invece, forniti in formato *shapefile* e, pertanto, consultabili attraverso un software GIS.

In ambiente GIS è stato possibile rendere percepibile visivamente i dati sociodemografici, riportandoli su una mappa: allo *shapefile* delle zone censuarie, fornito da ISTAT, sono stati, infatti, associati i dati del censimento, attraverso le operazioni di carattere informatico descritte in D'Orso e Migliore (2017).

Il risultato di tali operazioni sono alcune mappe che mostrano la distribuzione della popolazione sul territorio palermitano (Fig. 52), nonché la distribuzione degli addetti nel settore delle istituzioni pubbliche (Fig. 53), nel settore delle istituzioni no profit (Fig. 54) e nel settore delle imprese (Fig. 55).

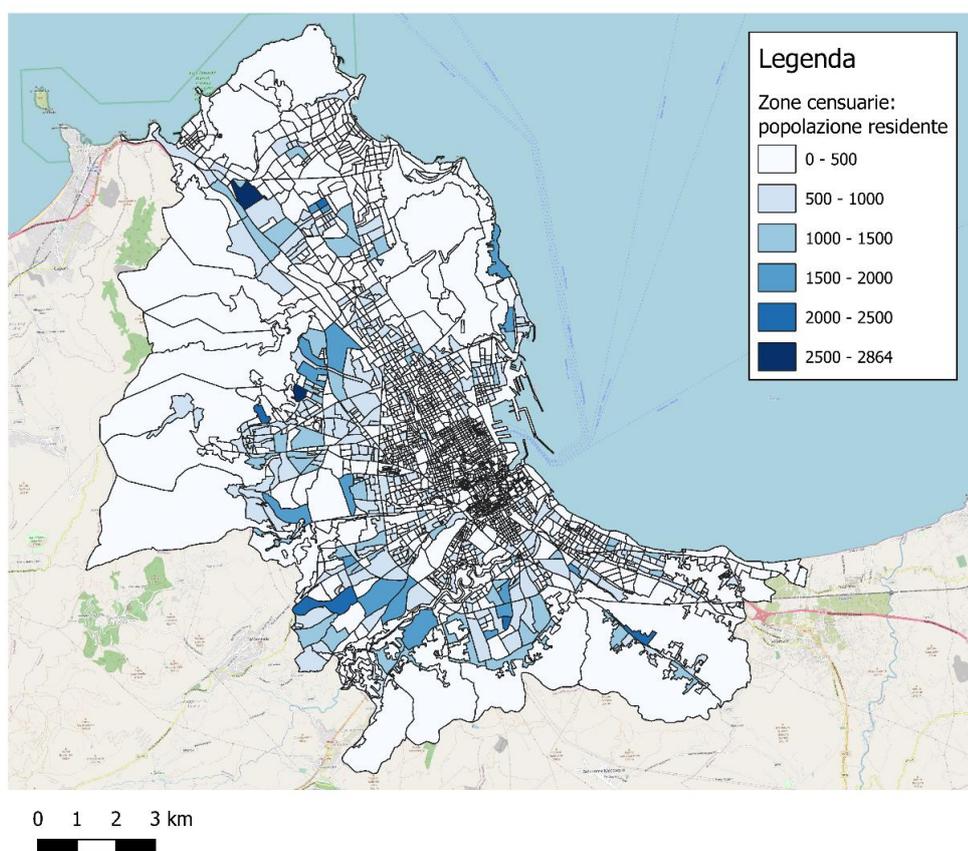


Figura 52. Distribuzione della popolazione.

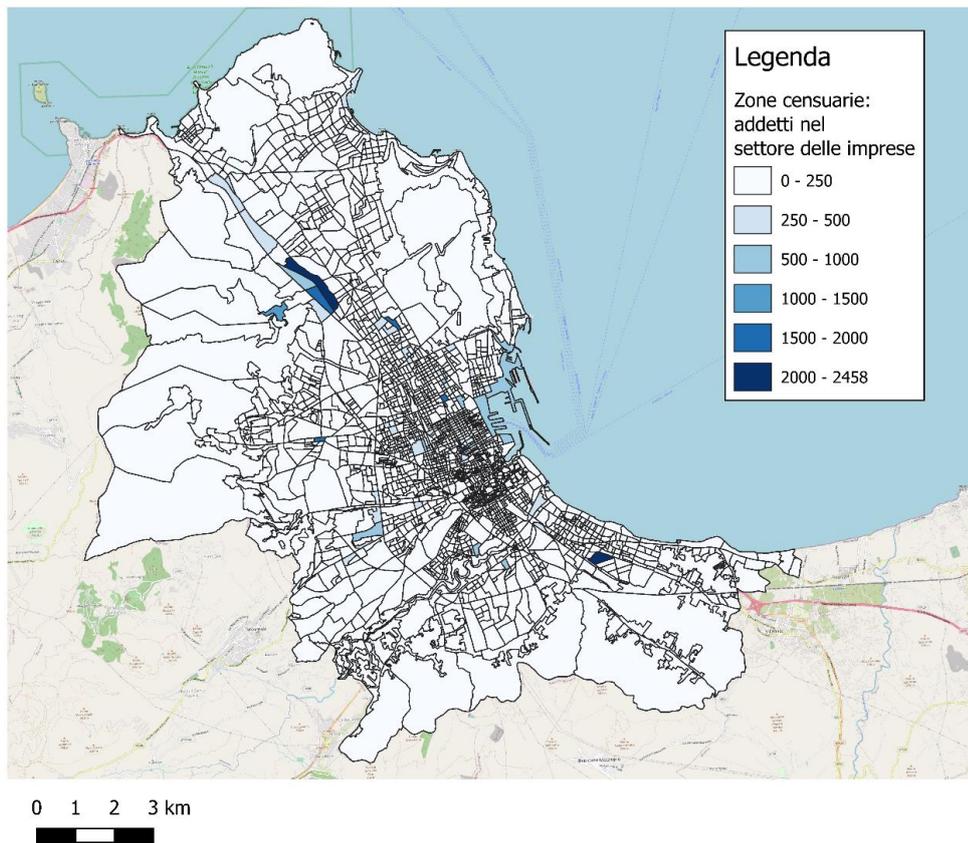


Figura 53. Distribuzione degli addetti nel settore delle imprese.

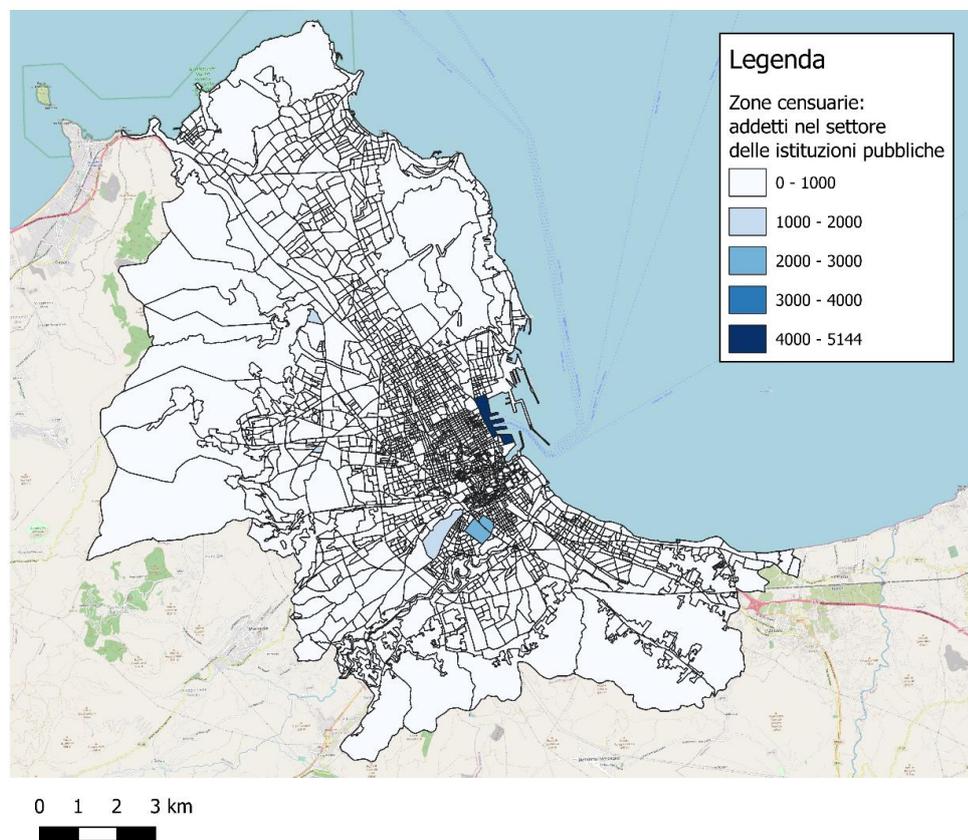


Figura 54. Distribuzione degli addetti nel settore delle istituzioni pubbliche.

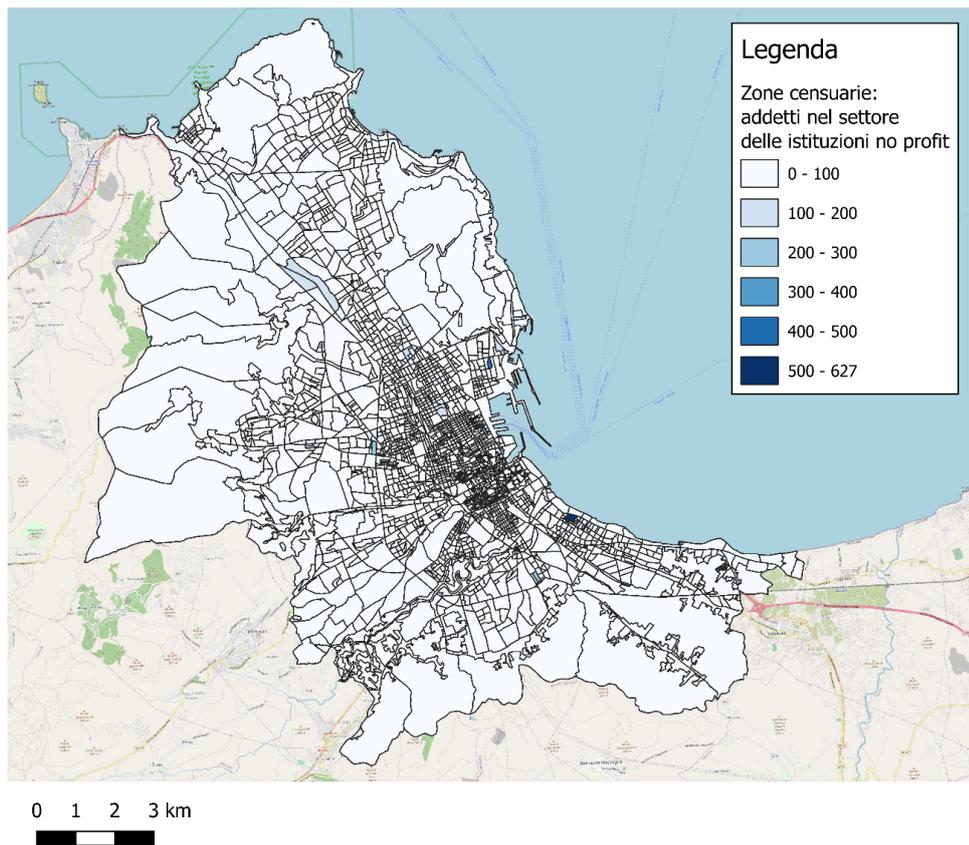


Figura 55. Distribuzione degli addetti nel settore delle istituzioni no profit.

Si può notare come la popolazione sia distribuita in maniera abbastanza uniforme nel territorio urbano, con picchi di residenti in corrispondenza del quartiere CEP (2.864 residenti) e della Zona Espansione Nord (2.773 residenti).

Per quanto riguarda le istituzioni pubbliche il picco nel numero di addetti si ha in corrispondenza della zona portuale (5.144 addetti), per la presenza dell'Ente Porto e di tutte le attività ad esso connesse. Per le istituzioni no profit si nota come il valore più alto di addetti si abbia in corrispondenza della zona censuaria in cui ricade l'Ospedale Buccheri La Ferla (627 addetti).

La zona censuaria in cui risiede la clinica Candela, associata a Confindustria, e le zone industriali di Brancaccio e via Ugo La Malfa, invece, sono le aree a più alta presenza di addetti nel settore delle imprese, con rispettivamente 2.458, 2.392 e 2.265 addetti.

Dal confronto tra tali mappe e la *catchment area* del servizio car sharing si può capire, a livello macroscopico, se le stazioni siano state collocate adeguatamente in relazione alle residenze e alle attività del territorio. Dalla Fig. 56 si evince come le zone censuarie dove maggiormente si concentra la popolazione in realtà non risultino comprese all'interno del bacino di utenza del car sharing. Ciò comunque non stupisce: queste zone fanno parte di quartieri popolari, densamente abitati, i cui residenti hanno però caratteristiche che li

rendono lontani e assai diversi dal target tipico dei servizi di car sharing. Sono, infatti, quartieri dove risiedono cittadini con basso reddito e con basso grado di istruzione.

Cionondimeno, in un'ottica di implementazione di interventi utili a potenziare il collegamento tra le periferie e il centro città, tali zone, per la potenzialità che possono esprimere in termini di nuova utenza, potrebbero essere in un futuro interessate da un'operazione di ampliamento del servizio con l'installazione di nuove stazioni di car sharing.

In Fig. 57 si evidenzia, invece, che le zone censuarie dove risiedono le imprese che contano un grande numero di addetti rimangono escluse dal bacino di utenza del servizio di auto condivise. Pertanto, potenziali poli attrattori degli spostamenti sono di fatto irraggiungibili dagli utenti del servizio di car sharing, a meno che questi non parcheggino l'auto condivisa in stalli diversi da quelli riservati, lasciando aperta la corsa e continuando, di fatto, a pagare. Quest'ultima eventualità è realizzabile solo quando gli spostamenti effettuati con il car sharing servano per raggiungere luoghi dove compiere attività di breve durata, non risultando più economicamente conveniente nel caso di attività che richiedano soste di lunga durata.

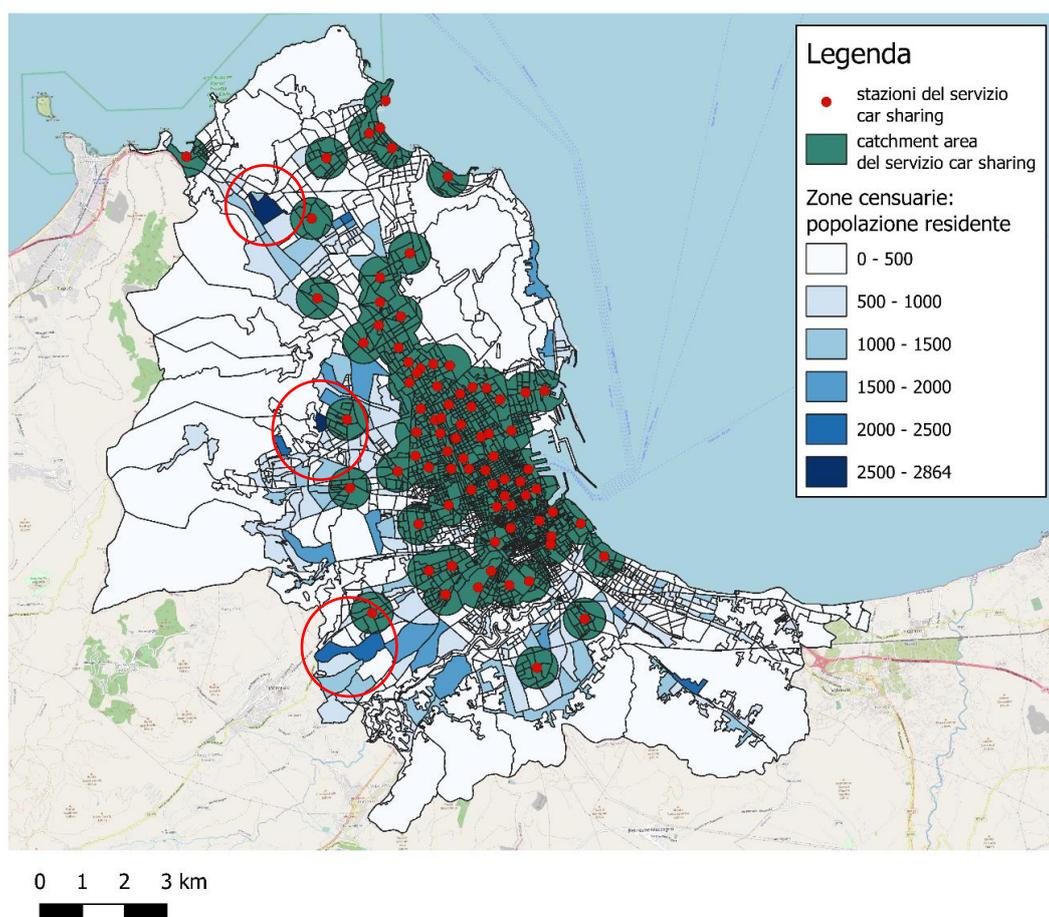


Figura 56. Confronto tra *catchment area* e distribuzione della popolazione. Cerchiate in rosso le aree altamente popolate esterne alla *catchment area*.

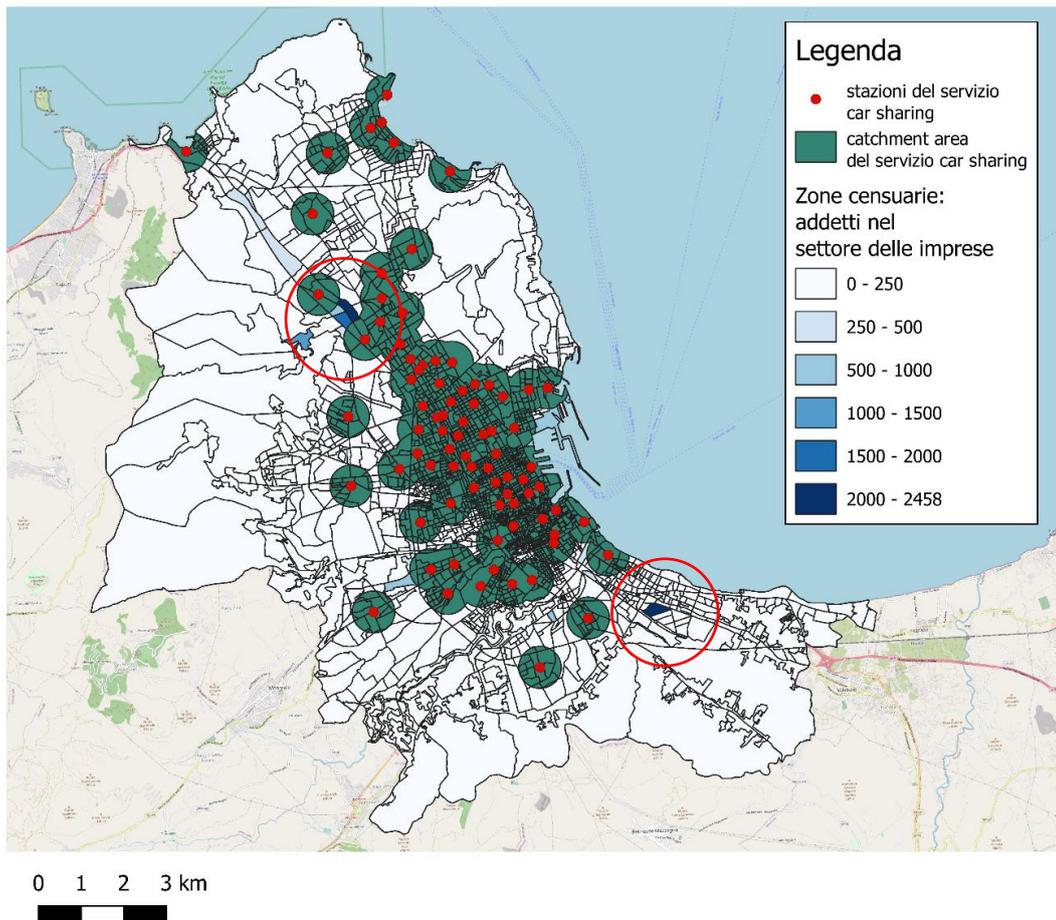


Figura 57. Confronto tra *catchment area* e distribuzione degli addetti nel settore delle imprese. Cerchiate in rosso le aree con alto numero di addetti esterne alla *catchment area*.

Dalla Fig. 58 si evince come le zone in cui si concentrano la maggior parte delle istituzioni pubbliche ricada all'interno della *catchment area*. Ciò era prevedibile, in quanto i grandi uffici pubblici si trovano all'interno dell'area centrale, dove alta è la presenza delle stazioni del car sharing.

I grandi plessi scolastici, le università e gli ospedali sono anch'essi ben serviti dal car sharing. L'unico plesso ospedaliero che rimane appena fuori il perimetro della *catchment area* è l'Ospedale Cervello, situato oltre i 500 metri dalla stazione di car sharing Nenni, in una zona di per sé poco accessibile a piedi per la presenza di Viale della Regione Siciliana.

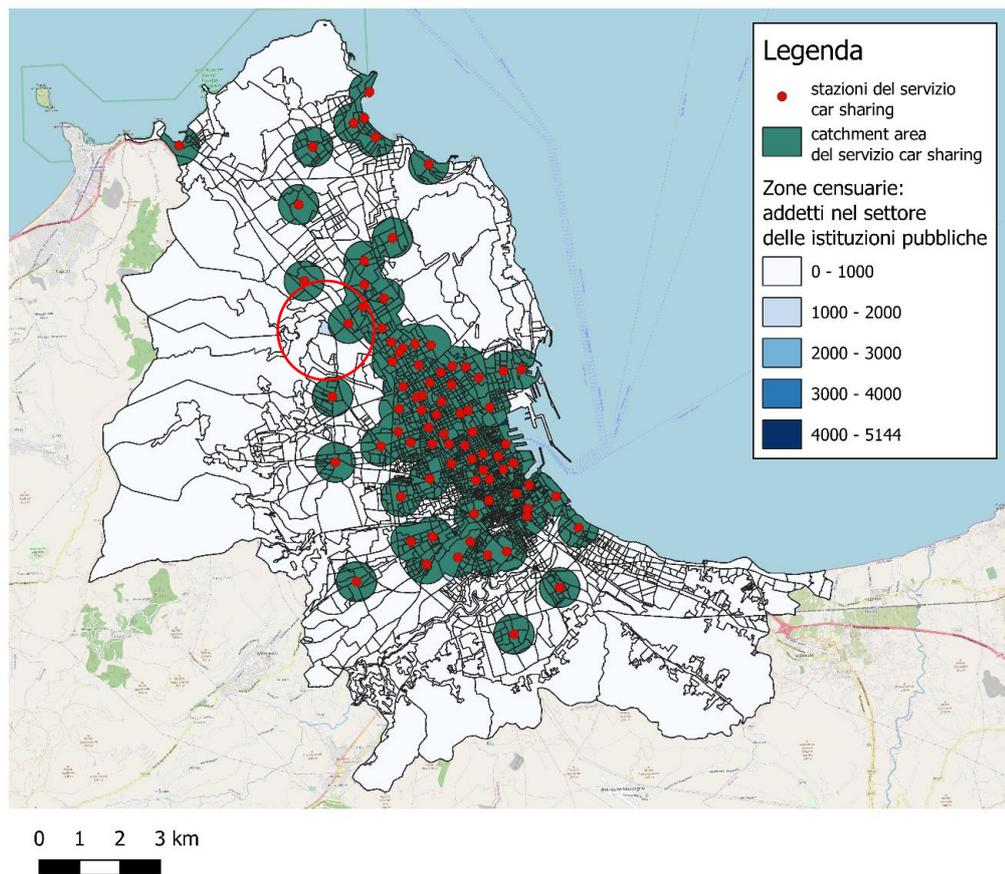


Figura 58. Confronto tra *catchment area* e distribuzione degli addetti nel settore delle istituzioni pubbliche.

La Fig. 59 evidenzia, infine, come anche le zone censuarie dove maggiormente si concentrano le istituzioni no profit, quali cooperative, associazioni, fondazioni, sindacati, organizzazioni senza scopo di lucro che svolgono attività finalizzate all'offerta di servizi socio-sanitari o educativi, siano all'interno della *catchment area* del servizio car sharing.

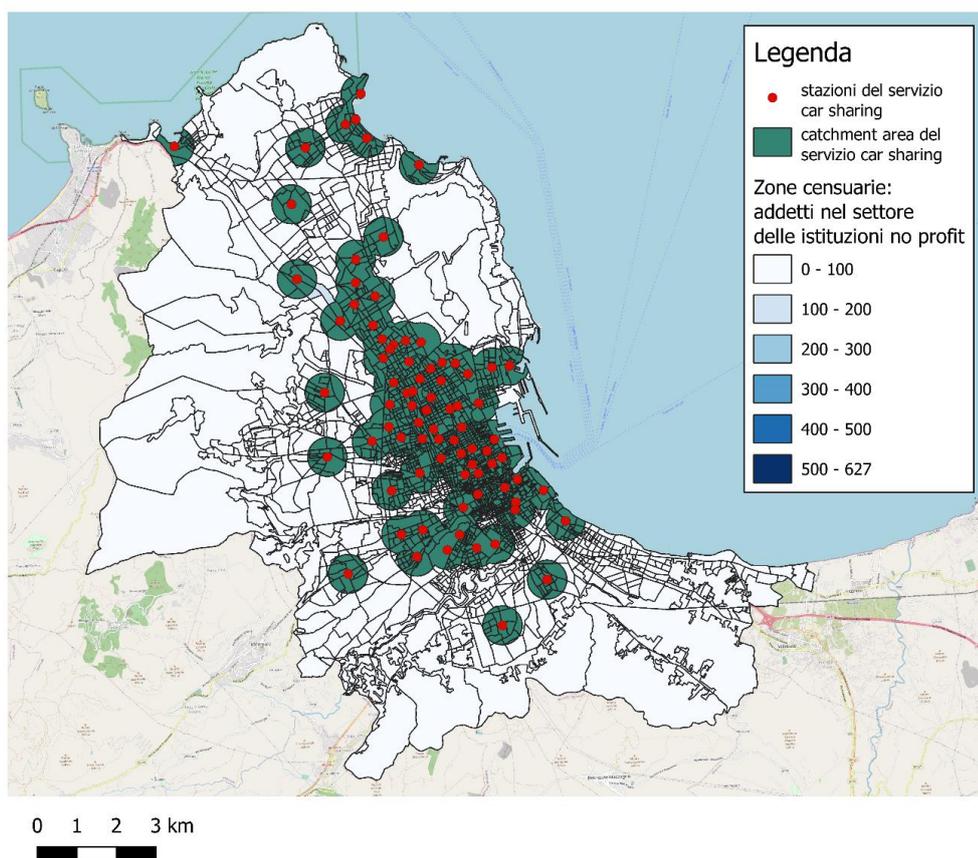


Figura 59. Confronto tra *catchment area* e distribuzione degli addetti nel settore delle istituzioni no profit.

Per ricavare la popolazione e gli addetti potenzialmente attratti da ogni stazione di car sharing si è utilizzata in QGIS la funzione di *geoprocessing* “Intersezione”, che ha consentito di unire il *layer* della *catchment area* con quello delle zone censuarie, che portava con sé tutte le informazioni relative ai fattori demografici; il risultato dell’operazione di intersezione è un nuovo *layer* che permette di determinare il numero di residenti e di addetti che ricadono all’interno della *catchment area*.

È da notare che alcune zone censuarie ricadono parzialmente all’interno del bacino di utenza e, pertanto, per determinare l’effettiva popolazione o l’effettivo numero di addetti ricadenti nelle porzioni delle zone censuarie che vengono interessate dal bacino di utenza, è stato necessario procedere con ulteriori passaggi. Nello specifico si è proceduto seguendo i seguenti step:

1. calcolo dell’area di ogni porzione di zona censuaria che ricade nel bacino di utenza;
2. calcolo della percentuale di area della zona censuaria che ricade nella *catchment area* rispetto all’area totale della zona censuaria (rapporto tra l’area effettiva della zona censuaria ricadente nel bacino e l’area totale della zona censuaria);
3. calcolo della popolazione effettiva della zona censuaria ricadente parzialmente nel bacino di utenza, ottenuta moltiplicando il dato di popolazione totale della zona

censuaria per la percentuale di area di essa che ricade nel bacino. Questa operazione è ammissibile solo perché si è assunto che la popolazione si distribuisca in modo uniforme nella zona censuaria;

4. calcolo del numero di addetti effettivi della zona censuaria ricadente parzialmente nel bacino di utenza, ottenuto moltiplicando il numero totale di addetti che lavorano nella zona censuaria per la percentuale di essa che ricade nel bacino. Anche per gli addetti si è fatta l'ipotesi che essi siano distribuiti in modo uniforme all'interno della zona censuaria;
5. calcolo della popolazione totale e del numero di addetti totali, ottenute dalla somma dei dati di popolazione e addetti ricadenti in ogni singolo bacino;

Nel calcolo della popolazione potenzialmente attratta dal servizio si sono considerati i soli cittadini con un'età superiore ai diciotto anni, in quanto solamente i possessori di una patente B possono utilizzare il servizio. Considerare tutti i maggiorenni porta ovviamente ad una sovrastima del bacino potenziale di utenza in quanto essi non sono tutti possessori di una patente B: in mancanza di dati sul possesso della patente, si è comunque scelto di operare questa approssimazione.

In Tab. 25, si riportano, quindi, il numero di residenti di età maggiore ai diciotto anni e il numero di addetti che risiedono o lavorano ad una distanza massima di 500 metri da una delle stazioni del servizio car sharing *station-based*.

Tabella 25. Il bacino di utenza potenziale del servizio *station-based*.

	<b>Popolazione residente maggiorenni</b>	<b>Addetti</b>
Palermo	520.468	188.702
Catchment area del car sharing station-based	282.164 (54%)	143.966 (76%)

La tabella evidenzia che il servizio riesce ad intercettare il 54% della popolazione maggiorenni residente in città e che la copertura in termini di attività (e, quindi, di addetti) è addirittura maggiore.

Inoltre, in Tab. 26 si riporta la popolazione residente potenzialmente attratta dal servizio suddivisa per sesso, fascia d'età e composizione del nucleo familiare.

Come si evince dalla tabella, il servizio copre un'area in cui risiedono più donne che uomini, con una fascia di età preponderante compresa tra i 30 e i 60 anni. Tale fascia di età corrisponde in effetti a quella della maggior parte degli iscritti al servizio car sharing.

Significativo è il numero di residenti con oltre 70 anni, che comunque il servizio può realmente attrarre solo in parte.

Tabella 26. Popolazione potenzialmente attratta per sesso, età e composizione del nucleo familiare.

Popolazione residente nella <i>catchment area</i> del servizio	Sesso		Età					
	Maschi	Femmine	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	Oltre 70
	129.599 (46%)	152.966 (54%)	15%	16%	19%	17%	15%	18%
Composizione del nucleo familiare								
tot	1 comp.	2 comp.	3 comp.	4 comp.	5 comp.	6 comp. o più		
138.746	29%	26%	20%	18%	5%	1%		

Un dato di certo interesse è quello relativo alla composizione delle famiglie residenti all'interno della *catchment area*: il 29% di esse è costituito da famiglie con un singolo componente. In effetti, un possibile target di utenza per il servizio di mobilità condivisa potrebbe essere costituito dai nuclei familiari composti da un solo componente che non possiede un'autovettura: egli può utilizzare il servizio innovativo quando le attività da svolgere richiedono l'uso di un'autovettura (viaggi più lunghi o fuori città, con bagagli o carichi pesanti), mentre usufruisce di altri mezzi come motocicli o trasporto pubblico per le commissioni quotidiane.

Percentuali elevate raggiungono anche le famiglie formate da due e da tre componenti. Tali nuclei familiari rientrano nel target tipico del car sharing, poiché sono quelle che avendo una sola auto di famiglia, rinunciano all'acquisto di una seconda autovettura a favore dell'utilizzo di un modo di trasporto flessibile come il car sharing.

Per quanto riguarda il servizio *free-floating*, si è valutato se l'area di noleggio generi, almeno spazialmente, un ampliamento del bacino di utenza rispetto alla *catchment area* del servizio *station-based*.

Come si nota da Fig. 60, l'area di noleggio del sistema a flusso libero, trovandosi all'interno della *catchment area* del servizio *station-based*, non comporta in termini spaziali un ampliamento del bacino di utenza.

Cionondimeno, il target a cui il servizio *free-floating* si riferisce è potenzialmente diverso da quello del servizio *station-based* e, quindi, la modalità a flusso libero può, di fatto, contribuire ad attirare un'utenza maggiore.

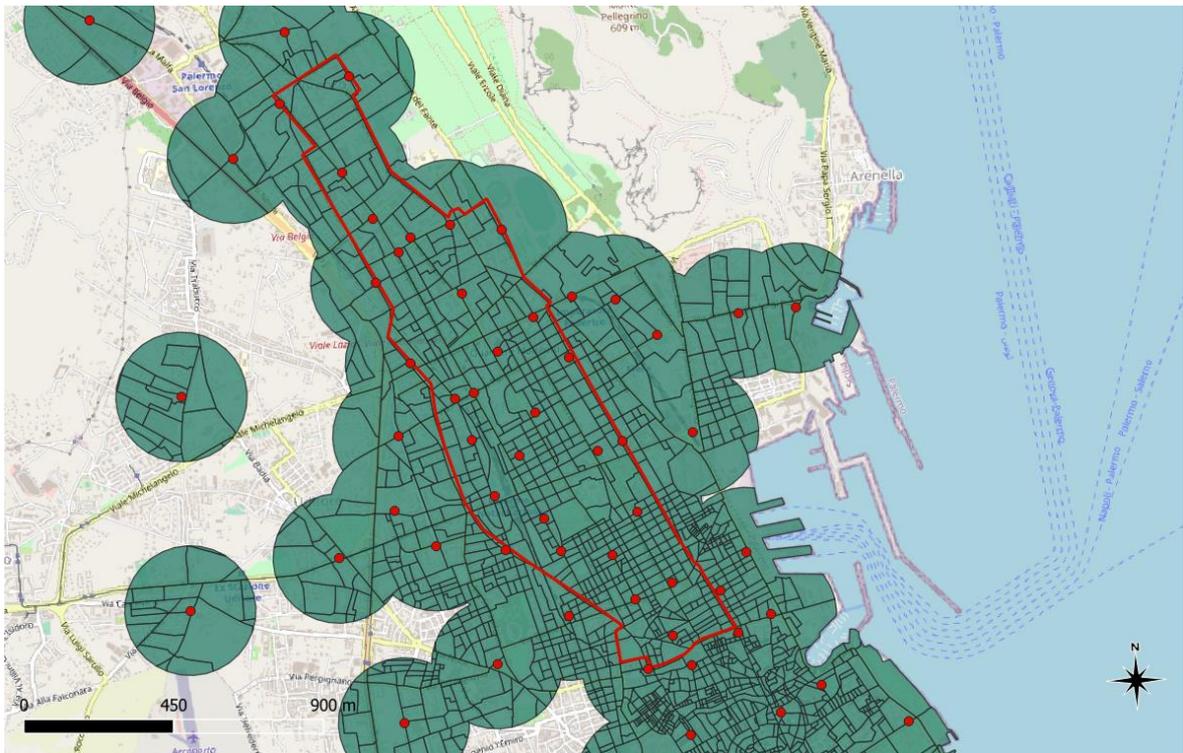


Figura 60. Confronto tra *catchment area* del servizio *station-based* e area di noleggio della modalità *free-floating*.

Si è, quindi, valutato il numero di spostamenti che quotidianamente avvengono all'interno dell'area; a tal fine è stata utilizzata la matrice origine-destinazione determinata nel 2008 in occasione delle indagini per la redazione del PUT della città di Palermo.

La matrice origine-destinazione, riferita all'ora di punta del giorno feriale medio invernale, esprime il numero di spostamenti che avviene con l'auto privata, nell'ora di riferimento, per ogni singola coppia O/D.

In occasione della redazione del PUT, il territorio comunale di Palermo è stato suddiviso in 200 zone di traffico, individuate dall'aggregazione di diverse particelle censuarie, caratterizzate da omogeneità d'uso delle aree, di densità abitativa e di connessione al sistema di trasporto.

Tali zone di traffico sono state considerate come origini e destinazioni degli spostamenti: nella matrice O/D è indicato il numero di spostamenti che ha origine in ciascuna zona e destinazione nelle altre.

Sovrapponendo la mappa delle zone di traffico omogeneo con quella contenente l'area del *free-floating* (Fig. 61), si sono individuate le zone di traffico che ricadono nell'area di noleggio. Le zone ricadenti all'interno dell'area risultano essere 31, mentre il numero di spostamenti che hanno come origine e destinazione le medesime zone è pari a 3.889,01.

Se consideriamo che il numero totale di spostamenti in auto all'interno della città di Palermo, nell'ora di punta del giorno feriale medio invernale, è stimato in 75.219,108, si evince che



l'operazione di tracciamento della rete pedonale è stata caricata come mappa di sfondo la cartografia di Google Earth, attraverso l'estensione "QuickMapServices".

Come ogni rete trasportistica, la rete pedonale è il risultato dell'insieme connesso di archi e nodi. Si sono, quindi, tracciati gli archi in corrispondenza di ogni marciapiede e di ogni attraversamento pedonale, e ad ogni intersezione è stato disegnato un nodo.

Grazie all'utilizzo della funzione "Area di servizio" implementata in QGIS, è stato possibile determinare l'area effettivamente percorribile dal pedone entro 500 metri da ogni stazione del servizio car sharing (Fig. 62).

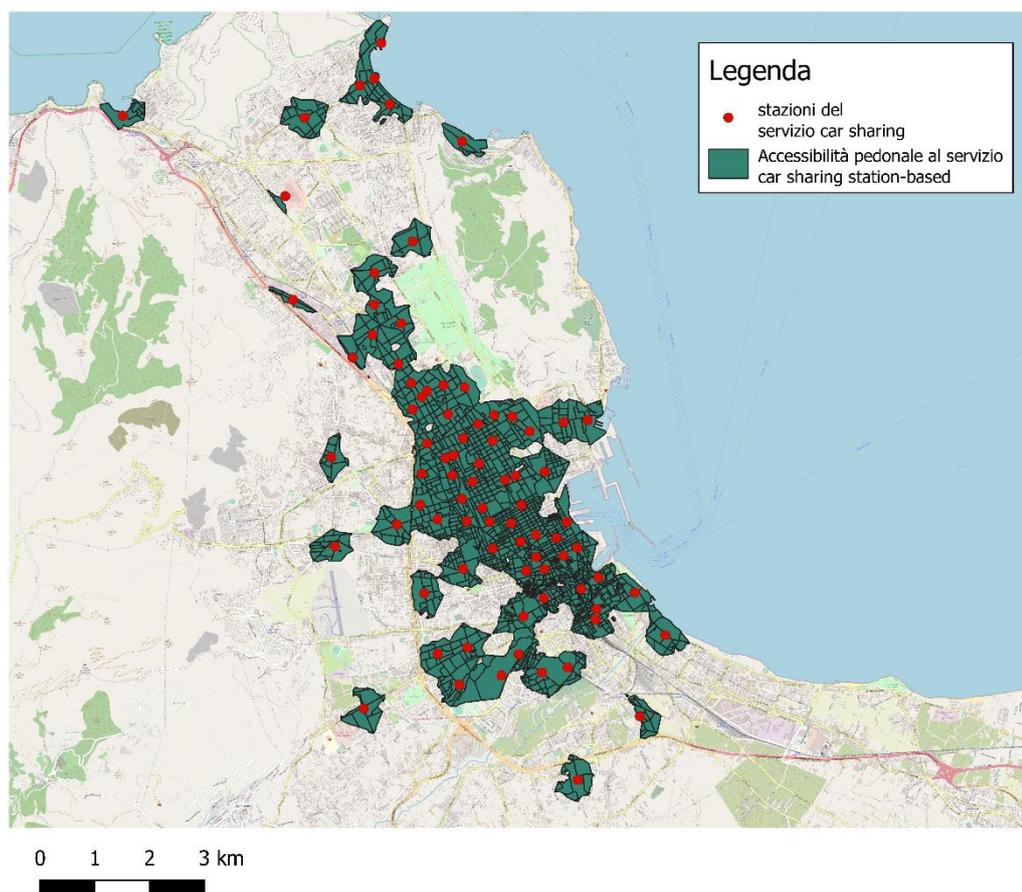


Figura 62. Accessibilità pedonale alle stazioni del car sharing.

Dalla Fig. 63 si può notare come, considerando l'effettiva accessibilità pedonale alle stazioni, il bacino di utenza risulti molto meno ampio rispetto a quello calcolato nel precedente paragrafo considerando *buffers* circolari. Si possono, pertanto, calcolare nuovamente il numero di residenti e il numero di addetti che possono essere potenzialmente attratti dal servizio (Tab. 27).

Tabella 27. Popolazione maggiorenne residente e addetti entro il bacino di utenza determinato con riferimento alla rete pedonale.

	<b>Popolazione residente maggiorenne</b>	<b>Addetti</b>
Palermo	520.468	188.702
<i>Catchment area</i> del car sharing <i>station-based</i> calcolata facendo riferimento alle distanze sulla rete	199.835 (38%)	118.498 (63%)

La tabella evidenzia come in realtà il servizio non riesca a coprire il 53% della popolazione maggiorenne residente, fermandosi invero al 38%. Ciò significa che il servizio, per la distribuzione delle stazioni e la loro scarsa accessibilità, rimane inaccessibile a circa il 62% degli utenti.

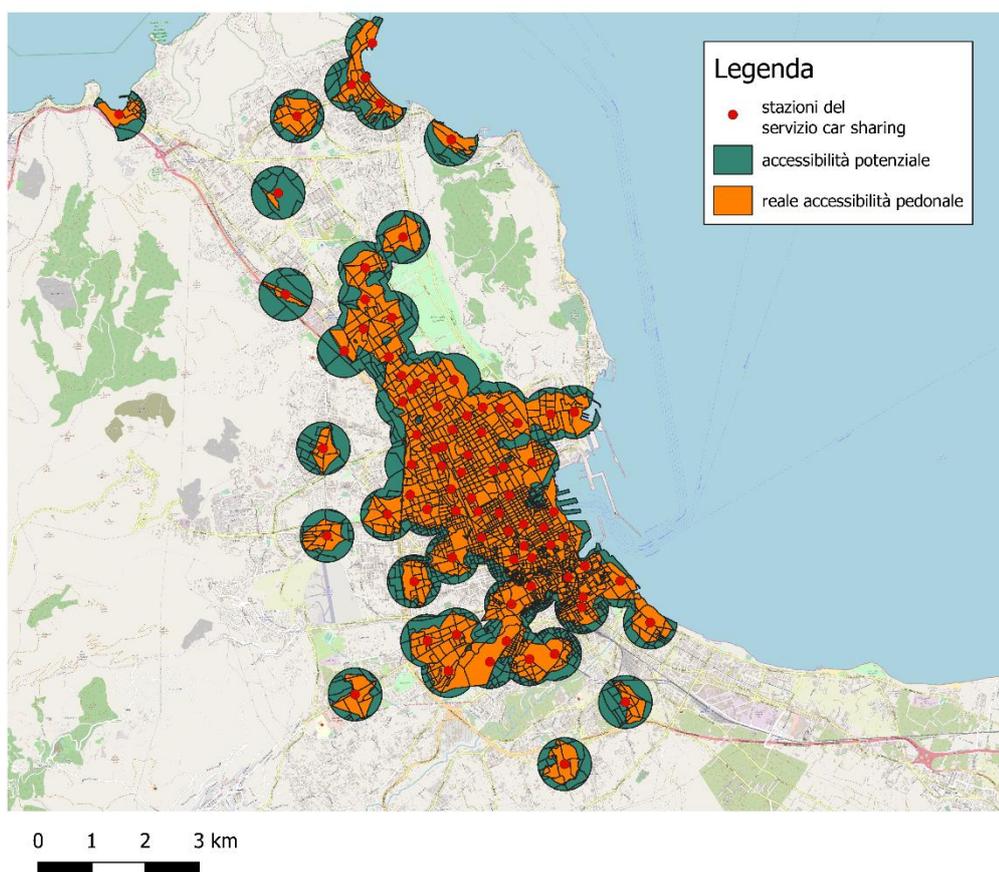


Figura 63. Confronto tra l'accessibilità pedonale ideale e l'accessibilità pedonale reale calcolata sulla base della rete pedonale esistente.

La misura dell'accessibilità delle singole stazioni può essere data dal *Pedestrian Catchment Area ratio (PCA)*, definito come il rapporto tra l'area pedonale effettiva determinata sulla

base della rete pedonale esistente e l'area pedonale ideale calcolata sulla base di una distanza euclidea in linea d'aria (Schlossberg *et al.*, 2004).

Tale fattore tiene conto non soltanto del reale andamento dei percorsi pedonali, ma è influenzato anche della presenza di barriere architettoniche, di grandi assi viari invalicabili, dalla capillarità delle strade e dalla densità delle intersezioni della rete pedonale.

Si è, pertanto, calcolato il rapporto tra l'area attorno alla singola stazione colorata in arancione in Fig. 63 e quella colorata in verde. Il PCA di ogni stazione del servizio car sharing è riportato in Tab. 28.

Valori di tale rapporto vicini a uno indicano condizioni di accessibilità pedonale estremamente buone, mentre valori al di sotto della soglia di 0,30 indicano siti praticamente inaccessibili. La soglia di 0,5-0,6 è considerata quella minima per garantire una sufficiente accessibilità all'area.

Le aree maggiormente accessibili sono quelle del centro città, caratterizzato da una rete fitta di strade, con molte intersezioni ed attraversamenti pedonali. Tre sono, invece, le stazioni che risultano assolutamente inaccessibili al pedone: "Centro Commerciale Conca D'Oro", "La Malfa" e "Oreto Nuova". Le prime due stazioni sorgono in aree dove sono presenti grandi centri commerciali e uffici: sono state collocate in tali luoghi proprio perché zone con importanti poli di attrazione dei flussi di traffico. In questo caso, quindi, il car sharing non serve tanto i cittadini residenti nelle vicinanze, ma l'utenza che lavora o che fa shopping in tali aree ristrette. Pertanto, essendo tali stazioni posizionate in prossimità dei centri commerciali e degli uffici, non occorre di fatto che un'area più grande sia resa accessibile o che si stabilisca per esse una differente collocazione.

Una collocazione non ottimale è, invece, quella della stazione di car sharing "Oreto Nuova"; essa sorge in una zona in cui la presenza di strade molto larghe, con pochi attraversamenti pedonali e poche intersezioni fa sì che i percorsi pedonali si allunghino: poche residenze e poche attività sono raggiungibili a piedi entro 500 metri dalla stazione car sharing.

Tabella 28. *Pedestrian catchment area ratio* delle stazioni del servizio car sharing.

Stazione	PCA	Stazione	PCA
Acquasanta	0,67	Marchese di Villabianca	0,90
Alberigo Gentili	0,94	Mater Dolorosa	0,37
Alpi	0,99	Mondello Charleston	0,70
Ammiraglio Rizzo	0,70	Mondello parcheggio Galatea	0,57
Aquileia	0,77	Mondello Piano Gallo	0,61
Arcoleo Titone	0,66	Mondello Valdesi	0,61
Ausonia	0,84	Nebrodi	0,58
Autonomia Siciliana	0,78	Nenni	0,33
Belgio	0,65	Nina Siciliana	0,48
Brunelleschi	0,32	Oreto Nuova	0,29
Calatafimi - Pindemonte	0,70	Papa Giovanni XXIII (Bonagia)	0,46
Campania	0,82	Paruta	0,46
Campolo	0,85	Piazza Marina	0,84
Camporeale	0,62	Piazza Restivo	1,00
Cassa di Risparmio - Malta	0,92	Principe di Paternò	0,62
Centro commerciale Conca d'Oro	0,05	Principe di Villafranca - Agrigento	1,00
Cirincione	0,81	Resurrezione	0,43
Crispi	0,91	Roma	0,83
De Gasperi - Restivo	0,86	Saetta	0,61
De Gasperi - Trinacria	0,73	San Michele	1,00
Di Giovanni	0,55	Schifani - Turba	0,86
Diodoro Siculo	0,99	Sciuti	1,00
Dogali	0,39	Sett'Angeli	0,82
Domino	0,60	Sferracavallo - Torretta	0,51
Don Bosco	0,79	Stazione Centrale	0,70
Fante	0,65	Stazione Marittima Palermo	0,71
Florio	0,83	Stazione Notarbartolo	1,00
Garibaldi - S.Cecilia	0,80	Strasburgo - Aldisio	0,60
Giachery	0,58	Strasburgo - Pantelleria	0,64
Iandolino	0,58	Strauss	1,00
Imperatore Federico	0,72	Terrasanta	0,99
Indipendenza	0,80	Tosti	0,96
La Malfa	0,11	Tribunale	0,87
Laurana	0,86	Tricomi	0,74
Lennon	0,71	Ungheria	0,99
Leonardo da Vinci	0,61	Unità d'Italia	1,00
Libertà - Politeama	0,94	Università Architettura	0,72
Lincoln	0,70	Università Ing.Chimica	0,78
Lodato - Vespri	0,58	Verdi	0,98
Lolli	0,89	Villafranca - Dante	0,99
Lungomare C.Colombo	0,43	XIII Vittime	0,79

### 3.8 Il dimensionamento della flotta

Il dimensionamento della flotta è un altro elemento fondamentale per il successo di un servizio car sharing. Pochi ricercatori si sono interessati al dimensionamento della flotta per conseguire un adeguato bilanciamento tra i profitti e le esigenze della clientela; la ricerca in questo campo ha soprattutto riguardato il caso di sistemi con veicoli elettrici.

Boyaci *et al.* (2015) sviluppano, ad esempio, un modello multi-obiettivo per la pianificazione di sistemi di car sharing *one-way* con veicoli elettrici e per la determinazione della dimensione ottimale della flotta, tenendo conto dei processi dinamici di ricollocazione e riequilibrio, nonché dei costi e dei benefici per utenti e azienda.

Li *et al.* (2016) hanno proposto un modello per determinare la collocazione ottimale delle stazioni di un car sharing elettrico *one-way* e la dimensione della flotta, che si basa sul criterio di minimizzare i costi operativi del sistema (investimenti per la costruzione delle stazioni, ricarica dei veicoli, riequilibrio della flotta): in particolare, hanno considerato come i tempi di ricarica tra un noleggio e il successivo influenzino l'effettiva disponibilità delle autovetture nelle stazioni.

La dimensione adeguata della flotta di un servizio di car-sharing elettrico a Beijing (Yoon *et al.*, 2019) è stata stimata con una simulazione Monte Carlo, considerando la domanda potenziale, i tempi di arrivo, la distanza e il tempo di viaggio, nonché i tempi di ricarica. Altra metodologia proposta per il dimensionamento della flotta di sistemi di car-sharing elettrici è l'approccio *branch-and-price*, che ha il fine di minimizzare i costi della catena di viaggio dei veicoli elettrici (Xu and Meng, 2019).

Il riequilibrio della flotta e l'assegnazione del personale addetto a questa operazione sono risultati tra i principali fattori considerati da Xu *et al.* (2018) nella risoluzione del problema del dimensionamento della flotta e del *trip pricing*.

L'ottimizzazione della collocazione e della dimensione della flotta può essere anche il risultato di simulazioni multi-agente. Esse consistono nella simulazione dei vari spostamenti che il singolo utente deve effettuare per portare a compimento delle attività sul territorio: per tale motivo, tale metodologia riesce a simulare bene il comportamento di scelta dell'utente nei riguardi del servizio di car sharing. Domanda e offerta vengono così modellate e si osservano gli effetti di differenti strategie proposte per incrementare l'utilizzo della flotta a disposizione (Balac and Ciari, 2015). Anche Barrios and Doig Godier (2014) hanno usato un modello *agent-based* per ottimizzare la flotta e massimizzare il numero di viaggi di ciascun veicolo.

La teoria delle code è stata anch'essa utilizzata per i sistemi *station-based* per ottimizzare la flotta e progettare in maniera ottimale la capacità delle stazioni (George and Xia, 2011; Hu and Liu, 2016).

Infine, Nourinejad and Roorda (2014) hanno utilizzato un modello dinamico integrato di simulazione-ottimizzazione per valutare le performance dei sistemi *one-way*, trovando che aumentare il tempo di prenotazione da 0 a 30 minuti può far ridurre la dimensione della flotta

dell'86% e che quest'ultima è legata ai tempi di ricollocazione dei veicoli e alla dispersione delle richieste nel tempo.

Per quanto riguarda il metodo di progettazione seguito da AMAT, esso si è basato su una introduzione graduale dei veicoli in flotta in relazione ad un progressivo aumento degli stalli di sosta e della domanda attratta.

Al fine di comprendere se il numero di veicoli messo a disposizione degli utenti del car sharing sia, comunque, sufficiente a far sì che non capitino occasioni in cui l'utenza all'atto della prenotazione non trovi veicoli disponibili nelle proprie vicinanze, si è proceduto con un metodo comparativo.

In questo senso, si è effettuata una comparazione tra il servizio AmiGO e i servizi di car-sharing offerti nelle principali città italiane dove tali servizi sono affermati e utilizzati: Milano, Roma, Torino, Firenze e Bologna.

In Tab. 29 si riportano i risultati della comparazione in termini di flotta e numero di iscritti al 2018.

Pur avendo un numero di abitanti maggiore di Bologna e Firenze, Palermo ha una flotta di veicoli di car sharing complessivamente minore. È possibile notare, infatti, come in queste due città, così come a Torino, Milano e Roma, siano presenti più operatori che aumentano l'offerta. Inoltre, se si confronta il numero di veicoli disponibili in *free-floating*, il servizio AmiGO con un numero di 24 veicoli elettrici disponibili ha dei numeri decisamente inferiori rispetto ai servizi delle altre città.

Ciò comporta inevitabilmente un numero inferiore di iscritti, dovuto all'indisponibilità di auto condivise vicine al momento della prenotazione, e quindi un livello di servizio non soddisfacente. L'indisponibilità dei veicoli condivisi, infatti, è stata indicata, dagli utenti del servizio nel corso dell'indagine di *customer satisfaction*, come la più urgente area di miglioramento (l'ha indicata il 28.4% degli intervistati).

A ciò si potrebbe obiettare che il dato dell'utilizzo della flotta, in particolare il valore molto basso del tasso di rotazione dei veicoli, indica come in realtà non vi sia bisogno di un ampliamento del numero di veicoli in città, che per ora riescono a soddisfare a pieno la domanda.

Se si considera poi il numero di auto in flotta, pari a 150 nel 2018, e il numero di parcheggi riservati al servizio car sharing *station-based* in città, pari a 86, si potrebbe dire che, in via teorica, escludendo le 24 auto elettriche prelevabili in modalità *free-floating*, è possibile garantire la presenza di più di una autovettura in ogni stazione.

Ciò però come abbiamo visto non è vero: la flotta del car sharing AmiGO è di fatto condivisa tra più comuni; questo aggrava di non poco la situazione di disponibilità delle auto in città.

Tabella 29. Confronto di flotta e numero di iscritti dei servizi delle città italiane (al 31/12/2018).

Città	Popolazione [abitanti]	Densità di popolazione [abitanti per km <sup>2</sup> ]	Operatori		Veicoli per città	Veicoli per 1000 abitanti	Abbonati
			SB	FF			
Torino	874.935	6.729,75	SB	Bluetorino	908	1,04	-
			FF	car2go			181.215
				Enjoy			
Milano	1.387.171	7.635,66	SB	Ubeeqo	3201	2,31	-
			FF	car2go			815.868
				Drivenow			
				Enjoy			
Share'ngo							
Bologna	392.027	2.783,1	FF	Corrente	220	0,56	13.976
				Enjoy			
Firenze	379.563	3.709,57	FF	Adduma car	522	1,37	125.493
				car2go			
				Enjoy			
				Share'ngo			
Roma	2.879.728	2.236,93	SB	Carsharing Roma	2303	0,8	-
			FF	car2go			584.966
				Enjoy			
Share'ngo							
Palermo	659.894	4.109,18	SB / FF	AmiGO	150	0,23	2.331

Di fatto, i veicoli che si trovano nei comuni dell'area vasta diventano inutilizzabili per gli utenti di Palermo. Al fine di garantire sempre lo stesso livello di servizio, per l'azienda sarebbe stato più opportuno riservare ad ogni comune una flotta separata. Un'operazione costante di riequilibrio della flotta dovrebbe comunque essere svolta dall'azienda, spostando almeno su base settimanale le auto condivise dai comuni con meno domanda a quelli con più domanda. Inoltre, la possibilità che AMAT offre ai propri utenti di noleggiare le proprie autovetture per lunghi periodi, fa sì che le auto disponibili per spostamenti concentrati nel tempo, come quelli che il car sharing dovrebbe puntare a servire, si riducano ancora.

Nella logica di un car sharing di successo, che punta ad una condivisione dei veicoli tra più utenti possibili nel corso di una stessa giornata, la modalità di noleggio a lungo termine non dovrebbe trovare spazio o, quanto meno, dovrebbe essere scoraggiata dalle tariffe.

Dei 150 veicoli in flotta, come abbiamo visto, sono in media 9 quelli che sono noleggiati a lungo termine e circa 21 quelli presenti negli altri comuni dell'area vasta.

Pertanto, il numero di veicoli presenti in città e disponibili all'utenza scende a 120: escludendo le 24 auto elettriche in *free-floating*, ciò significa che si può assicurare la presenza di 96 autovetture per il servizio *station-based*. Considerando le 86 stazioni e i circa 300 stalli presenti in città, si comprende come 96 autovetture, da sole, non consentano di offrire un servizio sempre affidabile e come, soprattutto in alcuni periodi in cui le autovetture vengono noleggiate per lunghi periodi e si spostano verso i comuni dell'area vasta, l'utente palermitano avverta il problema dell'indisponibilità dei veicoli nelle proprie vicinanze.

Infatti, sebbene teoricamente sia possibile garantire la presenza di un'auto in ogni stazione, questa eventualità raramente si può verificare: in media 58 auto sono utilizzate al giorno e ciò significa che nell'effettuare i noleggi si spostano da una stazione ad un'altra. Evidentemente, alcune stazioni rimangono di fatto senza auto. Dai dati di utilizzo si può comprendere come le stazioni che vantano una maggiore presenza di auto sono "Unità d'Italia", "Libertà-Politeama", "Aquileia" e "Crispi", in quanto più utilizzate sia come origine che come destinazione. Per sfruttare al massimo la flotta, quindi, un'operazione costante di riequilibrio dovrebbe essere svolta dall'azienda anche dentro la stessa città. Tali operazioni ovviamente comportano dei costi per l'azienda; un metodo per far diminuire il costo è quello di adottare delle tariffe che si adattino alla domanda in media espressa dalle varie zone della città, variandole nel corso della giornata sulla base degli stalli da cui viene prelevata la macchina o della stazione di destinazione: ciò promuoverebbe di fatto un riequilibrio spontaneo della flotta poiché l'utente troverebbe prezzi ridotti quando sposta un'auto condivisa dalle zone a debole domanda alle zone dove la richiesta di car sharing è maggiore.

### 3.9 Le tariffe

Il sistema di tariffe adottato dalle aziende di car sharing è uno degli elementi che maggiormente incide sull'immagine che gli utenti si fanno del servizio. Tariffe percepite come troppo elevate in relazione all'utilizzo che l'utente fa del servizio fanno presto disaffezionare il cliente a questa modalità di trasporto che di per sé è solo una delle tante che si possono utilizzare in città in alternativa all'auto privata.

D'altronde, le tariffe devono rispondere anche alle esigenze di bilancio dell'azienda. Tariffe troppo basse porterebbero presto in rosso i conti dell'operatore del servizio.

Da ciò si comprende come il sistema di tariffazione sia un elemento "sensibile" della progettazione di questo servizio di mobilità.

Il sistema tariffario di AmiGO è, come si è visto, molto articolato e complesso: questo, che potrebbe essere un punto di forza del servizio in quanto fa sì che le tariffe si adattino meglio alle esigenze di spostamento dell'utenza, in realtà, come si è visto, diventa una criticità del car sharing palermitano.

Gli stessi iscritti al servizio, infatti, sembrano non aver compreso appieno come i costi delle corse effettuate vengano determinati. L'eccessiva complessità delle tariffe è fonte di confusione e di disappunto da parte degli utenti.

Fondamentale risulta, quindi, capire se le tariffe dell'azienda siano in linea con i principali operatori dei servizi di car sharing italiani.

Si è, quindi, ripresa la comparazione tra il servizio AmiGO e i servizi di car sharing offerti a Milano, Roma, Torino, Firenze e Bologna (Tab. 30).

Le tariffe risultano più basse di quelle presenti sul mercato per quanto riguarda il servizio *station-based* (ad eccezione del servizio UbeeQ di Milano), e in linea con gli altri servizi di car sharing italiani per quanto riguarda la modalità *free-floating*.

Dal momento che le tariffe sono più basse di quelle degli altri servizi italiani, si è voluta effettuare un'analisi economica al fine di comprendere quale sia il numero di chilometri di utilizzo annuo sotto il quale il servizio car sharing presente nella città di Palermo possa essere economicamente competitivo rispetto all'uso dell'auto privata, così che i cittadini possano essere spinti a rinunciare all'acquisto e all'utilizzo della stessa.

Bisogna considerare come, in generale, la valutazione della competitività del car sharing da parte dei cittadini sia affetta da un'errata percezione dei costi dell'auto privata: avvenuto l'acquisto dell'auto, il confronto con i modi di trasporto alternativi poggia sull'errore tanto macroscopico quanto comune di considerare per la propria auto solo il costo marginale percepito (ossia il costo della benzina e al più del parcheggio).

L'analisi qui esposta ha, invece, considerato tutti i costi previsti dall'utilizzo di una autovettura di proprietà.

Per condurre l'analisi è stata scelta come auto di riferimento la Volkswagen Up! in quanto tale modello di veicolo fa parte della flotta car sharing e risulta essere il più utilizzato. Essendo essa, inoltre, un'utilitaria, la probabilità che venga scelta dalle famiglie come seconda auto è più alta rispetto ad una vettura di grossa cilindrata.

Tabella 30. Confronto delle tariffe applicate dai servizi di car sharing presenti nelle maggiori città italiane (al 31/12/2018).

Città	Operatori		Tariffe	Tariffe per 1 ora e 10 km
Torino	SB	Bluetorino	0,195 €/min	11,7 €
	FF	car2go	0,19-0,29 €/min	11,4-17,4 €
		Enjoy	0,25 €/min	15 €
Milano	SB	Ubeeqo	5 €/h	5 €
	FF	car2go	0,19-0,29 €/min	11,4-17,4 €
		Drivenow	0,31 €/min	18,6 €
		Enjoy	0,25 €/min	15 €
		Share'ngo	0,28 €/min	16,8 €
Bologna	FF	Corrente	0,25 €/min	12€ (sale)
		Enjoy	0,25 €/min	15 €
Firenze	FF	Adduma car	0,18 €/min	10,8 €
		car2go	0,19-0,29 €/min	11,4-17,4 €
		Enjoy	0,25 €/min	15 €
		Share'ngo	0,28 €/min	16,8 €
Roma	SB	Carsharing Roma	3 €/h + 0,59 €/km	8,9 €
	FF	car2go	0,19-0,29 €/min	11,4-17,4 €
		Enjoy	0,25 €/min	15 €
		Share'ngo	0,28 €/min	16,8 €
Palermo	SB/FF	AmiGO	SB: 2,40 €/h + 0,54 €/km FF: 0,24 €/min	SB: 7,8 € FF: 14,4 €

Nel confronto con l'auto privata sono state considerate due differenti modalità di alimentazione: alimentazione a benzina e alimentazione ibrida benzina/metano. Un ulteriore confronto è stato fatto tra il costo dell'auto privata e il costo del car sharing al variare del modello di business; gli scenari ipotizzati sono tre:

- *station-based one-way*, utilizzato per spostamenti che non prevedono l'imminente ritorno al punto di origine;
- *free floating*, utilizzato per spostamenti di "ultimo miglio", cioè spostamenti di breve distanza;
- combinazione di *station-based one-way* e *round trip*; in tal caso si è ipotizzato che la metà degli spostamenti prevedano un ritorno più o meno veloce al punto di origine

del viaggio, facendo sì che venga utilizzato il modello *round trip*; l'altra metà degli spostamenti, che per la loro natura prevedono tempi di stazionamento più lunghi, viene, invece, effettuata con modalità *one-way*.

È stato determinato, quindi, il punto di pareggio tra il costo annuo del servizio car sharing e il costo annuo dell'auto privata al variare dei chilometri percorsi annualmente.

I costi legati all'auto privata prevedono due differenti voci:

- costi fissi, indipendenti dal numero di chilometri percorsi (ammortamento, assicurazione, tassa automobilistica, tariffa ZTL, tariffa strisce blu);
- costi variabili, legati alla percorrenza (carburante, pneumatici e manutenzione).

In Tab. 31 si riportano i valori utilizzati nell'analisi dei costi per l'auto privata; essa è stata condotta nel 2017, pertanto le voci di costo sono calcolate in riferimento a quell'annualità.

Tabella 31. Voci di costo per l'autovettura privata.

<b>Voci di costo</b>	<b>Costo per Volkswagen Up benzina</b>	<b>Costo per Volkswagen Up Ibrida benzina/metano</b>
Ammortamento: quota annua capitale (fonte: listino prezzi Volkswagen 2017)	13000 €	13250 €
Ammortamento: quota interessi (tasso di interesse 5%)	354,6 €	361,4 €
Assicurazione	1000 €	1000 €
Tassa automobilistica	114 €	129 €
Accesso alla Zona a Traffico Limitato	100 €	100 €
Abbonamento alle strisce blu	420 €	420 €
Carburante (fonte: ACI)	0,089 €/km	0,036 €/km
Pneumatici (fonte: ACI)	0,026 €/km	0,026 €/km
Manutenzione (fonte: ACI)	0,064 €/km	0,064 €/km

Anche i costi da sostenere per l'utilizzo del car sharing, come per l'automobile privata, si compongono di due aliquote:

- aliquota fissa, pari al costo dell'abbonamento annuo, che per il servizio car sharing attivo nella città di Palermo, è pari a 25 €; il costo non varia al variare del modello di business utilizzato;
- aliquota relativa alle spese variabili, legate all'utilizzo del servizio; l'azienda ha previsto due differenti tipologie di tariffe, i cui costi si differenziano a seconda del modello di business scelto (cfr. paragrafo 3.1.4). La tariffa oraria è stata calcolata ipotizzando una velocità media dello spostamento pari a 20 km/h; mentre la tariffa

chilometrica è stata calcolata, banalmente, moltiplicando il numero di chilometri per il costo orario. Nel modello *station-based round trip*, caratterizzato dal fatto che il servizio si interrompe solo al rientro nel parcheggio di origine dello spostamento, è stato considerato un tempo durante il quale la vettura rimane parcheggiata pari ad un'ora.

Nei grafici di Figg. 64 e 65 sono rappresentati i risultati ottenuti dall'analisi: in particolare, si possono individuare per le varie casistiche i punti di pareggio (*break even point*). I punti di pareggio sono riportati per una maggiore facilità di lettura in Tab. 32.

Tabella 32. Punti di *break even* per modalità e alimentazione dell'autovettura.

Modello di business	Punti di pareggio	
	Auto benzina	Auto ibrida
<i>Station-based one-way</i>	6900	6300
<i>Free-floating</i>	6100	5600
<i>Station-based one-way/roundtrip</i>	7600	6900

Nel caso dell'auto con alimentazione a benzina il punto di pareggio tra auto privata e car sharing risulta pari a 6.900 km se si utilizza il servizio *one-way*, 6.100 km se si utilizza il servizio *free-floating* e si innalza a 7.600 km se si ipotizza un utilizzo misto (*one-way/round trip*).

I valori dei chilometri annui che determinano la convenienza del car sharing rispetto all'auto privata, si abbassano nel caso dell'auto con alimentazione a metano; questo era facilmente prevedibile in quanto il metano ha un costo nettamente minore rispetto alla benzina. In particolare, il numero di chilometri, che determinano il passaggio dalla convenienza del car sharing alla convenienza dell'auto privata, nel caso di auto con alimentazione a metano, sono i seguenti: 6.300 km per il modello di business *one-way*, 5.600 km per il modello di business *free-floating*, e 6.900 km per il modello misto *one-way/round trip*.

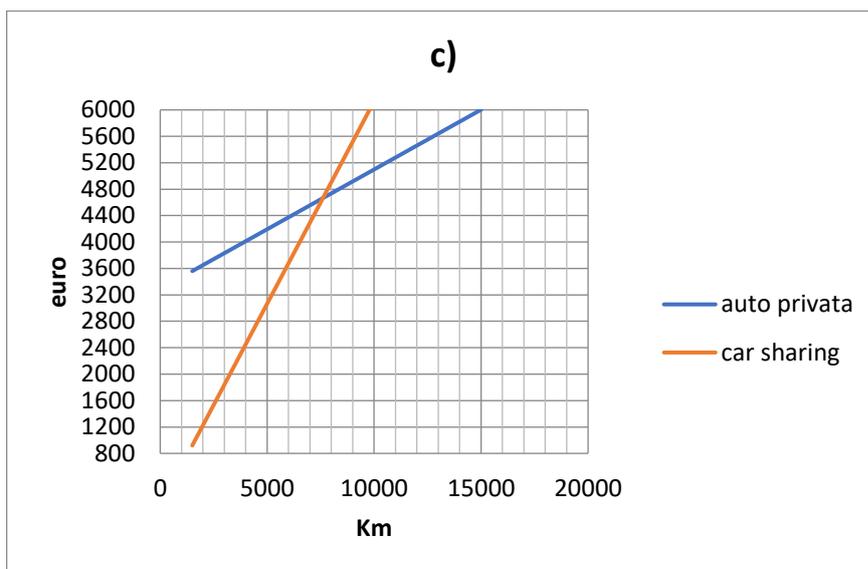
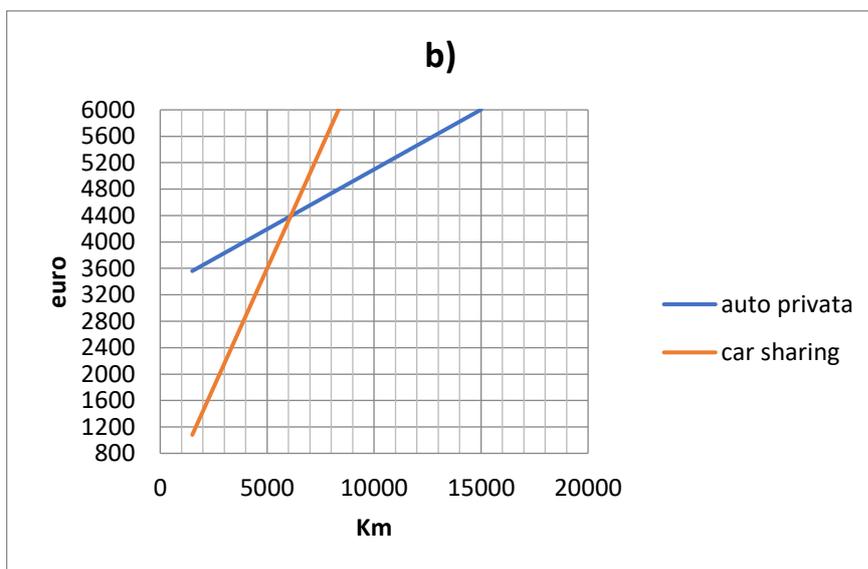
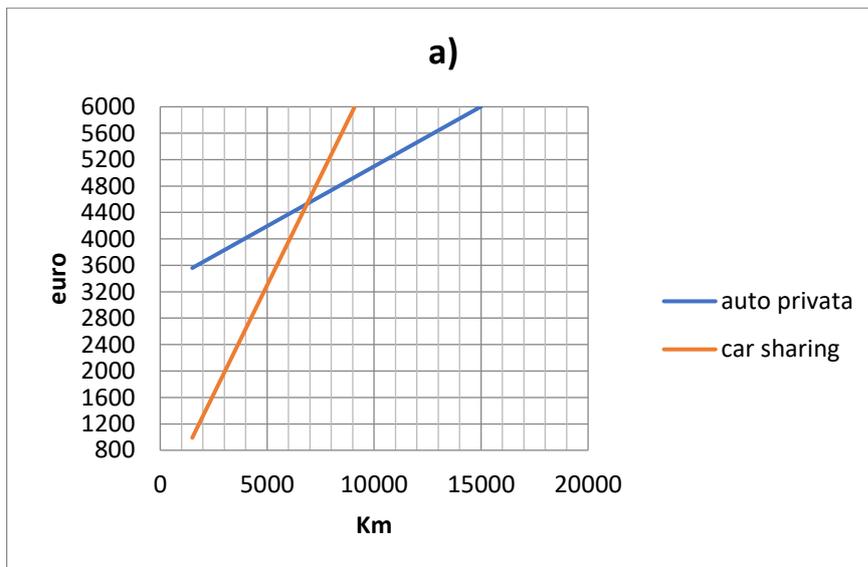


Figura 64. Punto di pareggio tra l'auto privata a benzina e il car sharing *one-way* (a), il car sharing *free-floating* (b), il car sharing utilizzato per metà in modalità *one-way* e per metà *round trip* (c).

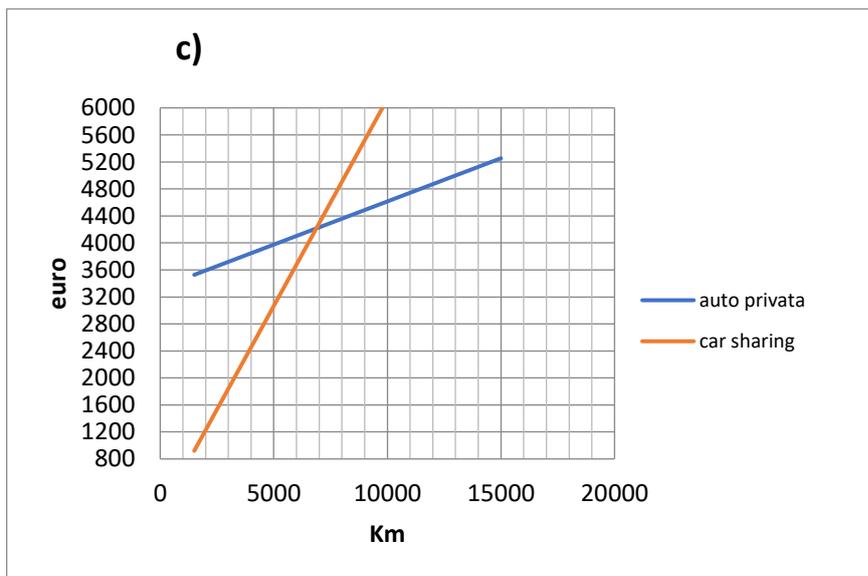
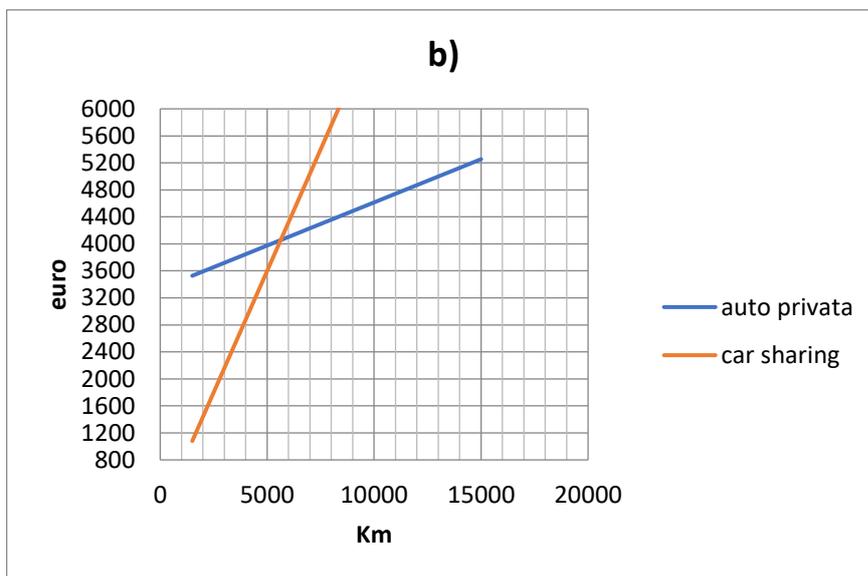
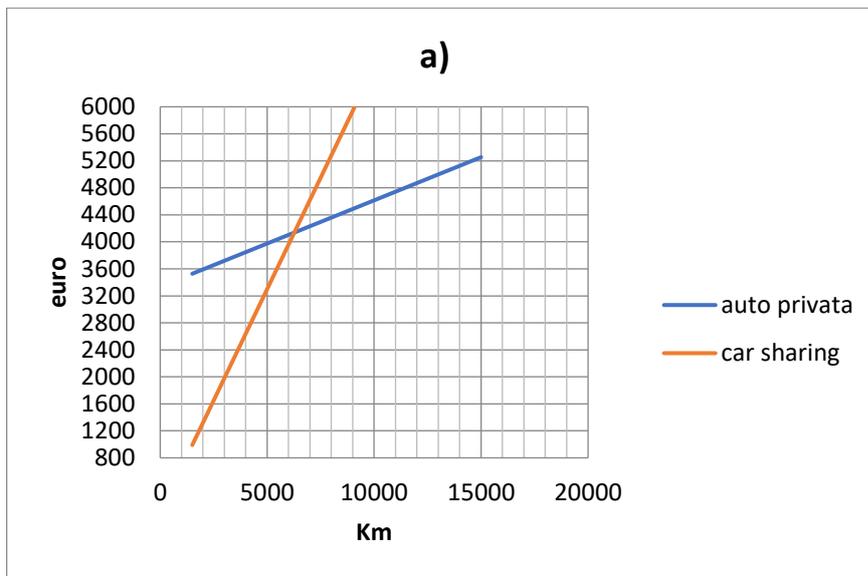


Figura 65. Punto di pareggio tra l'auto privata a metano e il car sharing *one-way* (a), il car sharing *free-floating* (b), il car sharing utilizzato per metà in modalità *one-way* e per metà *round trip* (c).

### 3.10 Fattori esterni che incidono sul successo del servizio

Al fine di valutare come alcuni fattori esterni all'azienda possano incidere sul successo del servizio, si sono comparate le condizioni in cui sorgono i servizi di successo nelle grandi città italiane con quelle di Palermo.

Tenendo conto delle specificità delle diverse città, sono stati analizzati alcuni fattori che possono influenzare il successo del servizio: densità di popolazione, tassi di motorizzazione e vetustà dei veicoli circolanti, efficienza del trasporto pubblico (Tab. 33).

Innanzitutto, si è valutata la propensione dei cittadini all'utilizzo delle autovetture private.

I cittadini di Palermo mostrano un radicato uso dell'auto privata: dopo Torino e Roma, è la città con il tasso di motorizzazione più alto e i veicoli circolanti sono più vecchi che nelle altre città considerate, tanto che circa il 43% ha uno standard di emissione uguale o inferiore all'Euro 3 (fonte: ACI, 2018). Questo è il segno che i palermitani non rinunciano ancora all'auto privata a favore dei veicoli, certamente più recenti, del servizio di car sharing.

L'affezione alla propria auto privata deriva anche da una offerta di trasporto pubblico che è decisamente ridotta rispetto alle altre città considerate (fonte: ISTAT, 2015). Per di più, l'efficienza del trasporto pubblico è molto più scarsa: dai dati del *Moovit Global Public Transport Report* (2019) si evidenzia come il tempo di attesa degli utenti del trasporto pubblico palermitano alla fermata è di circa 25 minuti, più del doppio rispetto alle città di Milano, Bologna e Firenze, e nettamente superiore anche a quello riscontrato nelle città di Torino e Roma. Inoltre, l'utente palermitano è costretto a percorrere a piedi distanze più lunghe per raggiungere la propria destinazione, segno inconfutabile di una accessibilità del trasporto pubblico ridotta rispetto alle altre città.

Ciò comporta che l'utente tipo del car sharing, quello che per gli spostamenti sistematici utilizza il trasporto pubblico e per quelli non sistematici usa il servizio di mobilità condivisa, non si manifesta, principalmente per la poca affidabilità che viene attribuita al trasporto pubblico cittadino.

Pertanto, non stupisce che, come segnalato nella Tab. 29, il numero di abbonati palermitani risulti molto basso rispetto alle altre città, sebbene in queste siano presenti diversi operatori.

Tabella 33. Confronto di alcune caratteristiche delle città analizzate.

Città	Tasso di motorizzazione [auto per 1000 persone]	Percentuale di auto con standard emissivo Euro 3 o inferiore [%]	Trasporto pubblico: posti-chilometro disponibili [km]	Trasporto pubblico: tempo medio di attesa alla fermata [min]	Trasporto pubblico: distanza media effettuata a piedi durante una corsa [m]
Torino	666	27.4	6016	13,17	726,25
Milano	512	29.2	16.218	9,1	715
Bologna	540	23.1	3742	10,04	762,5
Firenze	530	24.3	5541	10,51	753,75
Roma	623	30.9	6823	16	663,75
Palermo	596	42.5	2034	24,19	811,25

### 3.11 Indagine sulla domanda

Come si è evidenziato al paragrafo 2.4.8, l’approccio migliore per stimare la domanda di car sharing risulta senz’altro essere l’analisi multi-agente e *activity-based*.

A causa della pandemia dovuta alla diffusione del COVID-19, non è stato però possibile calcolare la domanda con tale tipologia di analisi, in quanto in tale periodo la stima della domanda risulterebbe falsata dalla maggiore propensione all’utilizzo dell’auto privata, dovuta al minor rischio di contagio, nonché al minore utilizzo del trasporto pubblico e dei servizi di mobilità condivisa.

Al fine di determinare la domanda che può essere attratta dal servizio car sharing si è, quindi, utilizzato un modello di simulazione della domanda del tipo Logit multinomiale presente in letteratura (Catalano *et al.*, 2008).

Attraverso questi modelli è possibile, infatti, quantificare, per un dato scenario, la probabilità che l’utente scelga una determinata modalità di trasporto, cioè valutare ciò che si definisce ripartizione modale o *modal split*.

Ad ogni modo di trasporto l’utente attribuisce un’utilità, o nel caso del modello in questione, una disutilità, cioè un costo da affrontare, e, poiché si ipotizza che l’utente sia un decisore razionale, sceglierà con maggiore probabilità la modalità di trasporto che minimizza i costi. Il modello utilizzato è stato calibrato per la città di Palermo sulla base di alcune interviste a preferenza dichiarata e considera quattro diversi modi di trasporto: auto privata, trasporto pubblico collettivo (autobus), car sharing e car pooling (cioè la possibilità di effettuare lo spostamento come passeggero).

Un limite di tale modello è, pertanto, quello di non aver preso in considerazione la mobilità dolce (piedi e bici) e i motocicli, che rappresentano modalità di trasporto molto utilizzate a Palermo. Si rimanda, quindi, per tale aspetto ad ulteriori ricerche.

L'utilità sistematica che l'utente assegna al modo di trasporto  $m$  è una combinazione lineare di  $k$  attributi:

$$V_m = \sum_k \beta_k X_{km}$$

dove:

$X_{km}$  sono gli attributi;

$\beta_k$  i coefficienti degli attributi delle utilità che sono frutto di calibrazione.

Le quattro utilità sistematiche relative ai modi di trasporto considerati si esprimono con le seguenti espressioni:

$$V_{CAR} = \beta_{T_{TRAVEL}} \cdot T_{TRAVEL} + \beta_{C_{TRAVEL}} \cdot C_{TRAVEL} + \beta_{T_{PARKING}} \cdot T_{PARKING} + \beta_{CAR} \cdot CAR$$

$$V_{CARPOOLING} = \beta_{T_{TRAVEL}} \cdot T_{TRAVEL} + \beta_{C_{TRAVEL}} \cdot C_{TRAVEL} + \beta_{T_{PARKING}} \cdot T_{PARKING}$$

$$V_{CARSHARING} = \beta_{T_{TRAVEL}} \cdot T_{TRAVEL} + \beta_{C_{TRAVEL}} \cdot C_{TRAVEL} + \beta_{T_{PARKING}} \cdot T_{PARKING} + \\ + \beta_{NCARS} \cdot NCARS + \beta_{CS} \cdot CS$$

$$V_{PUBLICTRANSPORT} = \beta_{T_{TRAVEL}} \cdot T_{TRAVEL} + \beta_{C_{TRAVEL}} \cdot C_{TRAVEL} + \beta_{PT} \cdot PT$$

dove gli attributi hanno il seguente significato:

- $V_m$ : parte sistematica della funzione di utilità relativa all'alternativa  $m$ ;
- $T_{TRAVEL}$ : tempo di spostamento espresso in minuti;
- $C_{TRAVEL}$ : costo di spostamento espresso in euro;
- $T_{PARKING}$ : tempo di sosta espresso in minuti;
- $CAR$  (1/0),  $CS$  (1/0),  $PT$  (1/0): attributi specifici d'alternativa;
- $NCARS$ : numero di auto disponibili per singola famiglia.

I termini  $\beta_{T_{TRAVEL}}, \beta_{C_{TRAVEL}}, \beta_{T_{PARKING}}, \beta_{NCARS}, \beta_{CAR}, \beta_{CS}, \beta_{PT}$ , definiti coefficienti degli attributi di utilità, esprimono il peso che ognuno dei relativi attributi ha all'interno della funzione di utilità. Il loro segno matematico indica che l'attributo costituisce utilità (segno positivo) o viceversa disutilità (segno negativo) per la funzione  $V_m$ . Generalmente, tali coefficienti hanno segno negativo; essi esprimono, infatti, i costi di una determinata modalità di trasporto: costi monetari o costi intesi in termini di tempo. Infatti, quella che genericamente è definita *utilità sistematica*  $V_m$  altro non è che una disutilità ovvero il costo generalizzato del trasporto  $C_j$ . Pertanto, i coefficienti  $\beta_k$  svolgono anche la funzione di omogeneizzare

dimensionalmente gli attributi  $X_{km}$  per poter esprimere  $V_m$  in un'unica unità dimensionale indicata con [util].

Per il trasporto privato su auto, il car pooling ed il car sharing, l'attributo del tempo di spostamento  $T_{TRAVEL}$  è la somma del tempo complessivamente speso per spostarsi dalla zona di origine a quella di destinazione e comprende quindi le varie fasi di spostamento a piedi ed a bordo del mezzo. Diversamente, per il trasporto pubblico il tempo di spostamento comprende i seguenti elementi: il tempo a bordo del mezzo, il tempo di attesa alla fermata del bus ed i tempi di spostamento a piedi (questi ultimi due raddoppiati per omogeneizzarli al tempo a bordo).

Per quanto concerne il costo dello spostamento  $C_{TRAVEL}$ , nel caso del mezzo privato e del car pooling, è costituita dalle seguenti componenti: il costo determinato dal prodotto del costo chilometrico e della distanza percorsa, il costo del parcheggio e il costo della ZTL. Queste tre voci di costo, inoltre, vanno divise per il *coefficiente medio di occupazione del veicolo*, pari a 1 per il trasporto privato ed a 2 per il car pooling;

Nel caso del car sharing, il costo di spostamento è articolato nella somma di un costo chilometrico ed un costo orario di utilizzo dell'auto condivisa.

Per il trasporto pubblico il costo di spostamento è stimato sulla base del costo di abbonamento annuo.

La Tab. 34 mostra il risultato della calibrazione: la stima dei coefficienti degli attributi, la loro significatività statistica, la misura della *goodness-of-fit* (la bontà di adattamento del modello al campione osservato) ed i risultati del *t-test* sui parametri.

Come si può notare la stima delle variabili introdotte nel modello ha elevata significatività statistica ed i coefficienti hanno tutti il segno appropriato.

Tabella 34. Risultati della calibrazione del modello (fonte: Catalano *et al.*, 2008).

Attributi	Coefficienti	Standard error	t-ratio	P[ Z >z]
$T_{TRAVEL}$ (min)	-0,02605340	0,27924585E-02	-9,330	0,0000
$C_{TRAVEL}$ (€)	-0,28923442	0,27332091E-01	-10,582	0,0000
$T_{PARKING}$ (min)	-0,10766113	0,13312674E-01	-8,087	0,0000
NCARS	-2,60542611	0,21059922	-12,371	0,0000
CAR (1/0)	1,14893210	0,98749327E-01	11,635	0,0000
CS (1/0)	1,48328631	0,16045208	9,244	0,0000
Number of choice observations = 3080				
Log likelihood function = - 3892,192				
$\rho^2$ (constants only) = 0,04				
Value of time ( $T_{travel}/C_{travel}$ ): 5,40 €/h				

La probabilità che l'utente, partendo dall'origine  $o$  con destinazione  $d$ , per il motivo  $s$ , scelga il modo di trasporto  $m$ , si ricava dalla seguente relazione:

$$p(m/ods) = \frac{e^{V_m}}{\sum_m e^{V_m}}$$

Al fine di determinare quale sia la probabilità media che gli utenti scelgano il car sharing, si deve applicare il modello a diverse coppie O/D significative. Tale lavoro è stato realizzato in occasione dello studio di Migliore *et al.* (2018).

Lo studio citato ha evidenziato come la probabilità di scelta del car sharing a Palermo si assesti sul 3,5% nel caso di 6000 km percorsi annualmente in auto, sul 5% nel caso di 3000 km.

Al fine del calcolo della potenziale domanda di car sharing che ancora potrebbe esprimersi, considerando il fatto che nei quartieri dove esistono linee di autobus ad alta frequenza l'utente tenderà ad utilizzare maggiormente il trasporto pubblico e percorrerà meno di 6000 chilometri in auto privata rispetto, si è scelto di applicare una probabilità di scelta del 5% ai potenziali utenti car sharing residenti in tali quartieri e una probabilità di scelta del 3,5% ai potenziali utenti car sharing residenti negli altri quartieri. I quartieri in cui si ha un trasporto pubblico locale molto frequente sono Resuttana-San Lorenzo, Libertà e Politeama. Gli utenti potenziali sono quelli calcolati nel corso della determinazione del bacino di utenza (cfr. paragrafo 3.7). Si è calcolato, quindi, tramite GIS il numero di residenti maggiorenni residenti in tali quartieri, al contempo ricadenti all'interno del bacino di utenza.

Si riporta in Tab. 35 il calcolo effettuato.

Tabella 35. Numero di potenziali utenti.

Quartieri	Residenti	% applicata	Utenti
con bus/h $\geq$ 35	81.687	5	4084
con bus/h<35	118.148	3.5	4135

Il numero totale di potenziali utenti è, pertanto, pari a circa 8.300 utenti. Questo può crescere se si migliora, come abbiamo visto, l'accessibilità pedonale delle stazioni, se si aumenta il numero delle stazioni o la flotta. Nel dicembre 2020 il servizio ha raggiunto il numero di 8.777 iscritti; questi, però, sono in parte costituiti da utenti che usano solamente il bike sharing, inseriti nel conteggio per via dell'abbonamento unico. Come si è visto, infatti, il numero di utenti attivi, cioè che effettuano realmente delle corse in car sharing, era di soli 1.998 utenti nel 2019. Nell'ultimo anno vi è stato un incremento significativo delle iscrizioni dovuto principalmente alle convenzioni stipulate, ma sicuramente non tale da portare il

numero di utenti attivi a quota 8.000. Alla luce di tali considerazioni, si può supporre che, anche con l'offerta attuale, vi sia un potenziale di crescita ancora inespresso in termini di utenza. Al fine di riuscire a fare avvicinare tali utenti al servizio è opportuno che si aumenti la flotta, così da ridurre al minimo i casi di indisponibilità dei veicoli.

### 3.12 La valutazione dei benefici ambientali

La valutazione dei benefici che il car sharing genera e che l'azienda aveva posto come obiettivo da raggiungere è di grande utilità per comprendere se il servizio sta riuscendo ad attirare domanda e se esso è effettivamente conveniente per l'amministrazione comunale. In particolare, dato il carattere di sostenibilità che il servizio di car sharing punta a possedere, si devono stimare i benefici ambientali in termini di riduzione di gas serra e di emissioni inquinanti.

Pertanto, si sono stimate le emissioni inquinanti prodotte dalla flotta del servizio car sharing per determinare quali siano gli effettivi benefici in termini di riduzione delle emissioni derivanti dal passaggio dall'utilizzo dell'autovettura privata all'utilizzo di quella condivisa. A tal scopo è stato, quindi, utilizzato lo specifico software COPERT, elaborato all'interno del progetto europeo CORINAIR (Cordination Information Air) e con cui è possibile valutare le emissioni prodotte da un dato parco veicolare, considerando tutti quei fattori che influenzano tali emissioni.

Tra tali fattori vi sono innanzitutto quei parametri rappresentativi delle caratteristiche costruttive dei veicoli: il tipo di motore, il tipo di combustibile utilizzato, le caratteristiche del fluido evolvente, il tipo di dispositivo di controllo delle emissioni, le caratteristiche di cilindrata e potenza.

Una seconda categoria di parametri comprende quelli che influenzano lo stato della meccanica del veicolo, come ad esempio lo stato di usura, lo stato di manutenzione, le condizioni di regolazione.

Vi sono, infine, i parametri che rappresentano le condizioni operative del veicolo nelle condizioni reali di traffico, quali la velocità, l'accelerazione e le caratteristiche dell'ambiente esterno, come la temperatura, l'umidità relativa, le condizioni del manto stradale, la pendenza, le caratteristiche di deflusso e lo stile di guida del conducente.

La notevole correlazione che esiste, in particolare, tra l'entità delle emissioni e la velocità media dei veicoli è senza dubbio una proprietà importante del fenomeno dell'emissione, che viene presa in considerazione dal modello COPERT.

In particolare, il software COPERT V, utilizzato nell'analisi, prevede la conoscenza delle seguenti variabili:

- tipologia di veicolo (tipo di carburante, anno di produzione, cilindrata per veicoli leggeri o motocicli e peso per veicoli di trasporto merci);
- velocità media;
- lunghezza del tratto percorso;
- presenza o meno del ciclo di preriscaldamento (vista l'esistenza dei tre contributi emissivi: a freddo o in transitorio termico, a caldo o a regime termico ed evaporativo);
- tipo di strada percorsa (urbana, extraurbana, autostrada);
- ambiente climatico.

Le sostanze inquinanti che è possibile esaminare con la metodologia COPERT sono dieci: gli ossidi di azoto  $\text{NO}_x$ , l'ossido di diazoto  $\text{N}_2\text{O}$ , gli ossidi di zolfo  $\text{SO}_x$ , il metano  $\text{CH}_4$ , gli idrocarburi volatili non metallici, il monossido di carbonio  $\text{CO}$ , l'anidride carbonica  $\text{CO}_2$ , l'ammoniaca  $\text{NH}_3$ , il particolato e i composti del piombo. Generalmente, per sostanze come  $\text{CO}$ ,  $\text{COV}$ ,  $\text{NO}_x$  e  $\text{PM}$  (solo per veicoli diesel) e per il consumo di combustibile, si ottiene una stima piuttosto accurata dei fattori di emissione. Invece per  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_3$ , metalli pesanti e benzene le stime sono più approssimate e basate, in particolare, sulla quantità di carburante consumata.

COPERT V si può utilizzare per valutare le emissioni di autovetture per trasporto passeggeri, veicoli commerciali leggeri, veicoli commerciali pesanti, autobus, motocicli e ciclomotori, suddivisi per classi di cilindrata, tipo di alimentazione, e standard antinquinamento.

A parte i fattori di emissione, presenti nel codice di calcolo del programma, gli altri dati devono essere introdotti dall'utente durante la creazione del database di input.

A ciascuna classe veicolare e per ogni inquinante, il software COPERT V associa delle funzioni di stima delle emissioni e dei consumi dipendenti dalla velocità. Tali funzioni rappresentano delle curve medie di emissione e di consumo di carburante; esse vengono ricavate da misure di emissioni riferite a prove effettuate in numerosi Paesi Europei con diverse tipologie e marche di veicoli, su una varietà di cicli di guida urbani ed extraurbani, inclusi quelli previsti dalle normative europee.

Le quantità complessive di sostanze emesse in atmosfera dai mezzi di trasporto su strada dipendono sia dalle emissioni specifiche dei singoli veicoli (fattori di emissione), che dalla numerosità delle diverse flotte (veicoli a benzina, diesel, GPL, veicoli catalizzati e non, etc.) e dalle relative percorrenze.

Le emissioni da veicoli su strada sono valutate da COPERT come la somma di tre tipologie di contributi:

- $E_{hot}$  = emissioni “a caldo” (*hot emissions*), prodotte durante il funzionamento del motore alla temperatura di esercizio (circa 90°C), cioè quando il motore è stabilizzato termicamente;
- $E_{cold}$  = emissioni “a freddo” (*cold over-emissions*), prodotte nella fase di riscaldamento del motore. Comprendono quelle generate durante la partenza a temperatura ambiente e gli effetti del preriscaldamento. Convenzionalmente, sono le emissioni che si verificano quando la temperatura dell’acqua di raffreddamento è inferiore a 70°C;
- $E_{evap}$  = emissioni evaporative costituite dai soli composti organici volatili non metanici, dovute all’evaporazione del combustibile.

Le emissioni a caldo sono stimate per tutte le tipologie di veicoli, le emissioni a freddo per i veicoli leggeri, quelle evaporative sono rilevanti solo per i veicoli a benzina.

Le variabili da inserire nel modello sono state, quindi, valutate analizzando il parco auto circolante nella città di Palermo, raccogliendo i dati sulla flotta e le caratteristiche del servizio car sharing e tenendo in considerazione le modalità di utilizzo del mezzo condiviso da parte dell’utenza dichiarate durante le interviste rilasciate nel corso dell’indagine di *customer satisfaction*.

Per l’analisi si sono utilizzati i dati del 2016.

In quell’anno la flotta era costituita per lo più da mezzi a metano Euro 5 ed Euro 6, di piccola e media cilindrata, e da alcuni mezzi a gasolio ed elettrici (Tab. 36).

Si nota come la presenza di 24 auto elettriche e il fatto che le auto disponibili appartengono agli standard europei più stringenti possa essere già di per sé un punto a favore del car sharing nella lotta alle emissioni di inquinanti. Ciò vale tanto più perché il parco auto circolante a Palermo rimane ancora oggi per una buona percentuale composto da veicoli vetusti ed altamente inquinanti. In Tab. 37 si riporta la composizione del parco circolante palermitano nel 2016, suddiviso per tipo di alimentazione e standard sulle emissioni: solo il 52% del totale delle auto circolanti appartiene alle categorie Euro 4, 5 e 6.

I veicoli della flotta car sharing risultano, quindi, più nuovi rispetto ai veicoli circolanti mediamente a Palermo, la maggior parte dei quali ha uno standard pre-Euro 5. Per ogni tipologia di autovettura appartenente alla flotta car sharing, classificate secondo cilindrata, alimentazione e standard, si sono ricavate dai dati forniti dall’azienda le percorrenze effettivamente percorse nel 2016.

Tabella 36. Composizione del parco autovetture circolante a Palermo nel 2016.

Anno	Tipo auto	Numero	Alimentazione	Cilindrata	Standard
	Fiat 500 L	9	Gasolio	1,3 L	Euro 5
	Opel Combo	3	Bifuel Metano	1,6 L	Euro 5
	Volkswagen Golf	6	Bifuel Metano	1,4 L	Euro 6
	Volkswagen Golf Plus	1	Bifuel Metano	1,6 L	Euro 5
	Fiat Panda	10	Bifuel Metano	0,9 L	Euro 6
2016	Volkswagen Polo	20	Bifuel Metano	1,2 L	Euro 5
	Renault Zoe	24	Elettrica	43kw	
	Skoda Fabia	8	Bifuel Metano	1,2 L	Euro 5
	Volkswagen Touran	4	Bifuel Metano	2 L	Euro 5
	Volkswagen Up!	33	Bifuel Metano	1 L	Euro 5
	Opel Zafira	3	Bifuel Metano	1,6 L	Euro 6

Tabella 37. Composizione del parco autovetture circolante a Palermo nel 2016.

Totale autovetture circolanti	385103
Euro 0	13,54 %
Euro 1	3,74 %
Euro 2	13,40 %
Euro 3	17,31 %
Euro 4	31,61 %
Euro 5	14,68 %
Euro 6	5,72 %
Benzina	55,20 %
Gasolio	39,57 %
GPL	4,59 %
Metano	0,51 %
Ibrido/elettrico	0,13 %

Dall'indagine di *customer satisfaction* si è trovato che il 29,9% degli abbonati ha una famiglia composta da due persone, ma alta è anche la percentuale di chi ha una famiglia composta da tre (22,4%) o quattro persone (27,3%). Tali dati, uniti al fatto che la maggior parte degli utenti nell'indagine dichiarava di possedere un'auto in famiglia (51,7%) e che non rinuncerà all'auto di famiglia (61,3%), portano ad affermare che l'uso del car sharing a Palermo è legato molto spesso all'indisponibilità di avere un'auto a disposizione, poiché essa è principalmente utilizzata dagli altri componenti della famiglia, e sostituisce di fatto l'acquisto di una seconda auto.

Ciò ha portato alla scelta di confrontare le emissioni della flotta car sharing con le emissioni di auto nuove (Euro 6) alimentate a benzina.

Dal dato relativo alle percorrenze chilometriche complessive della flotta veicolare nel 2016, fornito da AMAT (cfr. paragrafo 3.2), si è ricavato che il numero di chilometri percorsi da ogni auto condivisa era di circa 8000 km/anno. Questo, secondo i dati ISTAT è anche la percorrenza chilometrica media dei cittadini residenti a Palermo.

Ciò potrebbe portare ad affermare che nel 2016 un'auto di car sharing sostituiva una sola autovettura privata. Ciò però risulta sbagliato poiché bisogna tenere a mente il target di utenza a cui il car sharing si riferisce. Infatti, l'utente medio del car sharing, come abbiamo visto, è differente rispetto all'utilizzatore medio dell'auto privata. Nel corso dell'analisi di *customer satisfaction*, ma anche dall'analisi dei dati raccolti dall'azienda, si è trovato che gli utenti del car sharing usano sporadicamente il servizio e utilizzano anche altre modalità di trasporto. In media, nel 2016 gli utenti di car sharing hanno percorso circa 2000 km/anno. Pertanto, si può affermare che a Palermo un'auto condivisa sostituisca non una sola autovettura, ma quattro autovetture private.

Si è scelto, quindi, di confrontare le 121 auto della flotta car sharing con 484 auto a benzina che effettuano complessivamente un numero di chilometri poco superiore ai chilometri della flotta car sharing, cioè 2.500 km/anno per singola autovettura. Infatti, il 53% degli intervistati dichiara di aver percorso lo stesso numero di km in auto dopo l'adesione, il 41,6% ha percorso meno km in auto.

Inoltre, la fascia diurna 7:00-15:00 è quella in cui il servizio è maggiormente utilizzato, sebbene anche nella fascia 15:00-20:00 e nelle ore notturne il car sharing rimane ugualmente molto utilizzato (rispettivamente dal 32,8% e dal 26,5% degli utenti). Ciò ha portato a decidere di considerare i chilometri percorsi al 70% all'interno delle ore di punta e al 30% nelle ore non di punta.

Gli inquinanti di cui si sono calcolate le emissioni e con cui si è fatto il paragone tra flotta car sharing e acquisto di nuove auto a benzina sono stati CH<sub>4</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, NMVOC, NO<sub>x</sub> e PM<sub>10</sub>. Si riportano i risultati per i due parchi auto in Tab. 38.

Dall'analisi dei risultati si evince che, sebbene in termini assoluti l'utilizzo della flotta car sharing abbia effetti positivi in termini di riduzione delle emissioni di sostanze inquinanti in atmosfera, considerando le 385.103 autovetture circolanti a Palermo tali effetti siano stati di fatto limitati nel 2016.

Prendendo, altresì, in considerazione che il *modal split* del car sharing secondo l'applicazione del modello di scelta modale risulta circa del 3,5%, si può affermare che il

servizio di auto condivise incida ancora in maniera abbastanza limitata sulla mobilità palermitana.

Tabella 38. Emissioni delle sostanze inquinanti nei due scenari.

Inquinante	Emissioni Parco No Car Sharing	Emissioni Car Sharing	Differenza
	[t]	[t]	
CH <sub>4</sub>	0.0258	0.0688	+ 167
CO	0.7309	0.4502	- 38
CO <sub>2</sub>	334.5237	208.9314	- 38
NMVOG	0.1751	0.0291	- 83
NO <sub>x</sub>	0.077	0.0892	+ 16
PM10	0.028	0.021	- 25

Il car sharing riveste comunque un ruolo importante sia perché si pone come modo di trasporto alternativo all'auto privata, sia perché esso è complementare e di supporto al trasporto pubblico. Inoltre, tale servizio potrebbe essere un valido aiuto per sensibilizzare la popolazione nei confronti del problema dei cambiamenti climatici e dell'inquinamento e orientare così la scelta verso modi di trasporto più puliti. Inoltre, data la presenza di auto elettriche potrebbe essere un utile stimolo alla diffusione di tale tipologia di veicoli e al potenziamento delle infrastrutture necessarie. Un ulteriore e significativo apporto che il car sharing potrebbe dare è, invece, legato al miglioramento della qualità dell'aria all'interno delle aree centrali della città e della zona a traffico limitato, volto alla tutela dei beni monumentali e alla realizzazione di itinerari turistici meno inquinati e più piacevoli da percorrere.

### 3.13 Analisi dei *feedback* degli utenti

Per comprendere i punti di forza e le criticità del servizio può rivelarsi un valido strumento l'analisi dei *feedback* degli utenti. A tal fine di grande supporto possono essere i *social network*: analizzando i commenti degli utenti e il gradimento dei post dell'operatore, si possono individuare più facilmente le problematiche che affliggono il servizio. L'analisi dei dati forniti dai *social network* (*Social media analytics*) permette, infatti, di monitorare i comportamenti e le preferenze dell'utente, comprendere cosa è vissuto da questi come disservizio e rimediare, mettendo in atto le opportune soluzioni. Attraverso l'analisi dei *social network* si può comprendere meglio il target di utenti su cui il servizio ha fatto breccia e quello verso cui ancora occorre indirizzarsi.

Pertanto, sono state analizzate le pagine *social* del servizio AmiGO in modo tale da individuare quali fossero le problematiche più frequenti manifestate dagli utenti car sharing. In particolare, una delle criticità più frequentemente rappresentate dai cittadini è l'occupazione degli stalli riservati al car sharing da parte di veicoli non autorizzati, che costringe spesso l'utente a concludere il noleggio in una stazione diversa dalla stazione desiderata ed evidentemente più lontana dalla propria destinazione, oppure a perdere tempo per cercare uno stallone libero in prossimità della stazione, comunicando l'accaduto all'azienda o, in alternativa, richiedere l'intervento dei vigili urbani.

Un altro problema riferito da numerosi utenti è l'indisponibilità di autovetture nelle vicinanze al momento della prenotazione, criticità riscontrata soprattutto dopo l'avvio del servizio in altre cittadine siciliane. La flotta, infatti, si è via via ridotta a Palermo perché parte dei veicoli sono stati destinati al servizio nei comuni dell'area vasta. L'indisponibilità delle autovetture di car sharing è stata riscontrata, inoltre, nei mesi estivi, in cui le vetture sono prenotate per periodi lunghi, della durata anche di più settimane, impedendo così il *turn over* tra gli utenti.

Negli ultimi tre anni si è riscontrato, inoltre, un numero crescente di utenti che percepiscono le tariffe come troppo elevate.

### 3.14 Risultati e conclusioni

L'elaborazione dei dati raccolti da AMAT e le analisi svolte hanno dimostrato come siano molteplici le aree di miglioramento verso cui l'azienda può indirizzarsi, così come diversi sono i punti di forza.

AMAT è l'azienda municipalizzata che si occupa del trasporto pubblico palermitano (bus, tram) e ciò porta sicuramente ad alcuni vantaggi. Innanzitutto, il comune può attuare politiche riguardanti la mobilità, quali l'introduzione di zone a traffico limitato o la tariffazione della sosta, in maniera tale da incentivare l'uso del car sharing e disincentivare l'utilizzo dell'auto privata.

Inoltre, il sistema car sharing può essere sviluppato più facilmente in complementarità rispetto al trasporto pubblico, poiché soltanto un sistema integrato riesce a soddisfare le esigenze di mobilità degli individui, il che è necessario per attuare una riduzione a larga scala dell'uso dell'autovettura privata.

Una criticità del servizio car sharing è relativa all'accessibilità: tale servizio risulta non accessibile a coloro i quali non possiedono una patente, nonché a chi non possiede una carta di credito. Questo fa sì che intere fasce di popolazione non possano accedere al servizio, che

pertanto, per queste categorie di persone, non può entrare a fare parte dell'insieme di scelta dei modi di trasporto da utilizzare in alternativa all'auto privata.

In particolare, l'inaccessibilità per chi non possiede una carta di credito o, più radicalmente, un conto in banca, rende il servizio poco inclusivo delle fasce più povere della popolazione, quelle cioè che non possedendo generalmente un'autovettura si ritrovano ad avere già un limitato ventaglio di possibili modalità di trasporto da utilizzare.

L'inclusività nei confronti dei possessori di disabilità motoria permanente o temporanea agli arti inferiori è, invece, sicuramente un punto di forza del sistema di car sharing della città di Palermo, benché non si abbiano dati riguardo l'effettivo uso da parte di questa categoria di utenti.

La contemporanea presenza di due modelli di business, che dovrebbe rivelarsi un punto di forza, in realtà, come si è visto, è causa di confusione negli utenti che sembrano non aver compreso appieno le differenze insite nelle due modalità.

Tra le due, la modalità *station-based* risulta essere quella più utilizzata dagli utenti. Essa è la modalità che l'operatore ha offerto in città fin dall'avvio, mentre il servizio a flusso libero si è reso un'opzione possibile per i cittadini solo negli ultimi tre anni. Pertanto, non stupisce il fatto che la modalità *station-based* sia più radicata nelle abitudini di mobilità degli utenti del servizio di car sharing palermitano e, in generale, più conosciuta dai cittadini palermitani, i quali hanno avuto modo di notare, negli anni, gli stalli riservati al servizio nei vari punti della città. Gli utenti hanno, quindi, maggiormente familiarizzato con questa tipologia di servizio, riuscendone con maggiore facilità a determinarne i costi di utilizzo in relazione agli spostamenti da effettuare e capendo in quali circostanze possano sfruttarne i potenziali vantaggi.

Un maggiore utilizzo in città della modalità a stazione fissa è dovuto anche al fatto che buona parte della flotta è destinata a questa tipologia di servizio, mentre solamente 24 autovetture elettriche possono essere utilizzate in modalità *free-floating*. L'esiguità della flotta in *free-floating* e la maggiore concentrazione delle stazioni riservate al servizio *station-based* nel centro città, comporta che, all'interno dell'area di noleggio a flusso libero, la probabilità di trovare nelle proprie vicinanze un'autovettura disponibile in una stazione fissa sia maggiore rispetto a quella di trovare un'autovettura utilizzabile in modalità *free-floating*.

Appare chiaro, quindi, che la modalità mista proposta da AMAT sia attualmente sbilanciata a favore del servizio *station-based*. Nell'area di noleggio, di fatto, le due modalità entrano in concorrenza tra loro, laddove la modalità *free-floating* dovrebbe essere, invece, quella maggiormente incentivata per gli spostamenti brevi da effettuarsi entro tale zona. La modalità *free-floating* permetterebbe, infatti, di raggiungere tassi di rotazione elevati,

circostanza che a Palermo, invece, non si verifica. Al contrario, come si è visto, le auto elettriche in *free-floating* sono quelle meno utilizzate.

Il sistema di tariffe, troppo complesso, comporta ulteriori fraintendimenti: non indirizza gli utenti verso la scelta più adatta a soddisfare le proprie esigenze di mobilità. Questo è dimostrato dal fatto che una delle criticità più frequenti lamentate dagli utenti negli ultimi tre anni siano i costi elevati: in realtà, le tariffe applicate sono tra le più basse del panorama italiano ma l'assenza di familiarità con il servizio a flusso libero ha fatto sì che gli utenti utilizzassero indiscriminatamente le due modalità, non capendo le circostanze in cui era più conveniente a livello economico utilizzare l'una piuttosto che l'altra e avendo sempre come parametro di riferimento la tariffazione prevista per il servizio *station-based*, più bassa se si effettuano noleggi di lunga durata. Accade quindi che gli utenti utilizzano il servizio *free-floating* per viaggi anche abbastanza lunghi, così come in molti casi utilizzano il car sharing *station-based* per brevi spostamenti entro l'area di noleggio.

Una criticità della modalità *station-based* è rappresentata dalla localizzazione delle stazioni che non sembra ottimale: alcune zone dove sorgono poli attrattivi importanti sono state trascurate dall'azienda; inoltre, l'accessibilità pedonale ad alcune stazioni è scarsa e, di fatto, ne restringe il potenziale bacino di utenti. Altro aspetto che è stato trascurato è la *walkability* delle zone dove sorgono le stazioni del servizio: essa, come si è visto, deve essere considerata nella localizzazione dei servizi di car sharing.

A ciò si aggiunge la criticità riscontrata dagli utenti riguardo alla reale disponibilità degli stalli riservati: spesso essi sono occupati da veicoli diversi da quelli del car sharing, impedendo così all'utente di concludere la corsa nel punto prestabilito e facendogli perdere altro tempo alla ricerca di un parcheggio.

Invece, per quanto riguarda il sistema *free-floating*, l'estensione dell'area di noleggio, se paragonata con le aree di noleggio dove operano i servizi car sharing in altre città italiane, risulta piuttosto limitata: ciò è principalmente dovuto al basso numero di auto disponibili che non consente di coprire l'intera città; in tal modo, però, risulta limitato anche l'utilizzo della modalità *free-floating*, poiché rimangono escluse coppie origine-destinazione eleggibili per un servizio di questo tipo. L'area di noleggio del servizio *free-floating*, inoltre, copre un'area dove si esprime solo il 5% degli spostamenti in auto della città, perché ben servita dal trasporto pubblico. Tale area, inoltre, ha una scarsa offerta di sosta, che si traduce in alti tempi di ricerca del parcheggio per gli utenti del car sharing a flusso libero, con conseguente esborso di denaro da parte dell'utente.

Infatti, la tariffazione al minuto tipiche del *free-floating* fa sì che il tempo trascorso nel traffico e il tempo impiegato per la ricerca del parcheggio concorrono a decretare o meno la

convenienza economica di tale modalità. L'utente del *free-floating*, più sensibile al trascorrere del tempo, attribuirà al servizio una disutilità molto alta nel momento in cui vedrà alzarsi le tariffe a causa dell'allungamento del tempo di noleggio dovuto a una difficile ricerca di uno stallo libero in prossimità della destinazione o a velocità di percorrenza molto ridotte a seguito di fenomeni di congestione. In tali casi a quella che è considerata una perdita di tempo si associa anche una perdita di denaro, eventualità che costituisce di fatto un deterrente molto forte per il futuro riutilizzo del servizio. Pertanto, risulta fondamentale che la modalità *free-floating* sia introdotta in aree in cui, in relazione alla domanda di sosta, vi sia un'offerta residua.

Altra criticità riscontrata per entrambi i sistemi risulta essere un tasso di rotazione dei veicoli molto basso e ciò, come si è visto, non è dovuto a una scarsa domanda (vi è ancora una domanda inespressa), ma è diretta conseguenza di una dimensione della flotta esigua rispetto alle esigenze dell'utenza, che comporta una certa indisponibilità di veicoli.

Questa indisponibilità dei veicoli nelle vicinanze degli utenti al momento della prenotazione è dovuta principalmente alle politiche dell'azienda che ha suddiviso la stessa flotta tra più comuni e ha consentito il noleggio per lunghi periodi di tempo. Questi sono i due elementi che maggiormente incidono sul successo di questo servizio di mobilità condivisa, tarpandone le ali.

In conclusione, se, da un lato, la modalità *station-based* risulta quella attualmente più adatta a soddisfare le particolari esigenze di mobilità dei cittadini palermitani, dall'altro è evidente che tale modalità, nelle circostanze dell'attuale offerta, rischia di inficiare l'affidabilità del sistema stesso, in quanto una grande fetta della flotta rimane spesso indisponibile ai cittadini e non si favorisce il *turn over* tra gli utenti.

Per tutte le considerazioni qui esposte, il presente lavoro ha avuto come obiettivo quello di sviluppare una metodologia che consentisse di implementare un servizio esclusivamente *station-based*, puntando a una dimensione della flotta adeguata e un'allocazione ottimale delle stazioni che incentivino un utilizzo più frequente dei mezzi.

# Capitolo 4

## Il caso studio: applicazione della metodologia alla città di Palermo

Al fine di comprendere al meglio la metodologia descritta al Capitolo 2, ne viene adesso mostrata l'applicazione in relazione ad un caso studio. Alla luce della collaborazione con AMAT Palermo durante l'intero percorso di Dottorato, partendo dalle considerazioni derivanti dall'analisi dell'attuale servizio di car sharing esposte nel precedente capitolo, si è scelto di individuare come contesto territoriale di applicazione della metodologia la città di Palermo.

### 4.1 Le fonti di dati e i software utilizzati

Al fine di applicare la metodologia sono state considerate le seguenti fonti di dati:

- Il 15° Censimento della popolazione e delle abitazioni effettuato da ISTAT nel 2011: da esso sono stati tratti tutti i dati demografici e socioeconomici relativi alla popolazione residente nelle zone di censo ricadenti nel territorio palermitano. ISTAT ha fornito, altresì, lo *shapefile* delle zone censuarie;
- Le statistiche riguardanti il territorio palermitano integrate in ArcGIS, raccolte dalla società Michael Bauer Research;
- La mappa di Openstreetmap ([www.openstreetmap.it](http://www.openstreetmap.it)), integrata come base cartografica di fondo in ambiente GIS;
- La mappa di Google Earth, integrata come base cartografica di fondo in ambiente GIS;
- Lo *shapefile* delle unità volumetriche (edifici) del territorio comunale, scaricabile dal Portale Open Data del Comune di Palermo;
- Lo *shapefile* della perimetrazione delle aree stradali ricadenti nel territorio comunale, scaricabile dal Portale Open Data del Comune di Palermo;
- L'indagine di *customer satisfaction* condotta nel 2017, dalla quale è stato desunto il profilo dell'utente medio palermitano del car sharing;

- I dati dei noleggi AmiGO del 2019 e lo studio STARS (2018), da cui si è desunta la frequenza media con cui gli utenti del car sharing effettuano un noleggio, rispettivamente a Palermo e nelle città europee.

I software GIS utilizzati sono stati:

- QGIS, applicazione desktop GIS a codice aperto (*open source*), scaricabile gratuitamente ([www.qgis.org](http://www.qgis.org)). Il software permette di eseguire un elevatissimo numero di operazioni grazie agli strumenti in esso integrati e a un ampio ventaglio di *plugin* aggiuntivi gratuitamente disponibili. Nel presente lavoro è stata utilizzata la versione 3.10 “A Coruña”.
- ArcGIS, sistema informativo geografico prodotto da Esri e distribuito con licenza non libera ([www.desktop.arcgis.com](http://www.desktop.arcgis.com)). Tale programma ha un pacchetto di strumenti che consente di svolgere sia analisi di idoneità che di risolvere problemi di *location-allocation*. Nel presente lavoro è stata utilizzata la versione ArcGIS Pro 2.7.

## 4.2 Operazioni preliminari

Prima di compiere i primi passi della metodologia sono necessarie alcune operazioni preliminari. In QGIS occorre, innanzitutto, definire il Sistema di Riferimento delle Coordinate del progetto. Per la Sicilia Occidentale è possibile scegliere il sistema di riferimento WGS84/UTM zona 33N.

Al fine di importare in QGIS le mappe di OpenStreetMap e di Google Earth come basi cartografiche di fondo è possibile installare il *plugin* “QuickOSM”, seguendo il percorso “Plugins/Gestisci e installa plugins...”. Seguendo lo stesso percorso è possibile scaricare anche il *plugin* QAD, che conferisce tutte le funzionalità di un software CAD a QGIS.

## 4.3 Suitability analysis

Il primo passo della metodologia è la *suitability analysis*. Essa prevede, come descritto al Capitolo 2, di suddividere il territorio cittadino con una griglia di celle quadrate con lato pari alla distanza massima tipicamente accettata dall’utente del car sharing.

Per la città di Palermo tale distanza è stabilita in 500 metri, per cui ogni cella ha dimensioni 500×500.

La griglia può essere creata come vettore in QGIS grazie allo strumento di processing “Crea reticolo”, che consente di generare una griglia che copre un’estensione di territorio specificata. Le dimensioni degli elementi della griglia sono definite fissando una spaziatura orizzontale e verticale (pari a 500 metri). Il risultato è mostrato in Fig. 66.

Il reticolo è composto da 744 celle. Ad ogni griglia è stato attribuito un numero identificativo.

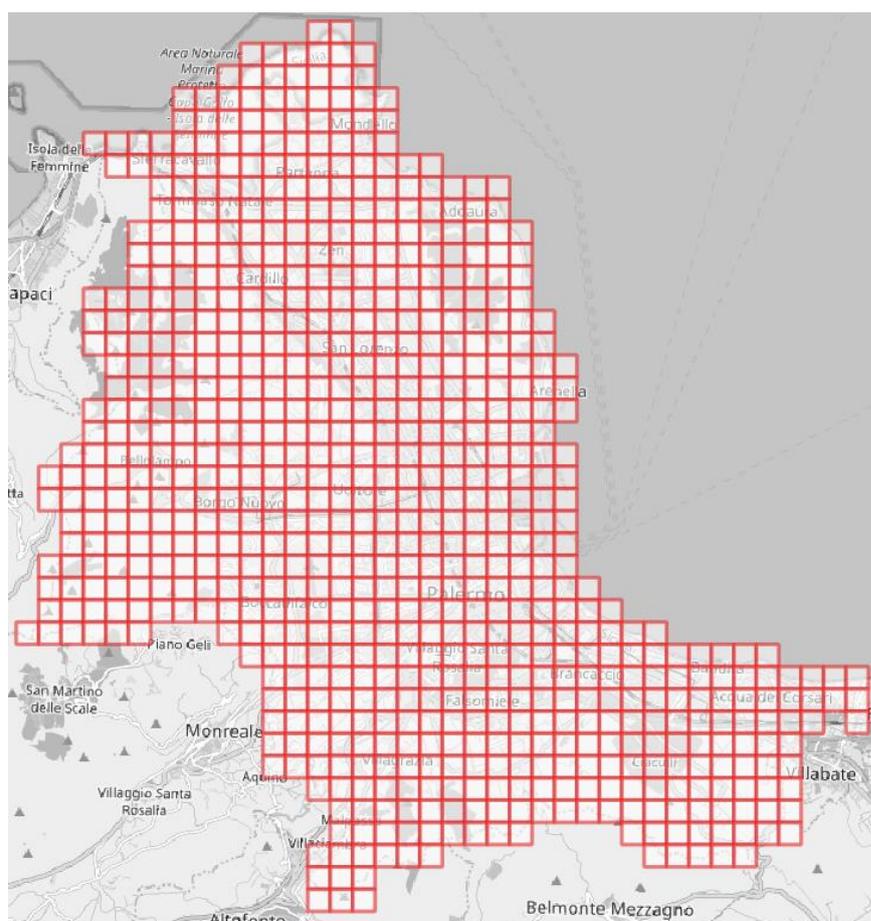


Figura 66. La griglia utilizzata.

Tale griglia è stata, quindi, importata come *layer* in ArcGIS per l'analisi di idoneità. Tra gli strumenti del menu a tendina "Business Analyst", è presente il comando "Suitability Analysis", che consente di effettuare analisi di idoneità. Il primo passo è quello di creare un "Suitability Analysis layer", cioè il *layer* poligonale contenente le zone dove calcolare il *suitability score*; nel caso in esame, tali zone sono rappresentate dalle celle della griglia, per cui il *Suitability Analysis layer* è il *layer* della griglia. Pertanto, dal menu a tendina in "Input features" si seleziona il *layer* della griglia e in "Layer Name" si inserisce un nome per il *Suitability Analysis layer* che si sta creando.

Cliccando su Esegui, il *Suitability Analysis layer* viene creato e aggiunto al pannello "Sommaro".

Successivamente, occorre definire i criteri e le variabili che l'algoritmo deve considerare per attribuire ad ogni cella della griglia un *suitability score*. Si è scelto di utilizzare le variabili contenute all'interno del database fornito da ArcGIS, raccolte dall'istituto di statistica Michael Bauer Research, per l'intero territorio nazionale con riferimento all'anno 2019. L'operazione di definizione dei criteri può essere effettuata con lo strumento "Add Variables

from Data Browser”. Identificando il *Suitability Analysis Layer* dal menu a tendina, cliccando sul simbolo + posto di fianco alla dicitura Variables, si aprirà la finestra di dialogo Data Browser, dalla quale è possibile selezionare le variabili da considerare nel calcolo del *suitability score* (Fig. 67).

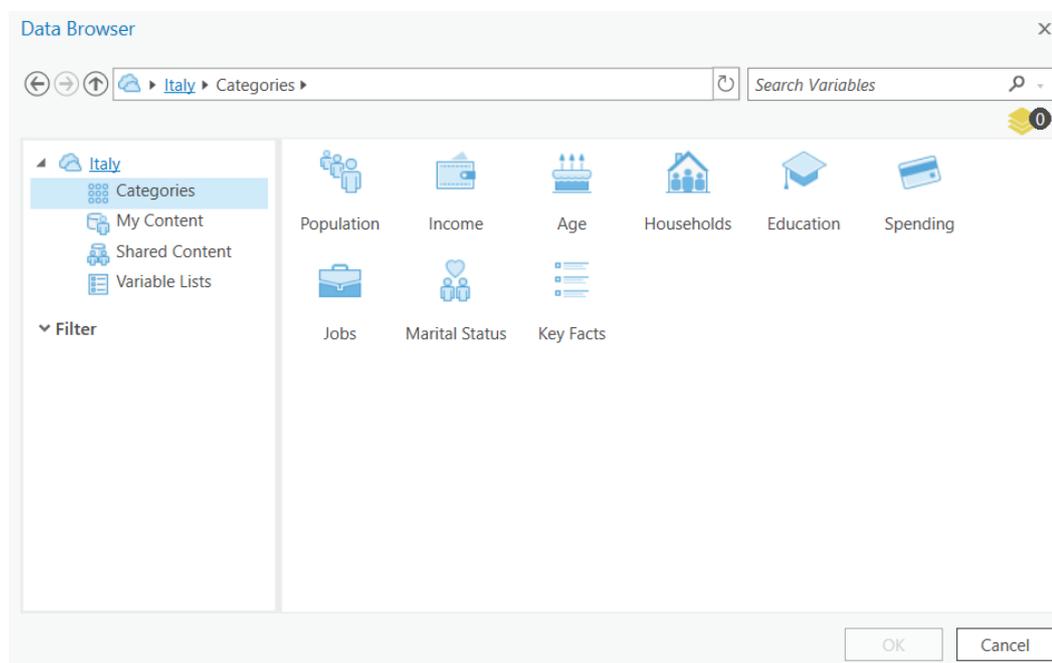


Figura 67. Le variabili presenti in ArcGIS per la *suitability analysis*.

Al fine di scegliere le variabili da considerare, occorre individuare quali siano le caratteristiche che il territorio deve avere per essere idoneo ad accogliere una stazione del servizio car sharing ed esprimere così una certa domanda. Si è considerato come criterio quanto il profilo dei residenti in ogni cella avesse affinità con quello del tipico utente car sharing. Poiché nella città è presente un servizio esistente, si è già a conoscenza di quali siano le caratteristiche socioeconomiche dei cittadini maggiormente attratti dal servizio di mobilità condivisa. Si è, quindi, fatto riferimento al profilo dell'utente medio ricavato dall'indagine di *customer satisfaction* condotta nel 2017: l'utente medio è un uomo di età compresa tra i 30 e i 59 anni, diplomato o laureato, con un'occupazione che gli garantisce un reddito superiore alla media.

Pertanto, le variabili scelte come criterio per il calcolo del *suitability score* sono state:

- la percentuale di popolazione residente di sesso maschile;
- il numero di residenti di età compresa tra i 30 e i 59 anni;
- il numero di residenti in possesso di laurea;
- il numero di residenti in possesso di diploma;
- il numero di residenti disoccupati;

- il numero di famiglie residenti con reddito annuale compreso tra 28.200 € e 38.299 €;
- il numero di famiglie residenti con reddito annuale compreso tra 38.300 € e 55.191 €;
- il numero di famiglie residenti con reddito annuale superiore a 55.192 €.

Non si è, invece, considerata come variabile il numero medio di componenti delle famiglie residenti poiché l'indagine di *customer satisfaction* ha evidenziato come, per tale caratteristica, vi sia una variabilità elevata tra gli utenti del car sharing palermitano: questa caratteristica, quindi, non sembra essere significativa per la definizione del profilo dell'utente target. Il numero medio di auto possedute in famiglia, benché significativo, non era, invece, un dato disponibile.

Successivamente, è necessario attribuire un peso ad ognuna delle variabili. Tale operazione risulta essere particolarmente delicata, in quanto assegnando alle variabili pesi differenti si perviene a risultati che possono differire anche significativamente. Come già sottolineato nel paragrafo è consigliabile, pertanto, confrontarsi con un *panel* di esperti del settore. Nel corso del presente lavoro, ci si è confrontati con dirigenti e tecnici dell'azienda di car sharing e docenti universitari.

Tramite il comando "Suitability Criteria", alle variabili sono stati attribuiti i seguenti pesi, espressi in percentuale:

- 2,5 alla percentuale di popolazione residente di sesso maschile, per la quale si è ipotizzata un'influenza positiva;
- 20 al numero di residenti di età compresa tra i 30 e i 59 anni, per il quale si è ipotizzata un'influenza positiva;
- 25 al numero di residenti in possesso di laurea, per il quale si è ipotizzata un'influenza positiva;
- 5 al numero di residenti in possesso di diploma, per il quale si è ipotizzata un'influenza positiva;
- 25 al numero di residenti disoccupati, per il quale si è ipotizzata un'influenza negativa;
- 5 al numero di famiglie con reddito annuale compreso tra 28.200 € e 38.299 €, per il quale si è ipotizzata un'influenza positiva;
- 15 al numero di famiglie con reddito annuale compreso tra 38.300 € e 55.191 €, per il quale si è ipotizzata un'influenza positiva;
- 2,5 al numero di famiglie con reddito annuale superiore a 55.192 €, per il quale si è ipotizzata un'influenza positiva.

In Fig. 68 si riporta la finestra da cui è possibile attribuire i pesi.

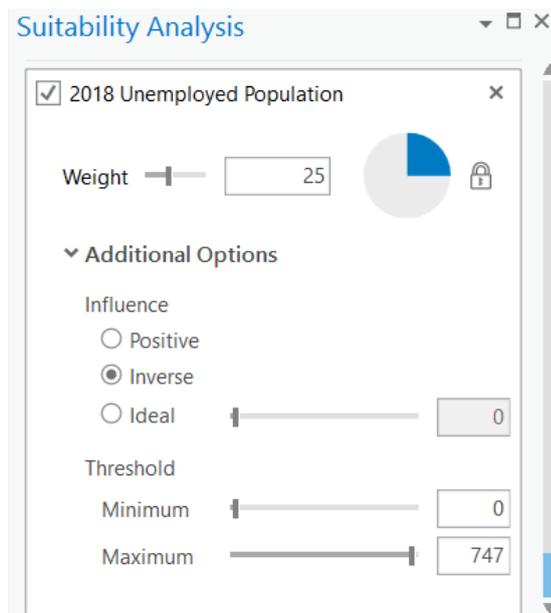


Figura 68. Finestra per l'attribuzione dei pesi.

Una volta fissati i pesi, per calcolare il *suitability score* si clicca su “*Calculate*”. Il programma calcola il punteggio con le modalità descritte al paragrafo 2.4.4. Il risultato dell'analisi di idoneità è visibile in Fig. 69.

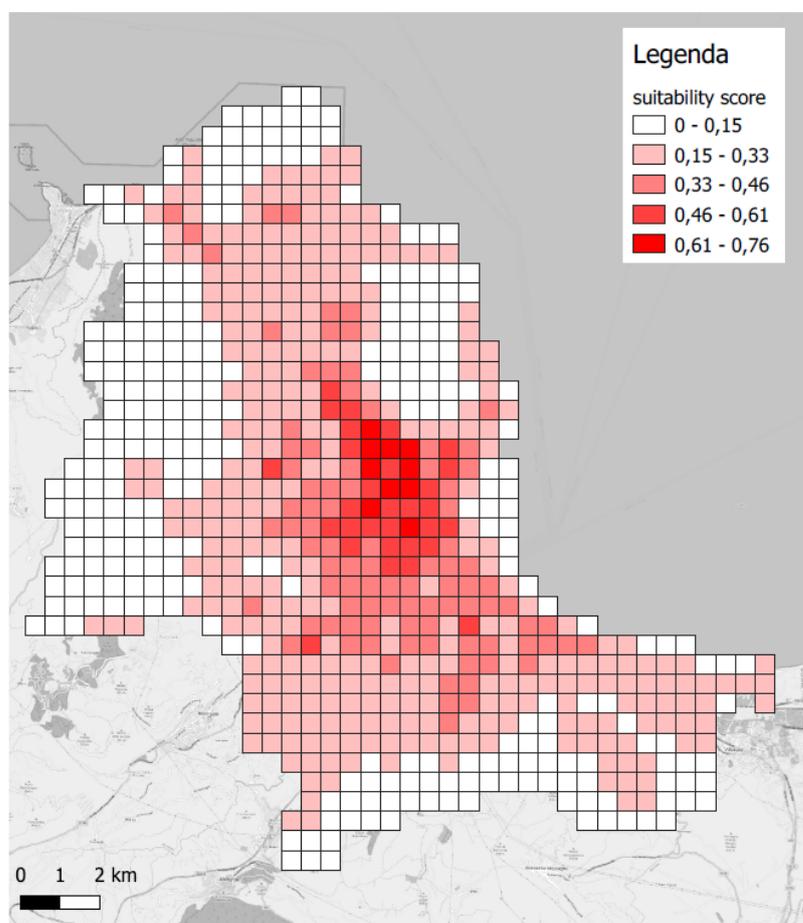


Figura 69. Mappa del *suitability score*.

Come si evince dalla Fig. 69, nessuna cella della griglia raggiunge il valore 1. Si è scelto come valore soglia del *suitability score* il punteggio di 0,33, pari ad un terzo del valore pieno. Le celle che hanno raggiunto tale valore soglia sono risultate 130 (Fig. 70). Si nota come le zone centrali della città raggiungano *suitability score* più elevati e pertanto risultano maggiormente idonee ad accogliere stazioni del servizio.

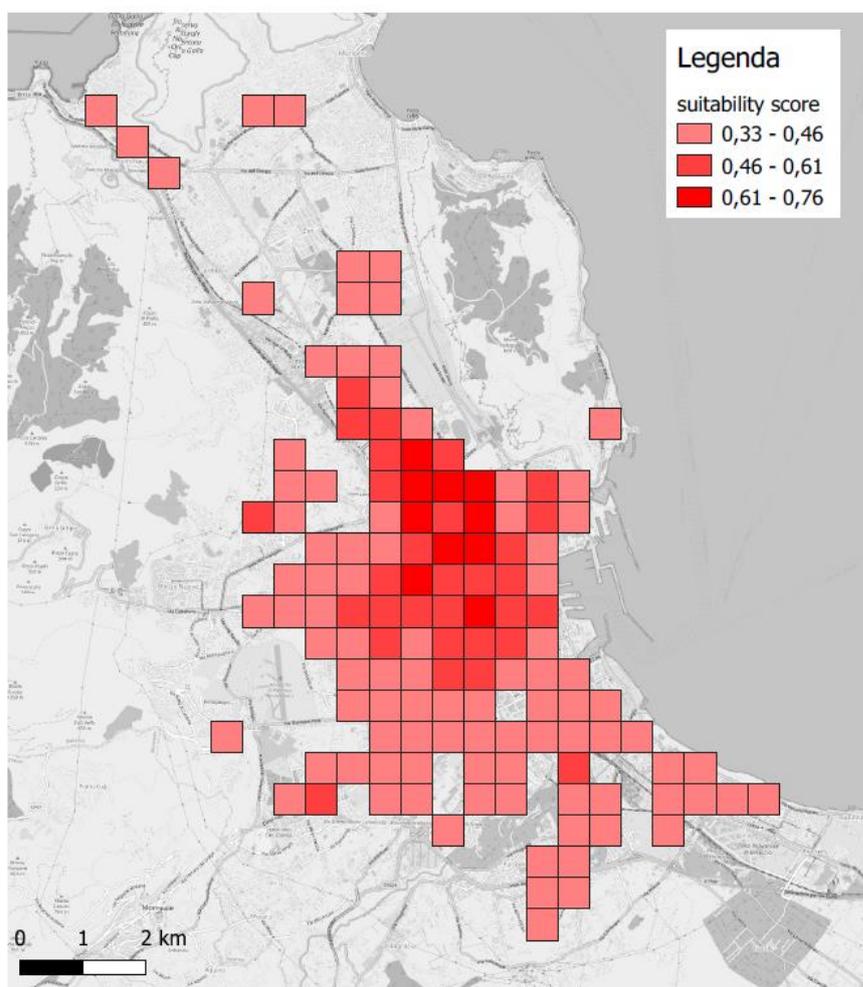


Figura 70. Celle risultanti dall'analisi di idoneità.

#### 4.4 Analisi di site selection

Individuate le celle con *suitability score* superiore a 0,33, in ognuna di esse si deve stabilire dove è maggiormente conveniente installare le stazioni del servizio. A tal fine si procede con l'analisi di *site selection*: essa consente di individuare i siti candidati ad accogliere le stazioni del servizio, considerando al contempo i punti di interesse distribuiti sul territorio. Infatti, l'analisi di idoneità ha permesso di identificare soltanto quelle zone da cui presumibilmente si genera la domanda di car sharing, tralasciando di individuare però le possibili destinazioni degli spostamenti. Invece, l'analisi di *site selection* permette di integrare le stazioni

assegnate alle celle risultanti dalla *suitability analysis* con le stazioni che possano servire i punti di interesse, ovvero le prevedibili destinazioni degli spostamenti.

Il primo passo è stato quello di individuare sul territorio i punti di interesse. Essi sono stati identificati in QGIS utilizzando come cartografia di base la mappa di OpenStreetMap. Si è, quindi, creato un nuovo *layer* contenente i punti di interesse identificati (Fig. 71). In questo momento tali punti di interesse sono rappresentati da forme poligonali, relative alle sagome degli edifici o delle aree individuati come luoghi di interesse.

Sono stati individuati 341 punti di interesse appartenenti alle seguenti categorie:

- Aree commerciali (3);
- Aree industriali (3);
- Case dello studente (6);
- Centri commerciali (8);
- Centri sportivi (43);
- Cinema (14);
- Grandi alberghi (27);
- Luoghi della movida e spiagge (17);
- Poli ospedalieri (32);
- Parcheggi di interscambio (6);
- Stazioni ferroviarie (17);
- Teatri (17);
- Luoghi di interesse turistico (53);
- Poli universitari (8);
- Uffici (79);
- Grandi aziende (8).

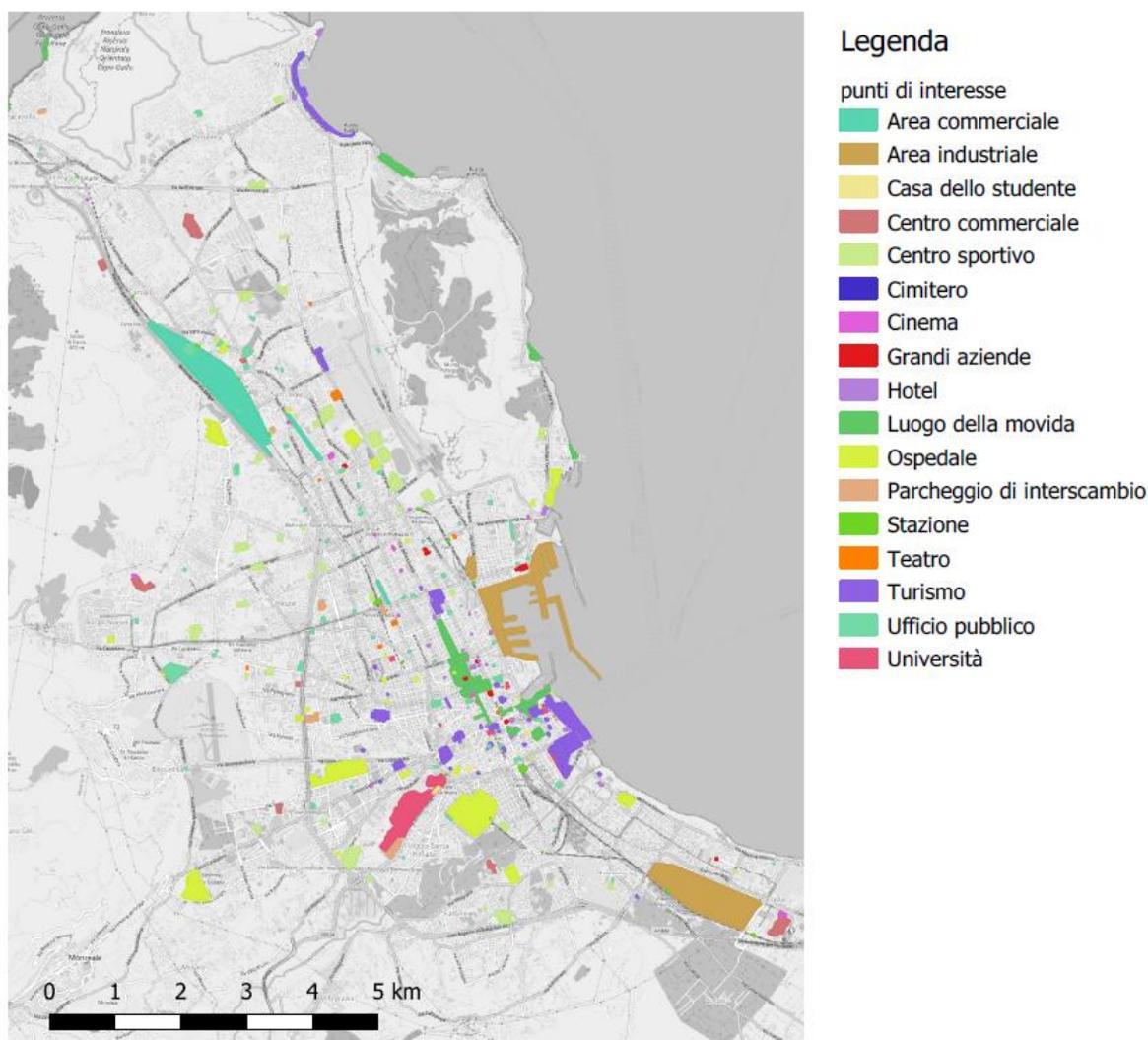


Figura 71. I punti di interesse.

Individuati i punti di interesse, si è proceduto a identificare i siti candidati ad accogliere le stazioni del servizio secondo i criteri esplicitati al paragrafo 2.4.6.

Nelle celle risultanti dalla *suitability analysis* in cui non si ha la presenza di punti di interesse, il sito candidato è stato posizionato in maniera tale da ottimizzare la copertura della domanda dei residenti, tenendo in conto il criterio di visibilità e i vincoli di spazio. Questo è, ad esempio, il caso della cella 640, in cui il sito candidato è stato posizionato in posizione quasi centrata rispetto alla griglia, in una strada in cui vi è spazio per gli stalli di sosta e in un luogo visibile (Fig. 72).

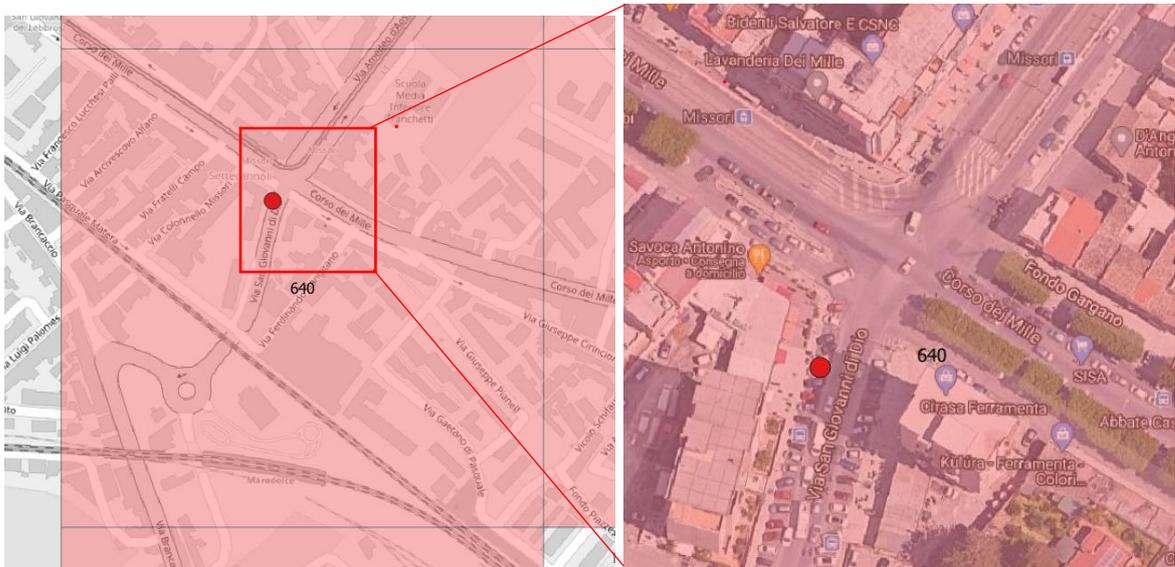


Figura 72. Esempio di localizzazione di un sito candidato in una cella priva di punti di interesse.

Sono stati individuati, poi, i siti candidati a servizio di punti di interesse non ricadenti nelle celle con *suitability score* superiore alla soglia considerata. Per questi siti si è considerato il criterio della prossimità al punto di interesse servito.

Un esempio è il sito candidato individuato per servire il Centro Commerciale Conca D'Oro, nella periferia Nord di Palermo (Fig. 73).



Figura 73. Esempio di localizzazione di un sito candidato a servizio di un punto di interesse esterno alle celle.

Per individuare la posizione dei siti candidati nelle celle risultanti dalla *suitability analysis* in cui ricadono anche punti di interesse, è stato necessario effettuare un'operazione più complessa: determinare l'area di servizio di ogni punto di interesse, cioè l'area entro la quale esso può essere raggiunto a piedi.

Le aree di servizio servono da riferimento per individuare le possibili collocazioni dei siti candidati. Si possono, infatti, escludere come potenziali siti candidati quei luoghi al di fuori delle aree di servizio dei punti di interesse: una stazione situata in tali luoghi non permetterebbe di raggiungere a piedi i punti di interesse. Tali aree sono state determinate fissando come soglia massima di distanza il valore di 500 metri.

Tenendo conto del fatto che gli utenti del car sharing, una volta rilasciata l'autovettura presso la stazione del servizio, devono raggiungere a piedi i punti di interesse, si è deciso di calcolare le distanze sulla base dell'effettiva rete pedonale, costituita da marciapiedi e attraversamenti pedonali nella loro esatta collocazione. Infatti, nel caso in cui si fosse adottata la rete stradale, facilmente acquisibile tramite il servizio OpenStreetMap, piuttosto che la rete pedonale, le distanze calcolate sarebbero risultate scorrette, in quanto non avrebbero tenuto conto del percorso effettivamente compiuto da un pedone (Fig.74). Ciò è tanto più evidente quando si confronta come le intersezioni siano modellate nella costruzione di una rete stradale e in quella di una rete pedonale: le distanze di percorsi effettuati da un pedone calcolati in GIS sulla base di una rete stradale risultano inferiori rispetto a quelle reali (Fig. 75).

Poiché una rete pedonale della città non era ad oggi stata prodotta e resa disponibile nel Portale Open Data del Comune, essa si è dovuta costruire interamente in ambiente GIS in occasione del presente lavoro.

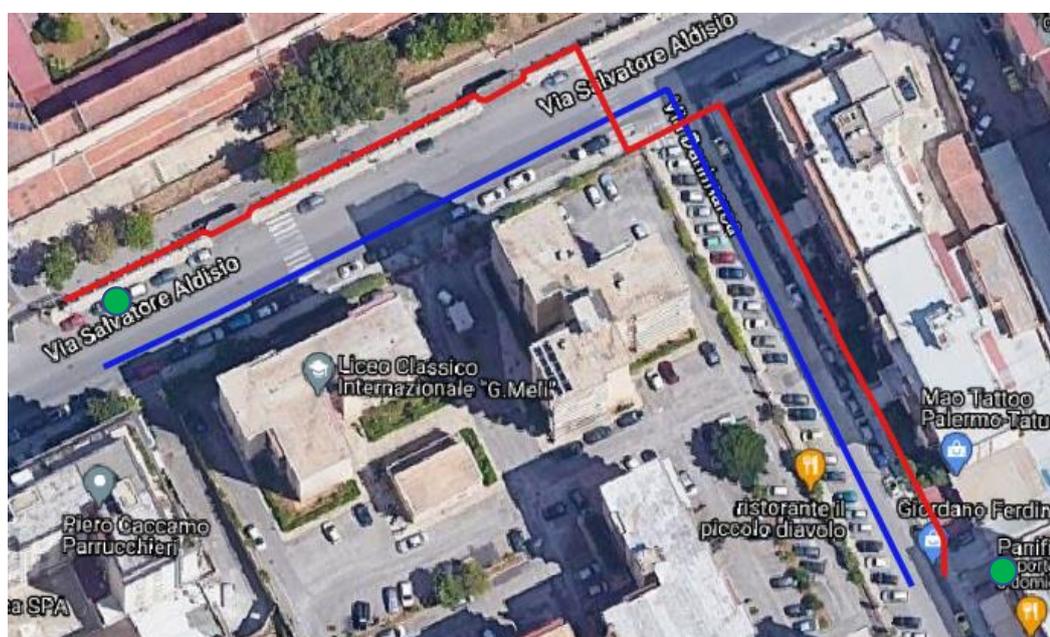


Figura 74. Differenze nel calcolo del percorso seguito da un pedone utilizzando una rete stradale (blu) o una rete pedonale (rosso).



Figura 75. Differenza della modellazione di un incrocio nella rete stradale (blu) e nella rete pedonale (rosso).

La rete pedonale è stata costruita in QGIS sulla base dello *shapefile* della perimetrazione dell'area stradale, messo a disposizione dal Comune sul Portale Open Data (Fig. 76). In tale *shapefile* le sedi stradali sono rappresentate come poligoni.

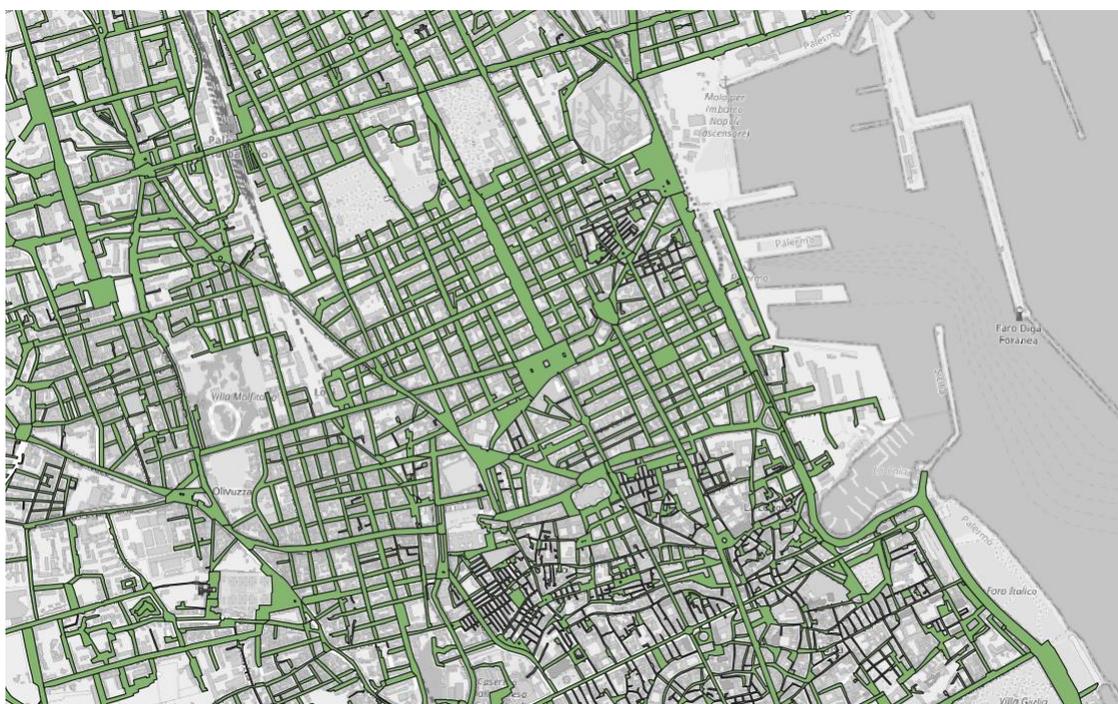


Figura 76. La perimetrazione delle aree stradali.

Si è pensato, quindi, di derivare da questi poligoni delle polilinee che rappresentassero i marciapiedi e gli attraversamenti pedonali alle intersezioni. Con lo strumento di *geoprocessing* “Da poligoni a linee” si sono convertiti i poligoni nelle linee che li compongono, ottenendo una prima versione approssimata della rete pedonale. Successivamente, la rete pedonale è stata affinata con l’aggiunta di tutti gli attraversamenti pedonali intermedi. Tale operazione è stata svolta con il *plugin* QAD che permette di disegnare speditamente i tratti di rete mancanti utilizzando le funzionalità tipiche di un software CAD. In Fig. 77 sono state mostrate le principali fasi del processo di costruzione della rete.



Figura 77. Fasi della costruzione della rete pedonale.

Al fine di rendere la rete navigabile dagli algoritmi presenti nei software GIS, occorre che essa sia connessa e non presenti errori topologici, che interrompano le corrette relazioni tra le geometrie vettoriali. Questi errori devono essere corretti affinché il software sia in grado di analizzare i dati vettoriali ed effettuare procedure di analisi di rete (aree di servizio, percorsi di minimo costo, problemi di *location-allocation*). Un errore topologico che affligge comunemente reti composte da polilinee avviene quando queste ultime non si incontrano correttamente in un punto: può accadere che due linee vettoriali digitalizzate che dovrebbero essere collegate tra di loro non si toccano oppure che una linea termini oltre la linea a cui

dovrebbe connettersi. In entrambi i casi questi difetti di costruzione della rete possono provocare gravi errori nel calcolo di percorsi di minimo costo e aree di servizio.

La prima tipologia di errore è stata evitata nel corso della costruzione della rete pedonale con il *plugin* QAD, abilitando lo *snap* ai tratti già tracciati della rete.

Il secondo errore è, invece, molto comune, dal momento che esso si genera spesso nel momento del tracciamento degli attraversamenti pedonali. In Fig. 78, ad esempio, si può notare come il tracciamento dell'attraversamento pedonale (linea 2) abbia creato questo tipo di errore: le linee 1 e 3 continuano oltre i punti di intersezione con la linea 2, piuttosto che interrompersi come invece dovrebbe avvenire.

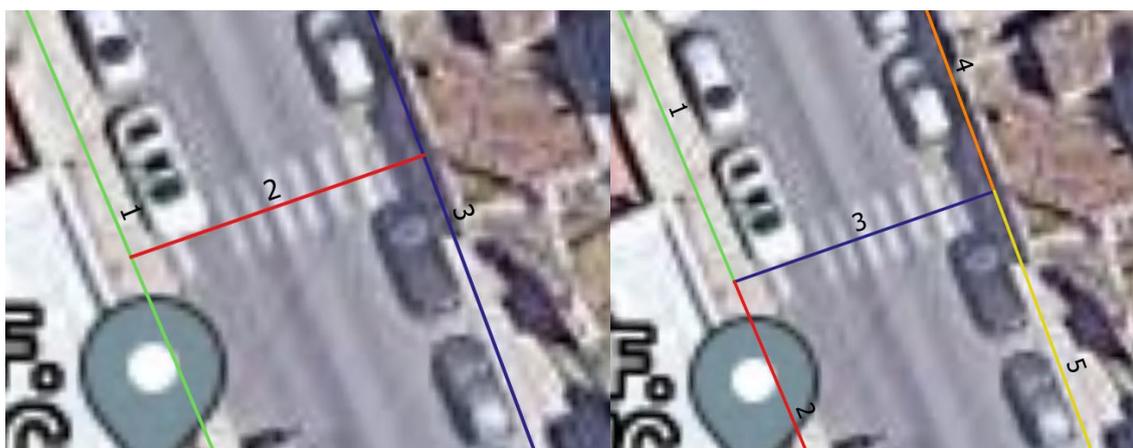


Figura 78. Errore topologico (sinistra) e sua risoluzione (destra).

Questo errore topologico è stato risolto attraverso una serie di operazioni in ArcGIS. La rete è stata, in primo luogo, esportata da QGIS e importata come *layer* all'interno del programma. Quindi, si è selezionata l'intera rete e si è lanciato il comando "Dividi in linee COGO" che consente di suddividere ogni polilinea in segmenti, in corrispondenza dei vertici di costruzione. Successivamente, il comando "Livella" ha consentito di dividere tutte le linee alle intersezioni, cancellando eventualmente i segmenti di linea coincidenti e sovrapposti. Si sono, quindi, salvate le modifiche effettuate. Si perviene così al risultato voluto, cioè una rete connessa e priva di errori topologici.

A questo punto, per rendere la rete navigabile occorre creare un *dataset* di rete.

Per creare un nuovo *dataset*, nel pannello "Catalogo" si clicca con il tasto destro in "Database", si seleziona "Nuovo" e successivamente "Feature Dataset" dal menu a tendina. Si può, quindi, scegliere il nome del *dataset* (*dataset\_rete*) e impostare il sistema di coordinate (WGS1984 UTM zona 33N).

Bisogna, quindi, popolare il *dataset* con la rete. Cliccando con il tasto destro nel *layer* della rete pedonale si apre il menu a tendina, dal quale selezionare "Dati" ed "Esporta Feature".

Quindi, in “Posizione di output” si seleziona il *dataset* creato (*dataset\_rete*) e in “Nome di output” si sceglie un nome per la rete (ad esempio, “network”).

Successivamente, tra gli strumenti di *geoprocessing* si seleziona “Crea dataset di rete”. Nella nuova finestra si inserisce il nome del *dataset* creato in “Feature dataset di destinazione”, si sceglie il nome del *dataset* di rete (*rete\_ped*) e si imposta come “Feature class di origine” la rete “network”.

Infine, occorre ricreare la connettività della rete con lo strumento di *geoprocessing* “Build network”. Nella nuova finestra, si sceglie dal menu a tendina come Network Dataset di input il *dataset* di rete “rete\_ped”.

Il risultato di queste procedure di *geoprocessing* è visibile in Fig. 79.

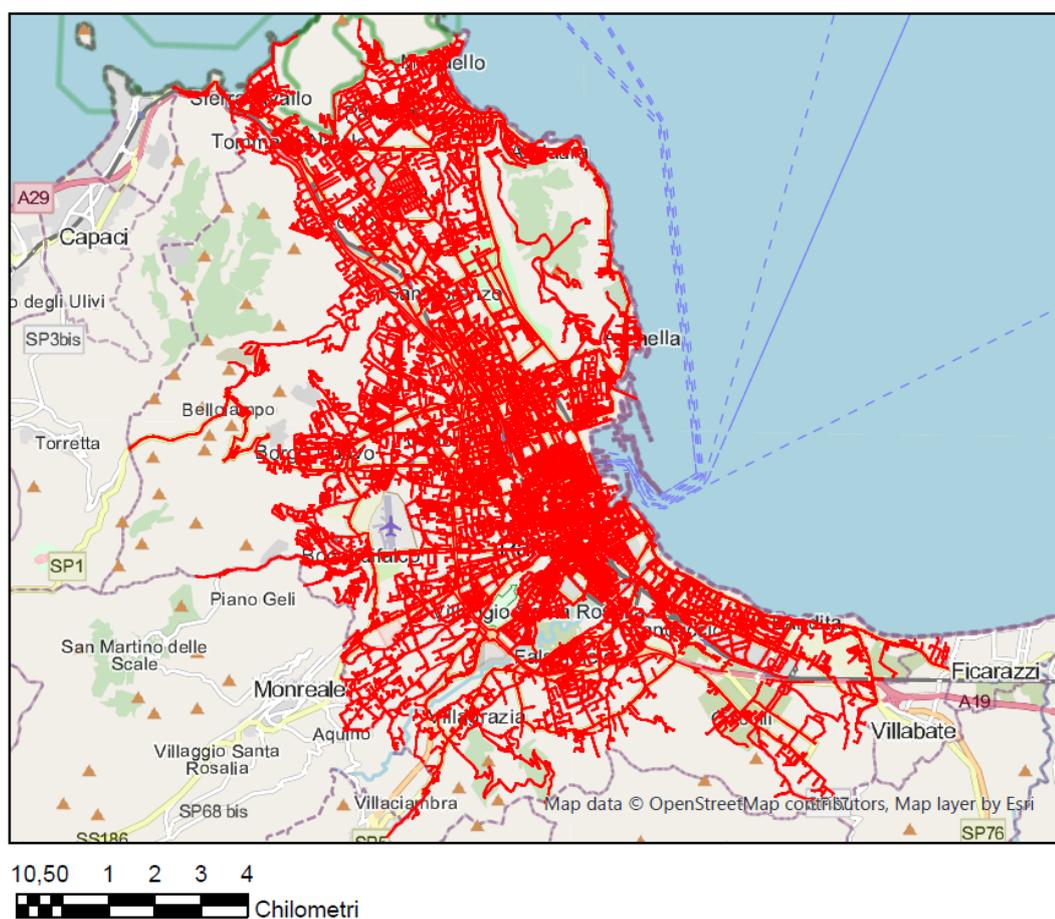


Figura 79. La rete pedonale.

Costruita e resa navigabile la rete pedonale, è stata determinata l’area di servizio di ogni punto di interesse. In QGIS si è trasformato il *layer* dei punti di interesse, costituito da elementi poligonali, in un *layer* di punti: a tal fine è stato utilizzato lo strumento “Centroidi”, che consente di creare, a partire da poligoni, un *layer* di punti che rappresentano i centroidi di queste geometrie (Fig. 80).



Figura 80. Trasformazione dei punti di interesse da *layer* poligonale a *layer* puntuale (centroidi).

Una volta importato tale *layer* puntuale in ArcGIS, si è avviato lo strumento “Area Servizio”. Tale *tool* prevede, in primo luogo, di definire le “Infrastrutture”, cioè i punti di cui si vuole determinare l’area di servizio. In “Importa infrastrutture” è stato, quindi, selezionato il *layer* dei punti di interesse. Si è posto un *flag* nell’opzione “snap a rete”, che consente di collegare i punti alla rete. Impostando il valore 0 si ottiene il risultato visibile in Fig. 81.



Figura 81. Posizione dei punti di interesse dopo l’opzione “snap a rete”.

Si è, quindi, impostato il “taglio”, cioè la distanza sulla rete in base alla quale calcolare l’area di servizio (500 metri). Come geometria di output si è scelto “Poligoni e linee” e come precisione dell’algoritmo “Precisione elevata”. Si è, quindi, cliccato su “Esegui”, avviando

l'analisi di rete. Il risultato è visibile in Fig. 82, in cui i punti di interesse sono rappresentati in giallo, mentre le aree di servizio in verde.

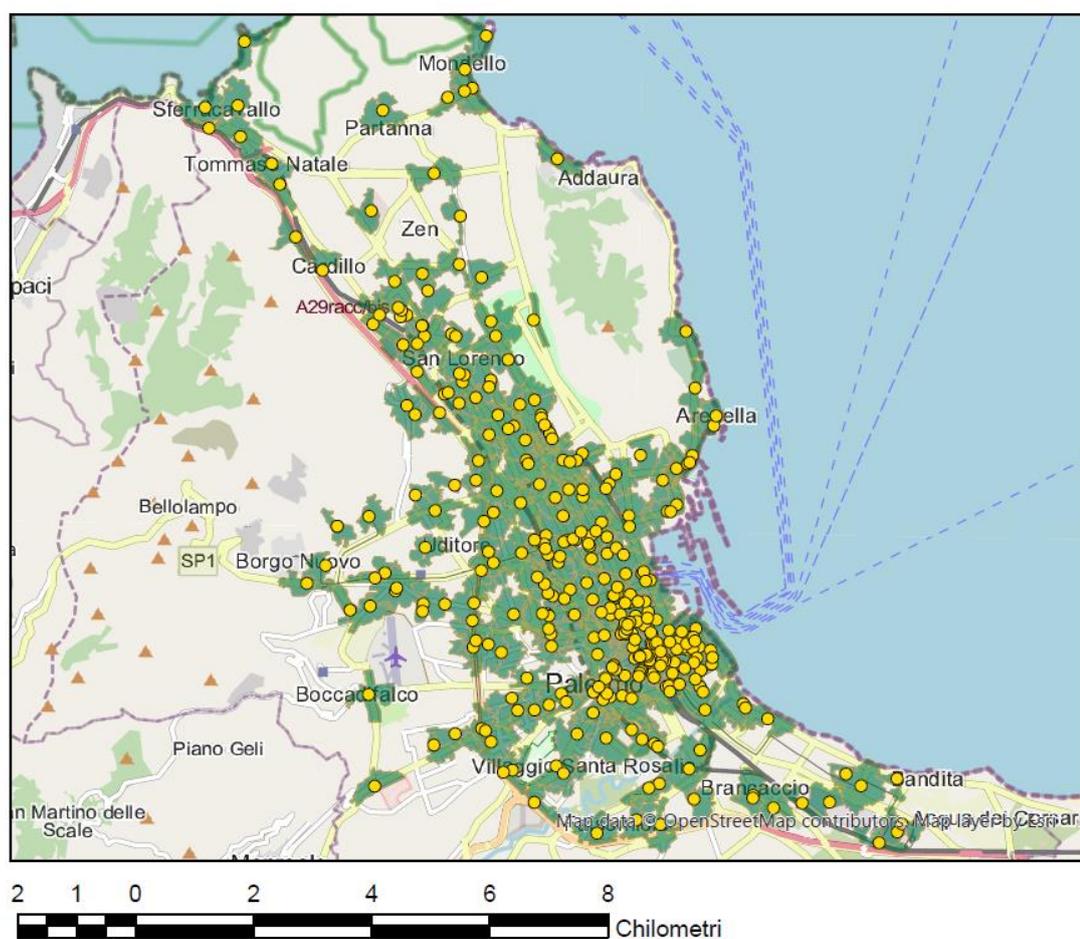


Figura 82. Aree di servizio dei punti di interesse.

Tenendo conto delle aree di servizio dei punti di interesse e seguendo i criteri descritti al paragrafo, si è decisa la posizione dei siti candidati anche per le celle con *suitability score* superiore a 0,33 e caratterizzate dalla presenza di punti di interesse. Si riporta come caso esemplificativo quello della cella 146, visibile in Fig. 83: l'intersezione tra le aree di servizio dei due punti di interesse presenti nella cella individua la zona entro la quale posizionare il sito candidato affinché da esso si possano raggiungere a piedi entrambi i punti entro una distanza di 500 metri.

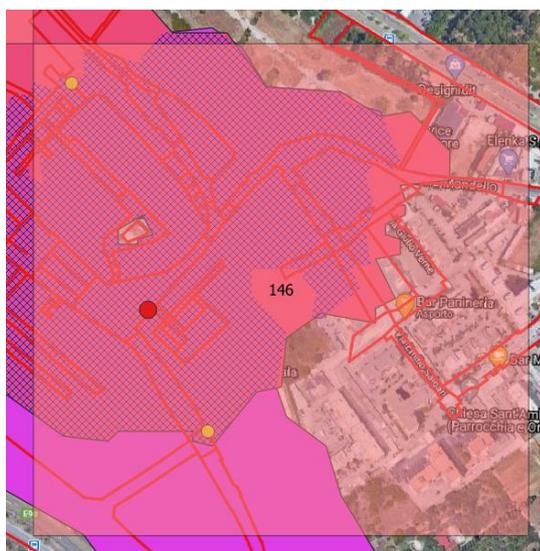


Figura 83. Individuazione, tramite aree di servizio, della zona (tratteggiata) dove valutare l'inserimento del sito candidato.

In rari casi, si è dovuto collocare più di un sito candidato nella stessa cella poiché non esisteva una posizione di un solo sito che soddisfacesse l'accessibilità pedonale a tutti i punti di interesse ivi presenti.

All'esito dell'analisi di *site selection* sono stati fissati 170 siti candidati, la cui collocazione è visibile in Fig. 84.

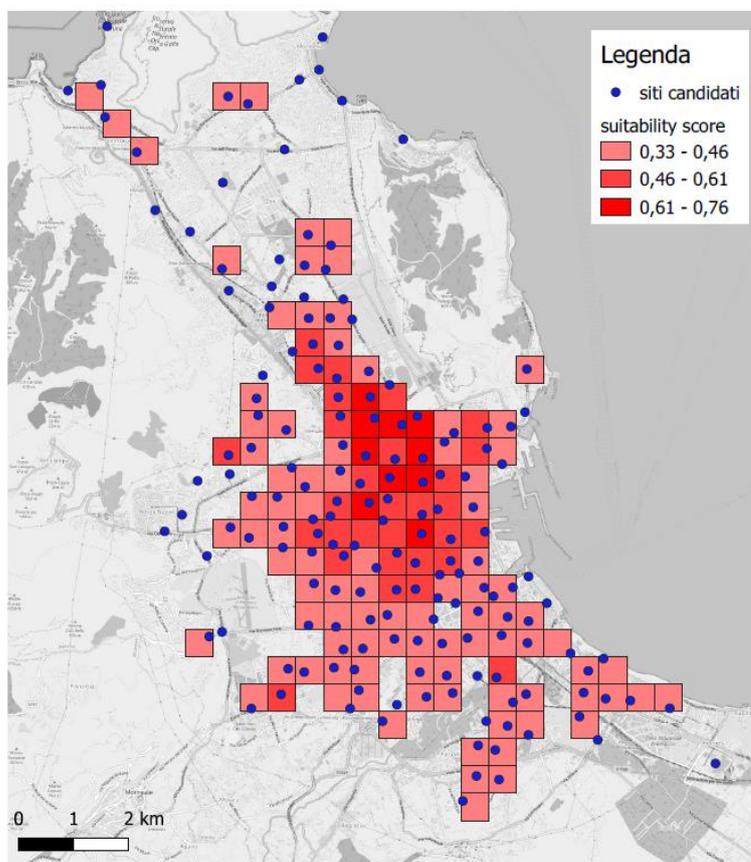


Figura 84. I 170 siti candidati risultanti dall'analisi di *site selection*.

## 4.5 Walkability Analysis

L'analisi di *walkability* consente di valutare quanto le aree attorno ai siti candidati scelti siano idonee alla mobilità pedonale. Come visto nel paragrafo 2.4.7, questa analisi può risultare utile a migliorare la posizione di quei siti candidati che si trovino circondati da archi pedonali caratterizzati da un indice di qualità insufficiente.

Poiché l'analisi di *walkability* si è potuta svolgere solo in riferimento ad una piccolissima parte dei siti candidati, si è scelto di non prendere in considerazione i risultati di questa analisi nel prosieguo, applicando le successive fasi della metodologia con riferimento alle posizioni dei siti candidati risultanti dall'analisi di *site selection*.

Il metodo è stato applicato in riferimento a tre aree di Palermo in cui si è ipotizzato di inserire tre nuove stazioni car sharing, sulla base dell'eventuale integrazione tra questo sistema e il trasporto pubblico su ferro. I siti candidati scelti si trovano, infatti, in corrispondenza di tre stazioni del passante ferroviario di Palermo: Francia, Belgio (in costruzione) e San Lorenzo. La mappa della qualità che deriva dall'applicazione della metodologia, già descritta al paragrafo 2.4.7, è raffigurata in Fig. 85. Si è valutata la qualità della rete pedonale fino ad una distanza di 500 metri dai siti prescelti.

Come si può notare, la qualità della rete pedonale di queste zone di Palermo risulta essere diffusamente scarsa. I marciapiedi sono in molti punti sporchi, se non dissestati, con buche e avvallamenti, causati soprattutto dalle radici degli alberi. In molti archi pedonali si è rilevata l'assenza di accessori di arredo urbano, quali panchine per riposarsi o cestini, e la presenza di vere e proprie barriere alla marcia dei pedoni, rappresentate da macchine in sosta sul marciapiede, abitudine purtroppo diffusa. Gli attraversamenti pedonali sono poi punti critici poiché spesso la segnaletica orizzontale non risulta visibile o manca del tutto. Anche l'illuminazione in molti tratti stradali risulta scarsa o mancante. Del resto, molte sono le cause intentate contro il Comune di Palermo da cittadini, soprattutto anziani, caduti a causa dei marciapiedi dissestati, e molti sono stati negli ultimi tempi i pedoni investiti in queste zone a causa di una scarsa visibilità notturna.

L'area attorno alla stazione San Lorenzo risulta essere scarsamente pedonabile e grave risulta essere, soprattutto, la situazione di Via Ugo La Malfa, in cui il degrado accentuato della pavimentazione, la poca pulizia e la presenza di automobili che sbarrano il marciapiede, costringono spesso i pedoni a camminare sulla carreggiata mettendo a rischio la propria incolumità.

Il sito presso la stazione ferroviaria Francia presenta una scarsa accessibilità pedonale ma una situazione migliore in termini di *walkability*, rispetto al sito presso la stazione San

Lorenzo. Tuttavia, la zona di Viale Strasburgo, benché provvista di marciapiedi larghi e arredo urbano, è caratterizzata da un traffico intenso e un'illuminazione scarsa che incidono sulla sicurezza del pedone in fase di attraversamento.

La zona in cui collocare in maniera più efficace in termini di *walkability* una nuova stazione di car sharing è sicuramente quella presso la stazione Belgio (che sarà situata all'imbocco di via Alcide De Gasperi). Tale zona, che si estende fino alla Via Empedocle Restivo, è provvista di marciapiedi ampi in buono stato, con rampe per disabili, elementi di arredo urbano e un contesto architettonico piacevole.

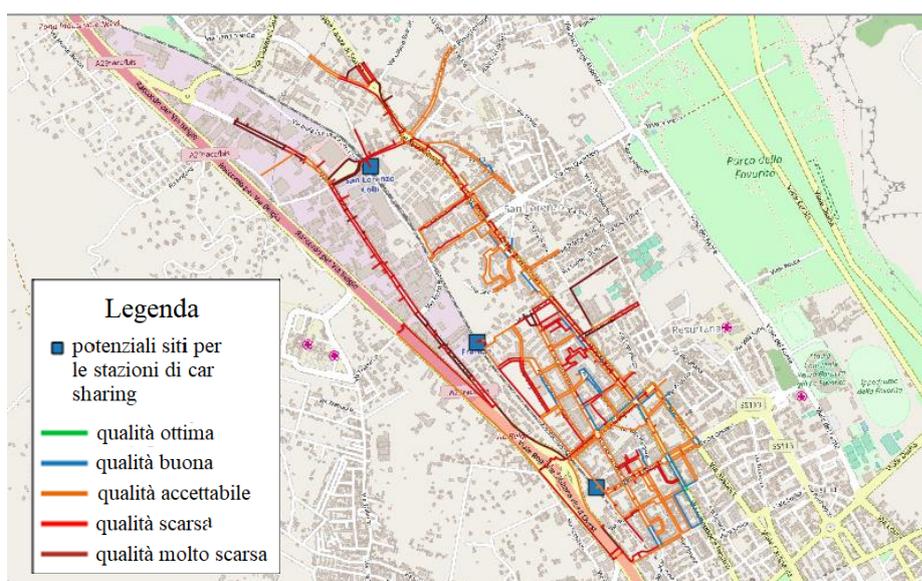


Figura 85. La qualità dei percorsi pedonali entro 500 metri dai potenziali siti delle stazioni car sharing.

#### 4.6 Il dimensionamento delle stazioni

Al fine di procedere al dimensionamento delle stazioni, i siti candidati sono stati classificati sulla base della tipologia di stazione che in essi sorgerà: stazioni di origine, miste, di destinazione e a servizio di grandi poli attrattori.

Si sono identificati 40 siti come stazioni di origine, 96 siti come stazioni miste, 30 siti come stazioni di destinazione, 4 siti come stazioni a servizio di grandi poli attrattori (i tre principali centri commerciali e la zona commerciale di Via Ugo La Malfa). La classificazione per tipologia di stazione dei siti candidati risultanti dall'analisi di *site selection* è mostrata in Fig. 86.

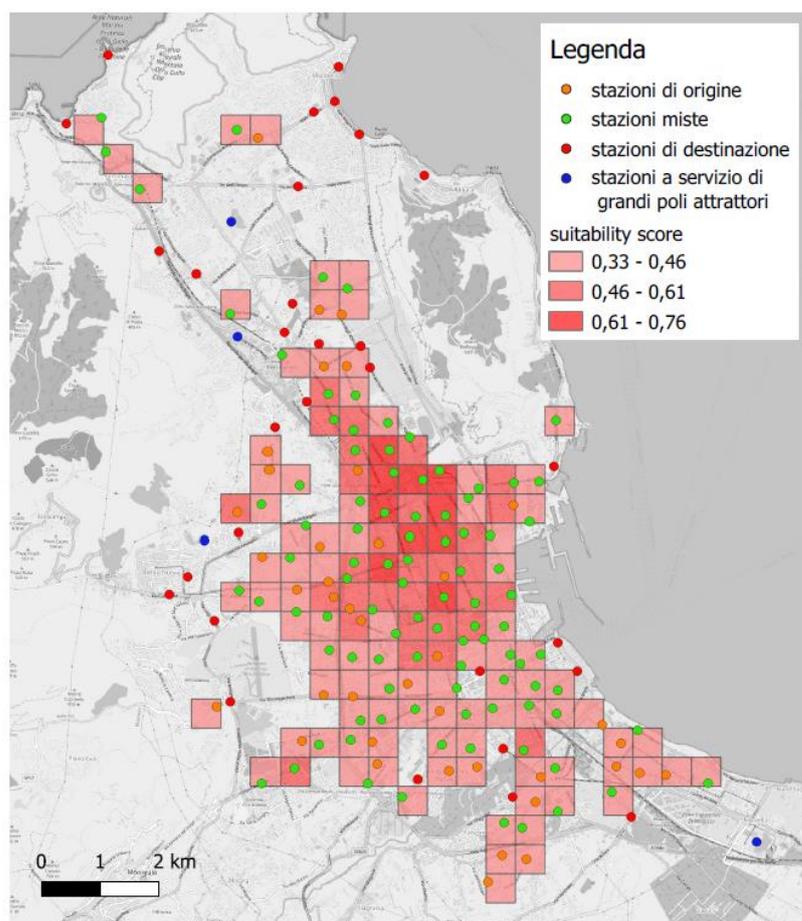


Figura 86. Classificazione dei siti candidati per tipologia di stazione.

Si sono, quindi, adottati i criteri descritti al paragrafo 2.4.8, per attribuire il numero di autovetture necessarie e il numero di stalli ad ogni sito candidato.

In particolare, ai siti candidati che ospitano una stazione a servizio di grandi poli attrattori si è scelto di attribuire un numero di auto necessarie pari a 0 e un numero di stalli complessivi pari a 4, in virtù del fatto che tali stazioni sono utilizzate esclusivamente come destinazioni degli spostamenti in car sharing.

Ai siti candidati che ospitano una stazione di destinazione si è attribuito un numero di auto necessarie pari a 1, mentre si è scelto di far variare il numero di stalli tra 2 e 4 in relazione all'importanza del punto di interesse o dei punti di interesse prossimi al sito candidato (stima del numero medio di presenze giornaliere).

Al fine di attribuire alle stazioni di origine e alle stazioni miste un numero di autovetture che potesse effettivamente rispondere alla domanda dei residenti espressa dalle celle con *suitability score* superiore a 0,33, per ogni cella è stata calcolata la domanda giornaliera potenziale.

Poiché non erano disponibili dati statistici che comprendessero tutte le variabili utili a definire il target di utenza (sesso, età, reddito, grado di istruzione, occupazione,

composizione familiare, numero medio di auto in famiglia), per la stima della domanda giornaliera potenziale si è fatto riferimento alle sole variabili età e grado di istruzione. Non è stato considerato il sesso, poiché se si fosse considerato come target la sola popolazione maschile, un'ampia fetta di potenziali utenti sarebbe stata esclusa a priori. Inoltre, nel presente caso studio, il sesso è stato considerato come poco incisivo nel definire il profilo dell'utente medio nel corso dell'attribuzione dei pesi per il calcolo del *suitability score*.

Si è, quindi, calcolato per ogni cella il numero di residenti di età compresa tra i 30 e i 59 anni e in possesso di un titolo di studio almeno pari al diploma di istruzione secondaria.

Tale valore è stato desunto dai dati statistici raccolti per zona censuaria al momento del 15° Censimento della Popolazione e delle Abitazioni, effettuato dall'istituto di statistica nazionale ISTAT per l'annualità 2011.

Le procedure GIS per ottenere i valori per cella a partire dai dati per zona censuaria sono piuttosto complesse e il risultato finale non è esatto, ma soggetto ad approssimazione. Occorre, infatti, distribuire il numero di residenti, conosciuto per sezione censuaria, negli edifici residenziali e poi valutare il numero di residenti per cella, sulla base degli edifici ricadenti all'interno di ogni singola cella.

Per prima cosa, occorre, quindi, lo *shapefile* degli edifici residenziali che insistono sul territorio comunale, dato che, nel caso di Palermo, è disponibile e scaricabile dal Portale Open Data del Comune di Palermo. Esso è stato importato come *layer* poligonale in QGIS. Attraverso il "Calcolatore di Campi", ai poligoni che compongono il *layer* (edifici) è stato aggiunto un nuovo attributo, relativo all'area di ogni singolo edificio.

Al fine di distribuire i residenti soltanto negli edifici, occorre identificare l'aria edificata e l'area non edificata per ogni singola zona censuaria (Fig. 87).

Lo strumento "Intersezione" consente di effettuare l'intersezione tra due *layer* differenti. Si è usato tale strumento con il *layer* degli edifici e con quello delle zone censuarie per fare in modo che, come risultato, si avesse un nuovo *layer* degli edifici in cui ad ogni edificio fosse associato il numero identificativo della sezione censuaria entro cui ricadeva.

La somma delle aree degli edifici ricadenti in una determinata sezione censuaria è pari all'area edificata di quella sezione. Il numero di residenti con età tra 30 e 59 anni e in possesso di un titolo di studio almeno pari al diploma di istruzione secondaria in ogni zona censuaria è stato, quindi, distribuito negli edifici che in essa ricadevano in relazione al rapporto tra l'area dell'edificio e l'area edificata complessiva della sezione, attraverso il "Calcolatore di Campi".

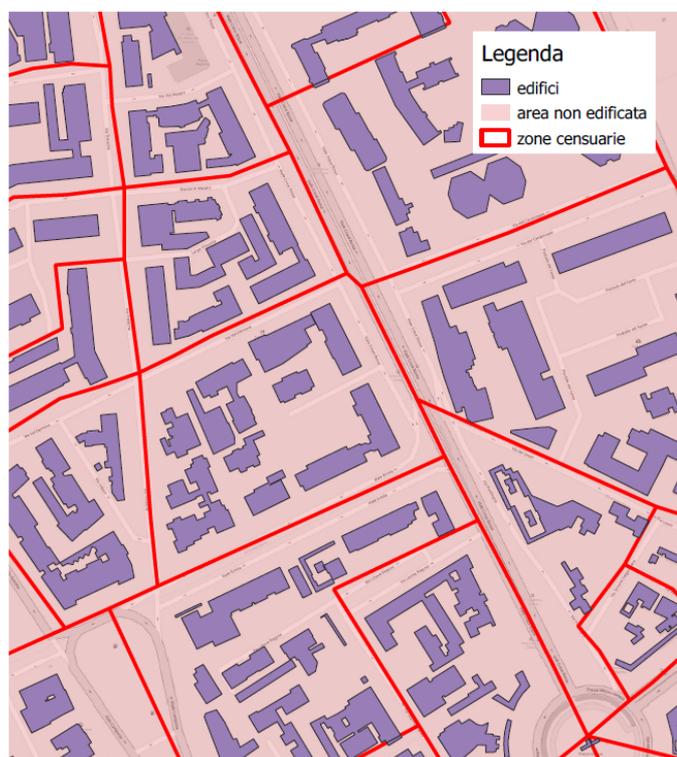


Figura 87. Identificazione delle aree edificate e non edificate delle zone censuarie.

Ciò comporta un'approssimazione del risultato: in primo luogo, si considera la popolazione residente distribuita omogeneamente nell'area edificata; in secondo luogo, si distribuisce la popolazione residente considerando solamente l'area planimetrica e trascurando, invece, il numero di piani degli edifici.

Si è, pertanto, ottenuto per ogni edificio residenziale del territorio comunale il numero approssimativo di residenti con età tra i 30 e i 59 anni, diplomati o laureati. Per ottenere i valori da attribuire ad ogni cella si è, pertanto, utilizzato nuovamente lo strumento "Intersezione" tra il *layer* degli edifici e il *layer* della griglia, in modo che ad ogni edificio fosse associato il numero identificativo della cella in cui ricadeva.

Si è, quindi, effettuata, attraverso il "Calcolatore di Campi", la somma del numero di residenti, con le caratteristiche indicate, negli edifici ricadenti all'interno delle singole celle. Il risultato è visibile in Fig. 88.

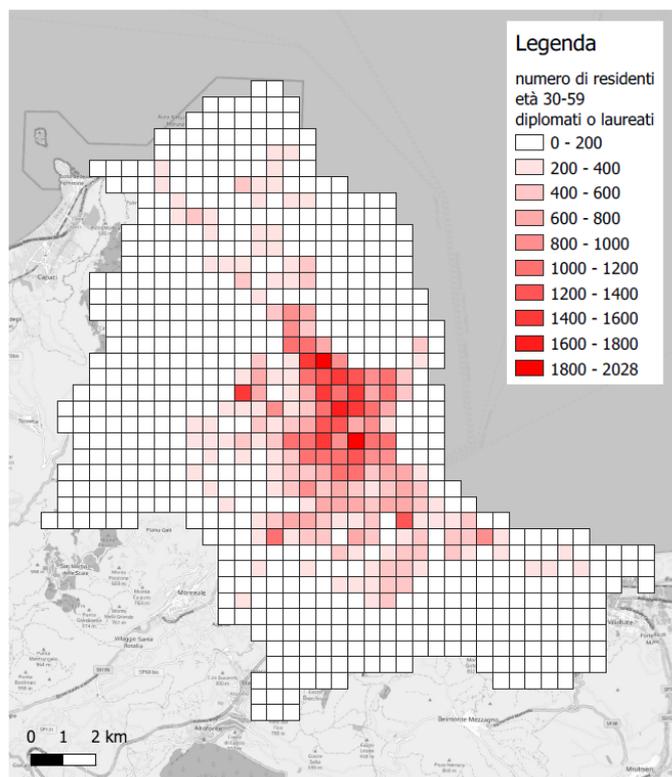


Figura 88. Numero di residenti diplomati o laureati di età compresa tra 30 e 59 anni per cella.

Con riferimento alle sole celle con *suitability score* superiore a 0,33, si ha il risultato visibile in Fig. 89.

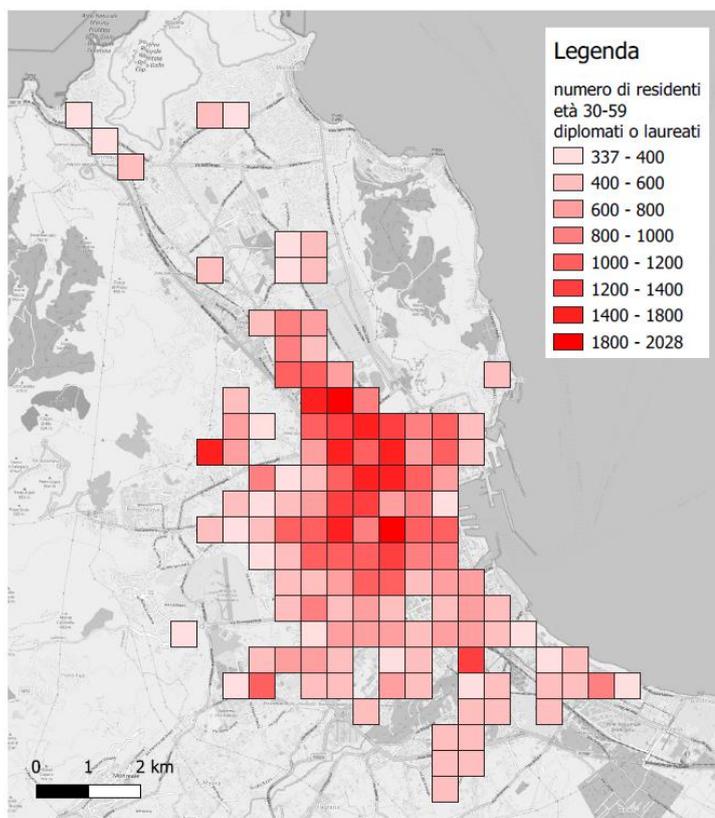


Figura 89. Numero di residenti diplomati o laureati di età compresa tra 30 e 59 anni per cella con *suitability score* maggiore di 0,33.

Il numero di residenti diplomati o laureati di età compresa tra 30 e 59 anni è stato utilizzato, come detto, al fine di stimare il numero di utenti che presumibilmente può richiedere la disponibilità di un'auto del servizio nel sito candidato in contemporanea o ad una distanza temporale tale da non poter esserci stato un riequilibrio della flotta. Per dimensionare il servizio, si è fatto riferimento a questo bacino di utenti poiché essi risultano essere i soggetti più idonei a divenire abbonati del servizio e ad utilizzare in maggiore misura le auto condivise.

Il numero di richieste per tali celle è stato stimato tenendo conto del numero di potenziali iscritti e della probabilità di scelta del car sharing ricavata dal modello calibrato per la città di Palermo (paragrafo 3.11). Il modello calibrato calcolava la probabilità di scelta del car sharing sulla base dell'intera popolazione maggiorenne: occorre qui, invece, valutare la probabilità di scelta per la popolazione della fascia di età e del grado di istruzione tipico dell'utente medio. Tale probabilità di scelta sarà evidentemente maggiore.

Secondo i dati del 15° Censimento della Popolazione, la popolazione residente maggiorenne è pari a 520.468 abitanti. Applicando il 3,5% si ottiene un bacino di domanda potenziale pari a circa 18.000 persone: esso si avrebbe qualora tutti i cittadini abitassero vicino alle stazioni del servizio.

Considerando che, come rilevato dall'indagine di *customer satisfaction*, nella città di Palermo, il servizio esistente di car sharing conta una percentuale di utenti con età tra i 30 e i 59 anni pari al 63% rispetto al totale degli abbonati e una percentuale di utenti con un livello di istruzione pari o superiore al diploma pari al 98%, si è deciso di applicare le stesse percentuali al bacino di domanda potenziale calcolato, ovvero 18.000 persone. Pertanto, il bacino di domanda potenziale costituito da fascia di età e grado di istruzione di interesse è pari a circa 11.000 persone.

Dato che il numero di residenti diplomati o laureati di età compresa tra 30 e 59 anni, per l'intero territorio comunale, risulta pari a 133.781, la probabilità di scelta per la popolazione della fascia di età e del grado di istruzione tipico dell'utente medio è pari all'8,5%, poiché deve eguagliare il bacino sopra calcolato di 11.000 persone.

Considerando una presenza capillare del servizio in tutto il territorio comunale, il bacino di iscritti appartenenti alla fascia di età e al grado di istruzione tipico dell'utente medio è, quindi, pari a circa 11.000 persone.

Pertanto, per ogni cella con *suitability score* maggiore a 0,33, si è valutato il numero di potenziali abbonati con le caratteristiche del target di utenza: esso è pari all'8,5% del valore che il numero di residenti diplomati o laureati di età compresa tra i 30 e i 59 anni assume in quella cella.

Si è, quindi, considerata una frequenza media dei noleggi di una volta al mese, alla luce dei dati del car sharing AmiGO (paragrafo 3.3.1) e delle esperienze dei servizi delle altre città europee (STARS, 2018). Si è poi considerato che, in media, ogni autovettura sia utilizzata da un solo utente nel corso della giornata: questo significa che, giornalmente, alcune autovetture rimangono inutilizzate mentre altre vengono usate da più utenti in sequenza. Un tasso di rotazione medio delle autovetture pari a 1 è, infatti, un valore tipico dei servizi *station-based*. Si è, inoltre, considerato che il riequilibrio della flotta avvenga una volta al giorno, di sera.

Alla luce di questi dati, si è valutato per ogni cella il numero di richieste che la stazione deve essere capace di soddisfare e il numero di auto che deve possedere.

Ad esempio, la cella 491 è caratterizzata dal numero più alto di residenti diplomati o laureati di età compresa tra i 30 e i 59 anni, pari a 2.028. Il numero di potenziali abbonati con le caratteristiche del target di utenza è pari all'8,5% di 2.028, cioè 172 persone. Ipotizzando che queste utilizzino il servizio con la frequenza di una volta al mese, si può affermare che, in questa cella, mediamente 6 ( $=172/30$ ) persone al giorno richiedono di noleggiare l'autovettura condivisa.

Per tale cella occorreranno, quindi, 6 autovetture: dal momento che ogni stazione è composta al più da 4 stalli, ciò significa che il sito candidato scelto con l'analisi di *site selection* non è sufficiente a far fronte alle richieste giornaliere. Occorre, in tal caso, aggiungere un secondo sito candidato per tale cella. In tal caso, essendo la cella 491 caratterizzata dalla presenza di poli attrattori, occorreranno due stazioni da 4 stalli, per avere almeno tre auto disponibili e uno stallo libero in ogni stazione.

Occorre specificare che nelle celle in cui ricadono case degli studenti, la Stazione Centrale, il Teatro Massimo e il Porto si sono aggiunte una o due auto in più del necessario, poiché occorre tenere in conto la domanda aggiuntiva proveniente da turisti, studenti e pendolari.

Nelle Figg. 90 e 91 si riportano il numero di auto e di stalli attribuiti ad ogni sito candidato ad ospitare una stazione.

Si è determinato un numero di 27 stazioni aggiuntive, che ha portato ad un numero complessivo di 197 siti candidati, con un totale di 388 auto e 618 stalli.

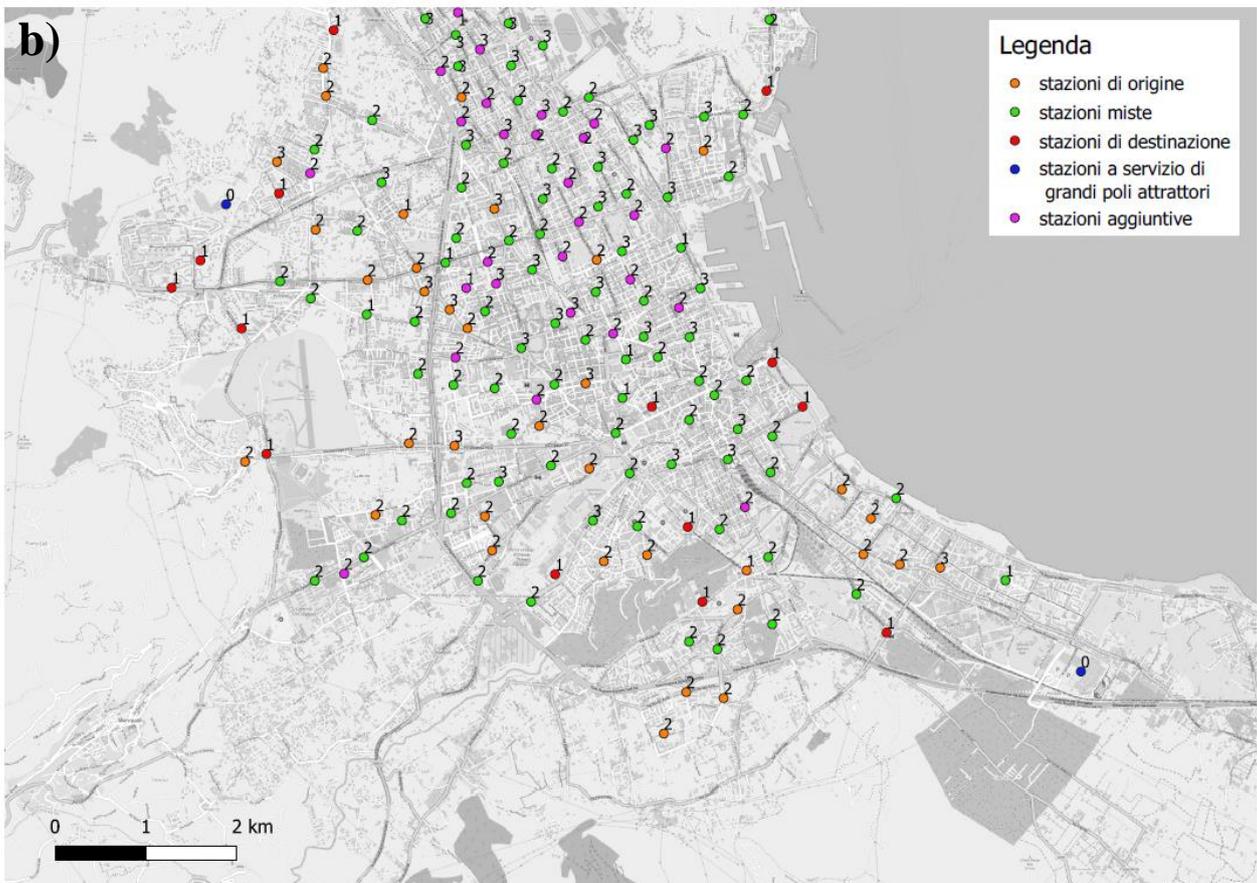
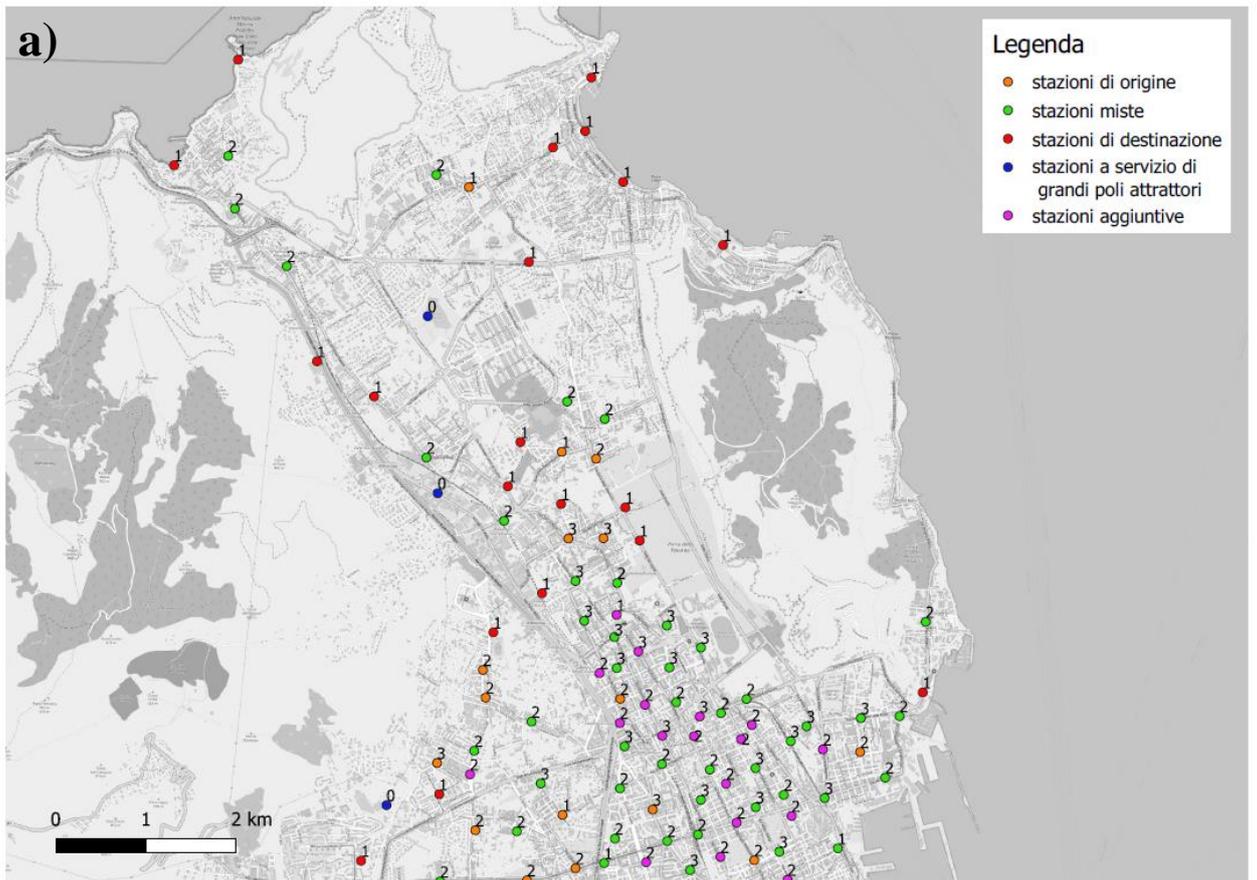


Figura 90. Dimensionamento della flotta per la zona nord di Palermo (a) e per la zona sud (b).

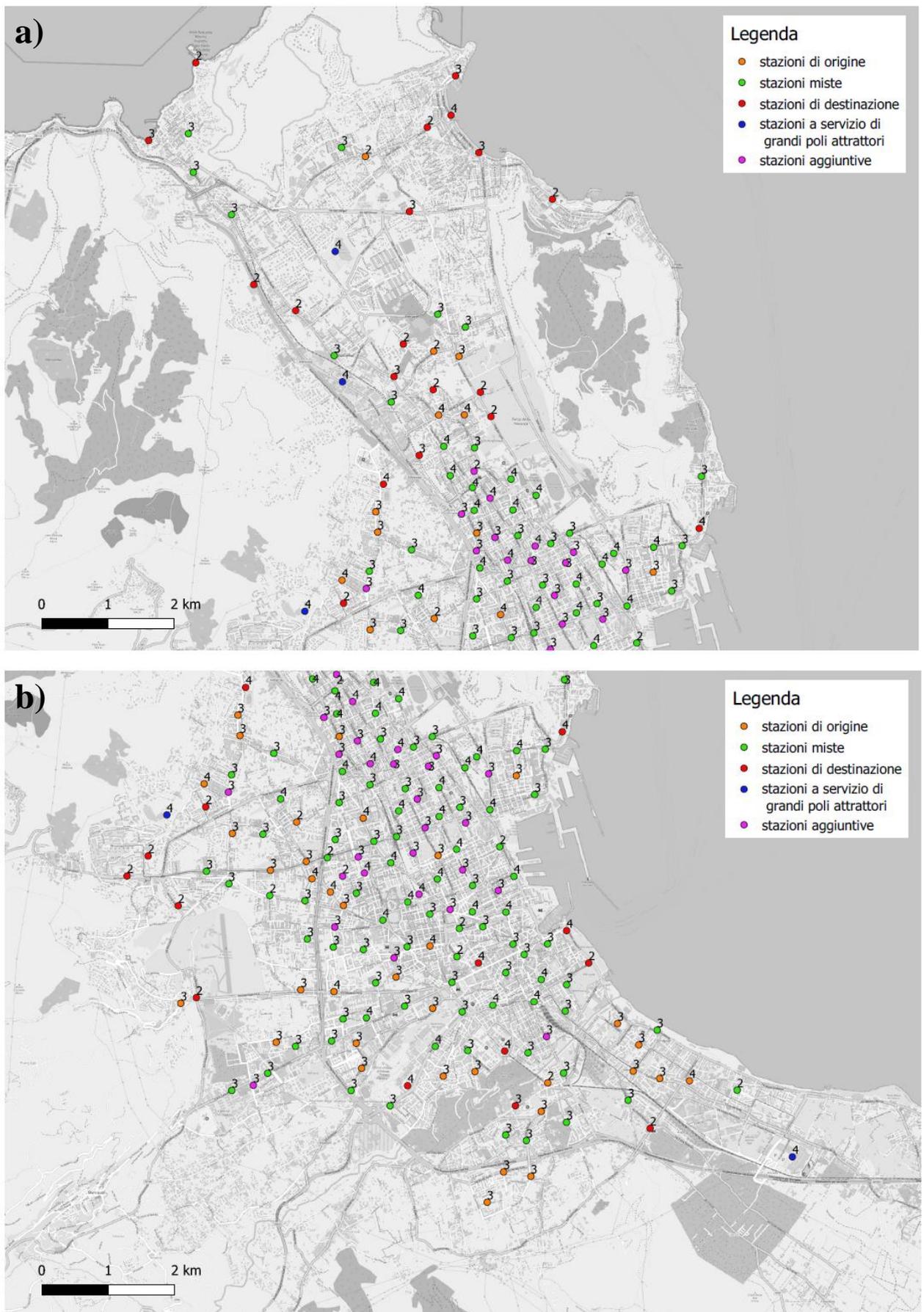


Figura 91. Dimensionamento delle stazioni in termini di numero di stalli per la zona nord di Palermo (a) e per la zona sud (b).

#### 4.7 Analisi di *location-allocation*

Al fine di trovare il numero e la distribuzione ottimale delle stazioni del servizio car sharing, è stato utilizzato in ArcGIS lo strumento di analisi di rete “Posizione-allocazione”. Esso prevede di indicare le infrastrutture coinvolte nel problema di *location-allocation*, cioè i siti candidati, nonché i punti di richiesta.

Come già esposto al paragrafo 2.4.9, il software permette di indicare alcuni siti che l’algoritmo deve selezionare obbligatoriamente quali stazioni prescelte: essi sono identificati dal programma come “siti richiesti”.

Si è deciso di fissare 31 siti particolarmente strategici ai fini della vicinanza con i seguenti poli attrattori:

- Stazione Notarbartolo;
- Stazione Centrale;
- Porto;
- Piazzale Jhon Lennon;
- Parcheggio Basile;
- Polo universitario di Viale delle Scienze;
- Teatro Politeama;
- Teatro Massimo;
- Piazzale Ungheria;
- Piazza Marina;
- Stadio;
- Via Ugo La Malfa;
- Centro Commerciale Conca D’Oro;
- Centro Commerciale La Torre;
- Centro Commerciale Forum;
- Mondello Charleston;
- Viale Strasburgo;
- Via Belgio;
- Via Sciuti;
- Centro Sportivo Universitario;
- Tennis Club 2;
- Country Club;
- Ospedale Enrico Albanese;

- Ospedale Villa Sofia;
- Ospedale Cervello;
- Ospedale Buccheri La Ferla.
- Azienda Sanitaria Provinciale PTA Guadagna;
- Azienda Sanitaria Provinciale (Via Gaetano La Loggia);
- Azienda Sanitaria Provinciale (Via Giuseppina Turrisi Colonna);
- Azienda Sanitaria Provinciale Casa del Sole;

I punti di richiesta sono stati ottenuti in QGIS, trasformando il *layer* poligonale degli edifici in *layer* puntuale, dove ad ogni punto corrisponde un edificio con attributo il numero di residenti diplomati e laureati di età compresa tra i 30 e i 59 anni. Tale operazione è stata effettuata attraverso lo strumento “Centroidi”.

Sia i siti candidati, che i siti richiesti e i punti richiesta, sono stati importati come *layer* puntuali in ArcGIS; successivamente si è provveduto ad effettuare lo *snap* di tali punti alla rete pedonale, impostando come distanza di *snap* “0”.

È stata impostata la capacità dei siti candidati e dei siti richiesti in relazione alla domanda che può essere soddisfatta con il numero di autovetture in essi collocate durante la fase di dimensionamento.

In particolare, alla luce della probabilità di scelta del car sharing per il target di utenti pari all’8,5% e alla frequenza di utilizzo pari ad una volta al mese, sono stati fissati i valori di capacità riportati in Tab. 39. La capacità è rappresentata dal numero di residenti con le caratteristiche del target di utenza legato al calcolo del numero di autovetture necessarie. Ad esempio, aver assegnato a un sito candidato una capacità di 353 residenti con le caratteristiche del target si traduce nella possibilità di servire 30 iscritti (8,5% di 353). Considerando la frequenza di utilizzo da parte degli iscritti di una volta al mese, ciò significa avere la possibilità di rispondere giornalmente alle richieste di una sola persona attraverso un’unica autovettura. Con un valore al di sopra di 353 si ha più di una richiesta e occorrono, quindi, due autovetture, corrispondenti a una capacità massima di 706.

Tabella 39. Capacità attribuite ai siti candidati.

Autovetture necessarie	Capacità della stazione
0	0
1	353
2	706
3	1059

È stato, quindi, stabilito il “taglio”, cioè la massima distanza tra i punti di richiesta e i siti candidati entro la quale l’algoritmo può attribuire la domanda ai siti candidati. Tale taglio è stato fissato nella misura di 500 metri. Per una maggiore chiarezza, si può affermare, quindi, che nel caso in cui un punto di richiesta risulti distante più di 500 metri da un sito candidato o da un sito richiesto, la domanda, espressa nel numero di residenti appartenente al target indicato, non verrà attribuita a tale sito.

Si è poi selezionato il metodo di risoluzione del problema di *location-allocation*: è stato scelto “Massimizza copertura capacità”, che permette di massimizzare la copertura della domanda rispettando la capacità delle infrastrutture, fissando un numero limite di stazioni che si vogliono come risultato.

Si sono, quindi, effettuate diverse simulazioni impostando di volta in volta un numero limite di stazioni differente. Si è scelto, in primo luogo, un numero pari a quello delle stazioni attualmente presenti in città (86). Altre simulazioni sono state effettuate imponendo come numero limite di stazioni 100, 125, 150, 190, calcolando di volta in volta la domanda complessivamente servita dalle stazioni risultanti (Tab. 40).

Tabella 40. Domanda servita dalle stazioni scelte dall’algoritmo al variare del numero di stazioni limite.

<b>Numero di stazioni</b>	<b>Domanda servita</b>	<b>%</b>
86	62.324	66
100	70.846	75
125	82.045	87
150	88.721	94
197	94.792	100

I risultati in termini di distribuzione delle stazioni scelte dall’algoritmo nelle diverse simulazioni sono visibili nelle Figg. 92-95.

Il risultato ottimale si ha con 150 stazioni (Fig. 95), con le quali si può riuscire a servire il 94% del numero di residenti di età compresa tra i 30 e i 59 anni, con diploma di istruzione secondaria o laurea, che si servirebbe con i complessivi 197 siti candidati.

Nel caso di 150 stazioni, il numero di residenti di età compresa tra i 30 e i 59 anni, con diploma di istruzione secondaria o laurea, che il servizio copre, è pari a 88.721, il che corrisponde a 7541 iscritti (8,5% di 88.721), applicando la probabilità di scelta del car sharing pari all’8,5%. Si stima che tali iscritti, in ragione di una frequenza di utilizzo pari a una volta al mese, effettueranno 251 (= 7451/30) noleggi giornalieri.

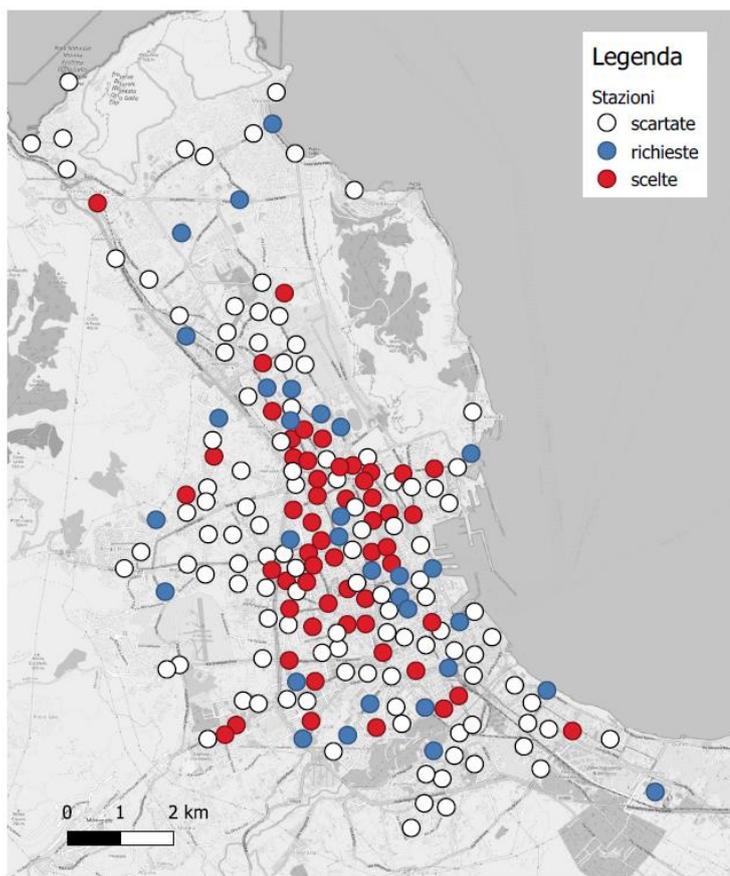


Figura 92. Risultato dell'analisi di location-allocation (86 stazioni).

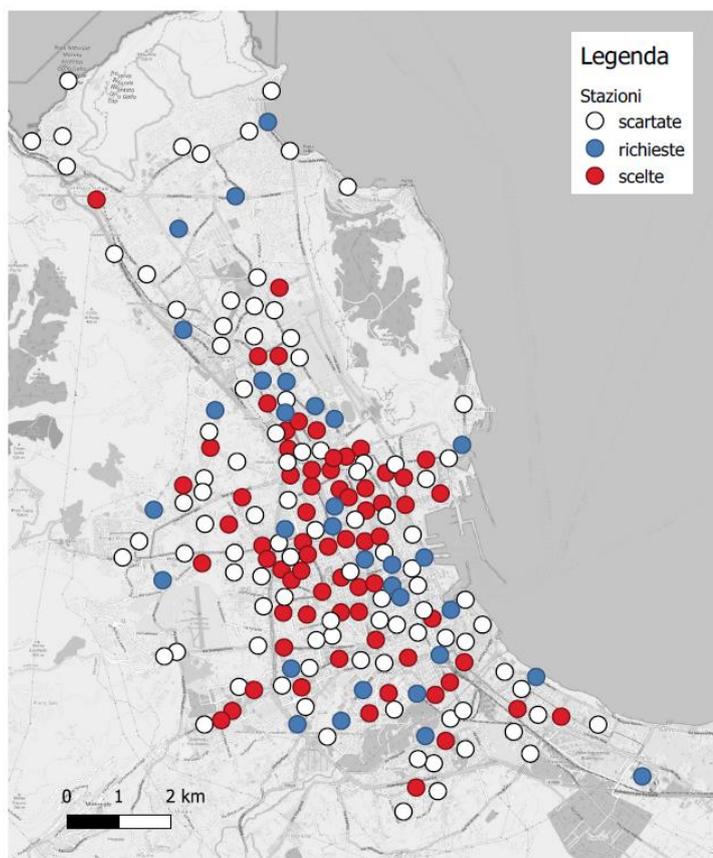


Figura 93. Risultato dell'analisi di location-allocation (100 stazioni).

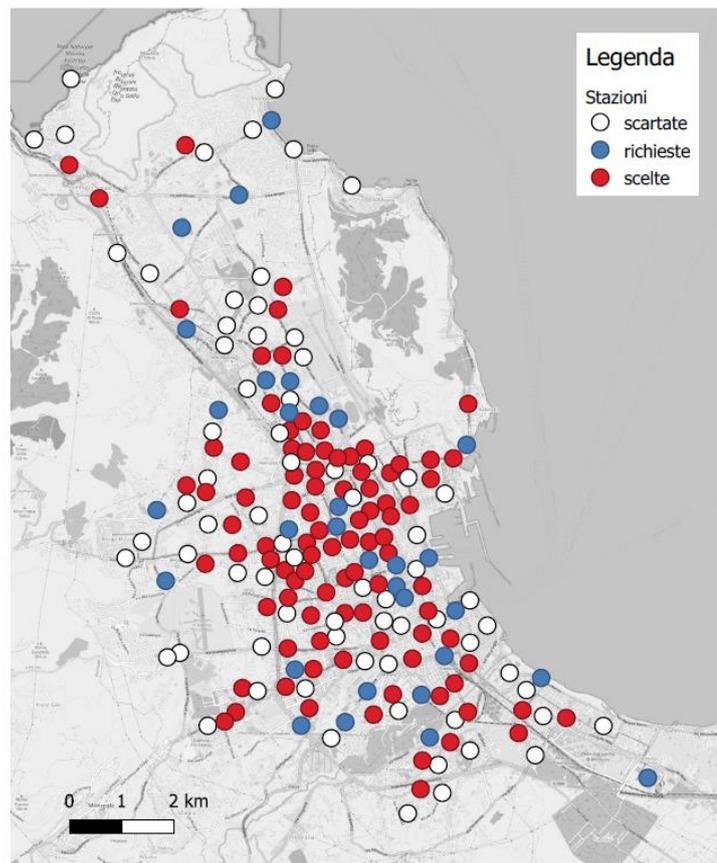


Figura 94. Risultato dell'analisi di location-allocation (125 stazioni).

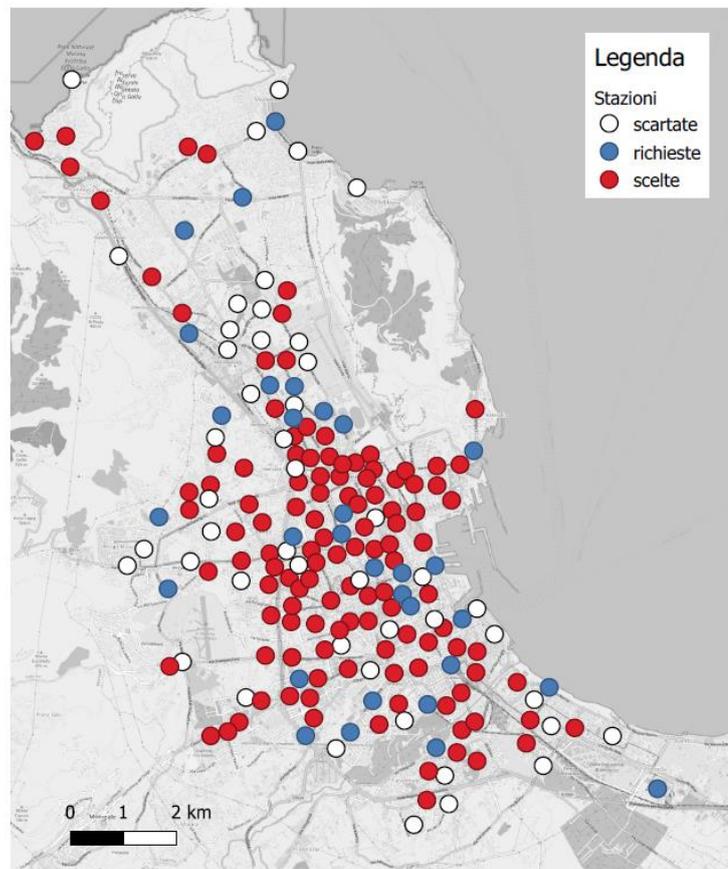


Figura 95. Risultato dell'analisi di location-allocation (150 stazioni).



## 4.9 Risultati e conclusioni

La metodologia sviluppata, applicata al caso studio di Palermo, ha fornito come risultato un servizio di car sharing caratterizzato da una flotta di 297 autovetture e dalla distribuzione nel territorio cittadino di 150 stazioni, con un numero complessivo di 547 stalli.

In Fig. 97 sono rappresentate le stazioni risultanti dalla metodologia con l'indicazione del numero di auto da attribuirvi. L'indicazione del numero di stalli per stazione è, invece, mostrata in Fig. 98.

In conclusione, dal confronto del risultato dell'algoritmo con l'attuale offerta del servizio AmiGO, si può affermare che l'attuale servizio appaia sottodimensionato sia nel numero di stazioni (86), che nella flotta (159 autovetture). Il servizio, di fatto, non intercetta per un basso numero di stazioni e per la loro collocazione nel territorio, tutta la possibile utenza che ne potrebbe essere attratta. Il territorio potrebbe esprimere, quindi, una domanda che oggi rimane inespressa, e un'ottimizzazione del servizio potrebbe portare ad un maggiore numero di iscritti e di noleggi giornalieri. Peraltro, avendo considerato le zone dove risiede la cittadinanza con le caratteristiche dell'utente tipico del car sharing, tale domanda inespressa è costituita da utenti che utilizzerebbero il servizio con una frequenza maggiore rispetto all'attuale.

Un'analisi costi-benefici dovrà, comunque, essere effettuata per comprendere se la maggiore domanda e il maggiore numero di noleggi comportino entrate che vadano almeno a bilanciare i maggiori costi sostenuti per una flotta più ampia e per operazioni di riequilibrio più gravose a causa di un numero più alto di stazioni.

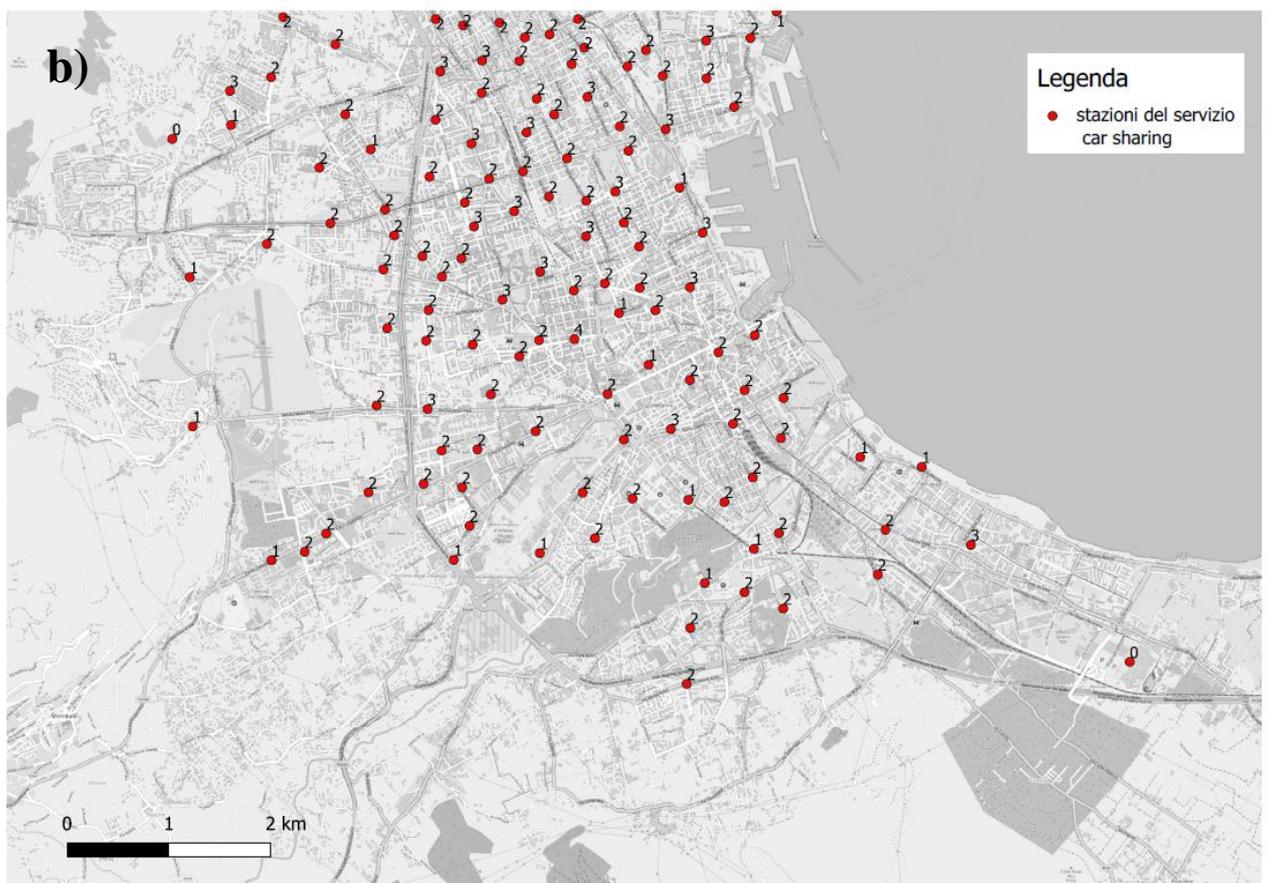
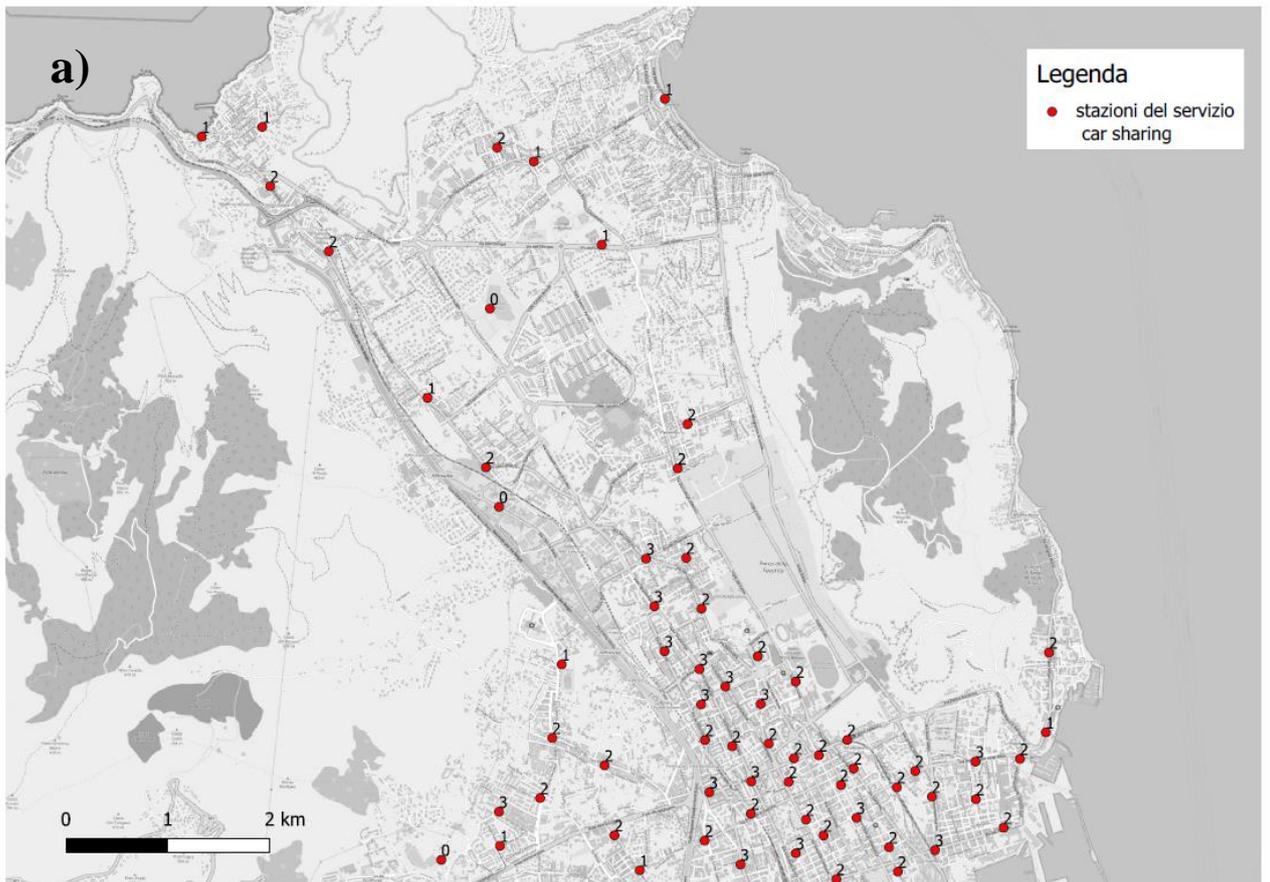


Figura 97. Le stazioni risultanti con l'indicazione del numero di autovetture attribuite nella zona nord di Palermo (a) e nella zona sud (b).

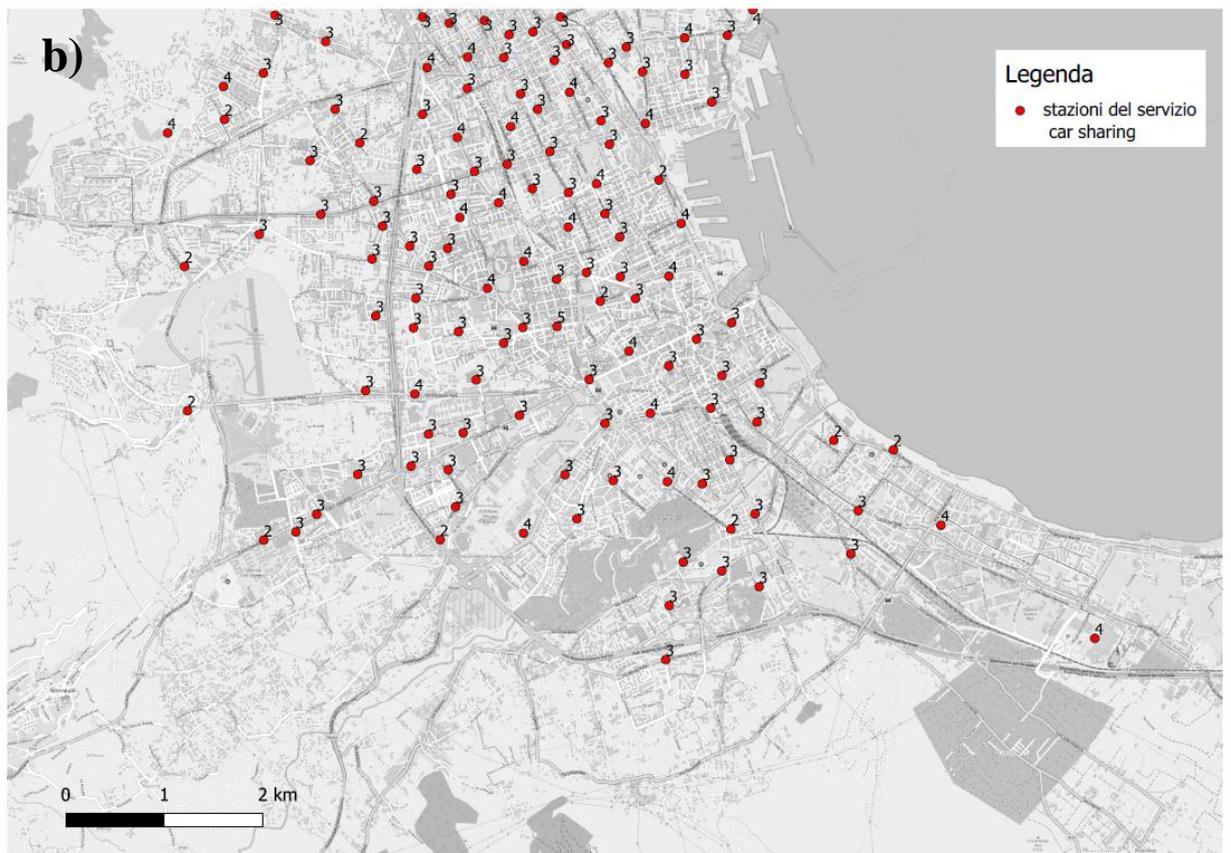


Figura 98. Le stazioni risultanti con l'indicazione del numero di stalli attribuiti nella zona nord di Palermo (a) e nella zona sud (b).

# Capitolo 5

## La progettazione di un servizio bike sharing per le scuole

Il car sharing è un servizio di mobilità condivisa che, come si è visto, per via delle sue peculiari caratteristiche, non può rivolgersi a tutti i cittadini: la necessità di possedere una patente di guida di tipo B da almeno un anno rende inaccessibile il servizio, in primo luogo, ai giovani che hanno un'età inferiore ai 19 anni.

In una logica di città intelligente, che cerca di perseguire i principi della *smart mobility*, occorre, quindi, offrire anche a questa particolare categoria di utenza un modo di trasporto sostenibile e flessibile, che possa essere complementare al trasporto pubblico e che possa garantire al giovane un'indipendenza negli spostamenti.

In particolare, ciò vale per i giovani della fascia di età 14-18, cioè gli studenti delle scuole medie superiori, che sovente nei loro spostamenti quotidiani sono accompagnati dai genitori in auto. Fondamentale risulta, soprattutto, la possibilità di disporre di un'alternativa valida per effettuare gli spostamenti casa-scuola.

In un contesto urbano, infatti, le scuole sono certamente da annoverare tra i poli attrattori di traffico più importanti nell'ora di punta. Non deve stupire, pertanto, che sempre più amministrazioni nella riprogettazione degli spazi urbani ripartano dalle scuole. Infatti, la scelta del modo di trasporto utilizzato per gli spostamenti casa-scuola può incidere molto sulla congestione del traffico cittadino e sulla vivibilità delle aree attorno alle scuole. In quelle città in cui il modo di trasporto prevalente per gli spostamenti casa-scuola è l'auto privata, non di rado si presentano livelli di inquinamento atmosferico e acustico che, nelle zone attorno agli istituti scolastici, superano i limiti di soglia previsti dalle leggi (Boniardi *et al.*, 2019).

Il bike sharing risulta per le sue caratteristiche un servizio adatto a rivolgersi ad un'utenza giovanile, pertanto le autorità cittadine potrebbero individuare tale modalità come possibile strumento di mitigazione di queste problematiche.

Come fatto con il car sharing, si è voluta sviluppare una metodologia utile per la progettazione di un servizio bike sharing: a differenza del car sharing, però, si è pensato di

sviluppare un servizio orientato ad uno specifico e ristretto target di utenza, cioè esclusivamente dedicato agli studenti delle scuole medie superiori e a tutti gli individui che popolano tali scuole (docenti, personale amministrativo). Si è voluto scoprire se tale modalità di trasporto, generalmente legata ad un uso occasionale, potesse diventare, invece, per tali utenti un modo di trasporto da utilizzare più frequentemente per gli spostamenti casa-lavoro, in alternanza con il mezzo pubblico e in sostituzione dell'auto privata utilizzata come passeggero.

L'introduzione e l'uso di tale servizio di mobilità condivisa potrebbe, inoltre, mettere in moto un vero e proprio cambiamento culturale, promuovendo non solo la mobilità ciclabile ma anche un utilizzo più diffuso del car sharing: i giovani, abituandosi alla condivisione delle biciclette, saranno sicuramente più propensi, una volta diventati adulti, a condividere anche le autovetture del car sharing, rinunciando sempre più alla proprietà di un'autovettura e facendo così progredire la città intelligente verso gli obiettivi di sostenibilità che si è prefissata.

Prima di passare alla descrizione degli aspetti metodologici, si fornisce un panorama sui benefici riscontrati a seguito dell'introduzione nelle città del bike sharing e sulle tipologie di servizio attualmente sviluppate.

### 5.1 Perché introdurre il bike sharing?

Il bike sharing è un servizio che, in termini di lunghezza dello spostamento servito e frequenza dello stesso, si può collocare tra la mobilità pedonale ed i servizi di trasporto pubblico locale: tale servizio di mobilità condivisa è utilizzato prevalentemente per compiere spostamenti brevi ed occasionali.

Come modo di trasporto, il bike sharing offre tempi di percorrenza prevedibili, una disponibilità quasi continua, percorsi facilmente manutenibili, la non emissione di sostanze inquinanti, e costituisce un esercizio rilassante e salutare.

Per questi motivi, negli ultimi anni il bike sharing ha sempre più trovato spazio all'interno del sistema dei trasporti delle città: la nascita di numerose aziende private o legate alle autorità cittadine che si sono cimentate nell'offerta di questo servizio di mobilità condivisa ha portato alla sua rapida diffusione in tutte le parti del mondo. L'introduzione di programmi di bike sharing, infatti, è sicuramente una delle azioni più incisive per promuovere ed incentivare l'uso delle biciclette in città, fonte di numerosi benefici.

Innanzitutto, importante è la riduzione dei costi sociali della sanità.

L'attività fisica, infatti, è riconosciuta come un importantissimo elemento di uno stile di vita sano, poiché riduce il rischio di malattie e di morte prematura. Lo stile di vita moderno, con

un uso ampio dell'automobile nei propri spostamenti, lo svolgimento di attività sedentarie e l'automazione di alcune attività a casa e nei posti di lavoro, ha portato a un preoccupante incremento dell'obesità, della depressione e di malattie cardio-vascolari. Secondo i dati ISTAT in Italia la popolazione con età maggiore di 18 anni in eccesso di peso è pari al 45,9% (35,5% in sovrappeso, 10,4% obeso) e 23 milioni 85 mila persone (il 39,2% della popolazione di 3 anni e più) dichiarano di non praticare sport né attività fisica nel tempo libero. Non sono immuni dalle conseguenze di uno stile di vita sedentario gli adolescenti, tanto che in Italia il 24,7 % delle persone tra i 6 e i 17 anni è sovrappeso o obeso.

Uno degli interventi che le amministrazioni possono attuare per contrastare tale problema è proprio quello di incentivare i modi di trasporto attivi, cioè la mobilità pedonale e quella ciclabile, soprattutto con riferimento agli spostamenti casa-scuola e casa-lavoro, anche attraverso l'introduzione del bike sharing.

Certamente, occorre che la città sia adatta all'introduzione di tale sistema: il design della città ha effetti sull'inattività della popolazione - lo afferma anche l'Organizzazione Mondiale della Sanità - e avere quartieri pensati per pedoni e ciclisti significa mettere il cittadino in condizioni di poter praticare attività fisica (Fulton *et al.*, 2005; Schofield *et al.*, 2005). Per molte persone, infatti, la forma più accettabile di attività fisica è quella incorporata nella vita di ogni giorno, come lo spostarsi a piedi o in bici, al posto di utilizzare l'auto. Quindi, per contrastare l'inattività e diminuire i costi della salute che da essa conseguono, occorre che le amministrazioni diano vita a una serie di interventi che promuovano la mobilità ciclabile e la rendano un modo sicuro, conveniente ed attrattivo per effettuare i propri spostamenti quotidiani (Forsyth e Krizek, 2011).

La creazione di un ambiente urbano adatto al ciclista oltre che al pedone è, quindi, uno degli obiettivi principali dei più recenti approcci di pianificazione urbanistica, come quello del *Transit Oriented Development* (Muhs e Clifton, 2015).

Non è da stupirsi se tra i fattori che determinano il successo di programmi di bike sharing vi sia la presenza di istituti scolastici e campus universitari, di parchi e aree ricreative (Mattson e Godavarthy, 2017), nonché la pedonabilità dei quartieri (Faghih-Imani *et al.*, 2014).

Di fatto, l'introduzione di piste ciclabili e di sistemi di bike sharing in aree TOD contribuisce alla riduzione del numero di autovetture private circolanti, alla conseguente riduzione della congestione stradale e delle emissioni, a un aumento dell'accessibilità, a creare una mobilità flessibile, a migliorare la salute dei cittadini attraverso la possibilità di svolgere sul territorio un'attività fisica, a supportare le connessioni multimodali e l'intermodalità con il trasporto pubblico, offrendo un'alternativa ai problemi del primo e dell'ultimo miglio.

I nodi principali della rete di trasporto pubblico, quali i capolinea delle linee di autobus oppure le stazioni della rete ferroviaria, possono essere infatti raggiunti, a parità di tempo, da persone che abitano in un intorno di questi nodi molto più ampio di quello delle persone che effettuerebbero lo stesso spostamento a piedi: il bike sharing amplifica, quindi, il bacino di utenza del trasporto pubblico; inoltre, una volta completato il viaggio a bordo dei mezzi di trasporto pubblico, è possibile per gli utenti del servizio bike sharing raggiungere in maniera più rapida ed efficiente la destinazione finale del proprio spostamento.

Un utilizzo più diffuso di tale modalità di trasporto comporta anche dei benefici dal punto di vista dell'inquinamento (Zhang and Mi, 2018) e della mobilità cittadina, contrastando l'uso eccessivo e spesso indiscriminato dell'autovettura privata in città, che ha generato, come si è detto, una serie di esternalità negative, che incidono sulla vivibilità dell'ambiente urbano, quali congestione, consumo di suolo, inquinamento acustico ed atmosferico, una maggiore incidentalità.

## 5.2 I modelli di business

Così come il servizio car sharing, anche il bike sharing pubblico presenta due modelli di business che le aziende possono adottare. Dalla scelta del modello di business dipendono gli elementi da progettare e le modalità di progettazione.

A seconda di come sia realizzata la rete di distribuzione delle biciclette nell'area servita ma anche in base alle tecnologie adottate per il prelievo e la restituzione, i sistemi di bike sharing, infatti, possono essere di due tipologie:

- il bike sharing *dock-based*, che è la modalità più diffusa, in cui le biciclette sono ubicate in rastrelliere che costituiscono una stazione e sono dotate, inoltre, di un sistema di blocco/sblocco attivabile mediante un'apposita carta magnetica, un microchip o un'applicazione per smartphone. Le stazioni bike sharing appartenenti a questa categoria sono georeferenziate ed individuabili attraverso un'apposita app;
- il bike sharing *free-floating* o *dockless*, che ha subito un boom di espansione negli ultimi anni, in cui le biciclette possono essere prelevate e rilasciate liberamente all'interno di aree prestabilite; esse sono dotate, infatti, oltre che del consueto sistema di blocco/sblocco, anche di un sistema GPS che ne consente la localizzazione attraverso un'applicazione dedicata (per questo tali sistemi vengono anche detti *GPS-based*).

Questi due modelli di business sono oggi, di fatto, i più diffusi e, per la semplicità di gestione e utilizzo che consentono, hanno quasi del tutto sostituito nel corso del tempo il cosiddetto bike sharing *low-cost* e *tech-light*, in cui biciclette e stazioni non sono dotate di sistemi

tecnologici. In questo caso, gli utenti si iscrivono online al servizio e ricevono un codice via SMS o e-mail oppure una chiave che consente di aprire il lucchetto della bicicletta, prelevarla e poi depositarla presso una qualsiasi altra stazione bike sharing.

Dal punto di vista del mezzo utilizzato, si stanno, inoltre, diffondendo nel mondo anche sistemi di bike sharing in cui sono messe a disposizione delle persone biciclette elettriche, cioè delle biciclette dotate di un motorino elettrico che garantisce una pedalata assistita ed una maggiore spinta nelle salite. Questo consente a tali servizi di bike sharing di ampliare la propria platea di possibili utenti, in quanto con simili accortezze il servizio può essere accessibile anche alle persone più anziane.

Tra i modelli operativi, per il sistema *dock-based*, le aziende possono adottare la modalità *round trip*, in cui la bicicletta prelevata presso una stazione di bike sharing deve essere riconsegnata, una volta effettuati i propri spostamenti, presso la medesima stazione, oppure quella *one-way*, in cui le biciclette vengono prelevate presso una stazione di bike sharing vicina al luogo di origine e sono poi consegnate presso un'altra stazione nei pressi del luogo di destinazione del proprio spostamento, non richiedendo quindi la riconsegna presso il punto di prelievo. Il sistema *round trip* vincola l'utente in misura maggiore rispetto al sistema *one-way*, ma, di contro, rende la gestione da parte dell'azienda sicuramente più facile.

Infatti, offrendo un servizio *dock-based* del tipo *one-way* sorgono dei problemi dal punto di vista gestionale, relativi al periodico riequilibrio della flotta, attività che costituisce uno dei maggiori fattori di costo dei servizi di bike sharing.

Nel sistema *dock-based one-way*, infatti, per mantenere un buon livello qualitativo del servizio e soddisfare appieno la domanda di biciclette presso le stazioni, è necessaria una costante redistribuzione delle biciclette dai punti di destinazione a quelli di origine, effettuata mediante appositi furgoni o auto. Ciò, ovviamente, comporta dei costi aggiuntivi a carico dell'azienda, come ad esempio i costi per l'acquisto di furgoni che opereranno la redistribuzione delle biciclette e quelli per l'assunzione di personale aggiuntivo da destinare a questa attività.

Grazie al riequilibrio della flotta, perciò, gli utenti del servizio avranno la possibilità di trovare sempre una bicicletta disponibile, non rischiando quindi, come potrebbe accadere specialmente durante le ore di punta, di non trovare biciclette presso le stazioni più utilizzate come siti di partenza. Tale rischio, infatti, sarebbe molto probabile in assenza di un'oculata attività di redistribuzione ad opera delle aziende di bike sharing, in quanto non sempre le biciclette vengono riportate nelle stazioni prossime ai principali poli generatori degli spostamenti, rimanendo concentrate, quindi, presso le stazioni di destinazione nelle

vicinanze delle zone urbane centrali ricche di attività (poli attrattori come università, scuole o uffici), cosicché le persone che devono spostarsi nelle ore di punta dalle zone residenziali periferiche potrebbero non essere in grado di usufruire del servizio, non avendo a disposizione alcun mezzo noleggiabile per i loro spostamenti.

Il sistema round trip consente alle aziende di risparmiare nelle operazioni di riequilibrio della flotta, poiché l'utente ritornando alla stazione di origine effettua esso stesso l'operazione di riequilibrio. Di contro, il sistema si rivela poco adatto a chi lo utilizza come soluzione di primo o ultimo miglio, come modalità di connessione con i nodi del trasporto pubblico, o come modalità per effettuare spostamenti che prevedono lunghe soste per svolgere attività.

Nei sistemi di tipo *free-floating*, la bicicletta noleggiata può essere riconsegnata presso un qualsiasi punto della città e non più presso una apposita stazione bike sharing: questo consente una flessibilità di gran lunga maggiore rispetto al sistema *dock-based*. Con questo sistema, l'utente non è più costretto, infatti, a fare delle deviazioni rispetto alla propria destinazione per poter riconsegnare nelle apposite stazioni a rastrelliera la bicicletta presa a noleggio e, specialmente nel caso degli orari di punta, non occorre che si rechi presso una stazione bike sharing diversa da quella più vicina alla propria meta perché piena, cosa che causerebbe deviazioni e, quindi, perdite di tempo.

A questa flessibilità offerta all'utente, si accompagna però una gestione difficile per l'azienda: per il modello *free-floating*, il tema del riequilibrio della flotta può essere ancora più oneroso. Le biciclette, infatti, non saranno necessariamente consegnate presso rastrelliere, ma possono essere posteggiate liberamente in qualsiasi punto della città, costringendo le aziende ad effettuare delle lunghe e faticose operazioni di recupero delle proprie bici per ricollocare queste ultime nelle zone dove la domanda è più alta: tutto ciò grava ulteriormente sui costi che, in questo caso, saranno non solo monetari ma saranno legati anche al tempo impiegato. Proprio per questo motivo il modello *free-floating* non viene esteso a tutto il territorio cittadino ma, piuttosto, viene limitato a delle aree ristrette del contesto urbano, come per esempio i centri storici, in modo tale che le operazioni di redistribuzione delle biciclette risultino meno onerose per le aziende o addirittura neanche necessarie se non soltanto sporadicamente, poiché sarebbero svolte anche inconsapevolmente dagli stessi utenti del servizio di bike sharing.

In Italia, il sistema è stato per la prima volta sperimentato nelle città di Milano e Firenze nel 2017.

### 5.3 Gli aspetti principali della progettazione

Così come per il car sharing, si sono individuati i principali fattori che portano al successo o all'insuccesso da parte degli operatori dei servizi di bike sharing. Essi sono riportati in Tab. 41, facendo l'opportuna distinzione tra quelli relativi al bike sharing dockless (DL) e quelli del modello di business dock-based (DB).

Tabella 41. Fattori di successo e di insuccesso del bike sharing.

		<b>Bike sharing</b>	
		DL	DB
<b>Fattori di successo</b>	Integrazione tariffaria	X	X
	Integrazione modale con il trasporto pubblico	X	X
	Tariffe che agevolano il riequilibrio della flotta	X	X
	Ottimizzazione della flotta	X	X
	Ottimizzazione della posizione delle stazioni in relazione alle attività del territorio	-	X
	Applicazione di restrizioni del traffico e politiche di pricing	X	X
	Offerta di diverse tipologie di biciclette	X	X
	Percorsi ciclabili separati dalle altre componenti del traffico	X	X
	Presenza di spogliatoi e docce nei luoghi di lavoro	X	X
<b>Fattori di insuccesso</b>	Sottodimensionamento della flotta	X	X
	Sovradimensionamento della flotta	X	X
	Assenza di piste ciclabili	X	X
	Assenza di rastrelliere per le biciclette	X	-
	Mancanza di integrazione con il trasporto pubblico	X	X
	Scarsa accessibilità pedonale delle stazioni	-	X
	Tariffe non adeguate	X	X
	Sistema di trasporto pubblico inefficiente	X	X
	Condizioni metereologiche, atmosferiche o planimetriche non adatte	X	X
	Sistemi di prenotazione non user-friendly	X	X
Barriere culturali	X	X	

Così come nel caso del car sharing, il bike sharing si basa sull'utilizzo di una flotta che va opportunamente dimensionata in relazione alla domanda che può potenzialmente essere

attratta. Una flotta sovradimensionata rimarrebbe in parte inutilizzata, comportando soltanto costi per l'azienda e uno spreco dello spazio pubblico per la città.

Una flotta sottodimensionata, di contro, non soddisferebbe le esigenze di mobilità degli utenti, che non trovando biciclette nelle loro vicinanze, ben presto troverebbero alternative più affidabili, come ad esempio l'uso di una bicicletta di proprietà.

Il dimensionamento della flotta va di pari passo con il dimensionamento delle stazioni del sistema dock-based: le stazioni, infatti, sono costituite da rastrelliere che prevedono un numero massimo di biciclette da agganciare. L'accessibilità pedonale delle stazioni di bike sharing è un altro elemento da tenere in considerazione durante la progettazione di tale servizio.

È necessario fare delle accurate valutazioni economiche per quanto riguarda il numero di stazioni bike sharing da installare, poiché sebbene un elevato numero di stazioni aumenti la capillarità del servizio, è altresì ovvio che i costi di installazione, manutenzione e gestione del sistema cresceranno in maniera sostanziale.

L'integrazione fisica con il trasporto pubblico è un grande fattore di successo per il bike sharing: di fatto, la possibilità di raggiungere i nodi del trasporto pubblico con la bicicletta, lasciandola una volta raggiunti, è ciò che rappresenta un valore aggiunto rispetto alla bicicletta di proprietà, che dovrebbe essere trasportata al di sopra del mezzo pubblico; quest'ultima eventualità non è sempre consentita o comunque è spesso praticabile dall'utente con difficoltà.

Anche l'integrazione tariffaria con altri sistemi di mobilità condivisa o con il trasporto pubblico rende tale servizio innovativo più competitivo e conveniente, garantendo all'utente facilità di utilizzo e flessibilità.

Le tariffe devono essere opportunamente modulate: devono essere adottate tariffe che permettono alle aziende utili e al contempo non vengano percepite come troppo elevate dall'utenza. Le tariffe possono anche giocare un ruolo decisivo nel riequilibrio della flotta in città.

La canadese SoBi Hamilton, ad esempio, ha introdotto un interessante sistema di tariffe: offrendo un servizio misto tra *dockless* e *dock-based*, con la possibilità di lasciare la bicicletta sia in una stazione del servizio che libera in un'area delimitata della città di Hamilton, ha adottato un sistema di sconto delle tariffe che si esplica nel momento in cui l'utente preleva una bicicletta che si trova al di fuori di una stazione e la riconsegna in una stazione del servizio dove sono presenti poche biciclette; ciò non solo permette di mantenere un certo equilibrio nella distribuzione delle biciclette nel tessuto urbano, ma consente all'utente di risparmiare.

Molteplici sono i fattori esterni che incidono sulla propensione all'utilizzo del bike sharing. La bicicletta è, infatti, un mezzo di trasporto che espone maggiormente l'utente ai fenomeni atmosferici, alla temperatura esterna e all'inquinamento dell'aria, tutti fattori che influenzano fortemente l'utilizzo del sistema di bike sharing.

In genere, condizioni meteo avverse quali neve, pioggia, e forte vento, alta umidità e basse temperature possono scoraggiare in misura significativa la scelta di avvalersi del servizio (Gebhart and Noland, 2014). Nello stesso modo, temperature troppo elevate possono far desistere i cittadini dall'impiegare questa modalità di trasporto.

La topografia ha anch'essa effetti sull'utilizzo del bike sharing: strade con pendenze elevate, in particolare, possono disincentivare gli utenti da un utilizzo frequente del servizio, che riterrebbero troppo faticoso. L'inquinamento atmosferico può, inoltre, far decrescere ancor più il numero di cittadini che utilizzano tale modalità di trasporto per i propri spostamenti quotidiani.

Da ciò deriva che l'analisi del clima e delle caratteristiche geografiche della città è di fondamentale importanza per comprendere se un servizio di bike sharing sarà utilizzato ampiamente dai cittadini: più probabilità di successo avranno quei servizi di bike sharing introdotti in città che hanno clima temperato, con stagioni caratterizzate da temperature miti, un andamento altimetrico pianeggiante e una buona qualità dell'aria.

Molta rilevanza nell'utilizzo del servizio di bike sharing da parte dei cittadini hanno, inoltre, le infrastrutture ciclabili. La presenza di una rete diffusa e connessa di piste ciclabili in città può promuovere l'uso di questo modo di trasporto poiché contribuisce alla riduzione dei tempi di viaggio in bici e all'aumento della sicurezza per l'utente. L'assenza delle piste ciclabili aumenta il rischio di incidentalità e ingenera una percezione diffusa di insicurezza nella cittadinanza.

La continuità della rete ciclabile ha, inoltre, una notevole influenza sulla sicurezza percepita dai ciclisti. Avere una pista ciclabile intervallata spesso da attraversamenti stradali oppure passi carrabili può instillare nel ciclista una sensazione di disagio per il fatto che non ha la possibilità di circolare su un percorso totalmente separato dal traffico motorizzato, e quindi è costretto ad attraversare dei punti di vulnerabilità della rete spesso non adeguatamente protetti o segnalati.

Lo stato delle infrastrutture ciclabili è, inoltre, un fattore da non sottovalutare, determinante per il successo di un servizio di bike sharing urbano, in quanto può incidere sulla percezione di sicurezza dell'utenza; ciò può avvenire a causa del cattivo stato di manutenzione (presenza di buche nella pavimentazione o sollevamenti della stessa a causa, per esempio, delle radici di alberi che possono fiancheggiare i percorsi ciclabili), o a causa della presenza di ostacoli

lungo il tracciato come alberi, edicole o pali dell'illuminazione stradale, o ancora per via di scarse condizioni di illuminazione del percorso.

Le piste possono, inoltre, essere scarsamente segnalate e di conseguenza non individuabili facilmente, per esempio a causa di carenza di idonea segnaletica orizzontale e verticale, vernici poco resistenti all'abrasione e all'azione degli agenti atmosferici o ancora, perché coincidono con le corsie riservate dei mezzi pubblici, non potendo così essere adeguatamente segnalate in modo da individuarne con facilità l'ubicazione.

Anche la tipologia di infrastruttura ciclabile preponderante in città influenza la scelta di tale servizio di mobilità: percorsi ciclabili separati e protetti sono certamente più attrattivi per gli utenti, poiché si riducono i conflitti tra le varie componenti di traffico.

La condivisione del tracciato con i mezzi di trasporto pubblico, ad esempio, è un fattore di rischio, perché la presenza su una stessa corsia di mezzi incompatibili tra di loro come autobus, taxi e biciclette causa, oltre ad un possibile peggioramento delle prestazioni dei mezzi di trasporto pubblico, un sensibile peggioramento della sicurezza percepita durante lo spostamento.

Per gli studenti minorenni ancor più la sicurezza diventa un fattore determinante nella propensione ad effettuare gli spostamenti casa-scuola usufruendo di un servizio di bike sharing, anche in quanto soggetti ancora alla volontà dei genitori, che spesso attribuiscono a tale modalità di trasporto un rischio elevato. La sicurezza dei percorsi casa-scuola deve essere quindi presa altamente in considerazione per la riuscita di un programma di bike sharing dedicato alle scuole. Si precisa che non solo con sicurezza si fa riferimento alla separazione del traffico ciclabile da quello veicolare o all'assenza di ostacoli sulle piste ciclabili ma anche alla percezione di pericolosità che l'ambiente urbano trasmette, in relazione al degrado architettonico e alla criminalità (Stewart *et al.*, 2012).

Inoltre, nel caso degli studenti, le ricerche hanno mostrato che la numerosità della famiglia, il tipo di scuola frequentato, la condizione professionale dei genitori, la disponibilità di altre persone (nonni, parenti, amici), la disponibilità economica (pagare una baby-sitter) e la disponibilità di più di un'autovettura in famiglia, svolgono un ruolo importante sulla scelta dell'utilizzo delle bici per andare a scuola (McDonald, 2008).

Nel bike sharing *dockless* fondamentale risulta la presenza e la diffusione di rastrelliere in città. Le biciclette condivise devono, infatti, poter essere parcheggiate in opportuni spazi ordinati senza che, abbandonate lungo i marciapiedi, occupino abusivamente il suolo pubblico e diano impaccio alla circolazione di persone e veicoli.

Questa paradossale situazione è in realtà molto presente in Cina, dove le varie aziende che offrono servizi di bike sharing a flusso libero hanno invaso le città cinesi con un'enorme

quantità di biciclette. L'assenza di rastrelliere capaci di accogliere un numero così grande di biciclette ha portato gli utenti a parcheggiarle in maniera selvaggia sui marciapiedi, ammassarle le une sulle altre nelle piazze, provocando seri disagi alla circolazione e uno sgradevole impatto visivo, e, nei casi più gravi, ad abbandonarle lungo fiumi e canali.

Un altro esempio eclatante dell'importanza dell'adeguato numero di rastrelliere pubbliche per il successo del sistema *free-floating* è quello di Amsterdam, dove il bike sharing, con la sua flotta di biciclette, si è inserito in un contesto in cui i parcheggi per le biciclette erano già pressoché saturi: anche qui gli utenti sono stati costretti a lasciare le biciclette in modo caotico nei luoghi pubblici.

Queste esperienze, affrontate anche da città italiane come Firenze e Milano, rischiano di mettere in cattiva luce il modello del bike sharing a flusso libero.

Importante è anche la diffusione di spogliatoi e docce all'interno di luoghi di lavoro o scuole: la presenza di tali attrezzature fa sì che il bike sharing possa essere utilizzato anche in presenza di pioggia o di temperature elevate che inducano l'utente a sudare, estendendo di fatto le occasioni di utilizzo.

Anche, ostacoli gestionali/organizzativi, riferibili a mancanze dell'azienda che gestisce il servizio, ostacoli normativi (assenza di regolamentazione e di politiche di incentivazione) e barriere culturali, cioè la resistenza dei cittadini a cambiare le proprie abitudini di mobilità, sono fattori che rappresentano degli ostacoli ad una riuscita del servizio di bike sharing (Moro *et al.*, 2018).

#### 5.4 Il bike sharing della città di Palermo

Prima di illustrare le metodologie utilizzate per la progettazione del servizio di bike sharing destinato agli studenti delle scuole medie superiori, si ritiene fondamentale illustrare il funzionamento, la gestione e i numeri del servizio di bike sharing della città di Palermo AmiGO, che si è avuto la possibilità di analizzare da vicino nel corso della propria attività di ricerca presso l'AMAT Palermo S.p.A.: tale azienda, oltre a gestire il sistema di trasporto pubblico e il servizio di car sharing in città, gestisce, infatti, anche il servizio di bike sharing. La metodologia sviluppata è stata, infatti, applicata alla città di Palermo ed è stata concepita in relazione al progetto "Go2School", cui si è attivamente partecipato, che prevedeva la progettazione di un programma di bike sharing dedicato al mondo della scuola.

Illustrando le caratteristiche del servizio AmiGO e le modalità di utilizzo da parte dei suoi utenti, si riesce meglio a comprendere se sia possibile coinvolgere in un servizio simile il target specifico, cioè la popolazione studentesca. L'analisi dell'esperienza AmiGO può,

inoltre, servire, come visto nel caso del car sharing, a comprendere eventuali criticità da superare e non riproporre nel servizio dedicato agli studenti.

Il servizio di bike sharing della città di Palermo, denominato alla sua nascita BiciPA, è stato lanciato da AMAT nel 2016 grazie ad un cofinanziamento da parte del Ministero dell’Ambiente. Nel dicembre 2019 il servizio viene integrato con il car sharing, per cui è possibile usufruire dei due servizi acquistando un unico abbonamento, nonché utilizzando la stessa applicazione per smartphones e lo stesso metodo di pagamento. L’integrazione tra car sharing e bike sharing nell’unica piattaforma “AmiGO” rappresenta un caso unico in Italia. Il servizio si avvale al dicembre 2020 di una flotta di 417 biciclette a trazione muscolare (Fig. 99), di cui 298 disponibili per l’utenza, 119 in deposito. Esse sono contrassegnate dal logo AmiGO.

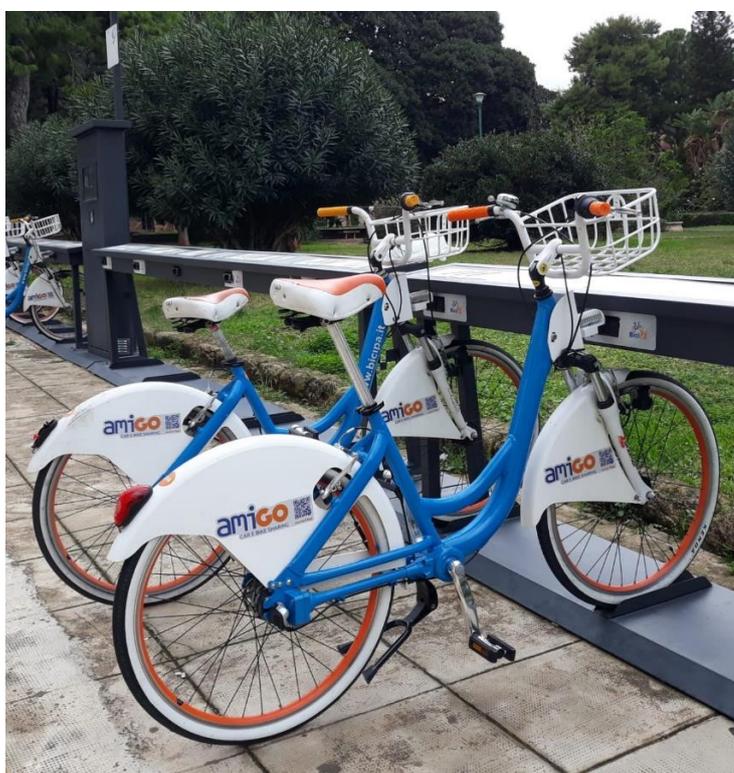


Figura 99. Le biciclette del servizio bike sharing AmiGO.

Il bike sharing è offerto in modalità *dock-based*, per cui gli utenti possono prelevare e rilasciare le biciclette nei 39 cicloparcheggi dislocati nel territorio comunale (Fig. 100).

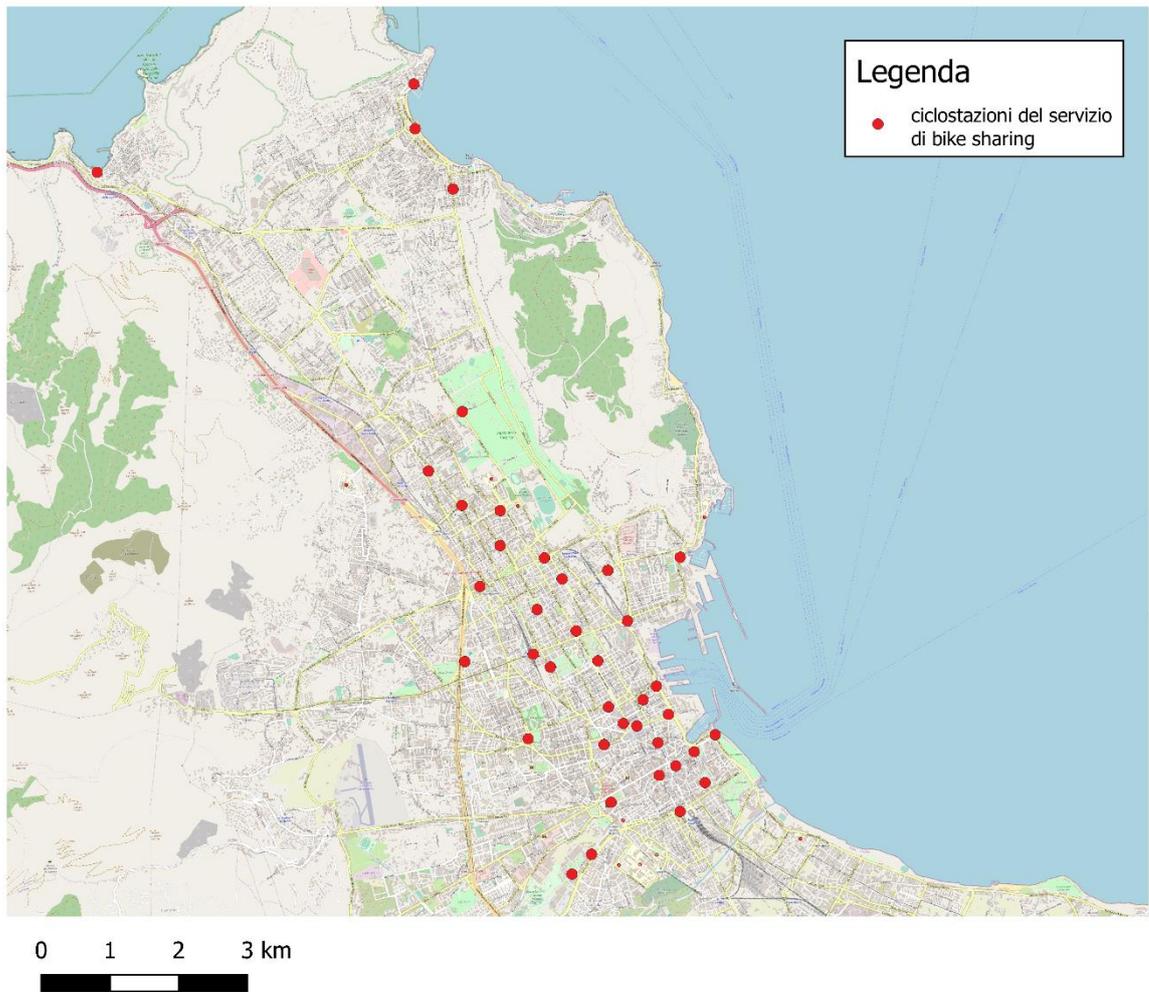


Figura 100. Distribuzione delle ciclostazioni AmiGO nel territorio comunale.

Le caratteristiche dimensionali della maggior parte delle stazioni installate da AMAT sono visibili in Fig. 101.

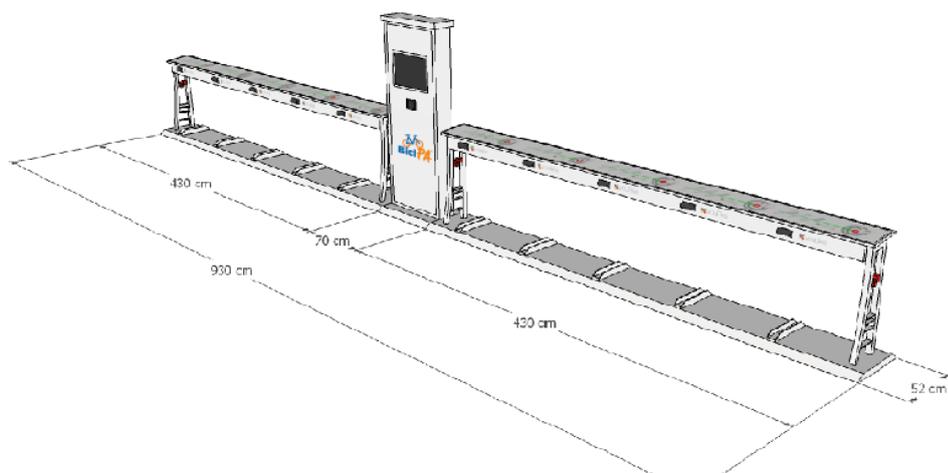


Figura 101. Esempio di ciclostazione del servizio AmiGO.

In Tab. 42 si riporta l’elenco delle stazioni attive al dicembre 2020, con il numero di agganci in essi presenti.

Tabella 42. Le ciclostazioni del servizio bike sharing AmiGO.

<b>Numero</b>	<b>Stazioni</b>	<b>Agganci</b>
1	Piazzale J. Lennon	10
2	Viale Francia	10
3	Via Aquileia	10
4	Viale Praga	10
5	Piazza Don Bosco	10
6	Via Autonomia Siciliana	10
7	Via M. di Villabianca	10
8	P.zza Unità d'Italia	20
9	Piazza A. Gentili	15
10	Piazza De Gasperi	10
11	Piazza P.pe di Camporeale	10
12	Piazza F. Crispi	20
13	Viale Regina Elena	10
14	Piazzale Ungheria	15
15	Mondello - Piazza Caboto	10
16	Mondello - Piazza Mondello	15
17	Via Terrasanta	10
18	Villa Niscemi	5
19	L.go Cav. del S. Sepolcro	5
20	Via Volturmo	15
21	Piazza G. Cesare	15
22	Sferracavallo - Via Torretta	10
23	Piazza Castelnuovo	20
24	Piazza Ignazio Florio	15
25	Piazzetta Due Palme	10
26	Parco della Salute	10
27	Piazza Della Vittoria	20
28	Piazza XIII Vittime	10
29	Piazza Marina	10
30	Piazza Cassa di Risparmio	10
31	Stazione Notarbartolo - P. Lavagnini	10
32	Via Emilia	15
33	Via Cavour	10
34	Facoltà di lettere e Filosofia	20
35	Polo Didattico Università	20
36	Piazza Acquisanta	9
37	Piazza Giackery	9
38	Piazza Magione	9
39	Via F. Crispi	15

L’utilizzo del servizio è garantito 7 giorni su 7, tutto l’anno. Nei primi quattro anni dalla nascita del servizio, esso era utilizzabile nella fascia oraria 07:00-22:30 in inverno e 07:00-24:00 in estate. Dal 31 gennaio 2020, il servizio è disponibile 24 ore su 24. Le biciclette possono essere sganciate attraverso un’applicazione per smartphone dedicata.

Il costo di abbonamento annuale è di 25 euro e il costo del noleggio è legato al tempo di utilizzo. In Tab. 43 si riporta il riepilogo delle tariffe di utilizzo delle biciclette, secondo step di mezz'ora. I primi 30 minuti di noleggio sono gratis, il che rende tale servizio appetibile per i brevi spostamenti, come solitamente sono quelli casa-scuola. La gratuità dei 30 minuti è applicata ai noleggi successivi se tra ogni noleggio trascorrono almeno 3 ore.

Tabella 43. Le tariffe di utilizzo del bike sharing.

Step 1	Step 2	Step 3	Step 4	Step 5	Step 6	Step 7
30 min	ogni 30 min					
gratis	€ 0,50	€ 0,50	€ 0,50	€ 1,00	€ 1,00	€ 1,00

Il servizio è cresciuto molto negli ultimi anni, anche grazie all'ampliamento progressivo della flotta e all'introduzione di nuove stazioni nel territorio (Tab. 44).

Il numero di abbonati al servizio al 2019 ha toccato quota 2.601. Dopo l'integrazione del bike sharing nella piattaforma AmiGO, gli iscritti al servizio di car sharing sono diventati abbonati anche al servizio di bike sharing. Per questo motivo gli attuali abbonati (dicembre 2020) sono 8.777.

Gli abbonati sono più di sesso maschile (69%) che femminile (31%), e l'età media è di 43 anni.

Tabella 44. Statistiche del servizio di bike sharing nel periodo di riferimento 2015-2019.

	2015 (solo dicembre)	2016	2017	2018	2019
<b>Numero bici</b>	100	250	350	400	437
<b>Iscritti</b>	98	920	1.497	2.360	2.601
<b>Noleggi</b>	61	11.917	31.257	40.934	39.676
<b>Percorrenza media di un noleggio (km)</b>	4	4	4	4	4
<b>Durata media di un noleggio (minuti)</b>	30	30	30	30	30
<b>Numero di stazioni</b>	9	32	34	38	41
<b>Numero di stalli</b>	105	365	390	450	477

Come si evince dalla tabella, fin dall'avvio del servizio la percorrenza media si è assestata intorno ai 4 km e il noleggio medio ha avuto la durata di mezz'ora.

Dai dati passati in rassegna si può evincere che:

- Vi è un basso numero di ciclostazioni, tanto che si ha un valore di 0,25 ciclostazioni per kmq, a fronte di valori pari a 1,67 per la città di Milano e 1,43 per Torino (Osservatorio Nazionale Sharing Mobility, 2020); inoltre, tali ciclostazioni sono per lo più concentrate nel centro della città, lasciando scoperte ampie zone della città;

- Vi è un numero basso di biciclette disponibili; sono disponibili 0,4 bici ogni 1000 abitanti, contro le 3,9 bici in *station-based* per 1000 abitanti della città di Milano o le 1,5 della città di Torino.
- In media vi sono 8 bici per ciclostazione, inferiori alle 18 di Milano ma superiori alle 7 di Torino.
- Il rapporto tra bici e numero di postazioni (agganci) è pari al 62%, comparabile ai servizi *station-based* presenti a Torino (67%) e Milano (61%).

## 5.5 Dati di utilizzo del bike sharing nel 2019

Al fine di comprendere meglio come il bike sharing venga utilizzato a Palermo, si è analizzato il database delle corse in cui AMAT raccoglie i dati di utilizzo. È stata analizzato l'intero anno 2019.

Il database registra ogni corsa effettuata conservando i seguenti dati:

- Nominativo dell'utente che effettua la corsa;
- Ciclostazione di partenza;
- Ciclostazione di arrivo;
- Data e orario di partenza;
- Data e orario di arrivo;
- Durata della corsa;
- Bici su cui si è stata effettuata la corsa;
- Costo della corsa.

La consultazione del database è stata messa in atto dopo che AMAT ha reso anonimi gli utenti che hanno effettuato le corse, sostituendo ai nominativi un numero identificativo. In tal modo ogni diritto alla privacy è stato garantito.

Sono state escluse dall'analisi tutte le corse con durata inferiore ai 2 minuti, potenzialmente dovute ad errori del sistema o problemi tecnici con l'utilizzo delle biciclette.

Le corse realizzate nel 2019, al netto dei potenziali errori, sono state 34.672. In media al giorno sono state effettuate 95 corse.

Il giorno in cui sono state effettuate meno corse è stato sabato 5 gennaio (3 corse), mentre il giorno di maggior utilizzo del servizio è stato giovedì 23 maggio (219).

In Tab. 45 è riportato il numero di corse effettuato nei diversi mesi dell'anno, utile a comprendere se esiste una utilizzazione minore del servizio nei periodi dell'anno caratterizzati da condizioni climatiche che possano influenzare la scelta di usufruire di tale modalità di trasporto.

Tabella 45. Numero di corse mensili durante il 2019.

Mese	Numero di corse
Gennaio	1901
Febbraio	2740
Marzo	3465
Aprile	2993
Maggio	3555
Giugno	3505
Luglio	2878
Agosto	1651
Settembre	3033
Ottobre	4060
Novembre	3047
Dicembre	1844
Totale	34.672

Si nota come un numero inferiore di corse rispetto alla media sia stato realizzato nei mesi di gennaio e dicembre (mesi freddi) e agosto (mese caldo); quest'ultimo rappresenta il mese caratterizzato dal minore utilizzo.

Per comprendere meglio se vi sia un'effettiva correlazione tra le condizioni meteorologiche e l'utilizzo del bike sharing a Palermo si riportano in Tab. 46 i dati di temperatura e precipitazione raccolti per il 2019 dall'Osservatorio Astronomico G. S. Vaiana di Palermo (SISTAN, 2020).

Tabella 46. Osservazioni meteorologiche per l'anno 2019.

Mese	Temperatura media [°C]	Precipitazioni [mm]
Gennaio	10,9	102,8
Febbraio	12,2	67,0
Marzo	14,7	50,8
Aprile	16,9	25,8
Maggio	17,7	35,6
Giugno	25,8	0,0
Luglio	28,0	10,8
Agosto	28,2	19,0
Settembre	25,4	82,8
Ottobre	22,0	38,6
Novembre	18,0	100,6
Dicembre	15,4	71,4

Dal raffronto dei dati meteorologici e del numero di corse di agosto con quelli dei mesi di luglio e di settembre, nonché dal raffronto dei mesi di dicembre e gennaio con febbraio o novembre, si evince che a concorrere con la temperatura al minore utilizzo del bike sharing è probabilmente la presenza di festività e giorni di ferie.

Il numero medio di noleggi giornalieri per i giorni festivi è stato di soli 36 noleggi, a fronte di un numero medio di noleggi giornalieri per i giorni non festivi pari a 121.

Il bike sharing è, quindi, utilizzato con ogni probabilità da persone che quotidianamente si spostano per motivi di lavoro.

Ciò è confermato anche dalla segmentazione delle corse in relazione al giorno della settimana di utilizzo; si nota come nel week-end il servizio risulti poco utilizzato (Tab. 47): soltanto l'11% delle corse totali è stato effettuato nei fine settimana. In particolare, in media di domenica gli utenti hanno compiuto solamente 32 noleggi.

Tabella 47. Percentuale di corse effettuate e numero medio di corse giornaliere per giorno della settimana.

<b>Mese</b>	<b>Corse [%]</b>	<b>Numero medio di corse giornaliere</b>
Lunedì	16,8	112
Martedì	18,2	119
Mercoledì	18,7	125
Giovedì	18,2	121
Venerdì	17,1	114
Sabato	6,1	41
Domenica	4,9	32

La segmentazione delle corse per fascia oraria avvalorata ulteriormente l'ipotesi di utilizzo del bike sharing negli spostamenti effettuati per motivi di lavoro. Dalla Fig. 102 si evince come le fasce orarie in cui l'utilizzo del bike sharing è più marcato sono quella di punta mattutina (08:00-10:00), quella tra le 13:00 e le 14.00 e quella tra le 17:00 e le 18:00.

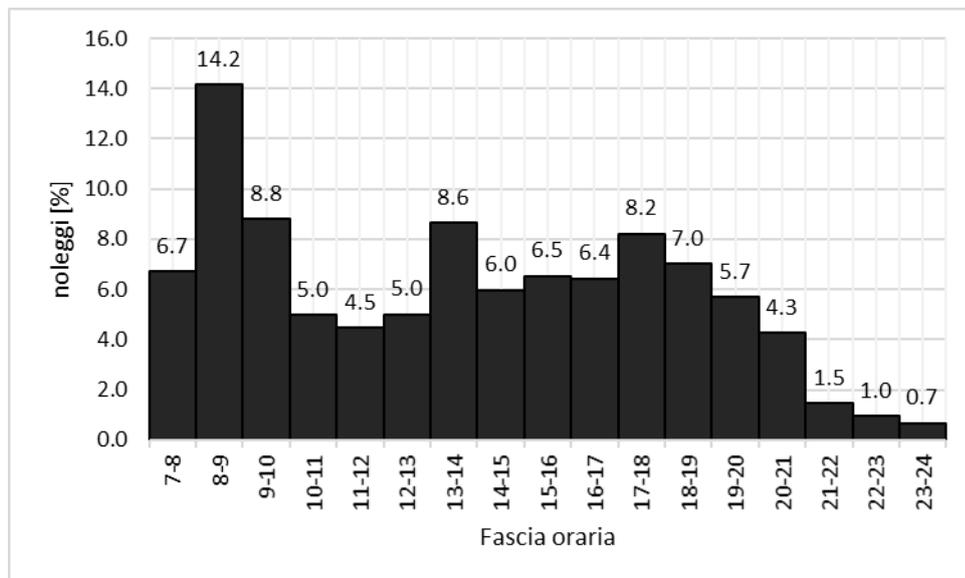


Figura 102. Segmentazione dei noleggi per fascia oraria.

Per comprendere le modalità di utilizzo del servizio da parte degli iscritti può essere utile analizzare la segmentazione dei noleggi per classe di durata (Fig. 103) e per classe di distanza (Fig. 104).

Più del 60% dei noleggi ha durata dai 5 ai 15 minuti: ciò significa che la bicicletta viene utilizzata per spostamenti concentrati nel tempo e che non vengono svolte altre attività durante il periodo di noleggio. Questo consente di ipotizzare che commissioni veloci e shopping non sono tra i motivi per cui l'utente effettua gli spostamenti nei quali utilizza il bike sharing.

Inoltre, il 93% dei noleggi hanno durata inferiore a mezz'ora: la maggior parte di questi noleggi, quindi, sono effettuati dagli utenti gratuitamente. Ciò da un lato rappresenta un valore aggiunto per l'utente, che può godere gratuitamente di un servizio di mobilità, dall'altro fonte di perdite per l'azienda, che, se non riesce ad attrarre un grande numero di iscritti, non compenserà i costi di gestione con le sole quote di iscrizioni annuali e con i pochi noleggi dalla durata maggiore di 30 minuti.

La durata media dei noleggi è pari a 20 minuti. La percorrenza media è, invece, pari a 2,5 km. Infatti, il 71,9% dei noleggi produce percorrenze chilometriche tra 1 e 3 km. L'1% sono le corse con percorrenza inferiore ai 500 m: una tale distanza è, infatti, probabilmente coperta dalla mobilità pedonale. Solo il 6,3% delle corse prevede percorrenze maggiori a 4 km.

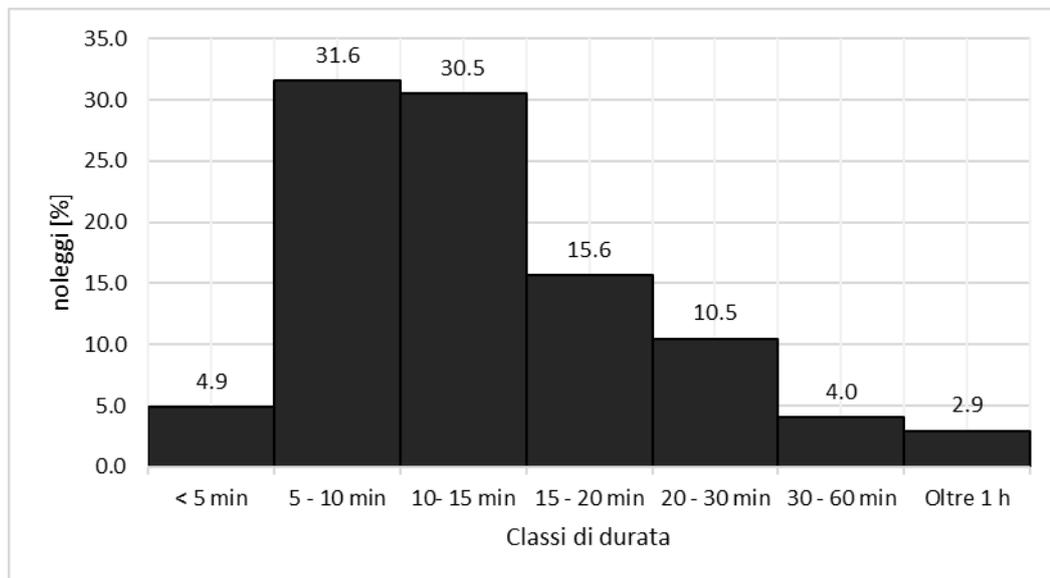


Figura 103. Segmentazione dei noleggi per classe di durata.

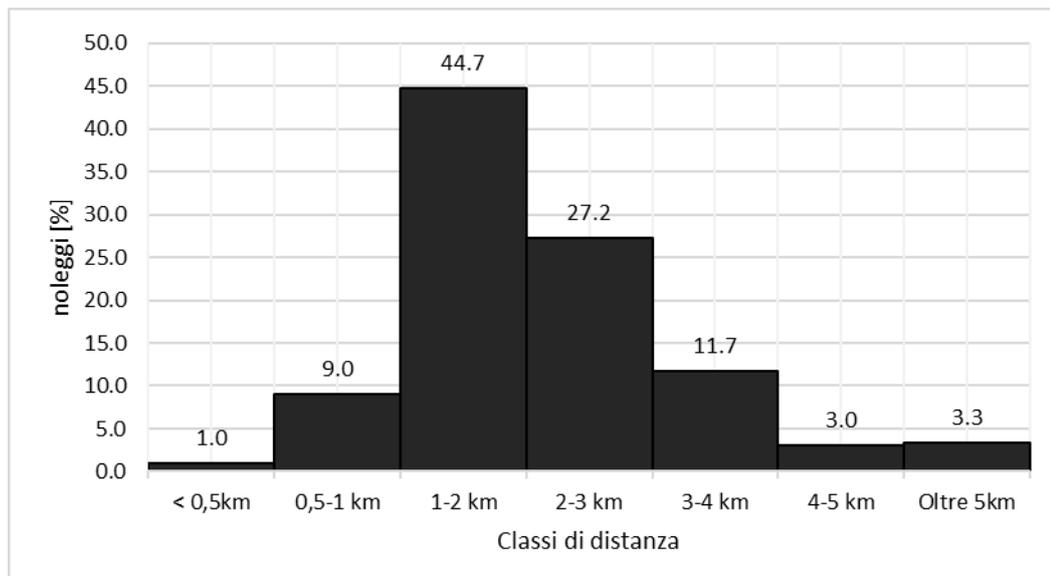


Figura 104. Segmentazione dei noleggi per classe di distanza.

Le ciclostazioni più utilizzate come origine delle corse sono state Piazzale Ungheria (2.733 corse), Piazza G. Cesare (2.673), Piazza A. Gentili (2.672), Piazza F. Crispi (2.225) e Piazza Castelnuovo (2.138). Le ciclostazioni meno utilizzate come origine sono state Sferracavallo-Via Torretta (1 corsa), Mondello – Piazza Mondello (4), Viale Regina Elena (31), Mondello – Piazza Caboto (39) e Villa Niscemi (51).

Le ciclostazioni più utilizzate come destinazione delle corse sono state Piazzale Ungheria (2.826 corse), Piazza A. Gentili (2.699), Piazza G. Cesare (2.680), Piazza F. Crispi (2.394) e Piazza Castelnuovo (2.159). Le ciclostazioni meno utilizzate come destinazione sono state Sferracavallo-Via Torretta (1 corsa), Mondello – Piazza Mondello (13), Viale Regina Elena (52), Villa Niscemi (55) e Mondello – Piazza Caboto (56).

Come si nota, le ciclostazioni più utilizzate sono le stesse sia per l'uso come origine delle corse che per quello come destinazione. Lo stesso si può dire per quelle meno utilizzate.

Le ciclostazioni meno utilizzate sono quelle situate nella parte nord della città. Da ciò si evince come il bike sharing venga utilizzato maggiormente nel centro città, piuttosto che nelle zone periferiche.

I percorsi più effettuati dall'utenza del servizio di bici condivise sono stati Piazza G. Cesare – Piazzale Ungheria (466 corse), Piazzale Ungheria – Piazzale G. Cesare (435) e Piazzale Ungheria – Piazza A. Gentili (367).

Questo significa che vengono effettuati spostamenti per lo più brevi nel centro città e che il bike sharing non è utilizzato per connettere il centro alle periferie.

Ciò può essere dovuto non solo al motivo dello spostamento per il quale viene utilizzato a Palermo il bike sharing (un numero maggiore di attività sono presenti nel centro della città), ma anche alla mancanza di piste ciclabili che colleghino le ciclostazioni presenti nelle periferie a quelle della zona centrale, elemento che fa percepire all'utenza tali tragitti come insicuri.

È stato, inoltre, determinato il tasso di rotazione medio delle biciclette: esso ha assunto il valore di 0,3, a fronte di un tasso di rotazione medio del bike sharing italiano di 1,2. Ciò significa che in media una bicicletta è stata utilizzata una volta ogni tre giorni.

Le biciclette che hanno effettuato almeno un noleggio sono state 280 nel corso del 2019. In media sono state utilizzate per almeno un noleggio giornalmente 52 biciclette e ne sono rimaste ferme in media 228.

Ciò significa che il servizio è al momento sottoutilizzato rispetto alle sue potenzialità: vi è, infatti, un'ampia disponibilità di biciclette. Tale sottoutilizzo può essere dovuto al basso numero di ciclostazioni ma anche alla scarsa presenza a Palermo di piste ciclabili.

## 5.6 La localizzazione delle stazioni del servizio di bike sharing

Allo stesso modo del car sharing, la localizzazione delle stazioni del servizio di bike sharing *dock-based* incide fortemente sul suo successo e influenza il bacino di utenza che può servirsi delle biciclette condivise.

Così come si è visto per il car sharing, è possibile stimare il bacino di utenza del servizio di bike sharing utilizzando un software GIS: tramite la sovrapposizione di dati demografici e dati geografici e operazioni di buffering è possibile valutare quanti cittadini risiedono e lavorano ad una distanza pedonale dalle stazioni del servizio di bike sharing.

Anche in questo caso, la distanza massima considerata percorribile dal pedone è stata fissata in 500 m. A differenza del car sharing, per calcolare il bacino di utenza potenziale del bike-

sharing si è considerata la popolazione autonoma ed attiva, cioè quella con un'età compresa tra i 14 e i 70 anni.

Tracciando in ambiente GIS la rete pedonale attorno alle stazioni è stato possibile valutare l'estensione della *catchment area* considerando non le distanze euclidee, ma le distanze sulla rete.

L'estensione del bacino di utenza per le stazioni presenti al 2019 è visibile in Fig. 105. In Tab. 48 è indicato il numero di addetti e la popolazione attiva potenzialmente raggiunti dal servizio.

Tabella 48. Bacino di utenza potenziale del servizio bike sharing di Palermo.

	<b>Popolazione residente attiva</b>	<b>Addetti</b>
Palermo	475.520	188.702
<i>Catchment area</i> del bike sharing	93.710 (20%)	78.783 (42%)

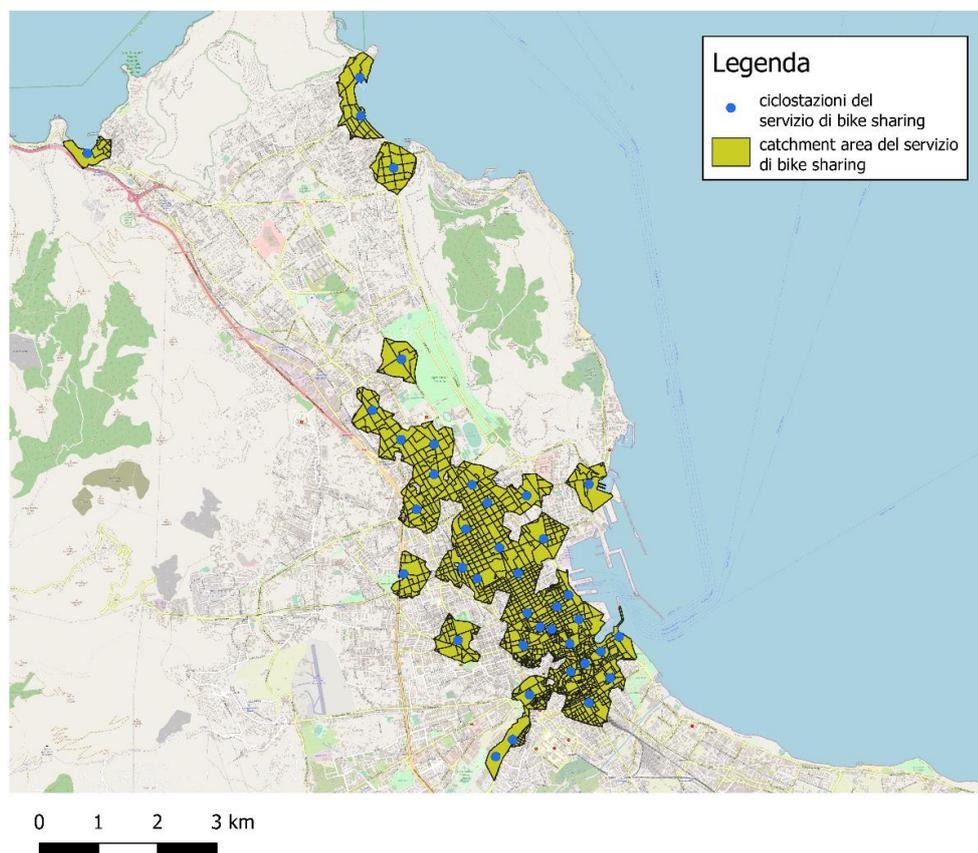


Figura 105. *Catchment area* del servizio di bike sharing.

Si evince come il bike sharing riesca a coprire solo il 20% dei luoghi di residenza dei potenziali utenti.

È possibile confrontare per ogni stazione del servizio, il bacino di utenza ideale e quello calcolato sulla base della rete pedonale: si può così comprendere se esse siano collocate in zone con adeguata accessibilità pedonale (Fig. 106).

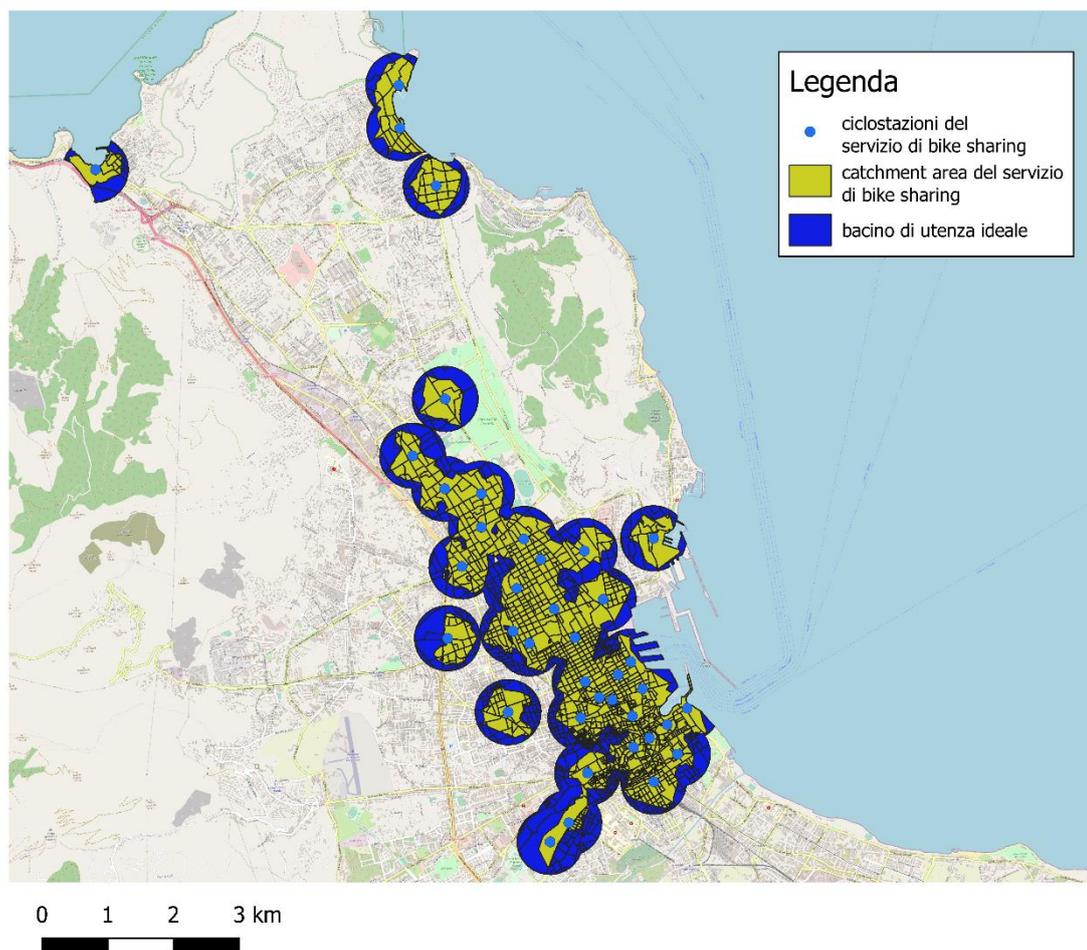


Figura 106. Confronto tra bacino di utenza ideale e *catchment area* calcolata sulla base della rete pedonale.

Come si nota, le ciclostazioni distribuite nella zona centrale godono di una buona accessibilità pedonale. Viale della Regione Siciliana fa da barriera invalicabile per il pedone e riduce il bacino di utenza delle ciclostazioni Lennon e Aquileia. Scarsa accessibilità pedonale hanno le ciclostazioni site all'interno della cittadella universitaria in Viale delle Scienze.

## 5.7 Il progetto Go2School

Passate in rassegna le caratteristiche dell'attuale servizio offerto da AMAT, si illustra adesso la metodologia sviluppata all'interno del progetto "Go2School".

Il progetto "Go2School", facente parte del Programma Palermo Smart Mobility, prevede la creazione di un servizio di bike sharing dedicato agli studenti e al personale scolastico di quattro scuole medie superiori. Il Progetto è promosso e realizzato dal Comune di Palermo,

dall'AMAT Palermo S.p.A. e dall'Università di Palermo. Esso coinvolge quattro scuole (Fig. 107):

- Il Liceo Linguistico "Ninni Cassarà", sito in via don Orione, Palermo;
- Il Liceo Scientifico "Albert Einstein", sito in via Antonio Vivaldi, Palermo;
- L'Istituto Tecnico Economico e per il Turismo "Pio La Torre", con sede in via Nina Siciliana, Palermo;
- L'Istituto Tecnico Industriale "Vittorio Emanuele III", sito in via Duca della Verdura, Palermo.

Il Progetto Go2School si inserisce, pur con la sua peculiarità di sistema di mobilità a servizio delle scuole, nel più ampio piano cittadino di mobilità sostenibile, che costituisce un fattore cruciale, nell'evoluzione socioeconomica della città di Palermo.

Il programma di bike sharing, che verrà in futuro esteso anche alle altre scuole della città, si prefigge l'obiettivo di incentivare questa alternativa modale eco-sostenibile tra gli studenti, integrandosi con l'esistente servizio di bike sharing AmiGO. Ciò porta, inoltre, a soddisfare la crescente domanda di servizi supplementari e integrativi del trasporto pubblico locale per la mobilità degli studenti e a ridurre l'utilizzo di veicoli privati nel centro urbano.

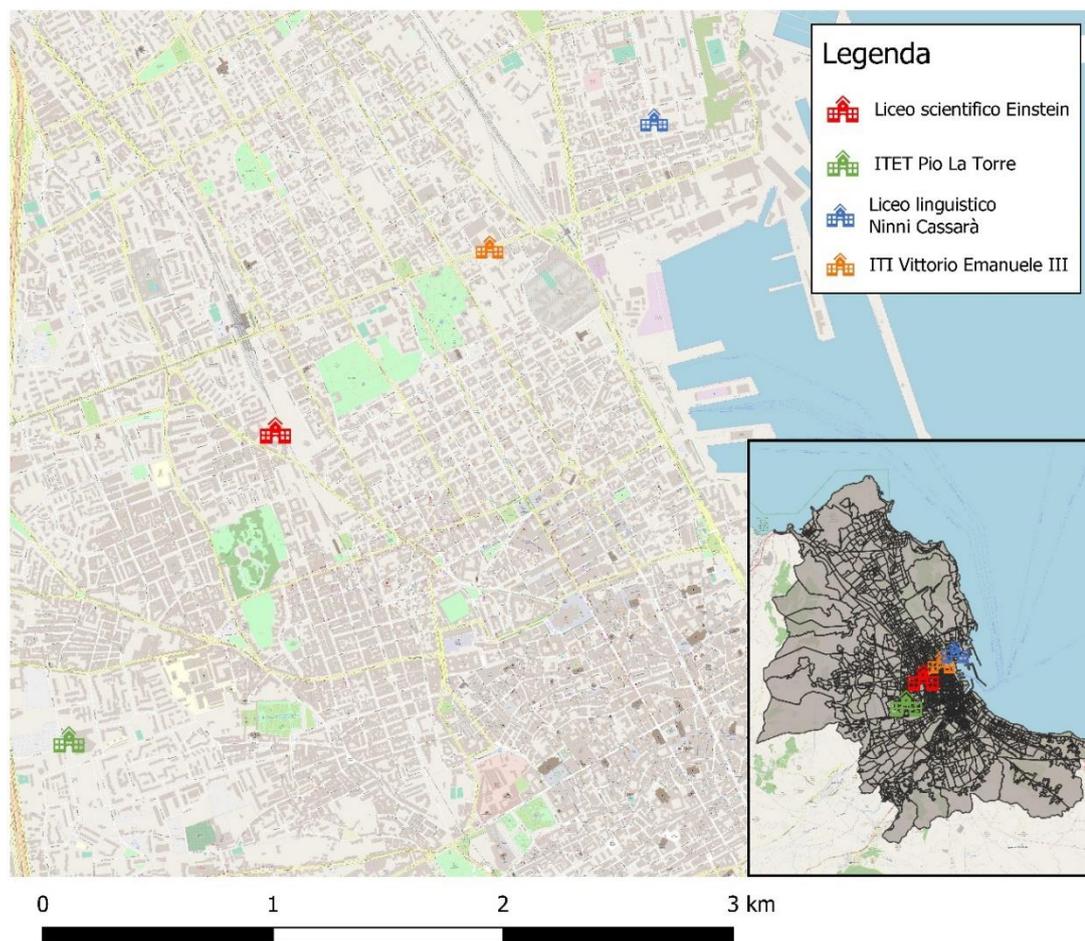


Figura 107. Posizione delle scuole coinvolte nel progetto "Go2School".

Il progetto prevede la realizzazione di un servizio ad hoc per studenti, docenti e personale delle scuole superiori, che verrà denominato Go2School.

Per il funzionamento del servizio, si è pianificato di collocare stazioni virtuali di bike sharing all'interno delle aree degli edifici scolastici. Il programma comporta, altresì, la realizzazione di nuove stazioni di bike sharing destinate all'iniziativa Go2School distribuite sul territorio cittadino. Ad uso del servizio saranno disponibili anche le stazioni del servizio AmiGO.

Il servizio disporrà di una flotta formata dalle biciclette messe già a disposizione dal servizio AmiGO e da un nuovo parco di biciclette. Infatti, affinché gli studenti e, in genere, gli utenti del servizio Go2School, riescano ad usufruire del servizio senza arrecare disturbo agli utenti del servizio AmiGO, si è previsto di aumentare la flotta del servizio AmiGO con nuove biciclette. Inoltre, è anche prevista l'introduzione di un nuovo ampio parco bici composto da biciclette biposto (da cui il numero "2" nel nome del progetto), che favoriscano così una maggiore e più sana socializzazione tra i ragazzi che usufruiranno del servizio Go2School. Dalla sinergia tra AmiGO e Go2School sarà possibile fornire agli utilizzatori del servizio una maggiore possibilità di scelta e disponibilità di mezzi.

Inoltre, sono state progettate nuove piste ciclabili che verranno realizzate nei pressi degli istituti scolastici, al fine di consentire agli studenti delle scuole coinvolte, così come a tutto il personale scolastico e agli insegnanti, di compiere in sicurezza i propri spostamenti giornalieri casa-scuola. Le piste ciclabili sono state identificate ex-novo o scelte ragionevolmente tra quelle previste dal Piano della Mobilità Dolce della città.

L'introduzione di biciclette biposto è stata pensata, inoltre, per perseguire un importante obiettivo a livello sociale: permettere l'utilizzo della bici anche a persone ipovedenti o non vedenti nel loro tragitto casa-scuola, aiutandole a vincere i limiti dovuti alla loro disabilità e a sperimentare il senso di libertà, instaurando un rapporto interpersonale di stima e fiducia "conduttore – passeggero" e superando così l'eventuale scoraggiamento che porta spesso chi soffre di queste patologie ad isolarsi dalle altre persone. Con tale accorgimento, si allarga, quindi, il bacino di utenza di questo servizio di mobilità condivisa.

Per andare incontro alle esigenze di un target d'utenza giovane, attratto dalla digitalizzazione dei servizi e dal mondo dei social network, si è pensato di offrire all'utente anche una piattaforma digitale "Go2School" per dispositivi mobili (Fig. 108): essa permetterà ai fruitori del servizio di pianificare insieme i tragitti e formare gli equipaggi per gli spostamenti quotidiani casa-scuola effettuati con le biciclette biposto, senza precludere comunque la possibilità di spostarsi da soli con bici individuali.



Figura 108. Esempio di interfaccia dell'app "Go2School" per dispositivi mobili.

Nella progettazione del servizio Go2School, si è previsto che, per sua stessa natura, esso sarà utilizzabile solo in una determinata fascia oraria, compatibile con gli orari di lezione del target di utenti al quale è indirizzato: la fascia oraria tra le 7:00 e le 14:00 è quella in cui sarà possibile utilizzare il servizio.

Fuori dagli orari di operatività del servizio Go2School, non sarà possibile effettuare prenotazioni né utilizzare tale servizio. Tuttavia, forte della relazione stretta con AmiGO, sarà possibile per tutti gli altri utenti continuare a sfruttare le biciclette Go2School attraverso il servizio di bike sharing standard, fornendo un plusvalore alla città e una migliore ottimizzazione dei mezzi che altrimenti rimarrebbero inutilizzati al di fuori dell'orario di apertura del servizio Go2School.

## 5.8 Descrizione degli elementi del servizio

Le stazioni di distribuzione delle biciclette da installare per il progetto GO2School verranno realizzate con la veste grafica e colori coordinati con quelli dell'iniziativa, per garantire il corretto inserimento nel contesto urbano di riferimento e consentire agli utenti di riconoscere facilmente, in tale ambito, la stazione di bike sharing.

Le ciclostazioni devono integrarsi con il servizio AmiGO, quindi dovrà essere previsto un sistema di aggancio che consenta la possibilità di rilasciare le bici del servizio AmiGO nei ciclo-parcheggi di Go2School e le bici biposto previste per il servizio dedicato alle scuole

nei ciclo-parcheggi AmiGO. Ovviamente il perfetto interscambio è subordinato all'adozione di un software di gestione che sia compatibile con quello operativo per AmiGO.

La struttura della ciclostazione, di tipo modulare a 3 posti bici, è realizzata in acciaio zincato verniciato a polveri antigraffiti.

Le ciclostazioni sono dotate di un sistema di aggancio attraverso cui le bici vengono saldamente bloccate. Il sistema è costruito in modo da assicurarne l'inviolabilità nel momento in cui la bicicletta è agganciata alla struttura ed è gestito elettronicamente da un totem centrale, con grafica e colori coordinati con quelli dell'iniziativa. Il totem identifica la postazione di bike sharing e contiene all'interno tutto l'hardware necessario per la trasmissione dei dati.

Le ciclostazioni saranno dotate di led, posti in corrispondenza di ogni aggancio e sulla parte frontale del ciclo-parcheggio, al fine di agevolare l'utente nella fruizione del sistema. I led indicheranno lo stato di ogni aggancio con diversi colori: verde per bici disponibili e aggancio funzionante, rosso per bici non disponibili o aggancio non funzionante, giallo per biciclette non correttamente agganciate.

Tutti i cavi per i collegamenti elettrici sono all'interno della struttura, quindi non visibili esternamente. Ciò assicura un minor impatto visivo.

Le biciclette biposto dedicate al progetto, indicate con il logo dell'iniziativa, saranno di tipo "muscolare". Tutte le biciclette saranno dotate di un localizzatore GPS/GSM che invia le proprie coordinate geografiche e il livello di carica della batteria al server centrale di gestione che le elabora in base a predeterminate procedure. È previsto anche un sistema anti-asportazione della sella.

L'applicazione per smartphones per usufruire del servizio sarà sviluppata con sistema operativo Android o iOS. Essa fornirà agli utilizzatori diverse funzionalità: sarà possibile per gli utenti registrarsi al servizio, visualizzare la mappa delle stazioni, verificare la disponibilità in tempo reale di biciclette nelle diverse ciclostazioni, gestire le operazioni di sgancio e riaggancio delle bici, offrire un servizio di navigazione con indicazioni stradali per individuare la ciclostazione più vicina all'utente, offrire un servizio di navigazione con indicazioni stradali per raggiungere la scuola di destinazione. Inoltre, si potranno formare gli equipaggi per gli spostamenti quotidiani casa-scuola con le biciclette biposto. Infatti, verrà realizzata una piattaforma telematica che metterà in rete la school community e il servizio di bike sharing.

## 5.9 Analisi del contesto

L'iniziativa Go2School si inserisce in un contesto di mobilità in cui la predominanza dell'auto sulle altre modalità di trasporto è ormai consolidata. Secondo i dati ISTAT (2011) del Comune di Palermo sono quotidianamente 278.954 persone che effettuano spostamenti pendolari, pari al 42,4% della popolazione residente. Più in particolare, il 42,1% degli spostamenti quotidiani, pari a 117.495, sono effettuati per raggiungere il luogo di studio, mentre il 57,9%, pari a 161.459, sono effettuati per raggiungere il luogo di lavoro. La quasi totalità degli spostamenti giornalieri per motivi di studio (116.622, pari al 99,3%) avviene all'interno dei confini comunali.

Per raggiungere il luogo di studio il maggior numero di spostamenti viene effettuato a piedi: ben il 36% del totale. Il mezzo maggiormente utilizzato è l'auto privata (come passeggero), per il 33,8% degli spostamenti, seguita dall'autobus (15,7%), dalla moto (7,5%) e per appena lo 0,9% dalla bicicletta. Per quanto riguarda il tempo impiegato nello spostamento casa-scuola il 57,1% degli studenti impiega fino ad un quarto d'ora e addirittura l'87,6% raggiunge la destinazione entro mezz'ora.

Da questi dati si nota come la bicicletta sia una modalità di trasporto davvero poco utilizzata a Palermo, anche dagli studenti, per i quali potrebbe invece essere una valida alternativa. La bicicletta ed anche il bike sharing offrono infatti diversi vantaggi, come un basso costo, un impatto nullo sull'ambiente, la flessibilità di orario e un'adattabilità a varie situazioni.

Il valore dello 0,9% riscontrato sopra per gli spostamenti per motivo di studio effettuati in bicicletta stride moltissimo con le caratteristiche climatiche ed orografiche della città di Palermo: un contesto urbano prevalentemente pianeggiante, e che quindi non può causare difficoltà fisiche nello spostamento in bicicletta, e che gode di un clima mediterraneo, con temperature miti e la presenza del mare che contribuisce ulteriormente a migliorare la vivibilità di molte aree della città, dovrebbe fungere da motore per la diffusione di una cultura ciclabile che, però, stenta a decollare.

La principale causa della difficoltà di diffusione dell'utilizzo della modalità ciclabile da parte dei cittadini palermitani è la carenza di infrastrutture.

L'attuale rete ciclabile si estende per circa 48 km e risulta essere realizzata con piste ciclabili in sede propria, in corsie contigue ai marciapiedi o in corsie riservate al trasporto pubblico. Come si evince dalla Fig. 109, la rete ciclabile non presenta assolutamente caratteristiche di continuità: i ciclisti, pertanto, hanno la possibilità di circolare in sede propria soltanto per brevi tragitti non adeguatamente connessi tra loro, essendo poi costretti a percorrere le strade

insieme ai veicoli motorizzati; questa condizione costituisce una seria minaccia per la propria sicurezza.

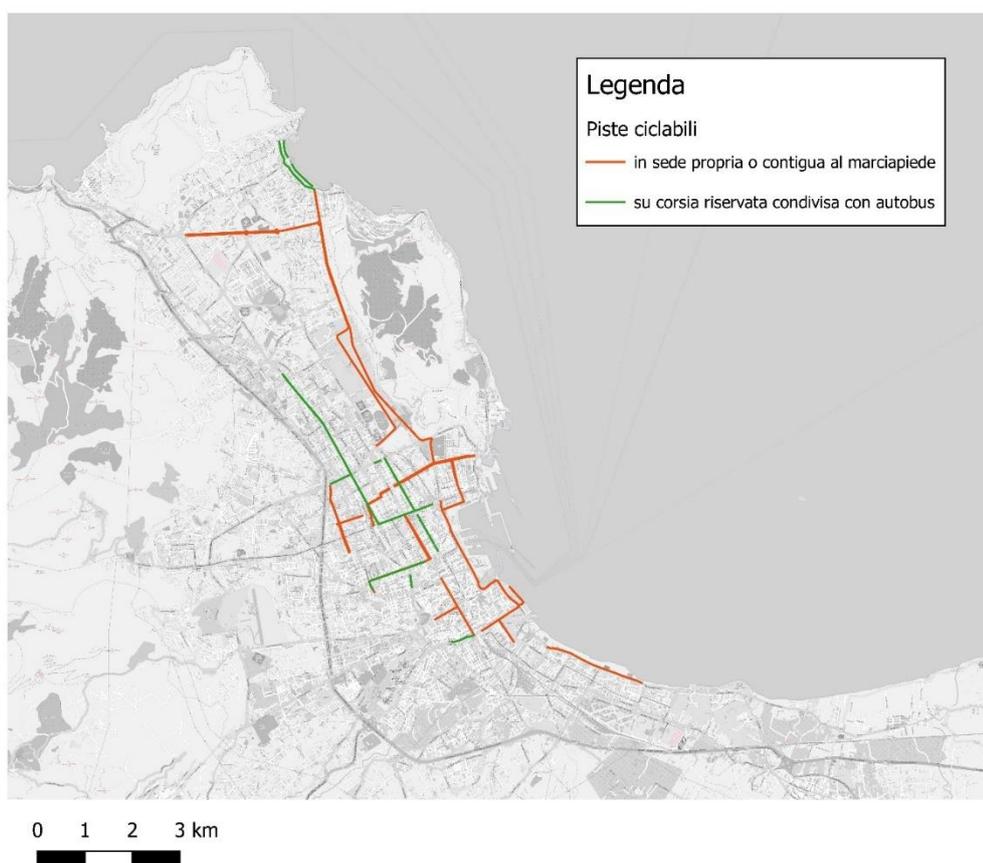


Figura 109. La rete ciclabile della città di Palermo.

### 5.10 Indagine *stated-preference*

Al fine di valutare il gradimento che può raccogliere il servizio di bike sharing rivolto alle scuole e la propensione degli studenti al suo utilizzo – e, quindi, la domanda potenziale –, si sono analizzati i risultati di un'indagine del tipo *Stated Preference*: dopo aver preliminarmente coinvolto un campione di ragazzi delle quattro scuole che hanno aderito al progetto, spiegando loro il progetto che AMAT intende lanciare, come trasformerà il tessuto viario della città di Palermo e quali sono le caratteristiche del servizio di bike sharing offerto, è stato somministrato ad esso un questionario.

Il questionario è stato realizzato in seno al progetto Go2School da parte del Dipartimento di Scienze Economiche, Aziendali e Statistiche dell'Università di Palermo, in collaborazione con alcuni studenti del Liceo Scientifico "A. Einstein" che hanno partecipato al Programma di Alternanza Scuola-Lavoro. Le analisi dei risultati a seguito della somministrazione sono state svolte, invece, nell'ambito delle attività di ricerca di cui la presente Tesi rappresenta il compimento.

Il questionario da sottoporre agli studenti è, infatti, risultato utile non solo al fine di valutare la propensione degli intervistati all'utilizzo della bicicletta condivisa, ma anche allo scopo di conoscere le loro abitudini di mobilità nei riguardi degli spostamenti casa-scuola.

L'indagine *Stated Preference* è stato il mezzo principale per determinare la domanda attratta dal servizio e valutare così le potenzialità del progetto e l'impatto che iniziative come l'introduzione di un servizio bike sharing appositamente progettato per gli studenti, gli insegnanti e il personale delle scuole superiori può avere sulla mobilità cittadina.

Attraverso il questionario è stata, quindi, svolta un'indagine prettamente statistica, e pertanto il questionario è stato indirizzato non a tutti gli studenti, ma ad un campione della popolazione scolastica.

La popolazione statistica di riferimento è costituita dagli studenti delle quattro scuole medie superiori coinvolte nel progetto, i quali ne costituiscono l'unità statistica.

La lista della popolazione è stata fornita dai registri amministrativi delle scuole. Le variabili disponibili considerate sono:

- la cittadinanza;
- l'anno di nascita;
- il comune di residenza;
- l'indirizzo di residenza;
- il genere.

Per quanto riguarda il genere, all'istituto "N. Cassarà" si riscontra una prevalenza di femmine, mentre all'istituto "Vittorio Emanuele III" di maschi: ciò è probabilmente dovuto alle tipologie dei due istituti; nelle scuole "A. Einstein" e "Pio La Torre" la proporzione maschi-femmine appare equilibrata.

Rispetto al comune di residenza degli studenti, la quasi totalità degli alunni che frequentano il Liceo Scientifico "A. Einstein" (95,2%) e l'ITET "Pio La Torre" (86,8%) risiede a Palermo; si riscontra, invece, un numero più elevato di pendolari nel Liceo Linguistico "N. Cassarà" (25,8%) e nell'ITI "Vittorio Emanuele III" (35%).

Infine, per quanto riguarda la distribuzione dell'età, questa in media si mantiene costante a circa 16 anni nelle quattro scuole, con una variabilità simile per tutte le quattro scuole.

Il piano di campionamento scelto è stato quello del campionamento a grappoli.

Complessivamente sono stati estratti 1.297 studenti per la somministrazione del questionario. Ad eccezione del Liceo Scientifico "A. Einstein" che ha espressamente richiesto di intervistare gli studenti delle quinte classi, per le altre tre scuole si è deciso di non sottoporre il questionario agli studenti dell'ultimo anno, perché non interessati al possibile servizio in quanto dal prossimo anno non frequenteranno più la scuola.

Il questionario è stato diviso in tre sezioni:

- Sezione A – Dati socio-anagrafici: atto a rilevare i dati dell'intervistato, quali il genere, l'età, la scuola e la classe che frequenta e la residenza.
- Sezione B – Abitudini di mobilità: mirata a indagare quanti e quali mezzi il soggetto intervistato utilizza per andare a scuola e il relativo tempo di percorrenza calcolato con l'ausilio di Google Maps.
- Sezione C – Esercizio *stated preference*: dedicata alle informazioni sul servizio di bike sharing Go2School e alla determinazione della propensione di utilizzo dello stesso da parte dell'intervistato.

La rilevazione si è svolta nelle quattro scuole tra novembre e dicembre 2018. Il questionario è stato somministrato per il Liceo Scientifico "A. Einstein", per il Liceo Linguistico "N. Cassarà" e per l'ITET "Pio La Torre" nelle aule informatiche delle rispettive scuole con l'ausilio del pc, mentre per l'ITI "Vittorio Emanuele III" è stato somministrato nell'aula magna della scuola con l'utilizzo del cellulare.

Per la somministrazione del questionario si è utilizzata la piattaforma gratuita "Google Moduli" che consente di rispondere alle domande attraverso qualsiasi supporto informatico connesso a Internet e l'automatica creazione del dataset delle risposte, facilmente esportabile e analizzabile.

A fronte di 1.297 studenti estratti, il totale degli studenti intervistati è di 1.131, di cui 754 sono maschi e 377 sono femmine. Il tasso di risposta del questionario è stato, quindi, elevato (87,2%).

In Tab. 49 si riporta il numero di studenti intervistati e la frazione di campionamento, cioè il rapporto tra la dimensione del campione intervistato e quella della popolazione.

La scuola più rappresentata è l'ITI "Vittorio Emanuele III" con 416 studenti.

La frazione di campionamento è abbastanza alta (29%), perciò il campione è significativo. È, inoltre, riportato il numero di interviste valide, che non contenevano incongruenze ed errori. La presenza degli intervistatori al momento della compilazione dei questionari da parte degli studenti ha reso possibile chiarire ogni dubbio e avere un buon numero di interviste valide (1.074). Solo il 5% delle interviste è risultato affetto da errori ed è stato, quindi, rigettato.

L'esame delle risposte alla sezione A del questionario ha permesso di conoscere le abitudini di mobilità degli studenti nei riguardi degli spostamenti casa-scuola.

Il grafico riportato in Fig. 110 evidenzia come la maggior parte dei rispondenti utilizzi al più un solo mezzo di trasporto (74%).

Tabella 49. Campionamento degli studenti e numero di interviste valide.

Scuola	Studenti intervistati	Interviste valide	Popolazione	Frazione di campionamento
ITET Pio La Torre	227	213	938	24,2 %
ITI Vittorio Emanuele III	416	283	834	35,7 %
Liceo Linguistico Cassarà	190	187	606	31,4 %
Liceo Scientifico Einstein	298	391	1521	27,4 %
Totale	1131	1074	3899	29 %

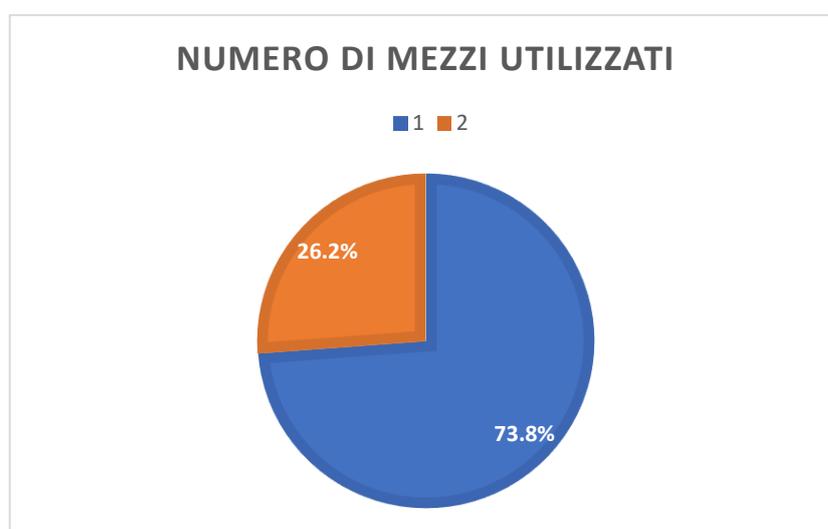


Figura 110. Percentuale complessiva di spostamenti fatti con un solo mezzo di trasporto o con due.

In Fig. 111 si riportano le modalità di trasporto utilizzate abitualmente per gli spostamenti casa-scuola dagli studenti intervistati.

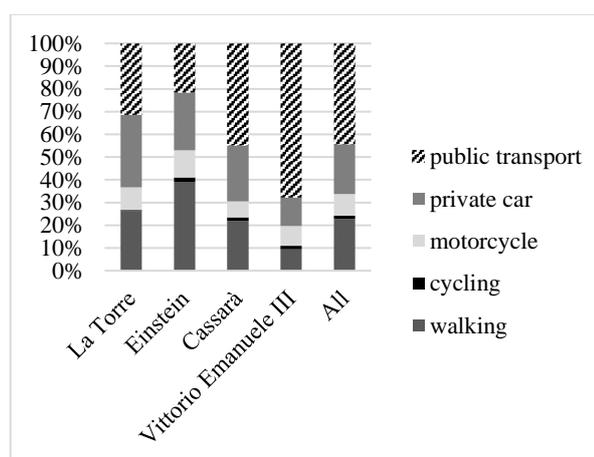


Figura 111. Abitudini di mobilità degli studenti intervistati.

Si nota come, considerando nel complesso gli studenti delle quattro scuole, il trasporto pubblico risulta il mezzo dominante, sebbene il 23% circa degli studenti si rechi a piedi a

scuola. La percentuale degli studenti che si fanno accompagnare dai genitori in auto privata è, tuttavia, considerevole (22%). Soprattutto per l'istituto "Pio La Torre" l'auto privata risulta il modo di trasporto preferito dagli studenti.

Le percentuali di spostamenti di una determinata durata effettuati a piedi, in auto e in TPL sono riscontrabili nelle seguenti Tabb. 50 e 51.

Tabella 50. Percentuale di spostamenti degli studenti effettuati a piedi per durata dello spostamento.

	< 10 min	10-30 min	30-60 min	60-90 min	90-120 min	> 120 min
a piedi	10,1%	29,2%	23,4%	13%	6,2%	18%

Tabella 51. Percentuale di spostamenti degli studenti effettuati in auto e TPL per durata dello spostamento.

	<5 min	5-10 min	10-15 min	15-20 min	20-30 min	30-60 min	60-90 min	90-120 min	> 120 min
auto	10,6%	20,8%	19,8%	15,7%	17,9%	14,3%	0,8%	0,1%	0,1%
TPL	11,1%	6,7%	10%	12,2%	16,2%	29,8%	11,3%	2,6%	0,1%

Si evince come la maggior parte degli spostamenti pedonali che i ragazzi possono fare per andare a scuola ricada nella fascia 10-30 minuti, con una percentuale non trascurabile compresa tra la mezz'ora e l'ora di spostamento, per cui risulta che i ragazzi non abitano spesso nelle immediate vicinanze della scuola.

È di particolare interesse, invece, sottolineare come, nel caso dell'automobile, la percentuale più alta ricada nella fascia tra i 5 e i 10 minuti, seguiti subito dopo da quella successiva tra i 10 e i 15 minuti, mentre per gli spostamenti in autobus la percentuale più alta è nella fascia tra i 30 e i 60 minuti. Questo potrebbe far pensare che, per via ad esempio dei tempi di attesa alla fermata da parte dei ragazzi, il trasporto pubblico non mostri un'elevata efficienza nel servire gli spostamenti casa-scuola.

Per quanto riguarda l'uso della modalità ciclabile, è risultato che solo l'1,8% degli studenti facenti parte del campione utilizza abitualmente la bicicletta (Fig. 112) e come l'assenza di piste ciclabili - e quindi la percezione di insicurezza - sia il principale motivo (19%) per il quale gli studenti non utilizzino questa modalità di trasporto per i propri spostamenti casa-scuola (Fig. 113).

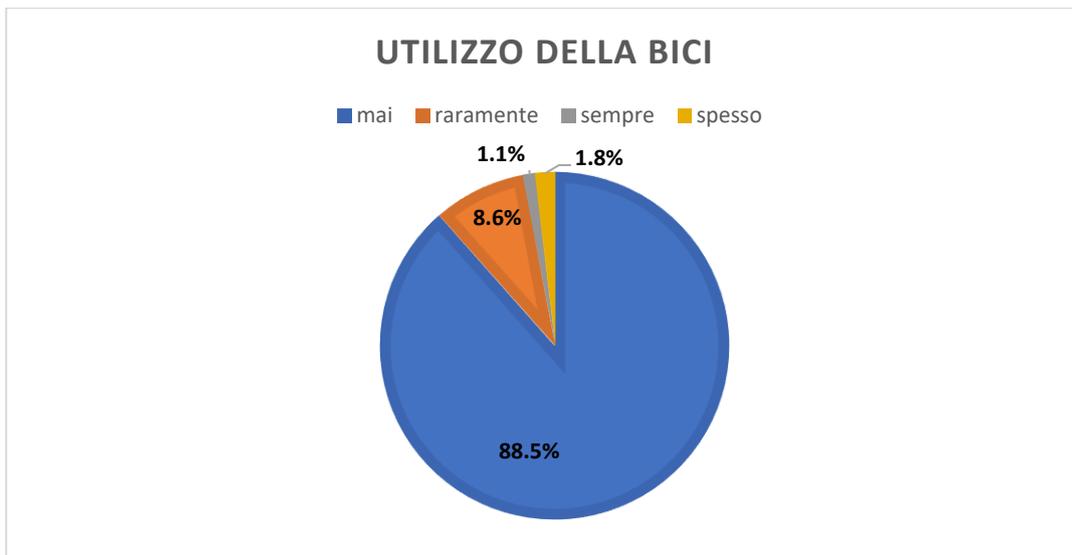


Figura 112. Percentuali di utilizzo della bicicletta da parte degli studenti delle quattro scuole.

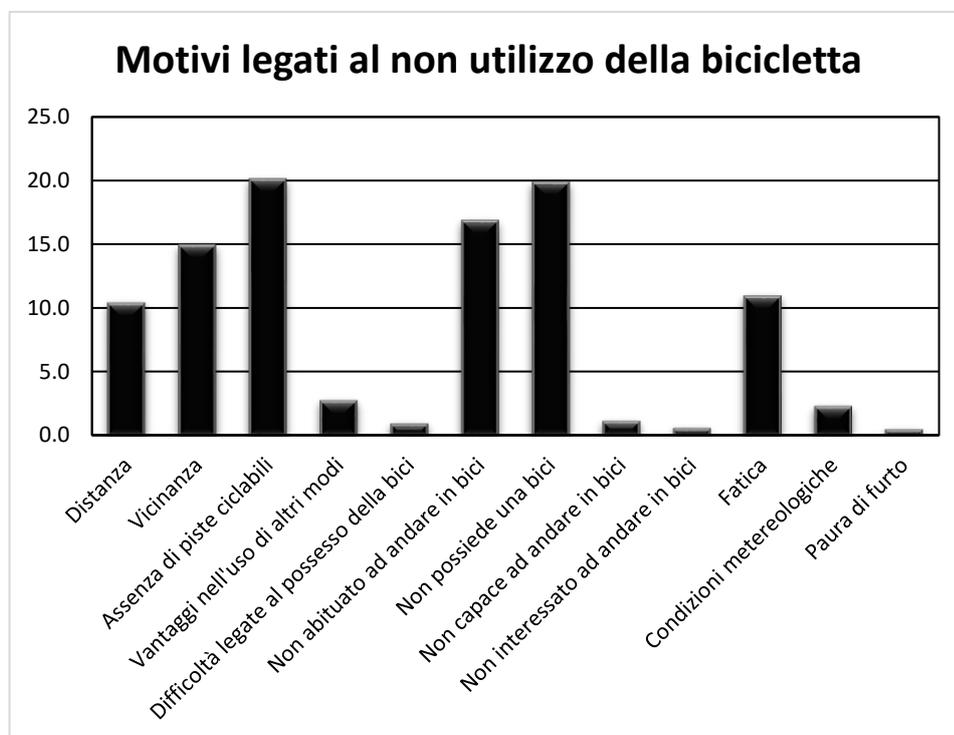


Figura 113. Percentuale di intervistati per motivo di non utilizzo della bicicletta.

Il non possesso di una bicicletta (19,8%) e la mancanza di abitudine nell'utilizzo di questo mezzo (16,8%) sono risultati anch'essi motivi molto comuni nella scelta di non utilizzare una bicicletta. Se il possesso di una bicicletta può essere risolto grazie ai servizi di bike sharing, l'assenza di piste ciclabili e il non essere abituati ad andare in bicicletta deve essere associato ad una mancanza di sicurezza percepita nello spostamento, facendo preferire pertanto modi di trasporto diversi e, naturalmente, ritenuti più sicuri.

L'ultima parte del questionario è relativa allo scenario futuro, in cui si suppone che il servizio Go2School sia stato introdotto in città: tale scenario, che include la presenza delle piste

ciclabili attorno alle scuole e l’installazione delle nuove ciclostazioni, è stato descritto agli studenti, che hanno indicato la loro propensione ad utilizzare il servizio.

In primo luogo, si è chiesto ai ragazzi la propensione all’utilizzo di biciclette biposto piuttosto che quelle individuali: ben il 68,2% ha indicato come più attrattiva la bicicletta tradizionale, seguita dalla bicicletta biposto preferita solo dal 19,2 (Fig. 114). Il 12,6% ritiene assolutamente irrilevante la tipologia di bicicletta messa a disposizione.

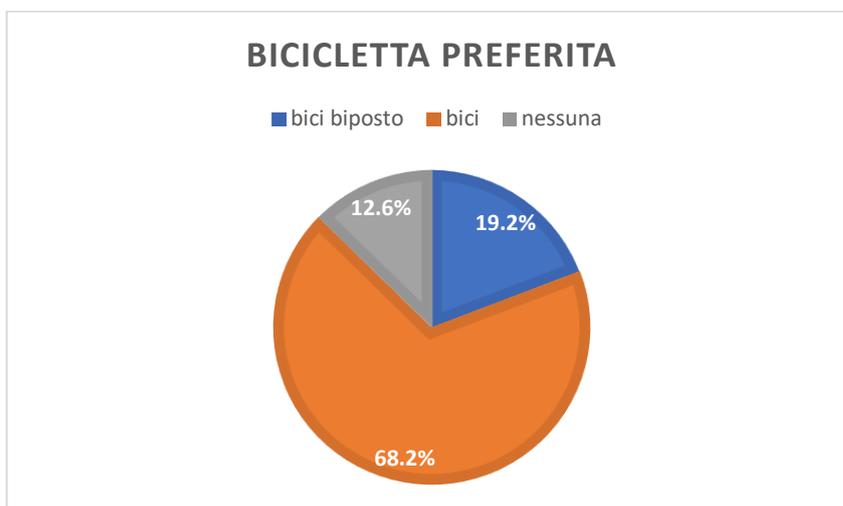


Figura 114. Percentuali di preferenza della tipologia di bicicletta per il progetto “Go2School”.

In Tab. 52 si mostrano, invece, le percentuali relative alla propensione all’utilizzo del nuovo servizio di bike sharing Go2School.

Tabella 52. Propensione all’utilizzo del servizio di bike sharing Go2School.

Scuola	Sì assolutamente	Non so + a certe condizioni	No assolutamente
ITET Pio La Torre	38,80%	49,80%	11,40%
ITI Vittorio Emanuele III	52,40%	38,00%	9,60%
L. Linguistico Cassarà	40,00%	51,60%	8,40%
L. Scientifico Einstein	49,30%	42,00%	8,70%
Totale	46,80%	43,70%	9,50%

È possibile osservare come la maggioranza degli studenti si dichiara propenso a usufruire del servizio di bike sharing Go2School, mentre una percentuale leggermente inferiore manifesta dubbi su questo servizio, probabilmente per motivi legati alla sicurezza, alla distanza da scuola o ad altri fattori. Decisamente inferiore è, invece, la percentuale di ragazzi non propensi a usufruire di questo servizio.

Questi dati lasciano presupporre che gli studenti mostrino un forte interesse verso questo programma di bike sharing destinato alle scuole, che potrebbe quindi efficacemente fare da traino per la promozione della mobilità ciclabile.

Distinguendo per genere si è notato un maggiore interesse dei maschi rispetto alle femmine. Considerando le quattro scuole coinvolte nel progetto non si nota una sostanziale differenza sulla propensione all'utilizzo del servizio di bike sharing.

Le risposte fornite dagli studenti sono state impiegate nel modello di utilità aleatoria per la simulazione dei comportamenti di scelta modale.

### 5.11 Collocazione ottimale delle nuove ciclostazioni Go2School

Dopo aver determinato la propensione degli studenti all'utilizzo, la progettazione del nuovo servizio ha preso il via con l'individuazione della locazione ottimale dei ciclo-parcheggi, realizzata sulla base della conoscenza della distribuzione delle residenze degli studenti nel territorio. Si è ricercata la soluzione sub-ottimale al problema della allocazione di tali ciclostazioni, cioè la soluzione ottima vincolata. La soluzione ottimale, infatti, si scontrerebbe in fase di realizzazione con i vincoli di budget e logistici. Nell'applicare i metodi di ottimizzazione vincolata, si è, quindi, tenuto conto ovviamente dei vincoli ambientali e logistici, delle piste ciclabili e delle stazioni di bike-sharing esistenti.

Un valido aiuto nella ricerca dell'allocazione ottima delle stazioni è stato fornito da un software GIS. La strategia adottata è quella di trovare le  $n$  stazioni ottime che servono il maggior numero di studenti.

Si è suddivisa l'area interessata dalle quattro scuole in un certo numero di quadranti di uguale dimensione: il risultato è stato una griglia di 11x11 celle quadrate della misura di 850 mq ciascuna (Fig. 115). Ognuna di queste celle definisce una zona candidata ad accogliere il posizionamento di una ciclostazione. Su ogni stazione insiste un certo numero di studenti, che rappresenta l'utenza potenziale.

Per ogni cella della mappa è stato individuato un punto di riferimento, da considerare indicativamente come sito in cui sorgerà la nuova ciclostazione. In genere, si è scelto il centroide della cella, con le sue coordinate geografiche.

Se nelle celle è presente una ciclostazione AmiGO si è considerata essa come sito candidato, in quanto è garantita l'interoperabilità tra il servizio AmiGO e quello Go2School. Se nella cella sono presenti una o più ciclostazioni AmiGO esistenti, allora al posto del centroide di cella si è considerato il punto a distanza media tra queste ciclostazioni. Per tali celle non sarà necessario collocare una nuova ciclostazione.

Infine, per le celle in cui sorgono le quattro scuole si è considerato il punto geografico che le rappresenta, in quanto all'interno delle quattro scuole saranno posizionate le ciclostazioni virtuali.

Alcune celle sono state escluse per motivi logistici (presenza di montagna o mare).

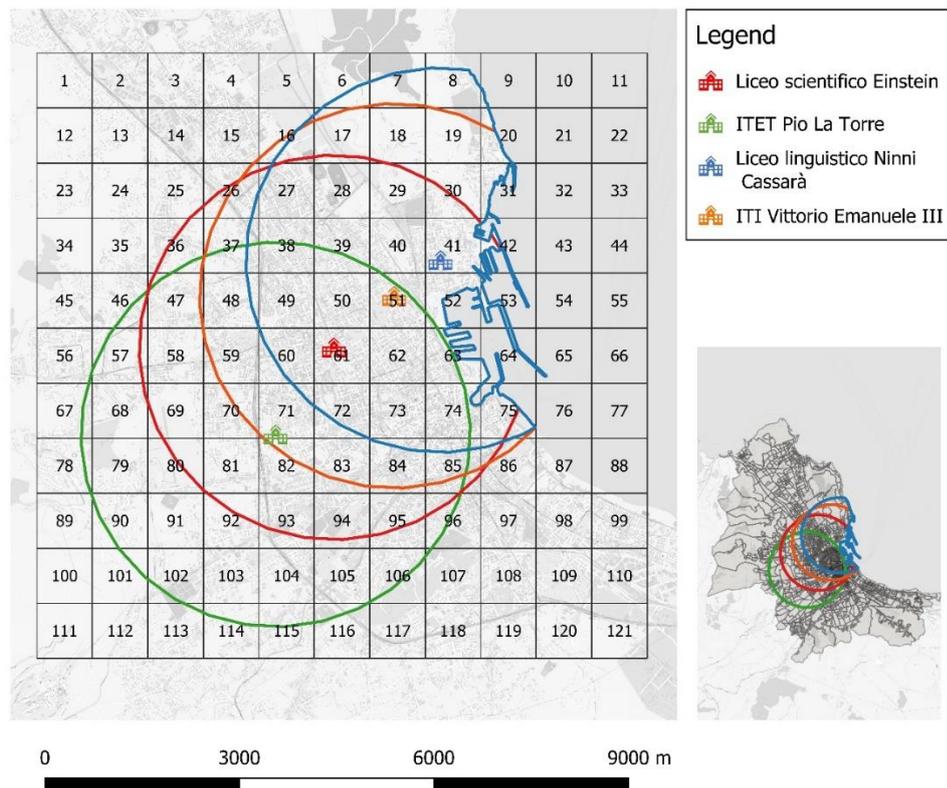


Figura 115. La griglia per la posizione ottima delle ciclostazioni.

Il passo successivo è stato quello di eseguire un'operazione di buffering per limitare il bacino di utenza: per tenere conto del fatto che uno studente che abita lontano dalle scuole non prenderà di fatto la bici, ma userà mezzi alternativi, la distanza massima che uno studente è disposto a compiere in bicicletta nel tragitto casa-scuola è stata fissata a circa 3 km.

Si sono, pertanto, tracciate delle aree circolari con un raggio di 3 km, che sono state sovrapposte alla griglia costituita dalle celle quadrate. Le celle ricadenti completamente al di fuori del bacino di utenza intorno alle stazioni sono state escluse, in quanto la presenza di ciclostazioni non avrebbe comportato benefici per gli studenti. Questo ha permesso di ridurre il numero di celle dove collocare stazioni a 84.

Il passo successivo è quello di determinare il numero di studenti che ciascuna ciclostazione ricadente in ogni cella può servire: ciò è stato fatto grazie alla conoscenza degli indirizzi degli studenti. Per ogni indirizzo, si è visto quale era il punto di riferimento delle celle più vicino e, quindi, quale era la ciclostazione eventualmente utilizzata dallo studente come origine del proprio spostamento in bike sharing.

Sono stati, inoltre, definiti dei criteri di prossimità, per cui uno studente può essere interessato non solo alla stazione  $j$ -esima ma anche a quella vicina. Si è, infatti, ipotizzato che gli studenti abbiano due preferenze in termini di stazioni, in modo tale che se uno

studente non può essere servito dalla stazione più prossima può recarsi alla seconda stazione più prossima.

Le celle sono state ordinate utilizzando il criterio del medagliere, e cioè in base al numero di studenti che hanno come prima scelta il punto di riferimento della cella (calcolando il minimo tempo di percorrenza da casa alla possibile ciclostazione) e in base alla somma tra il numero di studenti che scelgono la cella come prima scelta e quelli che la scelgono come seconda scelta (calcolando il secondo miglior tempo di percorrenza da casa alla possibile ciclostazione).

Si sono considerati, quindi, i vincoli. Innanzitutto, considerato il budget a disposizione per il progetto, si è imposto un numero massimo di ciclostazioni. In accordo con i vertici di AMAT, si è ipotizzato che 15 nuovi ciclo-parcheggi rappresentino una copertura limite per il budget ma sufficiente per la domanda del servizio di bike sharing.

Si è, poi, stabilito un vincolo infrastrutturale. La rete di piste ciclabili nelle periferie è praticamente assente e allocare lì delle ciclostazioni, comporterebbe comunque uno sfioramento del budget imputabile ai tanti chilometri di piste da costruire.

Altre ciclostazioni poi sono sottoposte a vincoli logistici: ad esempio, non possono essere realizzate in zone dove le strade sono così strette da non permettere l'installazione di piste ciclabili.

Si è quindi creata una Black List che includesse tutte quelle celle in cui l'installazione di nuove ciclostazioni risulta irrealizzabile per vari motivi.

Al contempo si è creata una White List, comprendente tutte quelle celle che necessariamente dovranno avere una ciclostazione poiché si ritengono strategicamente importanti per captare i possibili utenti. In particolare, la cella 50, dove è sita la stazione del passante ferroviario Notarbartolo, e la cella 85, che include la zona in cui sorge la Stazione Centrale, accolgono gli studenti non residenti nel comune di Palermo ma anche gli studenti residenti nelle periferie.

Considerando la Black List e la White List (Fig. 116), si è ricavata la soluzione ottima vincolata: la soluzione contempla al massimo 15 ciclostazioni e riesce a soddisfare l'80,13% della domanda.

In Fig. 117, in verde sono indicate le celle che devono prevedere la collocazione delle ciclostazioni del servizio, poiché riescono a coprire il maggior numero di utenti, mentre in giallo quelle zone nelle quali lo studente, una volta presenti le ciclostazioni nelle celle in verde, può comunque trovare entro 15 minuti a piedi una ciclostazione a sua disposizione.

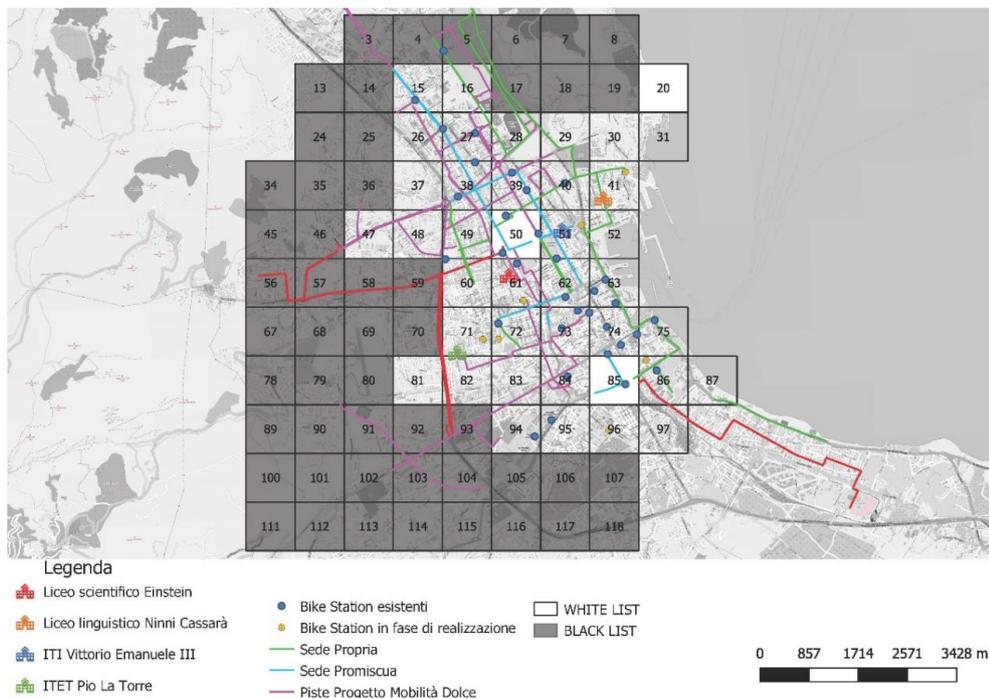


Figura 116. White List e Black List.

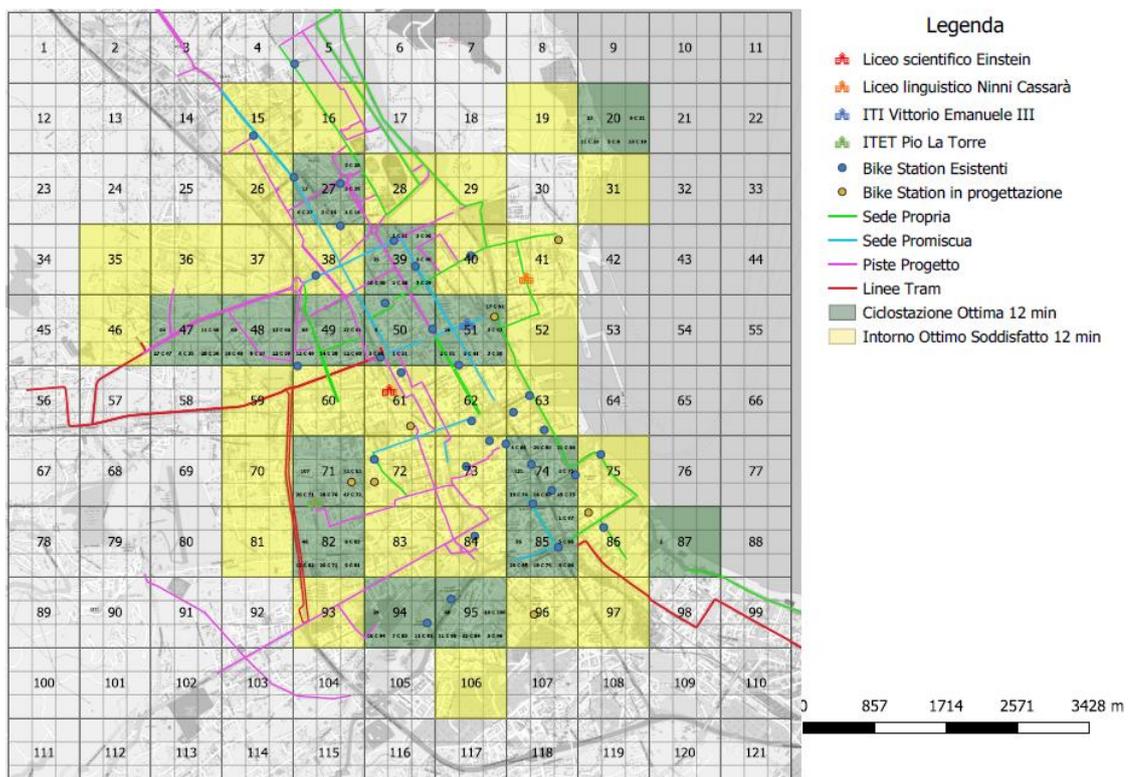


Figura 117. Copertura globale ottimizzata (15 ciclostazioni).

Come è possibile notare, in alcune aree verdi vi è già la presenza di ciclostazioni AmiGO: in tali celle non è, quindi, prevista l'installazione di nuove ciclostazioni, poiché i due servizi sono interoperabili. Di contro, alcune zone dove ricadono le scuole non sono risultate in area verde, benché l'installazione in esse della ciclostazione sia necessaria perché destinazioni

ultime dello spostamento. A valle del processo di allocazione ottima delle stazioni, si è, quindi, deciso insieme ad AMAT di distanziarsi leggermente dal risultato ottenuto.

In particolare, si sono poste quattro nuove ciclostazioni in corrispondenza delle quattro scuole (celle 41, 51, 61, 71). Le celle 20 e 87 sono state scartate perché secondo AMAT non consentivano un'agevole dislocazione delle piste ciclabili.

Si è, invece, pensato di collocare un maggior numero di ciclostazioni nelle celle 47, 48, 82 e nuove ciclostazioni nelle celle gialle.

Tramite dei sopralluoghi è stato possibile scegliere il sito preciso di installazione delle ciclostazioni. In Fig. 118 si riporta ad esempio, il luogo ipotizzato per l'installazione di una delle nuove ciclostazioni previste nella cella 82 (Piazza Demetrio Camarda).

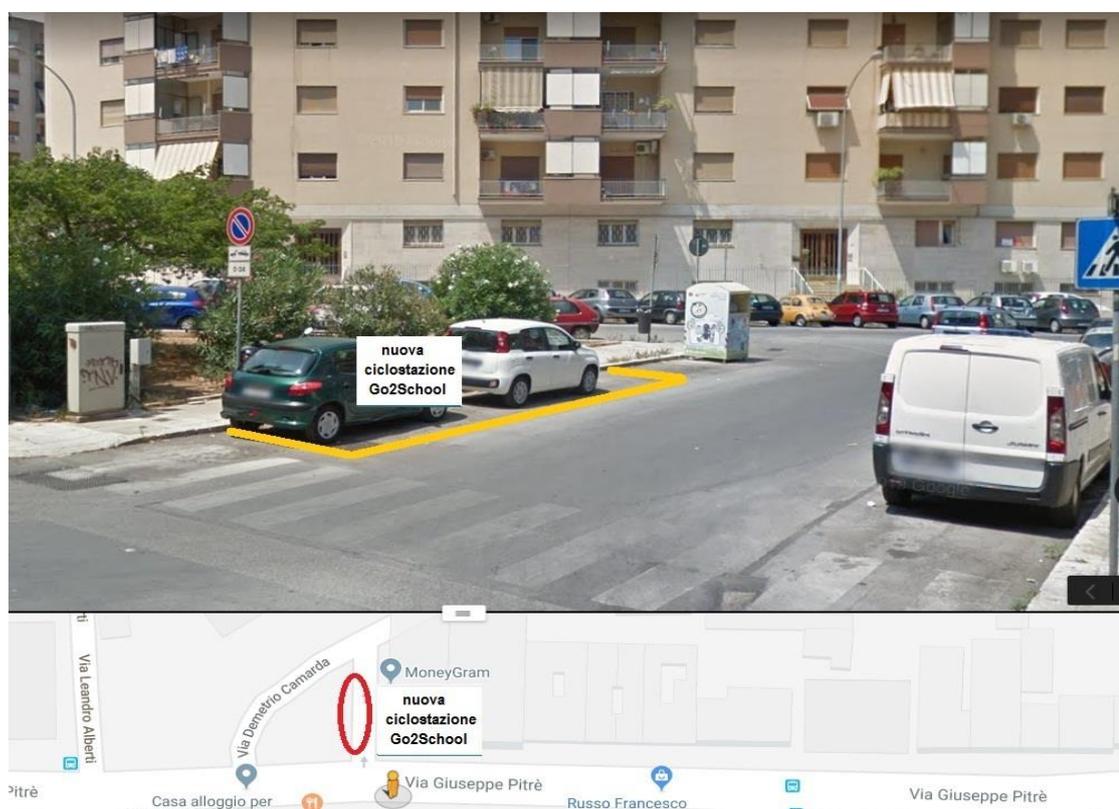


Figura 118. Individuazione del sito di installazione di una nuova ciclostazione del servizio Go2School.

In definitiva, le nuove ciclostazioni per il servizio Go2School sono elencate in Tab. 53, in cui si riporta anche il numero di agganci.

Tabella 53. Lista delle nuove ciclostazioni del servizio Go2School.

Numero	Ciclostazione	Agganci
1	Piazza Demetrio Camarda	6
2	Via Nina Siciliana (Istituto "Pio La Torre")	9
3	Via Nina Siciliana/Perpignano	6
4	Via Mulini alla Zisa	6
5	Via Michele Piazza (Zisa)	6
6	Via F.sco Cilea/Zandonai	6
7	Via Malaspina o Piazza Tosti (Liceo "A. Einstein")	9
8	Via Campolo/Pacinotti	9
9	Piazza Diodoro Siculo	6
10	Via Brunelleschi	6
11	Viale Michelangelo bassa	6
12	Via Bernini	6
13	Via Bernini/Gorgone	6
14	Via Duca della Verdura (ITI "Vittorio Emanuele III")	9
15	Via Don Orione (Liceo "N. Cassarà")	9

Le nuove ciclostazioni sono visibili in Fig. 119.

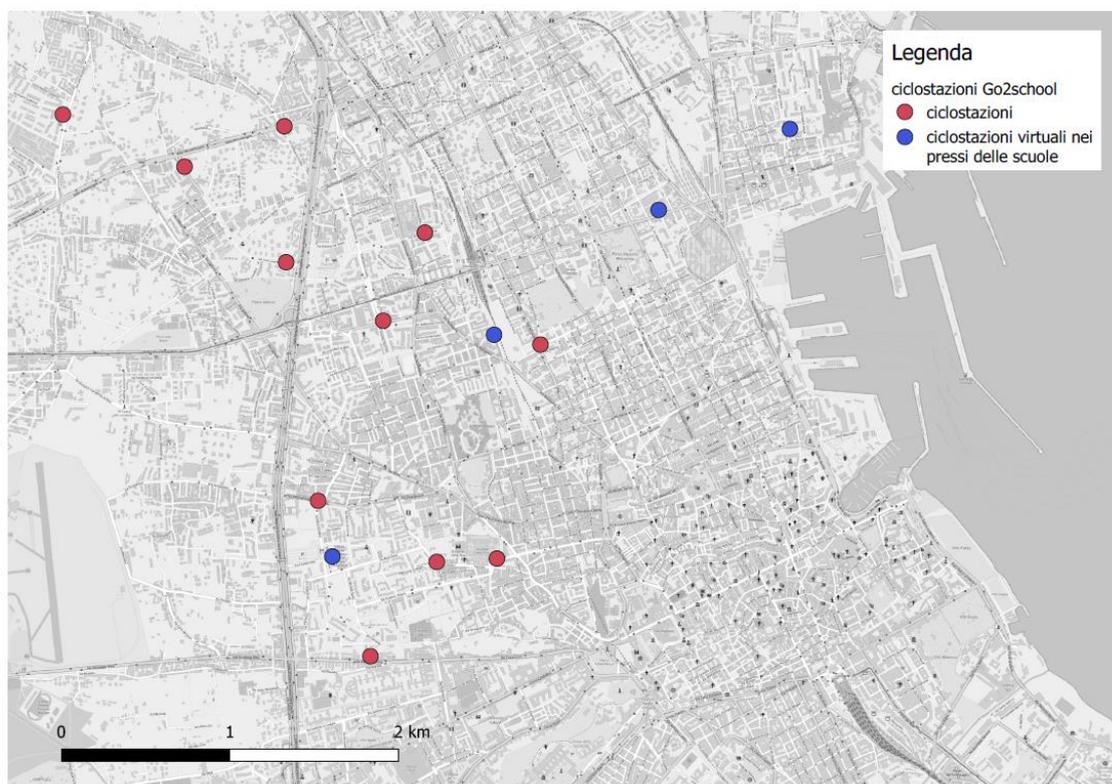


Figura 119. Le stazioni previste per il progetto Go2School.

## 5.12 Collocazione ottimale delle nuove piste ciclabili

Il servizio di bike sharing previsto dal progetto Go2School riuscirà ad avere successo e ad attrarre domanda dalle altre modalità di trasporto, auto in primis, non solo con un'opportuna distribuzione nel territorio dei ciclo-parcheggi, ma anche con un'attenta progettazione e collocazione delle nuove piste ciclabili.

Si sono, quindi, successivamente delineati i criteri per il tracciamento degli itinerari che le nuove piste ciclabili dovranno seguire: si sono presi in considerazione i vincoli tecnici (strade di larghezza insufficiente, strade con alti flussi di traffico, assenza di attraversamenti ciclabili sicuri); l'interazione con il flusso veicolare, cercando di posizionare le piste ciclabili in assi stradali in cui il flusso veicolare non venisse turbato; la domanda da servire, cercando di collegare i ciclo-parcheggi individuati nelle aree dove si concentra la domanda con le scuole seguendo il percorso più breve; l'intermodalità, considerando il passaggio delle piste ciclabili vicino ai nodi intermodali più importanti, quali stazioni ferroviarie e fermate di tram.

La metodologia sviluppata consiste in un processo di ottimizzazione che consenta di massimizzare il surplus degli utenti, tenendo conto al contempo dei costi di investimento e delle esternalità.

Gli investimenti, che sono comunque di entità limitata, vanno orientati laddove la presenza della pista ciclabile può innalzare sensibilmente la quota di utenti che utilizza la bicicletta. Sul fronte delle esternalità, è ovvio che più bici ci sono più si hanno benefici ambientali. Dalle simulazioni emerge, comunque, che per la categoria esaminata, gli studenti di scuola superiore, la bici, qualora incentivata tramite la realizzazione di piste ciclabili e ciclo-parcheggi, sottrae utenza alle altre modalità concorrenti (TPL, piedi, auto e moto) e dunque si è ipotizzata una compensazione tra i costi di investimento sostenuti per l'inserimento della pista ciclabile nella rete viaria urbana e la riduzione di esternalità negative. L'allocazione ottimale delle piste ciclabili può essere stimata, pertanto, massimizzando la seguente funzione obiettivo:

$$\underset{(x \in X)}{\text{Argmax}} = \sum_{od} d_{od} \left[ \ln(e^{V_{car}} + e^{V_{TPL}} + e^{V_{motorbike}} + e^{V_{bike}} + e^{V_{walking}})_{cycle\ paths} - \ln(e^{V_{car}} + e^{V_{TPL}} + e^{V_{motorbike}} + e^{V_{bike}} + e^{V_{walking}})_0 \right]$$

soggetta ai seguenti vincoli:

- $X$  = vettore dei percorsi ciclabili realizzabili tenendo conto dei vincoli tecnici;
- $\underline{f}^*$  =

$$\underline{\underline{A}} \underline{\underline{P}} \left( \underline{C}^{car}(\underline{x}, \underline{f}^*) \right) \underline{d}^{car} \left( \underline{C}^{car}(\underline{x}, \underline{f}^*), \underline{C}^{TPL}(\underline{x}), \underline{C}^{bike}(\underline{x}), \underline{C}^{motorbike}, \underline{C}^{walking} \right)$$

dove:

- il “surplus” di utenti è espresso come prodotto della domanda totale  $d_{od}$  e della differenza di soddisfazione tra lo scenario di progetto e lo scenario iniziale (senza nuove piste ciclabili); la soddisfazione è stata calcolata usando la funzione logsum per ogni coppia origine-destinazione  $o-d$  ( $V_{car}$ ,  $V_{TPL}$ ,  $V_{motorbike}$ ,  $V_{bike}$  e  $V_{walking}$  SONO le utilità sistematiche per i diversi modi di trasporto considerati);
- Il flusso su ogni arco della rete è la soluzione di un problema di punto fisso dipendente dall’interazione tra la funzione offerta di trasporto e la funzione domanda di trasporto.
- Il vincolo  $f^*$  è il vettore flusso di equilibrio,  $x$  è il vettore piste ciclabili,  $A$  è la matrice di incidenza arco-percorso,  $P$  è la matrice della probabilità di scelta del percorso,  $d_{car}$  è il vettore domanda per l’auto privata,  $C^{car}$ ,  $C^{TPL}$ ,  $C^{bike}$ ,  $C^{motorbike}$  and  $C^{walking}$  sono i costi dei diversi modi di trasporto per ogni percorso.

Massimizzando il surplus, è possibile valutare quali siano i percorsi ciclabili che rendano sicuro il percorso tra l’origine e la destinazione agli studenti che decidano di spostarsi in bicicletta senza provocare al contempo un allungamento dei tempi di percorrenza per coloro i quali si muovono con gli altri modi di trasporto (in particolare ciò vale per macchine e autobus per i quali i tempi di percorrenza dipendono dalla larghezza della sezione stradale destinata effettivamente alla circolazione dei flussi veicolari).

Sono state prese come punto di partenza nella valutazione delle possibili proposte per l’allocazione delle nuove piste ciclabili i tracciati previsti per le piste ciclabili da realizzare nell’ambito del Piano della Mobilità Dolce della città di Palermo.

Inoltre, la metodologia ha tenuto in considerazione la rete ferroviaria e di tram. L’intermodalità tra la modalità ciclabile e il trasporto pubblico deve essere, infatti, incentivata per assicurare che la mobilità urbana possa beneficiare della riduzione nell’uso delle auto private. Il trasporto pubblico offerto attraverso tram e treni urbani diventa con i suoi nodi principali punto di aggregazione della domanda del bike sharing: gli studenti che vivono a una notevole distanza dalla scuola possono avvalersi del trasporto su ferro per raggiungere un nodo principale del trasporto pubblico e poi continuare il viaggio verso la scuola di destinazione in bicicletta. In questo senso, il metodo ha considerato la possibilità che la bicicletta sia utilizzata come soluzione ai viaggi di ultimo miglio, identificando le strade che connettono le principali stazioni del passante ferroviario o le principali fermate del tram come strade prioritarie da cui far passare le nuove piste ciclabili.

Le nuove piste ciclabili devono, inoltre, essere collocate vicino ai poli attrattori e generatori, cioè vicino alle aree di interesse storico e turistico, ai parchi, ai nodi del trasporto pubblico e ai quartieri dove le residenze degli studenti sono concentrate.

Per quanto riguarda i vincoli tecnici, la collocazione delle nuove piste ciclabili è stata realizzata considerando in primo luogo la topografia della città e il rispetto degli strumenti di pianificazione e delle normative.

Tutte le strade con pendenze longitudinali maggiori del 5% sono state scartate perché per legge non adatte alla circolazione di biciclette (art. 8 del Decreto Legislativo 557/1999). Un altro vincolo considerato è stato il tipo di strada: ad esempio, è stata scartata quale possibile strada dove collocare le nuove piste ciclabili Viale della Regione Siciliana, che è una strada a scorrimento veloce, poiché la normativa non permette di inserire piste ciclabili in tale tipologia di strada per via dell'eccessiva differenza di velocità tra automobili e biciclette, che aumenta il rischio di incidenti.

Attraverso l'applicazione della funzione obiettivo è possibile massimizzare il surplus di utenti: la pubblica amministrazione può investire laddove vi è un'alta domanda di mobilità ciclabile, realizzando percorsi sicuri casa-scuola nel rispetto dei vincoli tecnici.

Il processo di ottimizzazione, applicato per le quattro scuole, ha portato all'individuazione delle piste ciclabili rappresentate in Fig. 120. Si è, inoltre, contribuito alla progettazione tecnica di tali piste ciclabili (Fig. 121).

Come si nota esse connettono le scuole ai luoghi dove le residenze degli studenti sono più concentrate, ai nodi principali del trasporto pubblico, ai parcheggi di interscambio e alle ciclostazioni del servizio, creando una rete continua.

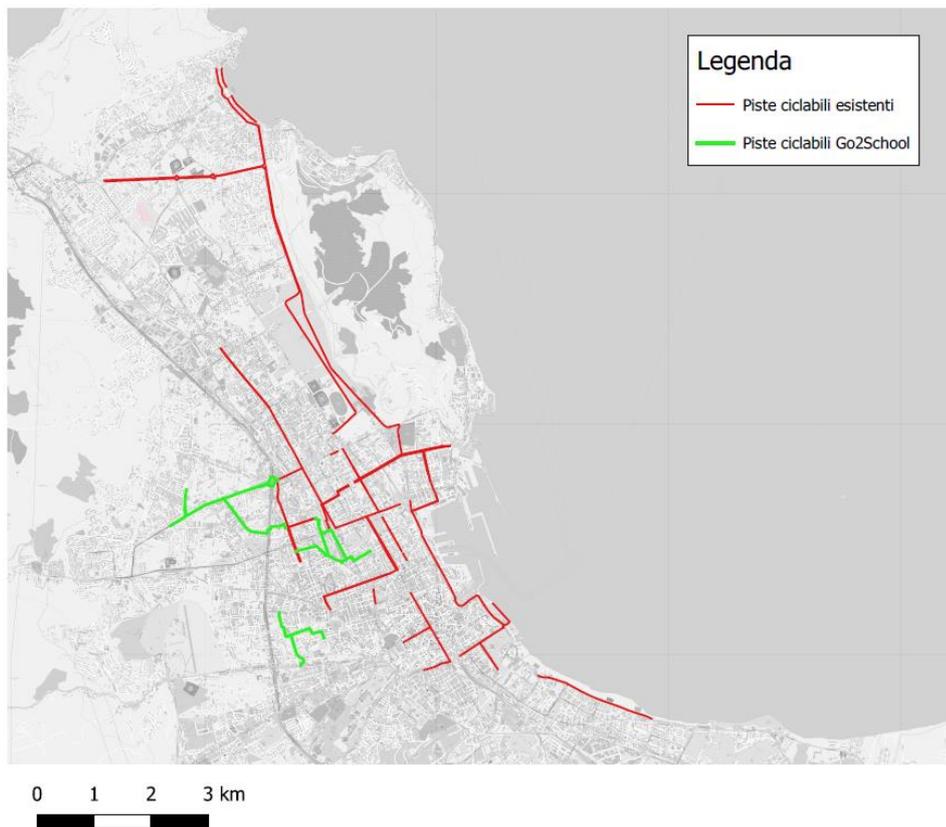


Figura 120. Piste ciclabili individuate per il progetto Go2School.

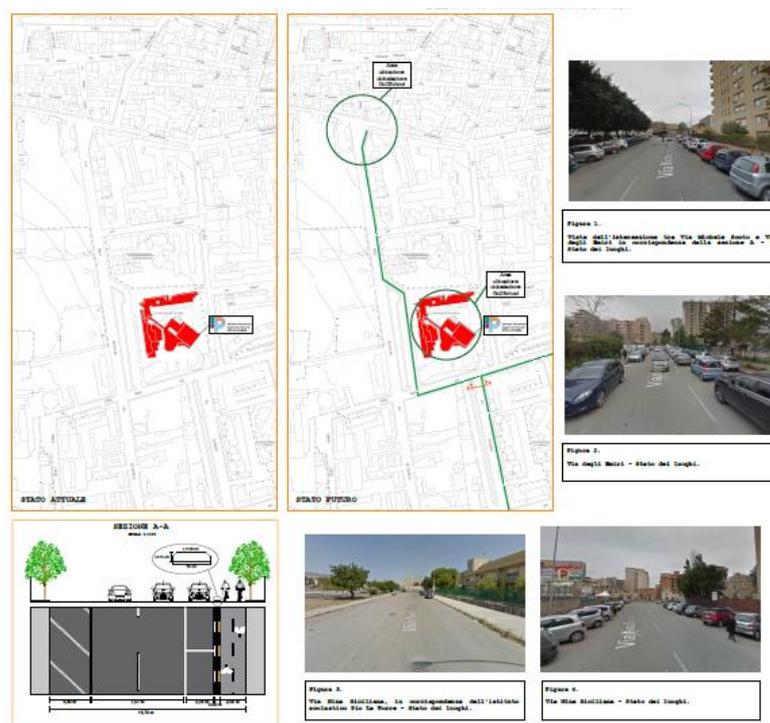


Figura 121. Tavola di progetto di un tratto di pista ciclabile.

### 5.13 Il modello di scelta modale

Al fine di determinare quanto l'introduzione delle piste ciclabili e del nuovo sistema di bike sharing, comporti uno shift modale verso la bicicletta, si è calibrato un modello di simulazione della domanda del tipo Logit multinomiale grazie ai risultati dell'indagine *stated preference*.

Il modello, come si è visto nel caso del car sharing, considera l'utente un decisore razionale che assegna alle alternative modali considerate un'utilità percepita e sceglie tra esse quella che massimizza l'utilità. L'utilità è stata calcolata nel caso in esame facendo riferimento al costo percepito dallo studente e al tempo impiegato con i diversi modi di trasporto per lo spostamento casa-scuola.

Nella definizione delle alternative modali si sono considerati cinque diversi modi di trasporto: auto privata, trasporto pubblico collettivo, mobilità pedonale, moto e bicicletta (incluso il bike sharing).

Si precisa che si è considerata l'auto privata in relazione al solo spostamento come passeggero accompagnato in quanto il campione era composto per la maggior parte da minorenni sprovvisti di patente.

Per quanto riguarda il trasporto pubblico, si è qui fatto riferimento a tutti i modi di trasporto pubblici utilizzabili per le varie coppie O-D, quali autobus cittadini, autobus extraurbani, tram e treno, nonché alla loro combinazione per effettuare uno stesso spostamento casa-scuola.

La costruzione del modello è partita dalla realizzazione di un foglio di lavoro di Excel, in cui sono stati riportati i seguenti dati:

1. il numero identificativo dell'intervistato, che è un numero intero ripetuto per le cinque alternative modali disponibili;
2. l'indirizzo dell'intervistato, necessario per la valutazione dei tempi di spostamento casa-scuola per ogni modo di spostamento, ricavato dal questionario;
3. i mezzi disponibili per compiere il tragitto casa-scuola, in cui sono stati riportati con i numeri da 1 a 5 i seguenti modi di trasporto: 1 – spostamento pedonale; 2 – bicicletta; 3 – moto; 4 – auto; 5 – Trasporto Pubblico Locale (TPL);
4. il modo di trasporto scelto dal singolo intervistato, in cui si è riportato il numero corrispondente alla scelta modale adottata;
5. una variabile binaria, o variabile "dummy", che vale 1 per la scelta effettuata dall'intervistato e zero per le restanti alternative;

6. il costo monetario in euro del proprio spostamento, in funzione del costo del carburante per i veicoli motorizzati individuali e del costo dell'abbonamento mensile al TPL scelto dall'intervistato. Per gli spostamenti a piedi e con la bicicletta si sono considerati costi nulli;
7. il tempo di percorrenza in minuti per completare il tragitto casa-scuola con tutte le alternative modali disponibili;
8. attributi specifici di alternativa rispettivamente per la bicicletta, per la moto, per l'auto e per il TPL;
9. un attributo relativo alla presenza di piste ciclabili di nuova realizzazione, che è anche questa una variabile binaria che vale 0 per pista ciclabile non presente e 1 in caso contrario;
10. un attributo relativo alla presenza di nuove stazioni bike sharing Go2School di futura realizzazione, che anch'essa è una variabile binaria che vale 0 (stazione non esistente) o 1 (stazione realizzata);
11. l'età dell'intervistato;
12. il sesso dell'intervistato (0 – maschio; 1 – femmina).

Per ogni coppia Origine-Destinazione, in cui l'origine è individuata dall'indirizzo dell'abitazione dello studente riportato nel questionario (soltanto il nome del Comune per residenti fuori Palermo) e la destinazione dall'indirizzo della sede dell'istituto scolastico frequentato, si sono dovuti, quindi, ricavare i costi e i tempi relativi alle cinque alternative modali a disposizione dei ragazzi.

Le distanze degli spostamenti pedonali e in auto sono state ricavate grazie all'ausilio di Google Maps, così come il tempo di spostamento in auto. Al fine di calcolare il tempo di percorrenza a piedi per ogni coppia O-D, ai pedoni è stata assegnata una velocità di 0,6 m/s; in teoria si sarebbe dovuta assegnare una velocità pari a circa 4 km/h, ma per attribuire una certa disutilità allo spostamento a piedi, si è preferito attribuire un "peso" doppio, dimezzando pertanto questa velocità. Ai fini della determinazione dei tempi di percorrenza, allo spostamento in bicicletta è stata assegnata una velocità di 10 km/h, mentre alle moto si è attribuita una velocità media di percorrenza di 20 km/h per i residenti a Palermo e di 45 km/h per i residenti nei Comuni limitrofi. Il costo della bicicletta è stato considerato nullo mentre i costi di auto e moto sono stati calcolati sulla base dei km percorsi e del consumo di carburante ma sono stati dimezzati per considerare il fatto che gli studenti siano passeggeri nel caso dell'auto e comunque non indipendenti economicamente dal genitore. Per quanto riguarda lo spostamento mediante mezzi di trasporto pubblico, costi e tempi sono stati

calcolati sulla base delle strategie di viaggio più convenienti per ogni spostamento casa-scuola.

Il tempo complessivo è stato valutato secondo la relazione:

$$t_{pubblico} = 2 \cdot t_{piedi} + \alpha \cdot t_{attesa} + t_{linea}$$

Il tempo degli spostamenti a piedi effettuati per raggiungere la fermata più vicina a casa e per raggiungere la destinazione finale (o la fermata del trasporto pubblico per prendere un mezzo diverso) è stato raddoppiato poiché percepito dall'utente come il doppio rispetto al tempo effettivamente impiegato. Il tempo di attesa è stato moltiplicato per un fattore  $\alpha$  pari a  $\alpha = 1$  per tram, treni, autobus extraurbani e servizi di autobus urbani ad alta frequenza, dal momento che la regolarità del servizio è buona, e per un fattore pari a  $\alpha = 4$  per gli autobus urbani con bassa frequenza, per tener conto della discrasia tra corse programmate e corse realizzate. Il tempo a bordo si è considerato così come è nella realtà.

In più, nei casi in cui l'autobus passa per il capolinea lungo il tragitto casa-scuola sono stati aggiunti ulteriori 5 minuti per considerare i perditempo al capolinea.

Per quanto riguarda i costi del trasporto pubblico si è utilizzato il costo dell'abbonamento mensile, supposto come il più probabile tipo di abbonamento scelto dagli studenti.

Il modello ha tenuto conto della possibile intermodalità tra bicicletta e rete di trasporto pubblico. L'intermodalità tra la modalità ciclabile e il trasporto pubblico deve, infatti, essere assolutamente incentivata per far sì che la mobilità urbana tragga benefici in termini di diminuzione dell'uso dell'auto privata. Mezzi di trasporto pubblico quali tram, treno e metro non solo consentono di salire la bicicletta a bordo, ma diventano dei punti di aggregazione della domanda di trasporto ciclabile: gli studenti che abitano nei comuni limitrofi o comunque ad elevata distanza dalla scuola possono usufruire del trasporto pubblico su ferro fino alla stazione più vicina all'istituto, per poi proseguire lo spostamento con la bicicletta, propria o condivisa. In questo senso il modello considera, quindi, la possibilità che la modalità ciclabile sia utilizzata per gli spostamenti di ultimo miglio.

Attraverso il software di elaborazione statistica STATA si è proceduto alla calibrazione del modello comportamentale di scelta modale. In Tab. 54 sono elencate le variabili considerate dal modello.

Poiché con la prima calibrazione è emerso che alcune variabili non erano statisticamente significative, in quanto aventi un *p-value* superiore alla soglia di 0,05, si è applicato un metodo di regressione di tipo “*stepwise*” che consente di eliminare tutte le variabili aventi uno scarso contributo predittivo.

In particolare, è stata adottata una tipologia di regressione *stepwise* con eliminazione a ritroso, detta “*backward elimination*”, in cui, partendo dal modello completo, sono state

eliminate tutte le variabili che non hanno dimostrato valenza statistica significativa non dimostrando, quindi, una forte correlazione con la variabile dipendente.

Tabella 54. Descrizioni delle variabili usate dal modello.

Variabile	Descrizione
Genere	1: Femmina / 0: Maschio
Età	Età degli studenti (tra i 13 e i 20 anni)
Tempo	Tempo di viaggio determinato per tutte le alternative modali disponibili da O a D
Costo	Costi del viaggio percepiti dallo studente e determinati per tutte le alternative disponibili da O a D.
Pista Ciclabile	1: Se ci sono nuove piste ciclabili che rendono sicuro il percorso casa-scuola / 0: Altrimenti
Ciclostazioni	1: Se ci sono nuove ciclostazioni del servizio bike sharing in prossimità della residenza dello studente / 0: Altrimenti

Ciò permette, quindi, di avere una nuova calibrazione più corretta e non influenzata da variabili non significative. In Tab. 55 sono riportati i risultati del processo di calibrazione e le variabili significative ottenute.

Tabella 55. Risultati della calibrazione condotta con il software STATA.

Variabili significative	Coeff. $\beta$	Stand. Error	z	p-value	[95% Conf. Interval]	
Tempo	-0.0281359	0.0015991	-17.59	0.000	-0.0312701	-0.0250016
ASA <sub>bici</sub>	-4.207812	0.2711247	-15.52	0.000	-4.739207	-3.676418
ASA <sub>moto</sub>	-7.522429	1.092619	-6.88	0.000	-9.663922	-5.380935
Piste ciclabili	4.432648	0.2717114	16.31	0.000	3.900103	4.965192
Età <sub>moto</sub>	0.2930129	0.0683109	4.29	0.000	0.1591259	0.4268998
Età <sub>auto</sub>	-0.160138	0.0083377	-19.21	0.000	-0.1764797	-0.1437963
Sesso <sub>bici</sub>	-0.4138	0.1513262	-2.73	0.037	-0.7103939	-0.1172062
Sesso <sub>auto</sub>	1.047189	0.1371263	7.64	0.000	0.778426	1.315951

Numero di osservazioni = 9225; Numero di casi = 1845;  
 Valore finale di Log likelihood = -2099.8466;  
 Wald chi2(8) = 1034.54; Prob > chi2 = 0.0000

I risultati ottenuti sono tutti estremamente significativi e i coefficienti hanno il segno corretto. La variabile tempo è risultata significativa: per costruzione del database, alla variabile tempo è stato assegnato un unico coefficiente, indipendentemente dall'alternativa modale. Il coefficiente assegnato al tempo è risultato negativo: più è alto il tempo di percorrenza per un modo di trasporto più gli studenti percepiscono una diminuzione dell'utilità dell'alternativa scelta.

Il costo non è risultato significativo. Tale risultato non deve sorprendere in quanto gli studenti tendono, ad esempio, a non percepire il costo monetario dovuto all'utilizzo dell'auto privata, in quanto essendo accompagnati dai genitori non affrontano da soli tale spesa.

Il coefficiente della variabile "Età moto" è risultato positivo, il che significa che più aumenta l'età del ragazzo e più questo sceglierà di spostarsi con la moto, coerentemente con la realtà; è negativo, invece, quello per l'età di chi si sposta in auto, anche questo coerente con la realtà: più il ragazzo è giovane e più probabilmente sarà accompagnato a scuola in auto da un genitore, più è adulto più tenderà a ricercare uno stile di vita indipendente, rifiutando il passaggio da parte dei genitori. I coefficienti associati alle variabili "Sesso bici" e "Sesso auto" sono risultati rispettivamente negativo e positivo. Poiché nel database è stato associato ai maschi il valore 0 e alle femmine il valore 1, questo significa che la bicicletta sarà preferita più dai ragazzi, mentre le ragazze saranno più propense a farsi accompagnare in auto. Anche questo è coerente con gli studi presenti in letteratura, come per esempio quello di McDonald (2008): le ragazze percepiscono e attribuiscono alla modalità ciclabile un senso di sicurezza inferiore a quello dei ragazzi.

Gli attributi specifici di alternativa per la bicicletta e per la moto hanno associati coefficienti molto negativi, aspetto anche questo corretto perché a queste modalità è associata un'intrinseca pericolosità del mezzo.

Il coefficiente riferito alla variabile "Pista ciclabile" è risultato essere molto positiva: ciò significa che in presenza di un percorso ciclabile sicuro casa-scuola gli studenti attribuiscono alla modalità ciclabile un'alta utilità. La variabile che teneva conto della presenza di cicloparcheggi nelle vicinanze della residenza degli studenti è risultata non significativa, in quanto collineare con la variabile "Pista ciclabile".

Le espressioni dell'utilità per i diversi modi di trasporto sono le seguenti:

- $V_{piedi} = \beta_t t_{piedi}$
- $V_{bici} = \beta_t t_{bici} + \beta_{p.c.} pista\ ciclabile + \beta_{sessoauto} Sesso + \beta_{ASAbici} ASA_{bici}$
- $V_{moto} = \beta_t t_{moto} + \beta_{etàmoto} Età + \beta_{ASAmoto} ASA_{moto}$
- $V_{auto} = \beta_t t_{auto} + \beta_{etàauto} Età + \beta_{sessoauto} Sesso$
- $V_{TPL} = \beta_t t_{TPL}$

Da queste espressioni di utilità possono essere ricavate le percentuali di scelta modale per ogni modo di trasporto e ogni coppia O/D.

Si è provveduto a differenziare il caso di spostamenti urbani da quello di spostamenti extraurbani. Si sono, quindi, considerate dapprima le coppie O/D relative all'ambito urbano, considerando quei ragazzi che possono compiere a piedi il tragitto casa-scuola in un tempo entro i 90 minuti.

I risultati sono riportati in Tab. 56 per la situazione attuale e lo scenario futuro, in cui si è introdotto il nuovo servizio dedicato agli studenti e sono state realizzate le piste ciclabili.

Tabella 56. Sintesi dei risultati ottenuti per lo scenario attuale e per lo scenario futuro ( $t_{\text{piedi}} < 90$  minuti)

Modo di trasporto	Probabilità di scelta [%]			
	Scenario attuale	Previsione del modello Sperimentale per lo scenario attuale	Scenario futuro	Previsione del modello Sperimentale per lo scenario futuro
Piedi	44,4	41,4	22,4	20,3
Bicicletta	2,4	1,1	53,6	50,9
Moto	9,2	7,0	4,9	3,2
Auto	21,4	16,2	11,5	8,1
TPL	22,6	34,4	7,7	17,5

Il modello sovrastima in questo caso il numero di utenti del trasporto pubblico. Tale sovrastima è da imputare prevalentemente all'inaffidabilità del servizio di trasporto pubblico palermitano, percepita dagli studenti delle scuole.

Risulta decisamente interessante il cambiamento nella scelta modale da parte dei ragazzi a favore della bicicletta, purché gli si garantisca la possibilità di percorrere piste ciclabili sicure. Nella situazione attuale in cui il servizio di bike sharing non serve specificatamente gli studenti e le poche piste ciclabili non attivano percorsi casa-scuola sicuri, la percentuale di ragazzi che si spostano in bicicletta è di circa il 2%, mentre con l'introduzione delle piste ciclabili e del nuovo servizio di bike sharing a servizio delle scuole la percentuale salirebbe enormemente, raggiungendo il 54%. Questo risultato mostra come i ragazzi, in presenza di un percorso casa-scuola ciclabile e sicuro, potrebbero abbandonare con elevata probabilità la modalità di trasporto che, fino ad oggi, adottano per andare a scuola con la propria bicicletta o la bicicletta condivisa. Ciò significa che il servizio di bike-sharing potrebbe riscontrare effettivamente molto successo in questa categoria particolare di utenti.

Ripetendo la stessa analisi per tutti gli studenti che, invece, possono compiere a piedi il tragitto casa-scuola in un tempo superiore ai 90 minuti (quindi simulando uno scenario che comprenda anche l'ambito extraurbano, con spostamenti pedonali che saranno presumibilmente tutti nulli) si ottengono i risultati mostrati in Tab. 57 per la situazione attuale e per lo scenario futuro.

Tabella 57. Sintesi dei risultati ottenuti per lo scenario attuale e per lo scenario futuro ( $t_{\text{pedi}} > 90$  minuti).

Modo di trasporto	Probabilità di scelta [%]			
	Scenario attuale	Previsione del modello Sperimentale per lo scenario attuale	Scenario futuro	Previsione del modello Sperimentale per lo scenario futuro
A piedi	0,2	5,7	0,0	2,1
Bicicletta	0,4	1,3	51,3	48,5
Moto	9,2	16,0	6,3	7,8
Auto	23,9	34,0	15,3	17,2
TPL	66,2	43,1	27,1	24,4

Il modello sottostima in questo caso gli utenti del trasporto pubblico rispetto alla situazione reale a vantaggio soprattutto delle alternative “moto” e “auto”, a differenza di quanto fatto per il caso precedente per spostamenti pedonali inferiori ai 90 minuti, operando, quindi, una compensazione tra i due scenari.

Si può, comunque, ritenere che ciò sia dovuto al fatto che gli studenti che abitano fuori Palermo abbiano come loro unica alternativa modale il servizio di trasporto pubblico costituito dagli autobus extraurbani o dal treno, non potendo per esempio essere accompagnati dal genitore. Questa considerazione può spiegare il perché il modello, che non può prevedere i vincoli nelle scelte dei ragazzi, sovrastimi leggermente gli spostamenti in moto e in auto.

Il risultato ottenuto per il cambio di scelta modale verso la bicicletta indica che tantissimi studenti, pur abitando a notevole distanza dalle scuole, sono propensi a cambiare il loro attuale modo di trasporto optando per le biciclette, con una percentuale complessiva di scelta che balza dall’1%, relativo allo scenario attuale al 48% futuro. Va inteso, ovviamente, che la bicicletta agisce in questo caso non da sola per l’intero tragitto ma, invece, in perfetta integrazione con il servizio di trasporto pubblico.

Si può, pertanto, affermare che la realizzazione del programma di bike sharing Go2School destinato alle scuole, con realizzazione di nuove e più sicure infrastrutture ciclabili, possa contribuire notevolmente alla promozione della mobilità ciclabile tra gli studenti.

#### 5.14 Valutazione costi-benefici degli interventi infrastrutturali

Al fine di capire quali siano, tra quelli ipotizzati, gli interventi infrastrutturali che hanno maggiori benefici sia nell’attrazione dell’utenza sia dal punto di vista delle ricadute economiche per la collettività si è effettuata un’analisi economica considerando il tempo risparmiato dagli utenti, la riduzione delle percorrenze chilometriche in auto – e, quindi, la riduzione delle esternalità negative – e i costi di investimento.

Sono state considerate nell'applicazione della metodologia solamente le scuole "A. Einstein" e "Pio La Torre" poiché di fatto le uniche ad avere effettivi vantaggi dalla realizzazione delle piste ciclabili. Infatti, nelle aree intorno al "Vittorio Emanuele III" e al "Ninni Cassarà" sono già presenti delle piste ciclabili, per cui uno split modale verso la modalità ciclabile può verificarsi solamente per effetto dell'introduzione del servizio di bike sharing e della realizzazione di nuovi ciclo-parcheggi. La realizzazione delle nuove piste ciclabili per queste due scuole risulta, quindi, ininfluente.

Si sono, quindi, considerati i soli studenti delle scuole "A. Einstein" e "Pio La Torre". La distribuzione degli studenti rispettivamente dell'istituto "A. Einstein" e dell'istituto "Pio La Torre" rispetto alla distanza tra la residenza e la scuola è rappresentata in Fig. 122 (a) and (b). Si nota come per l'istituto "Pio La Torre" quasi la metà degli studenti intervistati abiti ad una distanza dalla scuola maggiore di 3 km. La Fig. 122 (c) e (d) mostra come le abitudini di mobilità variano al variare di genere ed età. Infine, la Fig. 122 (e) e (f) mostra che maggiore è la distanza che gli studenti devono percorrere nel tragitto casa-scuola minore è il ricorso all'andare a piedi.

Si è affinato il modello di scelta modale presentato al paragrafo precedente, ampliando il numero di casi considerati e non considerando disponibile la modalità ciclabile per i viaggi extra-urbani e per gli spostamenti con distanze inferiori a 300 m e la modalità pedonale per i viaggi casa-scuola con distanze superiori ai 3 km, pervenendo ai risultati visibili in Tab. 58.

Tabella 58. Risultati della nuova calibrazione condotta con il software STATA.

Variabili significative	Coeff. $\beta$	Stand. Error	z	p-value	[95% Conf. Interval]	
Tempo	-0.0173926	0.0014007	-12.42	0.000	-0.020138	-0.0146472
ASA <sub>bici</sub>	-3.927708	0.270141	-14.54	0.000	-4.457175	-3.398242
ASA <sub>moto</sub>	-6.711427	1.007829	-6.66	0.000	-8.686736	-4.736117
Piste ciclabili	4.144713	0.2706384	15.31	0.000	3.614271	4.675154
Età <sub>moto</sub>	0.2579463	0.0632267	4.08	0.000	0.1340243	0.381868
Età <sub>auto</sub>	-0.1402245	0.0075292	-18.65	0.000	-0.1549815	-0.1254676
Sesso <sub>bici</sub>	-0.3040105	0.1453894	-2.09	0.037	-0.5889686	-0.0190525
Sesso <sub>auto</sub>	0.9268027	0.1238238	7.48	0.000	0.6841126	1.169493

Numero di osservazioni = 9212; Numero di casi = 2145;  
 Valore iniziale di Log likelihood = -4999.3093; Valore finale di Log likelihood = -2343.3149  
 Wald chi2(8) = 980.97; Prob > chi2 = 0.0000; rho squared = 0.53

Per ogni coppia O-D si è determinata l'utilità percepita dall'utente per i diversi modi di trasporto.

Per ogni coppia O-D si è valutato, quindi, se la presenza delle nuove piste ciclabili riuscisse a creare un percorso ciclabile sicuro tra casa e scuola. Laddove ciò si verificava la variabile “Piste ciclabili” passava da 0 nello scenario attuale a 1 nello scenario futuro.

Su un totale di 283 coppie O-D per l’istituto “A. Einstein”, 77 sono servite dalle nuove piste ciclabili, mentre per il “Pio La Torre” le coppie O-D servite sono 40 su un totale di 213.

Al fine di tener conto dell’intermodalità tra trasporto pubblico e bike sharing, per le coppie O-D dove essa era effettivamente una possibilità, si è ricalcolato per lo scenario futuro il tempo di spostamento con il trasporto pubblico, considerando l’arrivo col mezzo di trasporto pubblico alla stazione e lo spostamento di ultimo miglio effettuato in bicicletta. Tale evenienza si è verificata per 110 coppie O-D dell’istituto “A. Einstein”.

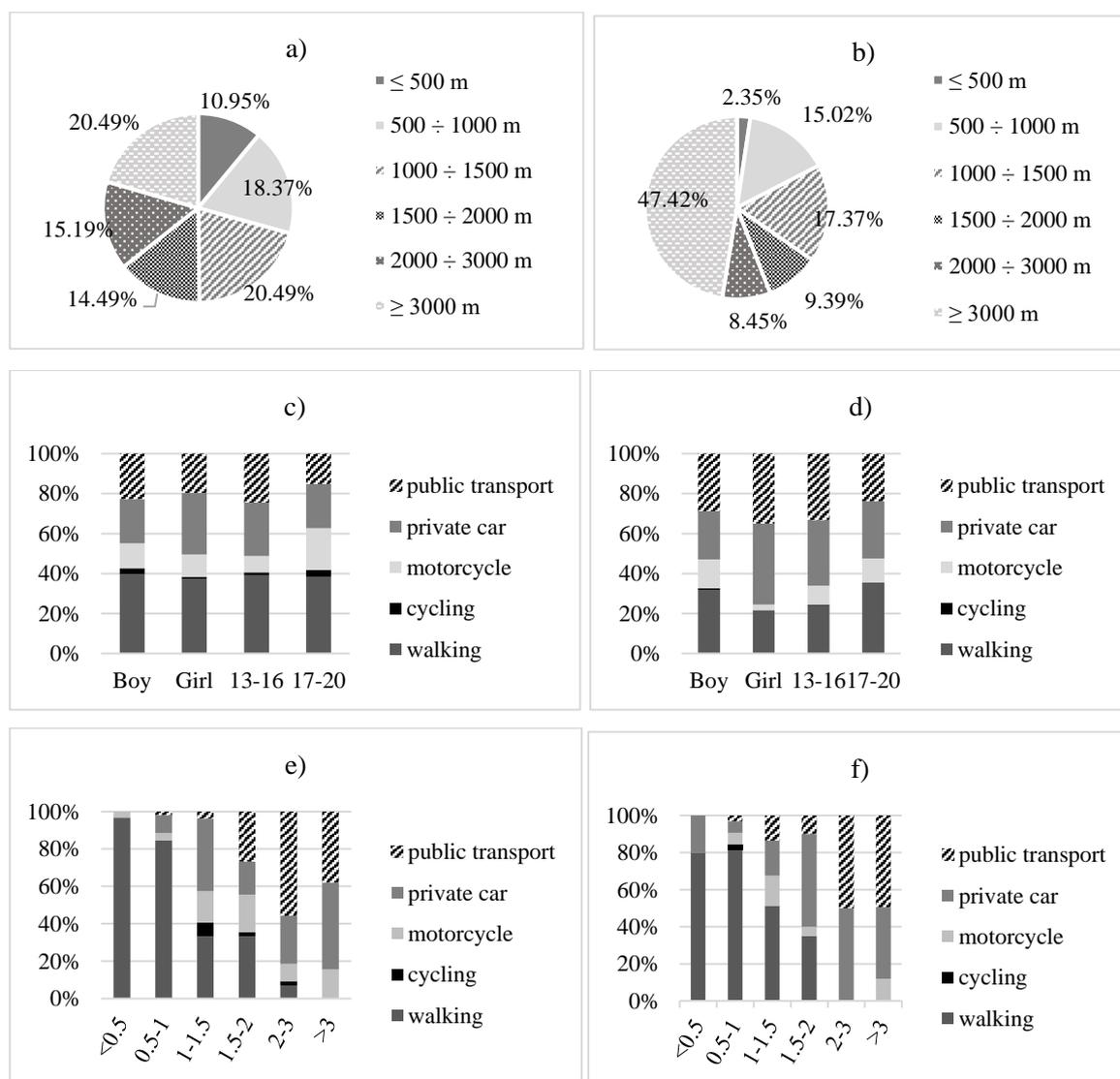


Figura 122. Abitudini di mobilità degli studenti degli istituti “A. Einstein” (a, c, e) e “Pio La Torre” (b, d, f).

Applicando i coefficienti trovati in fase di calibrazione per le variabili risultate significative, si sono, quindi, calcolate le probabilità di scelta medie per ogni modo di trasporto considerato nella situazione presente e nella situazione futura (Fig. 123).

La Fig. 123 (a) si riferisce allo shift modale degli studenti dell'istituto "A. Einstein" per cui la realizzazione delle nuove piste ciclabili crea un percorso ciclabile casa-scuola sicuro. Come si nota, la scelta della modalità ciclabile da parte di tali studenti aumenta significativamente rispetto alla situazione attuale, a discapito delle altre modalità di trasporto. In particolare, si assiste al decremento del 10% per il trasporto pubblico e del 6% per l'auto privata. Si sottolinea, peraltro, che si riduce anche la modalità pedonale (-23%), cosa che non produce benefici ambientali.

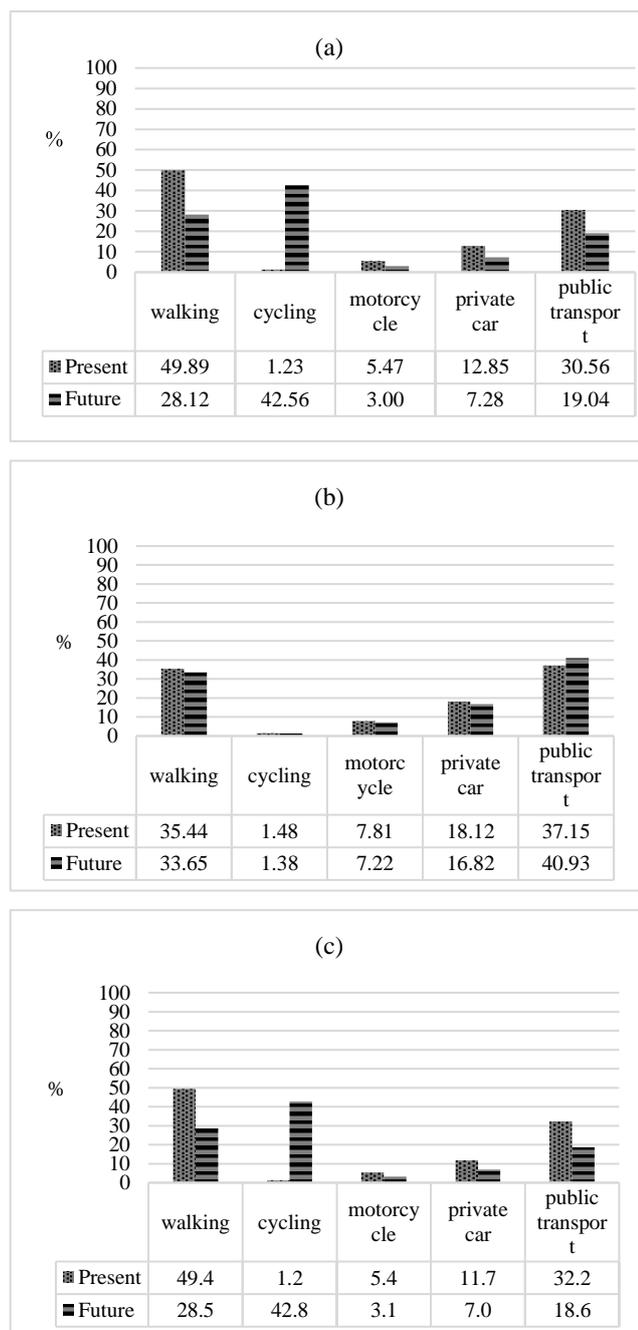


Figura 123. Le probabilità di scelta per gli studenti dell'istituto "A. Einstein" (a) e dell'istituto "Pio La Torre" (c) per cui si realizza un percorso casa-scuola sicuro, per gli studenti dell'istituto "A. Einstein" che possono godere dell'intermodalità tra bike sharing e trasporto pubblico.

La Fig. 123 (b) si riferisce alle scelte modali calcolate dal modello per gli studenti dell'istituto "A. Einstein" che beneficiano delle nuove piste ciclabili per effetto dell'intermodalità tra bike sharing e trasporto pubblico. Si nota come si assiste a un incremento del trasporto pubblico (+5%) dovuto al fatto che adesso gli studenti hanno la possibilità di effettuare lo spostamento di ultimo miglio utilizzando la bicicletta. Tale *shift* modale avviene principalmente a discapito dell'auto privata (-2%), ma anche della modalità pedonale (-2%), il che significa che studenti che nella situazione attuale raggiungono a piedi la scuola percorrendo lunghe distanze, preferiranno usare un mezzo pubblico fino alla stazione, per poi proseguire in sella alla bicicletta.

La Fig. 123 (c) fa, infine, riferimento agli studenti dell'istituto "Pio La Torre" per i quali si attiva un percorso casa-scuola sicuro. Si riscontra che la modalità bici aumenta significativamente rispetto alla situazione attuale, mentre diminuiscono il trasporto pubblico (-12%) e l'auto privata (-5%). Decresce moltissimo (-23%), grazie all'introduzione nello scenario futuro delle nuove piste ciclabili, la percentuale di studenti che scelgono di raggiungere la scuola a piedi.

L'introduzione delle piste ciclabili attorno alle scuole produce, quindi, un pronunciato effetto di shift modale dalla modalità pedonale a quella ciclabile. Ciò significa che gli interventi previsti hanno effetti attrattivi solo per gli studenti che risiedono nelle vicinanze della scuola, non riuscendo di fatto a determinare considerevoli split modali a discapito dell'auto privata da parte di chi abita più lontano. In effetti, i percorsi casa-scuola sicuri si realizzano solamente nelle vicinanze delle scuole, quindi coloro i quali non abitano in tale zona difficilmente si spostano in bici, reputandola ancora un mezzo non sicuro.

Una volta note le probabilità di scelta, si è voluta determinare la fattibilità economica degli interventi previsti ed effettuare un'analisi economica determinandone costi e benefici. Le piste ciclabili sono state raggruppate in due blocchi funzionali: il blocco delle piste ciclabili vicino l'istituto "A. Einstein" e il blocco delle piste ciclabili vicino il "Pio La Torre". Il raggruppamento è stato così realizzato poiché i due blocchi funzionali risultano separati l'un l'altro, non essendoci collegamenti tra le piste che servono l'istituto "A. Einstein" e quelle che servono il "Pio La Torre".

La divisione in due blocchi funzionali ha portato all'individuazione dei diversi scenari per cui provvedere all'analisi economica. Gli scenari considerati e le *key assumptions* seguite per l'analisi economica sono riportate in Tab. 59.

Per gli scenari b), c) e d) è stata determinata la quantità di tempo risparmiata dagli utenti. Successivamente si è valutata in termini economici tale soddisfazione dell'utenza, facendo riferimento al valore del tempo.

Sono stati calcolati, inoltre, i benefici dovuti alla riduzione delle percorrenze chilometriche in auto privata: si sono, quindi, considerati i benefici economici derivanti dalla riduzione dell'inquinamento atmosferico e acustico, nonché la riduzione dei costi per l'utilizzo dell'auto privata. Quest'ultima è stata considerata per tenere conto del fatto che il modello ha considerato non significativo il costo, perché non percepito dagli studenti, ma tale costo è effettivamente affrontato dall'utente.

La performance economica degli interventi infrastrutturali è stata determinata per i diversi scenari con riferimento a due indicatori: il valore attuale netto (*Net Present value* - NPV) e il Tasso interno di rendimento (*Internal Rate of Return* - IRR).

Il NPV è stato calcolato per ogni scenario per comprendere se l'investimento è conveniente. Esso è stato determinato con la seguente formula:

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{(B_t - C_t)}{(1 + i_t)^t}$$

Il periodo previsto per l'analisi è stato fissato in 30 anni finanziari.  $B_t$  e  $C_t$  sono i benefici e i costi, rispettivamente, che si verificano al tempo  $t$ ;  $i_t$  è il tasso di sconto sociale, considerato costante e pari a  $i_t = 3\%$ . Per ogni scenario si è determinato l'anno in cui si verifica il pareggio tra i costi e i benefici. Per lo scenario b) il punto di equilibrio tra costi e benefici è al terzo anno. Per lo scenario c) è al quarto, mentre per lo scenario d) il pareggio si ha al terzo anno. Infine, per ogni scenario si è valutato il tasso interno di rendimento (IRR), cioè quel tasso di sconto sociale che rende il valore attuale netto pari a zero ( $NPV = 0$ ).

La fattibilità economica delle misure infrastrutturali per ogni scenario si avrà quando sono soddisfatte le condizioni:  $NPV > 0$ , benefici-costi  $> 0$  and  $IRR >$  tasso di sconto sociale.

Infine, sono stati calcolati per i due blocchi funzionali i costi di realizzazione.

In Tab. 60 sono riportati i risultati dell'analisi economica effettuata per i diversi scenari previsti.

Dai risultati ottenuti dall'analisi economica si può evincere che in tutti gli scenari i benefici superano di gran lunga i costi: gli interventi possono essere giustificati anche considerando solamente il risparmio di tempo di cui beneficiano gli utenti. Per la scuola "Pio La Torre" è opportuno sottolineare che se non fosse stato considerato il tempo risparmiato i benefici prodotti dalla riduzione delle percorrenze chilometriche in auto, essendo limitate, non avrebbero coperto i costi e, quindi, non sarebbero riusciti a giustificare l'intervento infrastrutturale previsto: questo accade perché le probabilità di scelta di auto e moto decrescono nel futuro scenario solo del 5% e del 2% rispettivamente.

Il NPV è positivo in tutti gli scenari: tra i tre scenari quello economicamente più conveniente è lo scenario d), che comporta la costruzione delle piste ciclabili e delle ciclostazioni del

servizio di bike sharing nei dintorni di entrambe le scuole. Lo scenario c) ha un NPV peggiore rispetto allo scenario b): questo accade perché la realizzazione delle piste ciclabili intorno al Liceo “A. Einstein” genera maggiori benefici sociali. Inoltre, nello scenario b) il tasso interno di rendimento è maggiore che per gli altri due scenari.

Tabella 59. *Key assumptions* per l'analisi economica.

---

**(1) Scenari**

- a) Stato attuale: assenza di piste ciclabili e di cicloparcheggi nei pressi delle scuole. Si è tenuto conto delle piste ciclabili già esistenti percepite sicure dall'utente o in corso di realizzazione. Gli studenti possono utilizzare soltanto la bicicletta privata in maniera non sicura;
- b) Realizzazione delle piste ciclabili e dei cicloparcheggi in prossimità dell'istituto scolastico “Albert Einstein”;
- c) Realizzazione delle piste ciclabili e dei cicloparcheggi in prossimità dell'istituto scolastico “Pio La Torre”;
- d) Realizzazione delle piste ciclabili e dei cicloparcheggi in prossimità di entrambi gli istituti scolastici.

**(2) Valutazione monetaria del tempo risparmiato**

Il tempo risparmiato dagli utenti è stato determinato per ogni scenario, conoscendo la probabilità di scelta per ogni modo di trasporto nella condizione attuale e nella condizione futura e i tempi di viaggio tra le origini (residenze) e la destinazione (scuola). Il tempo risparmiato, determinato per il campione di studenti intervistato è stato poi esteso all'universo (numero totale di studenti delle scuole). Quindi, moltiplicando per 2 il valore ottenuto, si è considerato anche il tempo risparmiato nel viaggio di ritorno scuola-casa. Infine, moltiplicando per 200 si è calcolato il tempo risparmiato nei giorni di scuola presenti in un anno in Italia. Il valore monetario del tempo risparmiato è stato, poi, determinato moltiplicando il tempo risparmiato per il valore del tempo. Quest'ultimo è stato assunto pari a 5,4 €/h.

**(3) Riduzione delle percorrenze chilometriche in auto**

Si è determinata per ogni scenario la riduzione delle percorrenze chilometriche in auto, grazie alla conoscenza delle probabilità di scelta dell'auto attuali e negli scenari futuri e delle distanze sulla rete stradale tra le origini (residenze degli studenti) e la destinazione (scuola). Tale riduzione, determinata per il campione di studenti intervistato, è stata rapportata all'universo (numero totale degli studenti della scuola). Nella stima della riduzione annuale di km percorsi in auto si è tenuto conto del viaggio di ritorno scuola-casa, moltiplicando per un fattore 2, e dei giorni scolastici presenti in un anno in Italia, moltiplicando ulteriormente per un fattore 200.

**(4) Benefici dovuti alla riduzione dell'inquinamento atmosferico**

Basandosi su studi realizzati nell'ambito degli strumenti di pianificazione della città di Palermo, la valutazione monetaria dei benefici derivanti dalla riduzione delle emissioni è assunta pari a -0,0242 €/km per auto (Ricardo—AEA DG Move, 2014).

**(5) Benefici dovuti alla riduzione dell'inquinamento acustico**

Basandosi su studi realizzati nell'ambito degli strumenti di pianificazione della città di Palermo, la valutazione monetaria dei benefici derivanti dalla riduzione delle emissioni acustiche è assunta pari a -9,40 €/km per 1000 auto (Ricardo—AEA DG Move, 2014).

**(6) Minori o maggiori incassi dovuti allo *split* modale a favore del trasporto pubblico**

I minori o maggiori incassi dovuti allo *split* modale a favore del trasporto pubblico non sono stati considerati in quanto sono frutto di un maggiore o minore esborso monetario da parte dei singoli utenti. Occorre precisare che il costo monetario dello spostamento, percepito dallo studente, non è risultato significativo in fase di calibrazione del modello.

**(7) Riduzione della congestione cittadina**

Non è stata considerata nello studio poiché il numero di studenti che sostituiscono l'auto privata con la bicicletta è abbastanza limitato e le aree in cui insistono le nuove piste ciclabili sono poco estese. La presenza delle nuove piste ciclabili potrebbe comunque dar vita a uno *split* modale a favore della bicicletta anche per altre categorie di utenti, ma la determinazione di tale effetto esula dagli obiettivi del caso studio.

**(8) Aumento della congestione cittadina per effetto dell'introduzione delle piste ciclabili**

Non è stata considerata nello studio in quanto la progettazione delle nuove piste ciclabili ha seguito il criterio di cercare di ridurre al minimo l'interferenza tra esse e il flusso veicolare.

**(9) Aumento o riduzione delle percorrenze chilometriche effettuate dal trasporto pubblico**

Non sono state considerate minori o maggiori percorrenze chilometriche per il trasporto pubblico in quanto i trasferimenti modali a favore del trasporto pubblico non giustificano l'aumento o la diminuzione del numero di corse da effettuare.

**(10) Riduzione delle percorrenze chilometriche effettuate in moto**

Si sono assunte trascurabili, vista l'esiguità del numero di studenti che abbandonerebbe la motocicletta a favore di mezzi più sostenibili.

**(11) Riduzione dei costi per effetto delle minori percorrenze chilometriche effettuate in auto**

È stata considerata la riduzione dei costi per l'utilizzo dell'auto privata dovuta alla riduzione delle percorrenze chilometriche. Si è considerato un risparmio di - 0,45 €/km per auto (Catalano *et al.*, 2008).

**(12) Costi di investimento**

I costi delle nuove infrastrutture ciclabili sono stati calcolati sulla base dei capitolati di appalto dell'azienda AMAT, considerando il costo dei materiali (vernice, tappetini, elementi separatori) e il costo della manodopera. Il costo delle piste ciclabili che servono gli studenti della scuola "A. Einstein" ammonta a circa 350,000 €. Il costo delle piste ciclabili che servono gli studenti della scuola "Pio La Torre" ammonta a circa 200,000 €. Le quote annuali, al netto dell'IVA, sono state calcolate considerando un periodo di ammortamento di 30 anni e un tasso di ammortamento del 3%, nonché tenendo conto del valore residuo dell'infrastruttura al termine del periodo di ammortamento (assunto pari al 30% del costo di investimento).

**(13) Costi operativi**

I costi operativi annuali sono stati calcolati come il 5% dei costi di investimento. Le spese per l'esercizio concorrono dal secondo anno.

Tabella 60. Analisi costi-benefici.

	Scenario b	Scenario c	Scenario d
<b>Benefici (A):</b>			
1) Valore del tempo risparmiato dall'utente [€ ad anno]	155.484,5	56.401,56	211.886,06
2) Riduzione dell'inquinamento atmosferico [€ ad anno]	582,55	88,19	670,74
3) Riduzione dell'inquinamento acustico [€ ad anno]	226,28	34,26	260,54
4) Riduzione dei costi per effetto delle minori percorrenze chilometriche [€ ad anno]	10.832,59	1.639,98	12.472,57
Totale [€ ad anno]	167.125,92	58.163,99	225.289,91
<b>Costi (B):</b>			
1) Costi di investimento [€ ad anno]	10.716,2	6.082,6	16.798,8
2) Costi operativi [€ ad anno]	15.003,07	8.515,83	23.518,9
Totale [€ ad anno]	25.719,27	14.598,43	40.317,7
(A) – (B) [€ ad anno]	141.406,65	43.565,56	184.972,21
NPV [€]	2.702.663,66	823.859,7	3.526.523,35
IRR	50,70 %	29,14 %	42,89 %

Pertanto, con la realizzazione delle piste ciclabili e del nuovo servizio di bike sharing la comunità cittadina riesce ad avere un ritorno economico, derivante da un maggior uso della bicicletta e da una riduzione dei chilometri percorsi in auto quotidianamente nel tragitto casa-scuola.

In tal senso, un bike sharing pensato ad hoc per gli studenti di scuola superiore, se realizzato insieme a piste ciclabili che rendano sicuri i percorsi casa-scuola, potrebbe contribuire agli obiettivi di sviluppo *smart* e sostenibile che le città devono perseguire.

# Capitolo 6

## Il futuro della *sharing mobility*: multimodalità e sistema di trasporto urbano integrato

I servizi di *sharing mobility* rappresentano un piccolo tassello nel complesso puzzle della mobilità urbana: come si è visto, essi sono servizi orientati verso determinati target di utenza, utili a servire soltanto alcune tipologie di spostamento e, ad ogni modo, con quote modali di utilizzo certamente limitate, che non possono crescere oltre una certa soglia anche per via delle caratteristiche intrinseche di tali modalità (numero di veicoli in flotta, numero di stazioni, necessità di operazioni di riequilibrio della flotta).

Le città intelligenti hanno, comunque, la necessità di sviluppare sistemi di trasporto che siano sostenibili e inclusivi: ciò significa che devono offrire un ventaglio di opzioni di mobilità che possano adattarsi a una domanda di mobilità che è in rapido cambiamento e andare incontro alle esigenze variegata di diverse categorie di utenti.

In particolare, le caratteristiche che oggi ha il mondo del lavoro, i cambiamenti dello stile di vita dei cittadini, l'evoluzione del tessuto urbano, hanno generato negli ultimi decenni non solo una maggiore mobilità degli individui, ma anche una maggiore complessità dei modelli di mobilità: l'individuo ha bisogno di un'offerta di trasporto più ampia, che possa garantire la soddisfazione delle proprie esigenze di mobilità, che richiedono oggi orari più flessibili e itinerari più complessi.

Ulteriore obiettivo della tesi avrebbe dovuto essere, quindi, quello di comprendere se i servizi di mobilità condivisa potessero trovare collocazione all'interno di pacchetti di mobilità che includessero anche i principali mezzi di trasporto pubblico, con un'indagine svolta nella città di Palermo. Purtroppo, il manifestarsi della pandemia di SARS-COV2, ha reso estremamente complesse le indagini in questo campo, che avrebbero previsto l'effettuazione di interviste, comportando di fatto un'interruzione dell'attività di ricerca su questo argomento. Si è scelto, comunque, di includere nella presente tesi le prime considerazioni e le prime operazioni del processo di indagine, al fine di stimolare la riflessione sull'argomento, che non ha trovato ancora ampio spazio in letteratura.

## 6.1 Dalle *Transit Alliances* alle *Mobility Alliances*

Le città offrono già la possibilità di spostarsi con modi di trasporto diversi e usufruendo di servizi di vario genere capaci di sostituire l'auto privata, ma la complessità che risiede nell'utilizzo di più modalità molto spesso scoraggia l'utente: titoli di viaggio, sistemi tariffari, metodi di pagamento, applicazioni per smartphones differenti, orari non coordinati e mancanza di informazioni integrate rendono certamente difficile e poco pratico il ricorso alle differenti opzioni di mobilità.

L'offerta di mobilità, quindi, deve sempre più divenire multimodale, ma soprattutto deve essere continua ed integrata: grazie allo sviluppo di elementi di integrazione infrastrutturale fisica e operativa, logica e tariffaria, l'utente deve avere facile accesso ad opzioni di viaggio multimodali che gli consentano di viaggiare in città con garanzie di continuità spaziale e temporale.

Passi avanti verso la definizione di un'offerta multimodale e integrata sono avvenuti, già da parecchi decenni, nell'ambito del trasporto pubblico. Le diverse compagnie di trasporto pubblico che operano nelle città hanno infatti iniziato a stringere accordi e attivare convenzioni per rendere reciprocamente più attrattivi i loro servizi, creando dei veri e propri sistemi di trasporto pubblico integrato.

Sono nate, quindi, le cosiddette "*transit alliances*", cioè organizzazioni "ombrello" costituite da diversi operatori del trasporto pubblico, che sono riuscite, nel corso del tempo, ad integrare i diversi servizi di trasporto pubblico su ferro e su gomma presenti in città, aree metropolitane e regioni.

L'offerta integrata di servizi di trasporto pubblico urbani realizzata attraverso una tabella oraria coordinata, un'unica tariffa e un unico titolo di viaggio non è più, pertanto, una rarità. Questo genere di organizzazioni si possono riscontrare specialmente nelle città della Germania, che vantano un'esperienza decennale nell'offerta di sistemi di trasporto pubblico integrato, tanto che la prima *transit alliance* è nata ad Amburgo nel 1965, ma strutture simili esistono in molti paesi europei e del mondo.

Oggi però la complessità dei *pattern* di mobilità dei cittadini richiede che l'approccio delle *transit alliances* debba essere esteso ad altre modalità di trasporto, in maniera tale che il sistema di trasporto offerto dalla città sia più sensibile alle esigenze dei cittadini: le *transit alliances* devono diventare "*mobility alliances*".

Le *mobility alliances* devono assumere il ruolo di fornitori di tutti quei servizi di mobilità che la città può offrire. Pertanto, le società di trasporto pubblico devono collaborare e

stringere accordi con le organizzazioni di car sharing e bike sharing, nonché con i servizi di autonoleggio e le società di taxi, al fine di creare un'ampia offerta integrata di mobilità.

I numerosi servizi di mobilità forniti da una *mobility alliance* devono essere offerti in modo integrato e devono essere ampiamente disponibili; ciò significa fornire all'utenza informazioni accurate e aggiornate, un alto livello di interoperabilità tra le varie modalità di trasporto, e sistemi innovativi di vendita dei titoli di viaggio e pagamento.

All'interno di una *mobility alliance*, ad esempio, le compagnie del trasporto ferroviario e le aziende di bike sharing potrebbero fare in modo che le stazioni ferroviarie siano dotate di ciclo-parcheggi per consentire ai clienti di combinare l'uso delle biciclette condivise con il trasporto pubblico su rotaia. Ovviamente questa integrazione significa realizzare parcheggi in numero sufficiente, a breve distanza dalla piattaforma ferroviaria, disporre di accessi all'area della stazione che non prevedano attraversamenti pericolosi e di un collegamento diretto tra la rete ciclabile comunale e il sito dove sorge la stazione.

Vi sono numerose sfide che una *mobility alliance* deve affrontare. In primis, gli operatori che ne fanno parte devono collaborare per definire le strategie di integrazione, come coordinare gli orari o realizzare tariffe integrate che vadano incontro alle esigenze dell'utenza e che al contempo generino profitto, evitando di favorire certi operatori rispetto ad altri. Ciò significa trovare punti di equilibrio e compromessi.

Inoltre, le compagnie di trasporto, soprattutto quelle private, devono conciliare le attività svolte all'interno della *mobility alliance* con le esigenze imprenditoriali proprie di una compagnia privata: ogni attività imprenditoriale deve essere concordata con gli altri operatori e questo può limitare molto le iniziative intraprese.

Ogni operatore deve poi mantenere certi livelli di servizio e standard di qualità: puntualità, pulizia dei veicoli, staff preparato e gentile con i clienti, adeguatezza delle infrastrutture fisiche e tecnologiche devono essere garantiti da ogni operatore della *mobility alliance*, poiché le carenze di uno solo di essi possono ledere l'immagine globale del sistema integrato. Criticità, infine, possono sorgere nel definire il sistema di distribuzione dei proventi tra le varie compagnie di trasporto.

Superate queste sfide e queste criticità, si stagliano all'orizzonte diversi benefici per la mobilità cittadina.

Un efficace sistema di trasporto pubblico può essere favorito soprattutto dall'integrazione con i servizi di mobilità condivisa, che hanno il compito di aumentare, rendere capillare e versatile l'offerta di trasporto e affermarsi in quei contesti in cui il sistema di trasporto pubblico non è efficiente.

Pertanto, i servizi di mobilità condivisa possono aiutare a colmare il divario tra la domanda di un servizio di trasporto flessibile, confortevole, capillare e veloce, e un'offerta di trasporto pubblico non molto efficace a causa del basso grado di soddisfazione e della scarsa fiducia che i cittadini nutrono nei confronti del trasporto pubblico, e in particolare degli autobus urbani.

Car sharing, bike sharing e trasporto pubblico possono, quindi, se integrati efficacemente, completarsi a vicenda, superando le rispettive limitazioni e criticità. Da un lato, i servizi di mobilità condivisa possono rendere più accessibile il sistema di trasporto pubblico fungendo da “*feeder systems*” (sistemi di alimentazione): possono fornire soluzioni per collegare ai nodi principali della rete di trasporto pubblico le aree urbane meno densamente popolate e meno servite oppure per risolvere il problema dell'ultimo miglio.

D'altra parte, l'integrazione con il sistema di trasporto pubblico può portare ad un incremento dell'utilizzo dei servizi di car sharing e bike sharing da parte dei cittadini. Difatti, un sistema di trasporto integrato potrebbe portare l'utente a rinunciare definitivamente alla propria autovettura e ad usufruire del car sharing quando le esigenze di viaggio richiedono flessibilità e confort che solo un'auto può dare. Il bike sharing potrebbe, invece, essere utilizzato negli spostamenti quotidiani in concerto col trasporto pubblico come soluzione ai tragitti di primo e ultimo miglio. Chi fa uso dei nuovi servizi di mobilità è, infatti, più incline a sperimentare uno stile di vita multimodale.

Alcuni studi, tra cui quello di Tyndall (2019), hanno dimostrato che i servizi di mobilità condivisa sono, tra l'altro, ampiamente utilizzati dagli utenti del trasporto pubblico quando si verifica un'interruzione del servizio o un malfunzionamento, o nelle fasce orarie in cui la frequenza del trasporto pubblico è ridotta.

Ad esempio, i pendolari possono viaggiare in car sharing quando il trasporto pubblico è soggetto a ritardi: tale servizio può, quindi, essere usato come “modalità tampone”, per colmare le inefficienze del trasporto pubblico.

## 6.2 Un nuovo paradigma: *Mobility as a Service*.

È utile riflettere su come questi nuovi servizi di mobilità possano essere incorporati nella tradizionale offerta di trasporto pubblico.

A seconda del contesto locale, l'integrazione dei servizi di mobilità condivisa con il trasporto pubblico potrebbe non risultare percorribile o di facile attuazione, per le profonde differenze che esistono tra questi sistemi.

I sistemi di trasporto pubblico convenzionali, ad esempio, molto spesso, hanno la necessità di essere prima “riqualificati” (in termini di frequenza, regolarità e comfort) per essere

sfruttati appieno ed efficacemente. I decisori politici, i pianificatori urbani e della mobilità e gli *stakeholders* dovrebbero, di certo, come *smart governance*, mettere in campo iniziative forti per promuovere la creazione di una *mobility alliance* che possa gestire la mobilità cittadina con un approccio multimodale e integrato, adattato alle esigenze locali.

Ma la realizzazione di una *mobility alliance* richiede, anche, una forte cooperazione tra i diversi attori e portatori di interessi coinvolti, la definizione di finalità comuni e l'integrazione di informazioni, sistemi e operazioni a vari livelli in un quadro chiaro di politiche e misure organizzative.

Non basta, quindi, soltanto favorire l'intermodalità attraverso tariffe condivise, coordinamenti negli orari o strategie organizzative. Ciò che oggi si richiede in primo luogo agli operatori di una *mobility alliance* è l'adozione di un nuovo paradigma, che è quello della *Mobility as a Service* (MaaS).

Gli operatori, uniti nella forma di una *mobility alliance*, devono costituire una piattaforma MaaS, cioè integrare varie forme di servizi di trasporto in un unico servizio di mobilità, accessibile su richiesta. Nonostante l'ubicazione fisica degli operatori, i diversi tipi di flotta e i diversi servizi forniti, la *mobility alliance* deve gestire l'intera catena di servizi, dalla prenotazione del cliente alla pianificazione, al pagamento, al monitoraggio del servizio, operando come un'unica entità, un unico operatore con una sola flotta e un unico sistema di prenotazione.

*Mobility as a Service* significa, infatti, guardare alla mobilità come un servizio unico da offrire ai cittadini; significa dare la possibilità di acquistare i vari servizi di mobilità sotto forma di pacchetti plasmati sulla base delle esigenze dei consumatori, invece che acquistare l'utilizzo dei singoli mezzi di trasporto (Utrianen e Pollanen, 2018).

MaaS significa che i consumatori possono usufruire di servizi di mobilità forniti dallo stesso o da diversi operatori utilizzando una sola applicazione, un unico sistema di prenotazione, un unico, semplice, sistema di pagamento, disponendo di informazioni sul sistema dei trasporti integrato in tempo reale.

Una piattaforma MaaS aiuta gli utenti a soddisfare le loro esigenze di mobilità: per soddisfare la richiesta di un cliente, un sistema MaaS offre un menu diversificato di opzioni di trasporto, che si tratti di trasporto pubblico, car o bike sharing, taxi o noleggio di auto o una combinazione di queste modalità. Per questo, le piattaforme MaaS di solito forniscono un pianificatore di viaggio intermodale che aiuta l'utente a scegliere le combinazioni più convenienti delle diverse modalità di trasporto per il proprio viaggio.

Un sistema MaaS si basa, quindi, sulla presenza di quattro elementi principali che, insieme, forniscono agli utenti la possibilità di effettuare viaggi intermodali senza interruzioni:

- l'integrazione delle tecnologie e delle informazioni, quando esiste una singola applicazione o un'interfaccia online che può essere utilizzata per accedere alle informazioni sulle varie modalità, alle prenotazioni, all'acquisto e al pagamento.
- l'integrazione dei titoli di viaggio, quando è possibile utilizzare un'unica smart card, un unico biglietto o un unico abbonamento per accedere a tutte le modalità offerte;
- l'integrazione del pagamento, quando è possibile usufruire di un'unica modalità di pagamento per i diversi servizi di mobilità;
- l'offerta di *mobility packages* o *mobility bundles* (pacchetti di mobilità), quando gli utenti possono pre-acquistare come unico prodotto l'utilizzo di diverse modalità di trasporto, pagando un importo che dipende dalla combinazione di modi di trasporto scelti e dalla quantità di offerta acquistata, in termini di numero di corse, tempo trascorso o percorrenze chilometriche.

Un sistema MaaS può, quindi, giungere ad un alto livello di integrazione quando sussiste la compresenza di questi quattro elementi. Altrimenti, si hanno schemi di MaaS che possiedono solo una, due o al più tre delle caratteristiche di integrazione riportate.

In Kamargianni *et al.* (2016) è riportata una panoramica sui servizi MaaS attualmente esistenti nelle città europee e sul loro livello di integrazione.

A Bruxelles, in Belgio, il servizio di car sharing “Cambio” insieme alla compagnia di trasporto pubblico e di bike sharing “STIB” hanno creato una piattaforma MaaS che prevede la sola integrazione dei titoli di viaggio: una stessa smart card è utilizzata per sfruttare le diverse modalità di trasporto. Un esempio di sola integrazione delle tecnologie e delle informazioni è quello della tedesca “Moovel” che comprende trasporto pubblico su gomma e su ferro, car sharing, autonoleggio, bike sharing e taxi, e che, attraverso un'unica applicazione per smartphones, facilita la pianificazione, la prenotazione e il pagamento del viaggio intermodale per tutti i servizi.

Un'integrazione più spinta è stata sperimentata ad Hannover, in Germania, con “Hannovermobil”, progetto ormai tramontato per i dissidi tra le compagnie, che integrava un abbonamento annuale al TPL con l'accesso al servizio di car sharing, la possibilità di sconto nell'utilizzo del servizio taxi e dei treni, noleggio-auto e parcheggio-bici nel centro cittadino. Un'unica fattura mensile e un'unica app per le informazioni in tempo reale facevano sì che oltre all'integrazione dei titoli di viaggio si avesse anche l'integrazione delle informazioni e dei sistemi di pagamento.

Un esempio di completa integrazione è la piattaforma MaaS “Ubigo”, testata nel 2012 nella città di Gothenburg, in Svezia, e oggi attiva a Stoccolma. Essa racchiude il servizio di trasporto pubblico locale, il servizio car sharing cittadino, il noleggio auto “Hertz”, il taxi

“Cabonline” è un servizio di noleggio mensile di biciclette. L’integrazione delle informazioni, del titolo di viaggio e delle modalità di pagamento sono realizzate attraverso un’unica applicazione: non solo è possibile prenotare i servizi, ma anche le auto del car sharing possono essere aperte con l’app. Gli utenti si abbonano, inoltre, a pacchetti mensili preparati su misura, il cui costo complessivo è determinato dal tempo di utilizzo e dalla distanza percorsa che si prevedono per ciascuna modalità. Ad esempio, il costo del trasporto pubblico è determinato come numero di biglietti giornalieri necessari in un mese, il car sharing come ore di utilizzo, il noleggio auto come giorni di noleggio e il taxi come distanza da potere percorrere. L’utente crea i propri pacchetti in base alle proprie esigenze e il prezzo del pacchetto è economicamente più conveniente dell’acquisto dei servizi in maniera separata. Durante ogni pianificazione del viaggio, l’utente può così effettuare una scelta più libera e consapevole delle modalità di trasporto da utilizzare, in base all’offerta del proprio pacchetto mensile.

Quindi, il paradigma MaaS non è più un concetto teorico ma ha trovato oggi attuazione in alcune città europee. La sfida di riunire tutte le modalità di trasporto in un unico piano di mobilità, che i viaggiatori possono sottoscrivere e prepagare per utilizzare al bisogno i diversi servizi di mobilità che la città e gli operatori pubblici e privati possono offrire, deve essere, quindi, affrontata dalla *governance* nelle *smart cities*.

Un approccio di multimodalità e integrazione deve essere da esse assolutamente perseguito, così come la Commissione Europea ha dichiarato nel 2017 (*Towards clean, competitive and connected mobility: the contribution of Transport Research and Innovation to the Mobility package*):

“Smart public transport services and systems can provide the backbone for future integrated smart mobility. Allowing multiple infrastructures to integrate and communicate with one another, can pave the way for ‘one stop shop’ platforms that consolidate multiple forms of transport and provide ‘mobility as a service’. Car-sharing schemes (both point-to-point and station-based networks) continue to grow in number throughout Europe, with automotive manufacturers and traditional rental-car companies currently dominating the market. A convergence of sharing providers and mobility services models is to be expected. Technological, socio-demographic and behavioural change are facilitating a move towards multimodal transport – combining walking, cars, buses, bikes, trains and other forms of shared transportation. Driven by the transition from “owning” to “using”, Mobility as a service (MaaS) enables multimodal mobility by providing user-centric information and travel services such as navigation, location, booking, payment and access that allow the user to consume mobility as a seamless service across all existing modes of transport. The transformation of transport and mobility services presents a unique opportunity to develop post-fossil, user-centric, smart systems based on access to individual, public, shared and active mobility, rather than ownership of private automobiles.

[...] Developing and testing smart integration of tariff structures, data and user interfaces as well as the disposition of rolling stock across these sectors is a central challenge, including new business models and scheduling, booking, navigating, ticketing and charging solutions.”

Tuttavia, durante la realizzazione di un sistema di trasporto integrato da considerarsi sistema MaaS, uno dei principali obiettivi da raggiungere è lo sviluppo di un'integrazione *smart* tra le strutture tariffarie.

### 6.3 Perché realizzare l'integrazione tariffaria tramite *mobility packages*?

Prima di addentrarsi nel caso studio, occorre comprendere il perché realizzare l'integrazione tariffaria tramite *mobility packages*.

L'obiettivo di un'integrazione tariffaria tra trasporto pubblico tradizionale e servizi di mobilità condivisa, infatti, può essere raggiunto con varie modalità, diverse a seconda del livello di integrazione che si vuole ottenere e della complessità di attuazione di tale strategia. La prima forma di integrazione tariffaria è quella costituita da un abbonamento congiunto tra TPL e servizi innovativi che non preveda di fatto una quota di iscrizione ulteriore e mantenga inalterate le tariffe d'utilizzo del car sharing e del bike sharing.

Un esempio è il sistema della città di Brema, in Germania, in cui gli utenti possono abbonarsi ai trasporti pubblici (tram e bus) attraverso la “Bremer Karte Plus”, una smartcard multimodale che funge sia da abbonamento al TPL che da smartcard per il car sharing. Per i possessori di tale abbonamento non vi sarà l'esborso di un'ulteriore quota di iscrizione al car sharing “Cambio”, attivo nel territorio cittadino.

Al momento di utilizzare il car sharing, l'utente, quindi, potrà accedere al servizio con la carta ma dovrà comunque effettuare il pagamento in funzione del tempo e dei chilometri percorsi in auto.

Come si può facilmente dedurre, tale integrazione di fatto non comporta grandi benefici all'utenza, in quanto il risparmio dovuto al non dover pagare la quota di iscrizione al servizio di mobilità condivisa non è sensibilmente percepito. Certamente in un ambito in cui vi sono diverse aziende, sia pubbliche che private, che operano nel settore dei trasporti, questa forma di integrazione tariffaria risulta di facile attuazione, in quanto i compromessi tra i diversi operatori non sono difficili da raggiungere.

Un'altra forma di integrazione tariffaria, in questo caso più spinta, è, come si è visto, quella che prevede l'offerta di “*mobility packages*”, grazie ai quali l'utente può acquistare la possibilità di utilizzare a determinate condizioni (un determinato numero di corse, un

determinato periodo di tempo, un determinato numero di chilometri) diversi modi di trasporto all'interno di un'area, ad un'unica tariffa.

Di fatto, questa rappresenta un'integrazione di modalità di abbonamento già presenti sul mercato sia per il TPL che per car e bike sharing. Infatti, la maggior parte degli abbonamenti del TPL integrato già seguono questa logica, permettendo all'utente di utilizzare più modalità di trasporto pubblico illimitatamente in un certo arco temporale ad una determinata tariffa. Inoltre, già alcune compagnie di car sharing, come "DriveNow", danno la possibilità di acquistare *prepaid packages*: l'utente può acquistare in anticipo un certo ammontare di minuti o ore di utilizzo al mese dell'auto condivisa ad una determinata tariffa.

Un'integrazione tariffaria tra TPL e servizi di mobilità condivisa di tal genere è stata già sperimentata in questi ultimi anni. Un esempio è il sistema MaaS "Whim", in Finlandia, che è operativo dal 2016. Gli utenti di "Whim" possono attualmente scegliere tra quattro tipi di pacchetti di mobilità.

Vi è un pacchetto "Urban", che, ad un prezzo di 59,70 € mensili, offre corse illimitate nei servizi di trasporto pubblico urbano entro una determinata area, corse in bike sharing illimitate se di durata inferiore ai 30 minuti, tariffe piatte (*flat rate*) per le corse in taxi e autonoleggio. Vi è un pacchetto "Student" che, ad un prezzo di 32,80 € mensili, offre agli studenti corse illimitate nei servizi di trasporto pubblico urbano entro una determinata area e adotta il paradigma "*pay as you go*" per tutte le altre modalità: l'utente può noleggiare una bici del bike sharing, usufruire di taxi e auto a noleggio alle normali tariffe e pagare direttamente dall'app.

È previsto un pacchetto "Weekend" dal costo di 399 € mensili, che offre incluso nel prezzo un'auto a noleggio nei fine settimana e uno sconto per l'utilizzo del taxi, più tutte le condizioni offerte con il pacchetto "Urban". Infine, vi è il pacchetto "Unlimited", che al costo di 699 € mensili, è presentato come un'alternativa moderna alla proprietà di un'autovettura: l'utente ha infatti accesso illimitato alla rete di trasporto pubblico, ai taxi e ai mezzi condivisi.

A suggerire la scelta dell'adozione di pacchetti di mobilità è la letteratura scientifica sull'argomento, che evidenzia i benefici di questi strumenti.

I pacchetti di mobilità appartengono, in genere, a una struttura tariffaria denominata "*flat rate pricing*", cioè tariffazione a tariffa piatta o forfettaria.

Tale sistema di tariffazione prevede che l'azienda associ al servizio offerto una tariffa fissa invece che una tariffa a consumo, strettamente dipendente dall'utilizzo che l'utente ha fatto del servizio.

Le tariffe forfettarie premiano la produttività: nel caso di un sistema di trasporto integrato, ciò significa che maggiore è il numero di pacchetti di mobilità acquistati maggiore è il ricavo per gli operatori di trasporto, in quanto non tutti i clienti che hanno acquistato un pacchetto di mobilità utilizzeranno i servizi per tutta la quantità di utilizzo acquistata.

La tariffa a consumo (*pay-per-use*), al contrario, non premia la produttività dell'azienda: il cliente pagherà solo per quanto ha effettivamente utilizzato e, quindi, non potranno esserci ulteriori margini di guadagno per le aziende di trasporto, se non quelli già previsti dalla tariffa applicata.

Un altro vantaggio della tariffazione a tariffa piatta è che le tariffe forfettarie sono trasparenti e facili da capire per i clienti: i clienti possono facilmente decidere se possono permettersi il servizio o meno. Con le tariffe orarie o chilometriche, invece, i clienti potrebbero dover spendere più di quanto si aspettano, il che può portare ad una certa insoddisfazione.

I consumatori solitamente scelgono la tariffa che massimizza il proprio *surplus* e, quindi, la tariffa che, per una data quantità di utilizzo, permette di risparmiare rispetto alle altre. Tuttavia, ci sono prove che molti utenti preferiscono una tariffa piatta anche se con una tariffa a consumo spenderebbero di meno (*bias* della tariffa piatta) e alcuni utenti, al contrario, preferiscono una tariffa a consumo anche se risparmierebbero con una tariffa piatta (*bias* della tariffa *pay-per-use*).

Diversi studi, come l'analisi fornita da Lambrecht e Skiera (2005), mostrano che il *bias* della tariffa piatta avviene con una maggiore regolarità e persistenza nel tempo rispetto al *bias* della tariffa *pay-per-use*. Tali ricercatori affermano che le potenziali cause di questo fenomeno possono essere classificate come "effetto assicurazione", "effetto tassametro", "effetto convenienza" e "effetto sovrastima". Per l'effetto assicurazione, i consumatori preferiscono la tariffa piatta poiché essa è un'assicurazione contro l'eventuale rischio di costi elevati in periodi di un utilizzo del servizio maggiore rispetto all'utilizzo medio. L'effetto tassametro è un fattore psicologico che porta i consumatori a godere maggiormente del servizio con una tariffa forfettaria piuttosto che con quella a consumo, poiché i costi sono prepagati e i viaggi percepiti come gratuiti: è chiamato "effetto tassametro" per l'analogia con il ticchettio del tassametro, che riduce il piacere di una corsa in taxi. L'effetto convenienza si verifica quando i consumatori ritengono che scegliere tra tariffe opzionali sia scomodo e scelgono una tariffa forfettaria perché è la più facile da capire. Infine, i consumatori che percepiscono l'utilizzo massimo e minimo come particolarmente elevato hanno maggiori probabilità di scegliere un tasso forfettario (effetto di sovrastima).

Hietanen (2014) sottolinea come l'offerta di pacchetti di mobilità sia un elemento imprescindibile delle piattaforme MaaS: queste, proprio come fanno gli operatori telefonici

con i propri pacchetti tariffari, possono offrire servizi che riflettano meglio le esigenze dei clienti raggruppandoli in un pacchetto. Il pacchetto di mobilità non solo fa sì che l'utente possa trovare la soluzione di mobilità che più si confà al suo stile di vita e alle sue abitudini, ma anche che i confini tra le diverse modalità di trasporto diventino sfumati o scompaiono completamente, permettendo all'utenza di sostituire con elasticità una modalità con un'altra, quando necessario.

La realizzazione di pacchetti di mobilità può, inoltre, fare aumentare il numero di clienti delle singole modalità incluse nel pacchetto.

Le prove a sostegno di ciò possono essere trovate nella letteratura scientifica riguardante gli abbonamenti ai sistemi di trasporto pubblico integrato: in fondo, gli abbonamenti possono essere visti come pacchetti di mobilità relativi al solo trasporto pubblico. Ad esempio, Axhausen *et al.* (2000) hanno riscontrato che possedere un abbonamento ha una relazione positiva significativa con l'utilizzo del trasporto pubblico. Inoltre, Simma e Axhausen (2001) hanno dimostrato che impegnarsi ad utilizzare una modalità specifica acquistando un abbonamento riduce l'utilizzo delle altre modalità. Ciò significa che le decisioni a lungo termine, come l'acquisto di un abbonamento mensile o stagionale, influenzano il comportamento di viaggio a breve termine.

Schad *et al.* (2005) hanno analizzato il comportamento degli utenti che acquistano *mobility packages* che includano non solo un abbonamento per il trasporto stagionale ma anche l'accesso al car sharing e al noleggio di auto a medio termine. I risultati hanno mostrato che quasi il 90% degli utenti del campione ha rinunciato alla propria auto e una parte degli utenti ha venduto l'auto nello stesso momento in cui ha acquistato un pacchetto di mobilità. I pacchetti di mobilità si sono dimostrati, quindi, uno strumento importante per fornire un servizio di mobilità a tutto tondo per quelle persone che già tendono ad utilizzare estensivamente il servizio di trasporto pubblico, permettendo loro di evitare il ricorso ad auto private.

Lo studio di Schad *et al.* (2005) sottolinea che, anche se non rinunciano completamente all'auto, gli utenti dei pacchetti mobilità riducono drasticamente il numero di viaggi effettuati in auto. L'offerta di trasporto di base per gli utenti del pacchetto di mobilità è, quindi, fornita dal trasporto pubblico e dalla bicicletta. Inoltre, gli utenti di questi pacchetti effettuano molti viaggi a piedi.

I clienti a cui i pacchetti di mobilità si rivolgono sono, quindi, per lo più, lavoratori ben istruiti, che vivono principalmente nel centro città e imparano facilmente a utilizzare i singoli componenti dei servizi nel pacchetto in base alle loro esigenze. Vivono in famiglie più numerose rispetto alla media e la loro sensibilità verso le tematiche ambientali è superiore

alla media. Potenziali clienti di sistemi MaaS che offrono *mobility packages* sono i possessori di patente che vivono in famiglie sprovviste di auto o con una disponibilità di auto soggetta a condizioni, oppure i possessori di patente che utilizzano però l'auto in misura inferiore alla media.

I pacchetti di mobilità possono, quindi, sostenere uno stile di vita “*car-free*” e aiutare a ridurre il numero di auto per nucleo familiare, evitando l'acquisto di auto aggiuntive.

#### 6.4 Il caso studio: l'analisi SWOT

Per indagare l'impatto che l'integrazione tariffaria tra trasporto pubblico e servizi di mobilità condivisa, potrebbe avere in una città italiana, si è fatto riferimento al caso studio della città di Palermo. Questa rappresenta un *unicum* nel suo genere, in quanto esiste un'unica azienda, l'AMAT S.p.A., che gestisce sia il trasporto pubblico via tram e bus che i servizi innovativi di bike e car sharing: in quest'ottica, la città potrebbe essere terreno fertile per la sperimentazione di un sistema tariffario integrato basato sull'offerta di *mobility packages* personalizzati in base alla categoria di utente. Al fine di determinare se sia fattibile per AMAT intraprendere un percorso di integrazione tariffaria dei diversi servizi offerti si è utilizzato il metodo dell'analisi SWOT (acronimo formato con le iniziali di *Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats*).

L'analisi SWOT è uno strumento di pianificazione strategica applicabile da un soggetto che debba assumere decisioni per il raggiungimento di un obiettivo, analizzando i fattori interni, cioè i punti di forza e le debolezze, (*Strengths* e *Weaknesses*) ed esterni, cioè le opportunità e le minacce (*Opportunities* e *Threats*), che influenzano il progetto. La paternità del metodo è stata attribuita ad Albert Humphrey, che lo ha applicato per la prima volta in un progetto di ricerca all'Università di Stanford fra gli anni '60 e '70. Si tratta, quindi, di un metodo consolidato per sviluppare un'idea, individuandone le criticità e le eventuali opportunità da cogliere, e comprendere se renderla concreta sia fattibile e conveniente.

La distinzione tra variabili endogene ed esogene è l'aspetto centrale dell'analisi:

- i punti di forza (*strengths*) sono i fattori interni su cui l'azienda dovrà puntare perché rappresentano l'aspetto attrattivo dell'idea da sviluppare; i punti deboli (*weaknesses*) sono, invece, quei fattori interni che l'azienda dovrà modificare, rimuovere o proteggere;
- le opportunità (*opportunities*) e le minacce (*threats*) sono quei fenomeni esterni che devono essere analizzati ed attentamente monitorati per tentare, nei limiti del possibile, di cogliere i benefici legati alle prime e di contenere i danni derivanti dalle seconde.

Nel valutare le variabili endogene occorre analizzare le risorse a disposizione (capitale, tempo, persone, processi, tecnologie) per comprendere se esse siano adeguate o sufficienti

al raggiungimento dell'obiettivo. Occorre valutare la struttura organizzativa dell'azienda o delle aziende coinvolte, per verificare se esse dispongono dei profili necessari o hanno bisogno di ampliare le competenze del personale e individuare nuovi ruoli. È necessario, altresì, valutare come avvengano all'interno dell'azienda i processi decisionali e gli scambi di informazione, ma anche determinare quali siano le politiche e le azioni da adottare per il raggiungimento dell'obiettivo.

Nel valutare le variabili esogene occorre, invece, analizzare l'ambiente culturale, sociale, politico, finanziario, tecnologico, economico, naturale, sia su scala locale che su scala globale; occorre valutare i cambiamenti, le mode e le tendenze che possono incidere sullo sviluppo dell'idea e analizzare percezioni e valori degli *stakeholders* esterni.

La semplicità dell'analisi SWOT consente di ottenere con facilità informazioni utili allo sviluppo di un'idea, attraverso una valutazione completa dello scenario con il quale l'azienda deve confrontarsi e nel quale andrà ad interagire con gli altri attori economici, fornendo, pertanto, una solida base alla fase iniziale di progettazione.

Il processo di analisi SWOT segue degli step successivi: muove i suoi primi passi dalla descrizione dell'idea; successivamente è necessaria la raccolta delle informazioni utili alla definizione di opportunità e minacce, punti di forza e debolezze; questi devono quindi essere determinati per sviluppare, infine, possibili interventi e strategie.

## 6.5 L'idea di integrazione tariffaria da attuare in AMAT

Al fine di effettuare l'analisi SWOT occorre precisare meglio come si debba implementare l'integrazione delle tariffe di tram, autobus, car e bike sharing, che AMAT dovrebbe sviluppare.

Una forma di integrazione tariffaria tramite pacchetti di mobilità risulta molto difficile da attuare qualora la platea di operatori interessati sia ampia e di diverso tipo. Raggiungere l'offerta di un pacchetto bilanciato tra le esigenze degli utenti e le esigenze delle diverse aziende di trasporto risulta un problema di non facile soluzione e anche la distribuzione delle entrate risulta un grattacapo per gli operatori coinvolti.

Nel caso di Palermo, però, l'AMAT gestisce sia il trasporto pubblico (bus e tram) che i servizi di mobilità condivisa. Ciò comporta il fatto che non ci sarebbero tutti quei problemi legati alla presenza di svariati operatori: subire svantaggiosi compromessi, trovare un equo sistema di distribuzione delle entrate, bilanciare i pacchetti di mobilità in maniera tale che nessun vettore di trasporto risulti penalizzato. Rimane, altresì, il problema di creare un pacchetto di mobilità che da un lato attragga l'utenza con una promessa di risparmio e

dall'altro non riproduca entrate inferiori a quelle che si avrebbero se i servizi venissero utilizzati singolarmente.

AMAT potrebbe adottare, quindi, una forma di integrazione tariffaria di questo tipo, caricando in un'unica smart card o in un'unica applicazione l'abbonamento all'autobus, al tram, al bike sharing e al car sharing, in modo tale da consentire a pendolari e viaggiatori di spostarsi nel territorio urbano utilizzando mezzi diversi con un'unica tessera o un'unica piattaforma.

Trascurando in un primo momento la modulazione dei pacchetti di mobilità, cioè la determinazione quantitativa della relazione che esiste tra i titoli di viaggio e la quantità di trasporto acquistata, sono state considerate le seguenti tipologie di pacchetti di mobilità, con cui AMAT potrebbe differenziare l'offerta di trasporto:

- Bus + Tram;
- Bike Sharing + Car sharing;
- Bus + Tram + Bike Sharing;
- Bus + Tram + Car Sharing;
- Bus + Tram + Bike Sharing + Car Sharing.

Tali tipologie di pacchetti tendono ad essere rivolte ad utenti che hanno esigenze di mobilità diverse.

Il pacchetto "Bus + Tram" è attualmente esistente nella forma di unico abbonamento ai due sistemi ed è destinato a coloro i quali non hanno interesse nell'utilizzo dei sistemi di mobilità condivisa, in quanto la maggior parte dei loro percorsi quotidiani sono serviti dal TPL, a coloro i quali non possono utilizzarli (non possessori di patente, anziani), a coloro i quali non possono permettersi di effettuare ulteriori spese per la mobilità.

Anche il pacchetto "Bike Sharing + Car Sharing" è già esistente, anche se l'integrazione tariffaria è relativa alla sola quota di abbonamento, che è unica, e all'utilizzo di una stessa app per effettuare prenotazioni e pagamenti.

Il nuovo pacchetto "Bus + Tram + Bike Sharing" potrebbe essere rivolto agli studenti, più abituati all'utilizzo delle biciclette, a chi ha una vita attiva e a chi deve trovare una soluzione agli spostamenti di ultimo miglio.

Il nuovo pacchetto "Bus + Tram + Car Sharing" sarebbe rivolto, invece, principalmente a chi, pur spostandosi principalmente con il trasporto pubblico, ha frequentemente l'esigenza di spostarsi con maggiore comodità (si pensi a chi deve portare carichi pesanti, fare la spesa, prendere i figli a scuola), con maggiore flessibilità (slegandosi dagli orari fissi di bus e tram) o in zone non servite dal TPL. Principalmente sarà, quindi, rivolto ai professionisti e alle

famiglie, ed in generale a chi mette in atto una mobilità più complessa nello spazio e nel tempo.

L'ultima tipologia di pacchetto è quella comprensiva di tutte e quattro le modalità di trasporto ed è, quindi, rivolta a chi, pur avendo esigenze di mobilità spesso diverse, vuole rinunciare all'uso dell'auto privata, affidandosi al sistema di trasporto integrato.

## 6.6 La matrice SWOT

Una volta definita la strategia di integrazione tariffaria che AMAT dovrebbe portare avanti, sono stati studiati l'ambiente interno e l'ambiente esterno e si sono identificati punti di forza, punti di debolezza, opportunità e minacce. Pertanto, sono stati identificati tutti quei fattori che potrebbero portare al successo o all'insuccesso della strategia di integrazione tariffaria e in generale all'insuccesso della creazione del sistema di trasporto integrato formato dal trasporto pubblico locale e dai servizi di mobilità condivisa.

Essi sono riportati in Tab. 61.

Tabella 61. Analisi SWOT.

<b>AMBIENTE INTERNO</b>	<i>Strenghts</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento dell'utenza per AMAT per una maggiore attrattività del servizio;</li> <li>• Maggiore competitività dei servizi offerti;</li> <li>• Maggiore flessibilità e adattabilità del sistema integrato alle esigenze di mobilità dell'utenza (offerta più variegata);</li> <li>• Maggiore adattabilità delle tariffe alle esigenze dell'utenza;</li> <li>•Cogliere con maggiore facilità la disponibilità a pagare di varie categorie di utenti;</li> <li>• Facilità di accesso a servizi diversi tra loro;</li> <li>• Comodità e convenienza per l'utenza di avere un unico titolo di viaggio per diversi servizi;</li> <li>• Sviluppo di un'unica piattaforma;</li> <li>• Miglioramento della qualità del servizio offerto;</li> <li>• Smartcard e app per smartphones sono già utilizzati da AMAT, che possiede quindi un <i>know-how</i> pregresso;</li> <li>• Monitoraggio più puntuale della domanda di mobilità da poter utilizzare per ottimizzare l'offerta di trasporto pubblico;</li> <li>• Nessuna validazione con la smart card è necessaria ogni mese su bus e tram;</li> <li>• Miglior controllo dell'evasione;</li> <li>• Possibilità di crescita per i servizi di <i>sharing mobility</i>, meno conosciuti del TPL come alternative modali;</li> <li>• L'utente può far fronte a inconvenienti e disservizi di un sistema utilizzandone un altro che rientra nel suo abbonamento;</li> <li>• Non è necessario un sistema di ripartizione dei proventi in quanto i quattro modi di trasporto sono gestiti da AMAT;</li> <li>• Un unico operatore coinvolto significa processi decisionali facilitati e soluzioni senza compromessi;</li> <li>• Migliore accessibilità al territorio (possibilità di colmare i <i>gap</i> del servizio - orari notturni, giorni festivi - e coprire zone non servite dal TPL);</li> <li>• Soluzione al problema dell'ultimo miglio;</li> <li>• L'accessibilità del sistema di trasporto pubblico si estende grazie al car sharing anche oltre l'area urbana;</li> <li>• Presenza di stalli di sosta riservati al car sharing e cicloparcheggi di bike sharing in prossimità di fermate e capolinea di autobus e tram;</li> <li>• Possibilità di fidelizzazione degli utenti e di creazione di una <i>community</i>.</li> </ul>
-------------------------	------------------	---

<b>AMBIENTE ESTERNO</b>	<b>Weaknesses</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Difficoltà nell'identificazione di un pacchetto di mobilità bilanciato tra le esigenze dell'utente e le esigenze dell'azienda;</li> <li>• Necessaria un'innovazione tecnologica per il TPL; in particolare l'installazione di nuovi dispositivi su autobus e tram e l'introduzione di smart card.</li> <li>• Necessaria l'interoperabilità dei dispositivi di lettura delle smart card presenti a bordo dei diversi mezzi;</li> <li>• L'integrazione tariffaria deve andare di pari passo con l'integrazione delle infrastrutture, dei servizi e delle informazioni;</li> <li>• Difficoltà per l'azienda di gestire diversi biglietti, abbonamenti e tariffe;</li> <li>• Difficoltà degli utenti ad approcciarsi ad un sistema tariffario complesso;</li> <li>• Necessità di pubblicizzare e comunicare chiaramente le nuove tipologie di abbonamento e le tariffe (costo nell'istituzione di campagne pubblicitarie);</li> <li>• Difficoltà per AMAT nel gestire due diversi modi di accesso ai servizi di <i>sharing mobility</i> da parte degli utenti (servizio con abbonamento mensile "flat rate" e servizio a consumo "pay per use");</li> <li>• Difficoltà nella gestione delle precedenti iscrizioni ai servizi di mobilità condivisa;</li> <li>• Per l'utenza non c'è più corrispondenza tra tariffa e uso dei veicoli di car e bike sharing;</li> <li>• Difficoltà nel gestire un numero maggiore di prenotazioni di car e bike sharing fatte con breve anticipo;</li> <li>• Possibile sottodimensionamento delle flotte di bike e car sharing;</li> <li>• Possibile sottodimensionamento di parcheggi riservati a bike e car sharing;</li> </ul>
	<b>Opportunities</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Riduzione del numero di auto private in circolazione e in sosta;</li> <li>• Cambio di paradigma: dalla proprietà alla condivisione;</li> <li>• Riduzione delle percorrenze chilometriche dei veicoli privati;</li> <li>• Riduzione dell'inquinamento;</li> <li>• Riduzione dell'incidentalità;</li> <li>• Riduzione dei fenomeni di congestione;</li> <li>• Riqualificazione degli spazi attribuiti a parcheggio;</li> <li>• Stile di vita più attivo per i cittadini;</li> <li>• Esempi positivi di altre città;</li> <li>• Crescente popolarità dei sistemi condivisi e della bicicletta;</li> <li>• Applicazione di politiche sempre più restrittive nei confronti dell'auto (ZTL e parcheggi a pagamento), che spingono a guardare ad alternative modali;</li> <li>• Creazione di un'immagine complessiva del sistema di trasporto pubblico urbano.</li> </ul>
	<b>Threats</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Possibili effetti negativi di <i>shift</i> modale da un mezzo a minor impatto ad uno a maggior impatto ambientale.</li> <li>• Necessità di un interessamento da parte dell'amministrazione pubblica;</li> <li>• Necessità di fondi per coprire eventuali perdite dovute alle minori entrate ricavate dai servizi di mobilità condivisa.</li> <li>• Scarsità di fondi pubblici;</li> <li>• Assenza di piste ciclabili e percorsi sicuri;</li> <li>• Mancanza di opportunità di cambiarsi i vestiti o fare una doccia nei luoghi di lavoro;</li> <li>• Senso di sfiducia nei confronti del TPL;</li> <li>• Radicato uso dell'autovettura privata a Palermo: alto tasso di motorizzazione;</li> <li>• Scarsa cultura all'uso di servizi di <i>sharing mobility</i>.</li> </ul>

I fattori elencati possono essere sintetizzati, pervenendo alla matrice SWOT, riportata in Tab. 62.

Tabella 62. La matrice SWOT.

	<b>Fattori positivi</b>	<b>Fattori negativi</b>
<b>Fattori interni</b>	<p><i>Strengths</i></p> <p>S1 Incremento del numero di utenti</p> <p>S2 Flessibilità</p> <p>S3 Unico operatore</p> <p>S4 Facile accesso con un'unica piattaforma</p>	<p><i>Weaknesses</i></p> <p>W1 Bilanciamento dei pacchetti di mobilità</p> <p>W2 Sfida tecnologica</p> <p>W3 Sistema tariffario complesso</p> <p>W4 Sottodimensionamento dei servizi di mobilità condivisa</p>
<b>Fattori esterni</b>	<p><i>Opportunities</i></p> <p>O1 Cambio di paradigma: dalla proprietà alla condivisione</p> <p>O2 Esempi positivi nelle altre città</p> <p>O3 Politiche di mobilità</p> <p>O4 Immagine unitaria del sistema di trasporto integrato</p>	<p><i>Threats</i></p> <p>T1 Problematiche ambientali</p> <p>T2 Disinteresse da parte della Pubblica Amministrazione</p> <p>T3 Barriere culturali</p> <p>T4 Inadeguate infrastrutture ciclabili</p>

Si analizzano nel dettaglio i fattori individuati.

- S1 - Incremento dell'utenza

Grazie ad un servizio più attrattivo e ad un'incrementata competitività dei servizi offerti da AMAT è possibile accrescere il numero degli utenti. Un sistema di integrazione tariffaria intercetta, più facilmente di altri aspetti, la disponibilità di varie categorie di clienti di pagare per avvalersi di un servizio e determina un incremento degli utenti. L'integrazione tra autobus, tram, car sharing e bike sharing conduce ad un miglioramento della qualità del servizio e alla creazione di una *community* di utenti fidelizzati.

Un maggior numero di utenti rappresenta, inoltre, la possibilità di sviluppare maggiormente i servizi di mobilità condivisa, meno conosciuti come alternative modali rispetto al trasporto pubblico. L'uso di smart card o di APPs per acquistare biglietti determina un miglior controllo sugli evasori e un incremento degli utenti paganti. Un sistema integrato migliora l'accessibilità territoriale ovvero, da un lato, offre la possibilità di riempire i vuoti lasciati dal servizio pubblico come, per esempio, le fasce orarie notturne e i giorni festivi e, dall'altro, ha la capacità di coprire aree non servite dal servizio pubblico, attraverso il car sharing e il bike sharing, fornendo, al contempo, una soluzione al problema dell'ultimo miglio. Inoltre, l'accessibilità del servizio di trasporto pubblico viene esteso oltre l'area urbana,

grazie a servizi di mobilità condivisa, quali il car sharing e il bike sharing. La presenza di aree di parcheggio riservate alle autovetture del car sharing e rastrelliere riservate alle bici del bike sharing, in prossimità di fermate e capolinea di autobus e tram, rende il sistema di trasporto pubblico sicuramente più attrattivo.

- S2 - Flessibilità

Un sistema di trasporto integrato possiede una maggiore flessibilità e adattabilità ai bisogni di mobilità degli utenti, in quanto fornisce un'offerta più vasta; anche il sistema tariffario integrato determina una maggiore versatilità delle tariffe che possono essere modulate sui bisogni degli utenti.

Inoltre, flessibilità significa anche che l'utente, nel caso in cui si verificano problemi o interruzioni nel servizio di cui si sta avvalendo, ha la possibilità di usufruire di un altro servizio che fa parte del pacchetto di mobilità.

- S3 - Unico operatore

Non è necessario un sistema di distribuzione delle entrate in quanto le quattro modalità di trasporto sono tutte gestite dall'azienda municipalizzata AMAT. Il coinvolgimento di un unico operatore permette processi decisionali più semplici e consente, inoltre, di trovare soluzioni senza l'esigenza di scendere a compromessi con altri partners.

- S4 - Facile accesso

L'integrazione tariffaria e lo sviluppo di una singola piattaforma permette un facile accesso ai differenti servizi offerti dall'azienda. L'utilizzo del servizio e il pagamento tramite un'unica piattaforma risultano più comodi e convenienti per l'utente che, con un solo biglietto, ha la possibilità di avvalersi dei vari servizi di trasporto.

Smartcards e APPs per smartphone sono già usati da AMAT che possiede un *know-how* pregresso. Se ci si avvale di smartcards e APPs non è richiesta alcuna validazione mensile sugli autobus e sui tram; inoltre, l'utilizzo di smartcards e APPs consente un monitoraggio più preciso della domanda di mobilità, che può essere sfruttato per ottimizzare l'offerta del trasporto pubblico.

- W1 – Bilanciamento dei pacchetti di mobilità

Con un sistema di trasporto integrato può verificarsi una difficoltà nell'identificazione di pacchetti di mobilità bilanciati tra le esigenze dell'utente e le esigenze dell'azienda.

- W2 - Sfida tecnologica

La decisione di implementare un sistema di trasporto integrato implicherebbe, per il sistema di trasporto pubblico, la necessità di investire in innovazione tecnologica; in

particolar modo, sarebbe necessario installare nuovi dispositivi su autobus e tram e introdurre le smart cards ovvero sarebbe necessaria l'interoperabilità dei dispositivi di lettura delle smart card presenti a bordo dei diversi mezzi. Inoltre, lo sviluppo di un'unica app per l'acquisto di biglietti per i vari modi di trasporto e di pacchetti di mobilità, nonché per fornire informazioni agli utenti, sarebbe di certo una sfida. L'integrazione tariffaria deve svilupparsi, di conseguenza, di pari passo all'integrazione delle infrastrutture, dei servizi e delle informazioni.

- W3 - Un complesso sistema tariffario

Un complesso sistema tariffario comporta la difficoltà per l'azienda di gestire diverse tipologie di biglietti, abbonamenti e tariffe e la difficoltà per gli utenti ad approcciarsi ad un sistema tariffario molto variegato; e ne consegue, inoltre, l'onere necessario per l'azienda di pubblicizzare e comunicare chiaramente i nuovi tipi di abbonamenti e tariffe, dovendo inevitabilmente sostenere i costi per una campagna pubblicitaria.

Una delle maggiori difficoltà che si presenterebbe all'azienda, con l'implementazione di un complesso sistema tariffario per un sistema di trasporto integrato, sarebbe rappresentata, in particolar modo, dalla difficoltà di gestire due diversi modi di accesso da parte degli utenti ai servizi di mobilità condivisa: il servizio tramite pacchetti di mobilità con abbonamento mensile, "*flate rate*", e il servizio a consumo "*pay per use*". Un'altra difficoltà invece sarebbe sicuramente rappresentata dal modo in cui gestire le precedenti iscrizioni ai servizi di mobilità condivisa. Occorrerebbe, per esempio, valutare l'ipotesi di dover rimborsare l'abbonamento annuale già eventualmente stipulato.

Dal punto di vista dell'utenza invece, si riscontrerebbe, probabilmente, il disagio nella impossibilità di trovare una corrispondenza chiara tra la tariffa e l'uso dei servizi di car e bike sharing. Infatti, nei sistemi di car e bike sharing la tariffa è strettamente legata all'uso che si fa del mezzo; con l'introduzione dell'integrazione tariffaria con il TPL, gli utenti potrebbero provare fastidio nell'acquistare un abbonamento mensile integrato, la cui tariffa sia sproporzionata all'effettivo utilizzo dei veicoli condivisi. Questo accade perché il pacchetto di mobilità andrebbe pagato in anticipo acquistando un monte di ore spendibili in auto o bici condivisa, il quale non è detto che venga poi effettivamente sfruttato integralmente.

- W4 - Sottodimensionamento dei servizi di mobilità condivisa

Come conseguenza dell'incremento dell'utenza, il numero dei veicoli che compongono la flotta dei servizi di car sharing e bike sharing, così come il numero delle aree di sosta a loro riservate, potrebbe diventare insufficiente. Inoltre, l'azienda

potrebbe riscontrare delle difficoltà nella gestione di un grande numero di prenotazioni per i servizi di mobilità condivisa, effettuate con un più breve anticipo. Infatti, il possedere un unico abbonamento potrebbe condurre gli utenti a servirsi in maniera più estemporanea dei servizi di car e bike sharing in risposta, ad esempio, ad una corsa saltata del TPL.

- O1 - Cambio di paradigma: dalla proprietà alla condivisione

L'introduzione di un sistema di trasporto integrato condurrebbe alla modifica del paradigma occidentale delle auto di proprietà. Ciò rappresenterebbe, senz'altro, un'opportunità da poter sfruttare. L'opportunità di ridurre il numero di veicoli privati in circolazione e in sosta, riducendo, di conseguenza, le percorrenze chilometriche di quest'ultime, l'inquinamento, il traffico e gli incidenti. Tutto ciò condurrebbe alla riqualificazione degli spazi momentaneamente dedicati alla sosta dei veicoli e allo sviluppo di stili di vita più attivi da parte dei cittadini.

- O2 - Esempi positivi di altre città

Un'opportunità è la presenza di molti esempi di integrazione tariffaria nelle altre città: esistono esperienze consolidate e *best practices* da poter seguire. Inoltre, in ambito urbano c'è una crescente popolarità della modalità ciclabile e dei servizi di mobilità condivisa.

- O3 - Politiche di mobilità

L'applicazione di politiche sempre più restrittive nei confronti delle auto (ZTL e parcheggi a pagamento) spinge gli utenti a cercare alternative modali: il sistema di trasporto integrato rappresenterebbe sicuramente una delle alternative più attraenti.

- O4 - Un'immagine unitaria del sistema di trasporto urbano

L'integrazione tariffaria comporterebbe la creazione, nella mente dei cittadini, di un'immagine più unitaria del sistema di trasporto urbano.

- T1 - Problematiche ambientali

L'integrazione tariffaria potrebbe produrre però un impatto negativo sull'ambiente. L'azienda, infatti, per garantire l'attrattiva dell'abbonamento per i servizi di trasporto integrato, modificando quindi l'attuale tariffa "*pay per use*" con una "*flat rate*", farebbe di certo pagare all'utenza meno rispetto a quanto, in proporzione, spenderebbe senza integrazione. Ciò potrebbe indurre gli utenti che abitualmente si avvalgono di mezzi di trasporto a basso impatto ambientale, come l'autobus e il tram, a preferire forme con un più alto impatto ambientale come il car sharing.

- T2 - Disinteresse della pubblica amministrazione

Due grandi ostacoli per il trasporto pubblico integrato potrebbero essere rappresentati dal disinteresse della pubblica amministrazione e dal conseguente calo dei finanziamenti pubblici. Infatti, per coprire eventuali perdite dovute ai minori ricavi ottenuti dai servizi di mobilità condivisa e per coprire le necessarie spese affrontate dall'azienda per far funzionare il nuovo sistema (infrastrutture, apps e sistemi informativi), sono indispensabili importanti investimenti pubblici. Il passaggio da un sistema tariffario “*pay per use*” ad un sistema tariffario “*flat rate*” implica il fatto che l'azienda decida di far pagare di meno il servizio offerto rispetto ad un servizio senza integrazione, per garantire l'attrattiva dell'abbonamento.

- T3 - Barriere culturali

Nella città di Palermo si registra un uso eccessivo di veicoli privati e un conseguente alto tasso di motorizzazione. Inoltre, i cittadini, utenti e non utenti del servizio di trasporto pubblico, non ritengono affidabili i servizi di trasporto offerti dall'amministrazione comunale e di conseguenza, decidono di non affidarsi.

- T4 Inadeguate infrastrutture ciclabili

Purtroppo, la città di Palermo non presenta un numero sufficiente di piste ciclabili e percorsi sicuri per le biciclette. E, in una prospettiva ancora più globale, si evidenzia la difficoltà, per i lavoratori che scelgono o sceglierebbero di muoversi in bici, di poter usufruire di uno spazio in cui cambiarsi i vestiti e farsi una doccia, una volta raggiunto il luogo di lavoro.

Dopo aver identificato i punti di forza e i punti di debolezza di un sistema di trasporto integrato, le possibili opportunità e i possibili ostacoli che questo potrebbe dover affrontare, si è deciso di analizzare unitariamente tutti questi fattori, al fine di sviluppare strategie e individuare possibili interventi. Sono state individuate le seguenti strategie:

- S1-T3) Il primo punto di forza che è stato individuato, ovvero l'incremento dell'utenza, potrebbe essere rallentato dalla barriera culturale: i possibili utenti nutrono una forte diffidenza nei confronti del servizio di trasporto pubblico, non sono abituati ad utilizzare i servizi di mobilità condivisa e troppo spesso usano auto private. La strategia per ovviare a questa problematica potrebbe prevedere due azioni: il rafforzamento del servizio pubblico, in modo tale da accrescere la fiducia degli utenti; e l'avvio di una accurata campagna pubblicitaria che metta in evidenza i benefici ambientali e la convenienza economica che deriverebbe dall'implementazione di un sistema di trasporto integrato.
- S1-T4) Altro aspetto che potrebbe certamente ostacolare l'atteso incremento dell'utenza è rappresentato dall'inadeguatezza delle infrastrutture ciclabili. Risulta,

quindi, evidente la necessità di adeguare le piste ciclabili esistenti, realizzarne di nuove e assicurare percorsi sicuri ai ciclisti.

- S2-T1) È stato evidenziato come, una maggiore flessibilità nelle possibilità di scelta tra modalità differenti di trasporto potrebbe portare gli utenti a preferire, all'interno del pacchetto di mobilità, mezzi di trasporto con un più alto impatto ambientale, come le auto del servizio di car sharing. Per evitare questo possibile scenario si potrebbe prevedere un sistema tariffario strutturato in modo tale da indirizzare la scelta degli utenti verso la mobilità dolce (come per esempio le biciclette del bike sharing).
- S3-T2) La presenza di un unico operatore potrebbe rendere più facile il rapporto con la pubblica amministrazione.
- S4-T2) Uno dei punti di forza messi precedentemente in evidenza, ovvero il facile accesso da parte dell'utenza ai vari servizi offerti dall'azienda, potrebbe essere ostacolato dalla difficoltà di avvalersi di fondi pubblici. Lo sviluppo di una piattaforma unica, semplice e accessibile per l'utente, sarebbe impossibile senza adeguati finanziamenti. Pertanto, risulta necessario catturare l'interesse degli *stakeholders* e dei responsabili politici.
- W1-O2) La difficoltà nell'identificare un pacchetto di mobilità bilanciato sulle esigenze dell'utente potrebbe essere superata prendendo come esempio pacchetti di mobilità ideati per sistemi di trasporto di città comparabili con la città di Palermo.
- W3-O2) Lo studio e la comparazione con sistemi di trasporto pubblico di città simili alla città di Palermo potrebbero essere utili per superare la difficoltà che si presenterebbe, implementando un sistema di trasporto integrato, nella gestione di un complesso sistema tariffario.

## 6.7 Progettazione dei pacchetti di mobilità

Una volta deciso che l'integrazione tariffaria debba avvenire attraverso l'adozione di pacchetti di mobilità, analizzati i punti di forza di questa idea ed elaborate le strategie per attenuare le possibili criticità, una delle principali incognite è come progettare i cinque pacchetti di mobilità delineati e capire se i cittadini di Palermo saranno attratti da questa nuova tipologia di sistema di trasporto pubblico integrato.

Gran parte della letteratura esistente, come abbiamo visto, ha assunto che le innovazioni chiave alla base dei sistemi MaaS nell'integrazione delle modalità di trasporto pubbliche e private siano sufficientemente attraenti per i consumatori. Anche se questo può essere vero,

è importante indagare empiricamente se i cittadini siano disposti ad effettuare la transizione dai servizi di trasporto convenzionali ai pacchetti MaaS.

Secondo Šipuš e Abramović (2018), i modelli per la pianificazione dei sistemi tariffari nel trasporto pubblico mirano a massimizzare la domanda, il reddito, il profitto e il benessere sociale. Anche la progettazione di pacchetti di mobilità per un sistema di trasporto integrato deve perseguire gli stessi obiettivi.

Un importante contributo teorico nella progettazione di pacchetti di mobilità e nell'implementazione di MaaS lo ha fornito Hensher (2017) che ha evidenziato come occorra fare attenzione alle tre B: *bundle*, *budget* e *broker*.

Bisogna progettare i *bundles*, cioè i pacchetti di mobilità, facendo sì che i clienti possano disporre di un volume definito di accesso a ciascuna modalità di trasporto, con un livello di servizio specificato e un alto livello di personalizzazione. I pacchetti di mobilità possono, quindi, essere venduti come abbonamenti o come opzioni di pagamento in base al consumo (formula *pay-per-use*) e possono essere personalizzati in base all'età, all'occupazione o alla posizione, per adattarsi ai diversi segmenti di mercato. Con *budget* ci si riferisce alla conoscenza delle preferenze dell'utente e del suo comportamento, che aiuta a determinare la disponibilità a pagare dell'utenza di fronte a vari pacchetti di mobilità, ma anche alla redditività commerciale. Infine, con *broker* si fa riferimento alla scelta dei modelli di business attorno ai quali verrà fornito un servizio MaaS, nonché all'analisi del potenziale per i nuovi operatori e alle implicazioni sui contratti di trasporto pubblico esistenti.

Nel progettare i pacchetti di mobilità è necessario, quindi, stabilire quali tra quelli commercialmente fattibili possano essere creati e commercializzati, quanto debba essere grande il risparmio sui costi di viaggio affinché i clienti aderiscano ai piani di mobilità, quanto per ciascuna offerta di mobilità (ore/km di car sharing, ore di bike sharing, giorni di utilizzo del trasporto pubblico, ecc...) l'utente sia disposto a pagare.

Nella progettazione di pacchetti di mobilità, devono essere considerate le diverse tipologie di clienti che ciascuna modalità di trasporto inclusa nei pacchetti mira a raggiungere e servire. Anche il motivo per cui i clienti scelgono un modo di trasporto per un certo tipo di viaggio deve essere preso in considerazione.

Deve essere stabilito quale sia il target di utenza dei pacchetti di mobilità: un tipico target è quello dei possessori di patente che non possiedono un'autovettura o vivono in famiglie con una sola auto che pertanto non possono avere sempre a disposizione.

Infine, tutti i costi sostenuti per gestire i servizi di mobilità devono essere considerati al fine di creare pacchetti di mobilità che trovino un equilibrio tra le esigenze dell'azienda e le

esigenze dei clienti. Anche trovare un equilibrio tra le esigenze dei clienti nuovi e quelli già esistenti dovrebbe essere una sfida da affrontare.

Occorre stabilire quanti utenti un servizio di questo genere potrà attrarre, quali saranno i cambiamenti nelle abitudini di mobilità e se l'adozione di pacchetti di mobilità potrà contribuire ad una riduzione del numero di auto di proprietà, provocando benefici alla collettività.

A tutti questi interrogativi vanno date delle risposte che sono strettamente collegate al contesto in cui sorge il servizio MaaS; in relazione al caso studio, ci si chiede, in sintesi, come i cinque pacchetti di mobilità previsti si debbano modulare in termini di tariffe e quantità di trasporto nel contesto palermitano.

Esiste un *gap* nella ricerca in questo campo, ma alcuni autori stanno iniziando a colmarlo con lo sviluppo di metodologie basate su esperimenti di scelta dichiarata (SP) per valutare i criteri di scelta dei clienti.

Ad esempio, Matyas e Kamargianni (2019) effettuano un'indagine sulla potenziale domanda di pacchetti MaaS a Londra, basandosi sull'analisi delle preferenze dichiarate dei cittadini ed affiancando ad essa una componente di preferenza rivelata, legata ai comportamenti di viaggio effettivi e determinata dall'analisi dei dati ricavabili dagli smartphone.

Poiché la personalizzazione dei pacchetti di mobilità è un elemento fondamentale, la metodologia per la creazione di tali pacchetti e la determinazione della domanda potrebbe seguire un approccio di studio sperimentale, attraverso il quale si potrebbe prevedere di offrire a un campione casuale di intervistati una serie di piani di mobilità personalizzati e chiedere loro di scegliere il piano che utilizzerebbero in base alle loro attuali esigenze di viaggio, come l'approccio usato da Ho *et al.* (2018).

Nonostante la pandemia di SARS-COV2 non abbia permesso di compiere le fasi seguenti della ricerca, si è scelto, comunque, di dare un'impostazione teorica al problema, qui di seguito espressa.

Prendendo come basi di partenza le due ricerche citate, si potrebbe pensare di progettare uno strumento di indagine adatto a valutare la propensione all'utilizzo dei pacchetti MaaS e a verificare che i pacchetti creati siano effettivamente valutati positivamente dai possibili utenti.

Lo strumento di indagine, costituito da un semplice questionario, potrebbe essere suddiviso in cinque parti principali. La prima parte dovrebbe essere funzionale a raccogliere le informazioni sociodemografiche dell'intervistato: in particolare, il questionario dovrebbe contenere domande relative al codice postale, l'età, lo stato occupazionale, il sesso, il possesso di patente, il possesso di smartphone, il possesso di un abbonamento a un servizio

di mobilità condivisa o al trasporto pubblico, numero di autovetture in famiglia e struttura della famiglia.

La seconda parte dovrebbe essere volta a raccogliere informazioni circa le abitudini di mobilità: prendendo in considerazione una settimana tipo, si potrebbe chiedere di indicare per ogni giorno della settimana il numero di viaggi di sola andata intrapresi utilizzando diverse modalità (trasporto pubblico, car sharing, bike sharing, autovettura privata, motocicletta), la tariffa giornaliera spesa per l'uso del trasporto pubblico, i costi giornalieri per le altre modalità, le percorrenze giornaliere e il tempo trascorso in auto, il costo giornaliero del parcheggio, nonché la modalità di accesso tipica e il tempo di accesso al trasporto pubblico.

Sulla base delle informazioni fornite nelle prime due parti, in particolare su quanto l'intervistato utilizza ciascun modo di trasporto e il possesso della patente di guida, nella terza parte si potrebbe proporre a ciascun intervistato un numero di piani di mobilità sotto forma di un'attività di scelta: gli utenti dovrebbero indicare quale piano preferiscono.

Le opzioni dovrebbero includere sempre anche un piano *pay-as-you-go* e l'opzione di non scegliere alcun piano in offerta. Se quest'ultima venisse selezionata, si potrebbe prevedere di sottoporre l'intervistato a una domanda riguardante il motivo per il quale non è disposto o interessato ad acquistare alcun piano.

Dopo aver completato i compiti di scelta, all'intervistato potrebbe essere offerta l'opportunità di creare il proprio piano di mobilità. Questo piano permetterebbe di comprendere se vi siano dei pacchetti di mobilità, diversi da quelli proposti, che vanno maggiormente incontro alle esigenze di mobilità di un ampio numero di utenti.

In questa quarta parte dello strumento di indagine, l'intervistato avrebbe, quindi, la possibilità di raggruppare diversi servizi di mobilità e diverse quantità di offerta in un pacchetto di mobilità che lo porterebbe sicuramente ad abbonarsi e ad utilizzare il sistema MaaS.

Con la quinta e ultima parte del sondaggio potrebbe essere indagata la propensione a cambiare le proprie abitudini di mobilità: si potrebbe chiedere ai cittadini, in particolare, come l'acquisto del pacchetto di mobilità scelto cambierebbe i loro schemi di viaggio (in termini di numero di viaggi con i mezzi pubblici, ore trascorse in auto, chilometri percorsi in auto, numero di noleggi del car sharing o del bike sharing) e se rinuncerebbero all'auto privata, qualora ne avessero avuto una.

Come detto, la sopraggiunta pandemia di SARS-COV2, purtroppo, non ha consentito di proseguire l'attività di ricerca in questa direzione, poiché l'indagine, non solo sarebbe risultata difficile da somministrare con le restrizioni esistenti, ma anche perché sarebbe stata

affetta da errori per le mutate abitudini di mobilità dei cittadini. Si auspica che nel prossimo futuro si possa realizzare quanto qui teorizzato.

## 6.8. Integrazione o competizione con il trasporto pubblico nel futuro?

Tutto ciò che fin qui si è delineato, cioè una visione in cui la città debba favorire l'integrazione dei servizi di mobilità condivisa con il trasporto pubblico in una logica di *Mobility as a Service*, potrebbe in realtà essere messo in discussione da un contesto della mobilità urbana che potrebbe radicalmente mutare nel prossimo futuro.

Come diversi ricercatori hanno sottolineato e come le tendenze nel settore dell'industria automobilistica indicano, infatti, il futuro delle automobili è elettrico, autonomo e, anche, condiviso.

Le auto condivise a guida autonoma trasformeranno il trasporto in ambito urbano, cambieranno la configurazione delle strade, plasmeranno le città e rivoluzioneranno il modo di vivere dei suoi abitanti: entreranno, in sintesi, a far parte delle cosiddette “*disruptive technologies*”, quelle tecnologie dirompenti, come l'automobile, il telefono, internet e gli smartphones, che in pochi anni mettono in moto rivoluzioni radicali della società, creando nuove opportunità di lavoro e spazzando via interi comparti produttivi, resi obsoleti.

I veicoli condivisi elettrici a guida autonoma modificheranno il volto delle città intelligenti mediante il ripensamento delle infrastrutture stradali e degli spazi urbani, con strade ricche di sensori e fonti continue di informazione, e meno spazi necessari alla sosta; essi contribuiranno alla sostenibilità ambientale delle città, costituendo, grazie ai sistemi di alimentazione elettrica, una modalità di trasporto a impatto ridotto sull'ambiente; le auto a guida autonoma cambieranno il rapporto che gli utenti della strada hanno con le autovetture, scardinando definitivamente il concetto di proprietà e facendo sì che nella mente dei cittadini al pensiero dell'automobile si associno nuove funzionalità e nuove esperienze.

Le auto a guida autonoma rivoluzioneranno anche il mondo dei servizi di mobilità condivisa, eliminando la distinzione attualmente presente tra car sharing, ride sharing e servizio taxi. Infatti, ciò che differenzia questi tre servizi è, in fin dei conti, il conducente: nel car sharing è l'utente che guida il mezzo; nel ride sharing, l'utente si affida a un conducente che può essere un conoscente (car pooling) o un privato in cerca di guadagno (*ride hailing*); nel servizio taxi, infine, l'utente si affida a un tassista, fornito di regolare licenza.

Di fatto, se non vi è un conducente dell'autovettura, queste tre modalità si riducono ad un'unica modalità di trasporto, che prevede solamente la condivisione in sequenza di un mezzo da parte di diversi utenti.

Se in futuro, quindi, le auto private diventeranno una rarità, la diffusione di un modello di condivisione di taxi autonomi ed elettrici potrebbe rappresentare una vera e propria opportunità per le aziende di car sharing; tali aziende hanno, infatti, una marcia in più rispetto ai *competitors* del ride sharing e del servizio taxi tradizionale, poiché, rispetto a questi ultimi, che basano il loro valore sulla figura del conducente, essi hanno il loro punto di forza nella flotta che possiedono.

Di fatto, la gestione di una flotta di autovetture autonome non si differenzerebbe molto da una flotta di autovetture non automatizzate, e le aziende di car sharing potrebbero, quindi, continuare ad offrire ai propri clienti un servizio non radicalmente dissimile da quello che attualmente gestiscono. Pertanto, le aziende di car sharing sono quelle che meno dovrebbero trasformarsi per riuscire ad avere successo nel nuovo settore, potendo offrire all'utenza un servizio di auto autonome condivise in un tempo più breve, a prezzi più competitivi e garantendo una maggiore affidabilità, dovuta al *know-how* pregresso.

L'applicazione dei veicoli autonomi ai modelli di business del car sharing avrà conseguenze su tutti gli operatori del settore mobilità: in primis, le compagnie di trasporto pubblico dovranno ripensare sé stesse e il servizio offerto, poiché le auto condivise a guida autonoma valicheranno il confine tra trasporto pubblico e individuale.

Il servizio di auto condivise a guida autonoma offerto dalle compagnie di car sharing potrebbe, infatti, diventare un modo di trasporto alternativo al trasporto pubblico, non più complementare ad esso ma in competizione con esso.

Le auto condivise potrebbero, ad esempio, competere facilmente con gli autobus a livello urbano, offrendo un servizio che va incontro con più facilità alle esigenze dell'utenza. Infatti, funzionando di fatto come un servizio a chiamata, il servizio di auto condivise a guida autonoma sarà disponibile in ogni momento, sarà probabilmente più sicuro e più affidabile, offrirà la flessibilità dei percorsi e degli orari, nonché un livello di comfort comparabile a quello di un'auto privata.

Anche coloro i quali non possiedono una patente, gli anziani, i disabili o i minorenni potranno avvalersi autonomamente di questo servizio di auto condivise e ciò comporterebbe l'erosione di parte dell'utenza tipica del trasporto pubblico.

Inoltre, le corse potrebbero non essere più un mero andare da un luogo di origine ad una destinazione, ma potrebbero essere riempite di esperienze da vivere durante il viaggio, elemento che il trasporto pubblico non potrebbe offrire; le auto condivise a guida autonoma, infatti, potrebbero essere progettate per fornire all'utenza esperienze di viaggio diverse: auto con ripiani per lavorare, auto per rilassarsi guardando la televisione, auto per riposare o dormire.

Queste rivoluzioni se, da un lato, appaiono certamente positive perché promettono un'offerta di trasporto flessibile e adattabile alle esigenze dell'utenza, dall'altro, possono generare pericolose criticità: il maggiore *appeal* delle auto a guida autonoma rispetto al trasporto pubblico e un loro uso diffuso potrebbe presto condurre a gravi fenomeni di congestione della rete stradale, riproponendo e non superando quelle stesse problematiche che le città stanno affrontando al momento presente.

È necessario, quindi, che il trasporto pubblico venga sempre vissuto come priorità dalla *governance* della città, cercando di renderlo sempre più efficiente e attrattivo.

Certamente, la guida autonoma diverrà una caratteristica presente in tutti i tipi di veicoli stradali, compresi gli autobus, sebbene l'adozione dell'automazione per il trasporto di massa richieda un investimento massiccio, che comporterà lunghi tempi di transizione.

Pertanto, in un probabile scenario caratterizzato da persone che iniziano a preferire soluzioni senza conducente rispetto al trasporto pubblico tradizionale, il lento rinnovamento delle flotte non basterebbe a garantire alle compagnie di trasporto pubblico che esse non diventino poco attrattive, se non obsolete. Per garantire una transizione sostenibile verso un futuro autonomo, le compagnie di trasporto pubblico e le autorità cittadine dovranno assumere un ruolo principale nella regolamentazione della mobilità e nel ripensamento delle infrastrutture, cercando sempre di fornire all'utente un'immagine globale del sistema di trasporto della città, promuovendo la creazione di *mobility alliances* e il ricorso a piattaforme MaaS, di cui si è discusso in questo capitolo.

Solo in questo modo, in futuro, si potranno evitare le problematiche e le distorsioni nel sistema mobilità create da una competizione tra servizi di auto condivise a guida autonoma e trasporto pubblico di massa.

# Conclusioni

Sebbene servizi innovativi come il car sharing o il bike sharing siano ormai presenti in molte città, essi, però, non sempre riescono a far breccia nelle abitudini di mobilità di coloro che vivono nelle città in cui vengono introdotti. Come si è visto nel corso del presente lavoro di tesi, diversi sono i fattori che concorrono a decretare il successo o il fallimento di tali servizi: il dimensionamento della flotta, la collocazione delle stazioni, l'estensione dell'area di noleggio, il sistema di tariffazione, possono facilmente trasformarsi, se non accuratamente progettati, in elementi di criticità.

Non si può, quindi, non rilevare che una certa complessità sia insita in questi servizi, che constano di elementi diversi e che, essendo strettamente connessi al contesto territoriale in cui sono introdotti, possono trovare strade spianate o muri difficili da abbattere.

Ritenendo che tale complessità possa essere governata attraverso un'attenta progettazione, il presente lavoro si è posto come obiettivo proprio quello di fornire delle metodologie di progettazione e ottimizzazione dei servizi urbani di car sharing e bike sharing.

Tali metodologie sono state sviluppate a partire dall'analisi delle esperienze, delle criticità e delle potenzialità di alcuni servizi esistenti, abbandonando approcci puramente teorici per costruire passo dopo passo un metodo che potesse portare al superamento di quelle problematiche che gli operatori dei servizi di mobilità condivisa si ritrovano giornalmente ad affrontare.

In particolare, avendo svolto parte dell'attività di ricerca presso l'azienda municipalizzata AMAT Palermo S.p.A. che gestisce i servizi di car sharing e bike sharing della città di Palermo è stato naturale, come si è visto, partire dalle esperienze di questo operatore.

Per quanto riguarda il car sharing, l'analisi dei dati del servizio palermitano ha evidenziato come, sebbene sia stato accolto fin dal principio con entusiasmo dalla comunità cittadina, esso abbia nel tempo manifestato diverse criticità: la confusione ingenerata dalla contemporanea presenza di due modelli di business differenti offerti dallo stesso operatore, la riduzione della flotta per via dell'espansione del servizio in area vasta, la conseguente indisponibilità di autovetture nelle vicinanze al momento della prenotazione, il complesso sistema di tariffe, uno scarso *turn over* tra gli utenti nell'utilizzo delle autovetture sono soltanto alcuni degli elementi critici risultanti dall'elaborazione dei dati raccolti quotidianamente dal gestore.

Alla luce delle analisi condotte e delle criticità riscontrate, è stata sviluppata una metodologia di progettazione in ambiente GIS di un servizio car sharing *station-based*, poiché tale modalità è stata ritenuta la più adatta a soddisfare le esigenze dell'utenza palermitana.

Il GIS, con la sua capacità di elaborare dati con riferimenti geografici, si è rivelato uno strumento particolarmente efficace per affrontare passo dopo passo tutte le fasi della progettazione di un servizio di tal tipo: si è dimostrato come, attraverso un software GIS, si possano effettuare analisi di idoneità, al fine di individuare le aree più adatte ad accogliere le stazioni di car sharing in base alle caratteristiche socioeconomiche di chi vi risiede; si è dimostrato come si possano identificare con precisione i siti dove posizionare gli stalli riservati al servizio, tenendo conto non solo della domanda in origine ma anche delle potenziali destinazioni, delle differenti categorie di utenti e delle potenziali motivazioni degli spostamenti; si è dimostrato, come, attraverso un software GIS, si possano risolvere facilmente problemi di *location-allocation*, riuscendo a determinare quale sia la distribuzione ottimale delle stazioni di car sharing che possa garantire la massima copertura della domanda.

Il lavoro di tesi ha dimostrato, inoltre, come sia importante indagare i legami tra i servizi di mobilità condivisa e l'accessibilità pedonale, poiché quest'ultima incide fortemente sulla domanda che tali servizi riescono ad intercettare. La *walkability*, in particolare, ha per la prima volta trovato il giusto spazio nel processo di progettazione del servizio car sharing, poiché si è voluto sottolineare come, di fatto, l'utente di car sharing condivide, durante il primo e l'ultimo tratto del suo spostamento, le esperienze di un pedone, che dipendono *in primis* dalla qualità dell'ambiente pedonale che lo circonda.

L'applicazione della metodologia sviluppata al caso studio di Palermo ha evidenziato come le criticità riscontrate attraverso l'analisi dei dati del servizio esistente abbiano principale fondamento in un'offerta sottodimensionata, che non riesce a coprire bene l'intero territorio cittadino, tralasciando alcuni punti di interesse e alcune zone in grado di generare domanda. Il risultato ottimale determinato all'esito dell'applicazione della metodologia, molto diverso dall'attuale offerta, può rappresentare per l'azienda un utile metro di paragone per intraprendere un processo di ottimizzazione del servizio.

Si è, inoltre, sviluppata una metodologia per la progettazione di un servizio di bike sharing orientato ad una particolare categoria di utenti, gli studenti delle scuole superiori. Tale metodologia è risultata efficace per progettare un servizio che potesse rispondere alle esigenze di mobilità di questa particolare utenza.

Pertanto, l'implementazione di programmi di bike sharing per le scuole può trovare ampio spazio nelle politiche riguardanti la mobilità delle amministrazioni locali.

Il presente lavoro di tesi ha mostrato, infatti, come un servizio di bike sharing accuratamente progettato per essere a servizio delle scuole, possa affermarsi tra i più giovani, sempre più sensibili alle tematiche ambientali, e possa favorire uno stile di vita più attivo per questa fascia di popolazione, incoraggiando il ricorso alla bicicletta, anche privata, da parte degli studenti e riducendo al contempo le esternalità negative dovute all'eccessivo utilizzo dell'auto privata. Si è, però, dimostrato come la sicurezza dei percorsi risulti il fattore fondamentale per riuscire a rendere attrattivo il servizio agli studenti delle scuole: la realizzazione di infrastrutture ciclabili è determinante per la buona riuscita di questi programmi di bike sharing.

Il presente lavoro di tesi, infine, ha evidenziato come i sistemi di mobilità condivisa, che sono parte integrante delle politiche di *smart mobility* portate avanti da molte realtà cittadine, possano rappresentare il primo passo per lo sviluppo *smart* delle città.

Car sharing e bike sharing, specialmente se integrati al trasporto pubblico in una logica di *mobility as a service* attraverso la definizione di pacchetti di mobilità, rappresentano piccoli frammenti di *smartness*, già presenti nelle nostre città, che possono però mettere in moto radicali cambiamenti delle abitudini di mobilità di coloro che vivono in città, nella direzione di una maggiore sostenibilità e di una maggiore consapevolezza nell'utilizzo dei diversi modi di trasporto.

Pertanto, la *smart city*, vista spesso come un'ideale di città irraggiungibile, un'idea quasi astratta, distante dalle realtà cittadine in cui viviamo, a guardar meglio, non è poi così lontana: le città intelligenti sono più vicine di quanto si pensi, non più città del futuro, ma città del presente.

# Bibliografia

## Capitolo 1

1. Adams, M. A., Frank, L. D., Schipperijn, J., Smith, G., Chapman, J., Christiansen, L. B., Sallis, J. F. (2014). International variation in neighborhood walkability, transit, and recreation environments using geographic information systems: the IPEN adult study. *International Journal of Health Geographics*, 13, 43.
2. Albino, V., Berardi, U., & Dangelico, R. M. (2015). Smart cities: Definitions, dimensions, performance, and initiatives. *Journal of Urban Technology*, 22(1), pp. 3–21. <https://doi.org/10.1080/10630732.2014.942092>
3. Associazione delle organizzazioni di ingegneria di architettura e di consulenza tecnico-economica - OICE. (2017). *Smart City: uno strumento per le comunità intelligenti*.
4. Bibri, S. E., & Krogstie, J. (2017). Smart sustainable cities of the future: An extensive interdisciplinary literature review. In *Sustainable Cities and Society*, 31, pp. 183–212. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.02.016>
5. Britton, E. (1999). Carsharing 2000 – A Hammer For Sustainable Development. *Journal of World Transport Policy & Practice*, 5 (3).
6. Burlando, C., Mastretta, M. (2007). *Car Sharing: analisi economica e organizzativa del settore*. FrancoAngeli Editore.
7. California Institute for Smart Communities (1997). *Smart Communities Guidebook*.
8. Cassa Depositi e Prestiti. (2013). *Smart City: Progetti di sviluppo e strumenti di finanziamento*.
9. Commissione delle Comunità Europee (2008). *Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni. Due volte 20 per il 2020 - L'opportunità del cambiamento climatico per l'Europa*. Brussels.
10. Commissione delle Comunità Europee (2013). *Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni - Strategia dell'UE di adattamento ai cambiamenti climatici*. Brussels.
11. Commissione delle Comunità Europee (2014). *Quadro per le politiche dell'energia e del clima per il periodo dal 2020 al 2030*. Brussels,

12. De Jong, M., Joss, S., Schraven, D., Zhan, C., & Weijnen, M. (2015). Sustainable-smart-resilient-low carbon-eco-knowledge cities; Making sense of a multitude of concepts promoting sustainable urbanization. *Journal of Cleaner Production*, 109, 25–38. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.02.004>
13. Giffinger, R., Fertner, C., Kramar, H., & Meijers, E. (2007). City-ranking of European medium-sized cities. *Centre of Regional Science, Vienna University of Technology*.
14. ISPRA. (2014). *Focus su Le città e la sfida dei cambiamenti climatici*.
15. Lim, Y., Edelenbos, J., & Gianoli, A. (2019). *Identifying the results of smart city development: Findings from systematic literature review*. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.102397>
16. Machado, C. A. S., Hue, N. P. M. de S., Berssaneti, F. T., & Quintanilha, J. A. (2018). An overview of shared mobility. *Sustainability (Switzerland)*, 10 (12), pp. 1–21. <https://doi.org/10.3390/su10124342>
17. Ministero dell’Ambiente (1998). Decreto 27 marzo 1998 - Mobilità sostenibile nelle aree urbane, Gazzetta Ufficiale Serie Generale n.179 del 03-08-1998.
18. Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (2019). Decreto 4 giugno 2019 - Sperimentazione della circolazione su strada di dispositivi per la micromobilità elettrica, Gazzetta Ufficiale Serie Generale n. 162 del 12-07-2019.
19. Osservatorio Nazionale Sharing Mobility (2018). 2° Rapporto Nazionale sulla Sharing Mobility 2017. Fondazione per lo sviluppo sostenibile.
20. Osservatorio Nazionale Sharing Mobility (2019). 3° Rapporto Nazionale sulla Sharing Mobility 2018. Fondazione per lo sviluppo sostenibile
21. Osservatorio Nazionale Sharing Mobility (2020). 4° Rapporto Nazionale sulla Sharing Mobility 2019. Fondazione per lo sviluppo sostenibile
22. Pagani, R. (2012). L’urbe diventa smart. *QualEnergia*, 2, pp. 75–78.
23. Papa, E., Bertolini, L. (2015). Accessibility and Transit-Oriented Development in European metropolitan areas. *Journal of Transport Geography*, 47, pp. 70-83.
24. Shaheen, S., Chan, N. (2016). Mobility and the sharing economy: Potential to facilitate the first- and last-mile public transit connections. *Built Environment*, 42 (4), pp. 573-588.
25. Unione Rappresentanti Autoveicoli Esteri – UNRAE (2019). *L’Auto 2019*.
26. United Nations Human Settlements Programme (2011). *Cities and climate change: global report on human settlements*.

27. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2019). World population prospects 2019: Highlights.
28. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2019). World Urbanization Prospects: The 2018 Revision. New York: United Nations.
29. Van der Zee, R. (2016). How this Amsterdam inventor gave bike-sharing to the world. *The Guardian*.
30. Wasfi, R. A., Dasgupta, K., Eluru, N., Ross, N. A. (2015). Exposure to walkable neighbourhoods in urban areas increases utilitarian walking: Longitudinal study of Canadians. *Journal of Transport and Health*, 3 (4), pp. 440-447.
31. Yigitcanlar, T., Kamruzzaman, M., Foth, M., Sabatini-Marques, J., da Costa, E., & Ioppolo, G. (2019). Can cities become smart without being sustainable? A systematic review of the literature. In *Sustainable Cities and Society*, 45, pp. 348–365. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.11.033>
32. Yovanof, G. S., Hazapis, G.N. (2009). An Architectural Framework and Enabling Wireless Technologies for Digital Cities & Intelligent Urban Environments. *Wireless Pers Commun*, 49, pp. 445–463.
33. Zheng, C., Yuan, J., Zhu, L., Zhang, Y., & Shao, Q. (2020). From digital to sustainable: A scientometric review of smart city literature between 1990 and 2019. *Journal of Cleaner Production*, 258, 120689. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120689>

## Capitolo 2

34. ADEME, Enquête sur l'autopartage en trace directe, Rapport final, 2014.
35. AMAT Milano, Banca dati relativa all'utenza di car sharing.
36. Associazione Nazionale Industria dell'Autonoleggio e Servizi Automobilistici (2020). Rapporto ANIASA 2019.
37. Balac, M., Ciari, F., Axhausen, K. M. (2017). Modeling the impact of parking price policy on free-floating carsharing: Case study for Zurich, Switzerland in: *Transportation Research Part C*, 2017.
38. Baptista, P., Melo, S., & Rolim, C. (2014). Energy, Environmental and Mobility Impacts of Car-sharing Systems. Empirical Results from Lisbon, Portugal. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 111, pp. 28–37.

39. Becker, H., Ciari, F., Axhausen, K. W. (2017) Comparing car-sharing schemes in Switzerland: User groups and usage patterns. *Transp. Res. Part A: Policy Pract.*, 97, pp. 17-29.
40. Becker, H., Ciari, F., Axhausen, K. W. (2018). Measuring the car ownership impact of free-floating car-sharing – a case study in Basel Switzerland. *Transp. Res. Part D: Transp. Environ.*, 65 (2018), pp. 51-62.
41. Borrough, P. A. (1986). *Principles of geographical information systems for land resource assessment*. Clarendon Press, Oxford, U.K.
42. Calik, H., Labbè, M., Yaman, H. (2015). P-Center Problems in G. Laporte *et al.*, *Location Science*, Springer International Publishing Switzerland 2015, Chapter 4, pp. 79-92.
43. Cervero, R. (2003). City CarShare: First-Year Travel Demand Impacts. *Transportation research Record*, 1839, pp. 159-166.
44. Cervero, R., Golub, A., Nee, B. (2007). City CarShare: Longer-Term Travel Demand and Car Ownership Impacts. *Transportation Research Record*, 1992, pp. 70-80.
45. Chen, T. D., & Kockelman, K. M. (2016). Carsharing's life-cycle impacts on energy use and greenhouse gas emissions. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 47, 276–284.
46. Church, R. L. and ReVelle, C. S. (1974). The Maximal Covering Location Problem. *Papers of The Regional Science Association*, 32, pp. 101-118.
47. Ciari, F., Balac, M., Axhausen K. W. (2016). Modeling Carsharing with the Agent-Based Simulation MATSim. *State of the Art, Applications and Future Developments*. *Journal of the Transportation Research Board*, 2564, Washington, D.C., 2016, pp. 14–20.
48. Ciari, F., Schuessler, N., & Axhausen, K. W. (2013). Estimation of Carsharing Demand Using an Activity-Based Microsimulation Approach: Model Discussion and Some Results. *International Journal of Sustainable Transportation*, 7(1), pp. 70–84.
49. Correia, de Almeida G. H., Antunes, A. P. (2012). Optimization approach to depot location and trip selection in one-way carsharing systems. *Transportation Research part E: Logistics and Transportation Review*, 48 (1), pp. 233-247.
50. D'Alessandro, D., Appolloni, L., Capasso, L. (2016). How walkable is the city? Application of the Walking Suitability Index of the Territory (T-WSI) to the city of Rieti (Lazio Region, Central Italy). *Epidemiol Prev* 2016, 40 (3-4), pp. 237-242.

51. Firnkorn, J., & Müller, M. (2011). What will be the environmental effects of new free-floating car-sharing systems? The case of car2go in Ulm. *Ecological Economics*, 70(8), pp. 1519–1528.
52. Firnkorn, J., & Müller, M. (2015). Free-floating electric carsharing-fleets in smart cities: The dawning of a post-private car era in urban environments? *Environmental Science & Policy*, 45, 30–40.
53. Fruin, J. J. (1971). Designing for pedestrians: A level-of-service concept. *Highway Research Record*, Number 377: Pedestrians, Highway Research Board. Washington, D.C, 1–15.
54. Galanis, A., Eliou, N. (2011). Evaluation of the pedestrian infrastructure using walkability indicators. *WSEAS Transactions on Environment and Development*, 7(12), 385–394.
55. Giesel, F., & Nobis, C. (2016). The Impact of Carsharing on Car Ownership in German Cities. In *Transportation Research Procedia* (Vol. 19, pp. 215–224). Elsevier.
56. Hakimi, S. L. (1965). Optimum Distribution of Switching Centers in a Communication Network and Some Related Graph Theoretic Problems. *Operations Research*, 13, pp. 462-475.
57. Hillsman, E. L. (1984). The p-Median Structure as a Unified Linear Model for Location-Allocation Analysis. *Environmental and Planning A*, 16, pp. 305-318.
58. Hu, L., Liu, Y. (2016). Joint design of parking capacities and fleet size for one-way station-based carsharing systems with road congestion constraints. *Transp. Res. Part B Methodol.*, 93, part A, pp. 268-299.
59. ICS, “Monitoraggio del programma nazionale car sharing – Rapporto di valutazione”, 2005.
60. ICS, “Report di ricerca Ipr Marketing”, 2009.
61. Jorge, D., Molnar, G., de Almeida Correia, G.H. (2015). Trip pricing of one-way station-based carsharing networks with zone and time of day price variations. *Transp. Res. Part B Methodol.* 81, pp. 461–482. <https://doi.org/10.1016/J.TRB.2015.06.003>
62. Kortum, K., Schönduwe, R., Stolte, B., Bock, B. (2016). Free-Floating Carsharing: City-Specific Growth Rates and Success Factors. *Transportation Research procedia*, 19, pp. 328-340.
63. Le Vine, S., Polak, J. (2017). The impact of free-floating carsharing on car ownership: Early-stage findings from London. *Transport Policy*.

64. Lorena, L. A. N., Pereira, M. A. (2002). A Lagrangean/surrogate heuristic for the maximal covering location problem using Hillsman's edition. *International Journal of Industrial Engineering*, 9, 1, pp. 57–67.
65. Louvet, N. (2014). One-way carsharing: which alternative to private cars, The case study of Autolib' in Paris (Paris: 6-7 bureau de recherche).
66. Martin, E., Shaheen, S. (2010). Greenhouse Gas Emission Impacts of Carsharing in North America. Mineta Transportation Institute Report.
67. Martin, E., Shaheen, S. (2016). Impacts of car2go on Vehicle Ownership, Modal Shift, Vehicle Miles Traveled, and Greenhouse Gas Emissions: An Analysis of Five North American Cities. Working paper (2016).
68. Mastretta, M., Vindigni, A. (2018). Profilo dell'utenza beneficiaria degli incentivi alla rottamazione a supporto del Car Sharing. Pubblicazione ICS.
69. Monteiro, C. M., Soares Machado, C. A., de Oliveira Lage, M., Tobal Berssaneti, F., Davis, C. A., Quintanilha, J. A. (2021). Optimization of carsharing fleet size to maximize the number of clients served. *Computers, Environment and Urban Systems*, 87, 101623.
70. Myers, D., Cairns, S. (2009). Carplus annual survey of car clubs 2008/09, Transport Research Laboratory, Published Project Report PPR 399. Wokingham.
71. Musso, A., Corazza, M. V., & Tozzi, M. (2012). Car Sharing in Rome: a Case Study to Support Sustainable Mobility. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 48, 3482–3491. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.06.1312>
72. Namazu, M., Dowlatabadi, H. (2018). Vehicle ownership reduction: a comparison of one-way and two-way carsharing systems. *Transp. Policy*, 64 (2018), pp. 38-50.
73. Perboli, G., Ferrero, F., Musso, S., Vesco, A. (2018). Business models and tariff simulation in carsharing services. *Transp. Res. Part A Policy Pract.* 115, 32–48. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2017.09.011>
74. Ramos, E. M. S., Bergstad, C. J., Chicco, A., Diana, M. (2020). Mobility styles and car sharing use in Europe: attitudes, behaviours, motives and sustainability. *European Transport Research Review*. 12:1.
75. ReVelle, C. S. and Swain, R. W. (1970). Central Facilities Location. *Geographical Analysis*, 2, pp. 30-42.
76. Ruiz-Padillo, A., Pasqual, F.M., Larranaga Uriarte, A.M., Cybis, H.B.B. (2018). Application of multi-criteria decision analysis methods for assessing walkability: A case study in Porto Alegre, Brazil. *Transp. Res. Part D Transp. Environ.* 63, 855–871.

77. Ryden, C., Morin, E. (2005). Mobility services for urban sustainability: environmental assessment. Report WP 6. Trivector Traffic AB.
78. Schwer, J., Timpf, S. (2016). Local-Level Site-Selection Model for Integrated Carsharing Services. *GI Forum* 2016, 1, pp. 243-249.
79. Scott, A. J. (2010). Location-Allocation Systems: A Review. *Geographical Analysis*, 2(2), pp. 95-119.
80. Shaheen, S.A., Chan, N.D., Micheaux H. (2015). One-way carsharing's evolution and operator perspectives from the Americas *Transportation*, 42 (3), pp. 519-536
81. Shaheen, S. A., & Lipman, T. E. (2007). Reducing Greenhouse emissions and fuel consumption. *IATSS Research*, 31(1), 6–20. [https://doi.org/10.1016/S0386-1112\(14\)60179-5](https://doi.org/10.1016/S0386-1112(14)60179-5)
82. STARS. (2018). The influence of socioeconomic factors in the diffusion of car sharing.
83. Teitz, M. B., Bart, P. (1968). Heuristic methods for estimating the generalized vertex median of a weighted graph. *Operations Research*, 16, pp. 955–961.
84. Vasconcelos, A. S., Martinez, L. M., Correia, G. H. A., Guimarães, D. C., & Farias, T. L. (2017). Environmental and financial impacts of adopting alternative vehicle technologies and relocation strategies in station-based one-way carsharing: An application in the city of Lisbon, Portugal. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 57, 350–362. <https://doi.org/10.1016/J.TRD.2017.08.019>
85. Zipcar, 2005. Zipcar customer survey shows car-sharing leads to car shedding.

### Capitolo 3

86. Balac, M., Ciari, F. (2015). Enhancement of the carsharing fleet utilization. In: 15th Swiss Transport Research Conference.
87. Barrios, J.A., Godier, J.D. (2014). Fleet sizing for flexible carsharing systems: simulation-based approach. *Transp. Res. Rec.* 2416(1), 1–9. <https://doi.org/10.3141/2416-01>
88. Boyacı, B., Zografos, K.G., Geroliminis, N. (2015). An optimization framework for the development of efficient one-way car-sharing systems. *Eur. J. Oper. Res.* 240, 718–733. <https://doi.org/10.1016/J.EJOR.2014.07.020>
89. Catalano, M., Lo Casto, B., Migliore, M. (2008). Car sharing demand estimation and urban transport demand modelling using stated preference techniques. *European Transport* n. 40, 33-50.

90. D’Orso G., Migliore M. (2017). A GIS-Based Methodology to Estimate the Potential Demand of an Integrated Transport System. In: Gervasi O. *et al.* (eds) Computational Science and Its Applications – ICCSA 2017. ICCSA 2017. Lecture Notes in Computer Science, 10407. Springer, Cham.
91. George, D.K., Xia, C.H. (2011). Fleet-sizing and service availability for a vehicle rental system via closed queueing networks. *Eur. J. Oper. Res.* 211, 198–207. <https://doi.org/10.1016/J.EJOR.2010.12.015>
92. Hu, L., Liu, Y. (2016). Joint design of parking capacities and fleet size for one-way station-based carsharing systems with road congestion constraints. *Transp. Res. Part B Methodol.* 93, 268–299. <https://doi.org/10.1016/J.TRB.2016.07.021>
93. ISTAT, “15° Censimento generale della popolazione e delle abitazioni”, 2011.
94. Li, X., Ma, J., Cui, J., Ghiasi, A., Zhou, F. (2016). Design framework of large-scale one-way electric vehicle sharing systems: A continuum approximation model. *Transp. Res. Part B Methodol.* 88, 21–45. <https://doi.org/10.1016/J.TRB.2016.01.014>
95. Migliore, M., D’Orso, G., Caminiti, D. (2018). The current and future role of carsharing in Palermo: analysis of collected data and results of a customer satisfaction survey. *Proceedings – 2018 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2018 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe, IEEEIC/I and CPS Europe 2018.*
96. Moovit Global Public Transport Report, 2019.
97. Nourinejad, M., Roorda, M.J. (2014). A dynamic carsharing decision support system. *Transp. Res. Part E Logist. Transp. Rev.* 66, 36–50. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2014.03.003>
98. Schlossberg, M., Brown, N. (2004). Comparing Transit-Oriented Development Sites by Walkability Indicators. *Transportation Research Record*, 1887, 34-42.
99. Xu, M., Meng, Q. (2019). Fleet sizing for one-way electric carsharing services considering dynamic vehicle relocation and nonlinear charging profile. *Transp. Res. Part B Methodol.* 128, 23–49. <https://doi.org/10.1016/J.TRB.2019.07.016>
100. Xu, M., Meng, Q., Liu, Z. (2018) Electric vehicle fleet size and trip pricing for one-way carsharing services considering vehicle relocation and personnel assignment. *Transp. Res. Part B Methodol.* 111, 60–82.
101. Yoon, T., Cherry, C.R., Ryerson, M.S., Bell, J.E. (2019). Carsharing demand estimation and fleet simulation with EV adoption. *J. Clean. Prod.* 206, 1051–1058. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2018.09.124>

## Capitolo 4

102. ISTAT, “15° Censimento generale della popolazione e delle abitazioni”, 2011.
103. STARS. (2018). The influence of socioeconomic factors in the diffusion of car sharing.

## Capitolo 5

104. Faghih-Imani, A., Eluru, N., El-Geneidy, A. M., Rabbat, M., Haq, U. (2014). How land-use and urban form impact bicycle flows: evidence from the bicycle-sharing system (BIXI) in Montreal. *Journal of Transport Geography*, 41, 306-314, <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2014.01.013>.
105. Forsyth, A., & Krizek, K. (2011). Urban design: Is there a distinctive view from the bicycle? *Journal of Urban Design*, 16(4), 531–549.
106. Fulton, J.E., Shisler, J.L., Yore, M.M., Caspersen, C.J. (2005). Active transportation to school: findings from a national survey. *Research Quarterly for Exercise & Sport*, 76 (3), 352–357.
107. Gebhart, K., & Noland, R.B. (2014). The impact of weather conditions on bikeshare trips in Washington, DC. *Transportation*, 41(6): 1205. <https://doi.org/10.1007/s11116-014-9540-7>.
108. Mattson, J., & Godavarthy, R. (2017). Bike share in Fargo, North Dakota: Keys to success and factors affecting ridership. *Sustainable Cities and Society*, 34(July), 174–182. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.07.001>.
109. McDonald, N. C. (2008). Household interactions and children’s school travel: the effect of parental work patterns on walking and biking to school. *Journal of Transport Geography*, 16(5), 324–331. <https://doi.org/10.1016/J.JTRANGEO.2008.01.002>.
110. Moro, S.R., Imhof, A.C., Fettermann, D.C., Cauchick-Miguel, P.A. (2018). Barriers to bicycle sharing systems implementation: analysis of two unsuccessful PSS. *Procedia CIRP* 73, 191–196. <https://doi.org/10.1016/J.PROCIR.2018.03.312>.
111. Muhs, C. D., & Clifton, K. J. (2015). Do characteristics of walkable environments support bicycling? Toward a definition of bicycle-supported development. *Journal of Transport and Land Use*, (2), 147–188. <https://doi.org/10.5198/jtlu.2015.727>.

112. Osservatorio Nazionale Sharing Mobility (2020). 4° Rapporto Nazionale sulla Sharing Mobility 2019. Fondazione per lo sviluppo sostenibile.
113. Schofield, G., Schofield, L., Mummery, K. (2005). Active transportation: an important part of adolescent physical activity. *Youth Studies Australia*, 24 (1), 43–47.
114. SISTAN – Sistema Statistico Nazionale (2020). Le condizioni meteorologiche a Palermo nel 2019.
115. Stewart, O., Vernez Moudon, A., & Claybrooke, C. (2012). Common ground: Eight factors that influence walking and biking to school. *Transport Policy*, 24, 240–248. <https://doi.org/10.1016/J.TRANPOL.2012.06.016>.
116. Zhang, Y., & Mi, Z. (2018). Environmental benefits of bike sharing: A big data-based analysis. *Applied Energy*, 220, 296–301. <https://doi.org/10.1016/J.APENERGY.2018.03.101>.

## Capitolo 6

117. Axhausen, K. W., Simma, A., and Golob, T. (2000). Pre-commitment and Usage: Season Tickets, Cars and Travel. Paper presented at the RSA World Congress 2000, Lugano, May.
118. Hietanen, S. (2014). Mobility as a service: the new transport model? Technical Report, MaaS Finland.
119. Ho, C.Q., Hensher, D.A., Mulley, C., Wong, Y.Z. (2018). Potential uptake and willingness-to-pay for Mobility as a Service (MaaS): A stated choice study. *Transp. Res. Part A Policy Pract.*, 117, 302–318.
120. Kamargianni, M., Li, W., Matyas, M., Schäfer, A. (2016). A Critical Review of New Mobility Services for Urban Transport. *Transp. Res. Procedia* 14, pp. 3294–3303.
121. Lambrecht, A., Skiera, B. (2005). Paying Too Much And Being Happy About It-Existence Causes And Consequences Of Tariff Choice Biases. *International Retail and Marketing Review*.
122. Matyas, M., Kamargianni, M. (2019). The potential of mobility as a service bundles as a mobility management tool. *Transportation*, 46, 1951-1968.
123. Schad, H., Flamm, M., Wagner, C., Frey, T. (2005). New, Integrated Mobility Services Project A3 of the National Research Programme (NRP), *Transport and Environment*, 41, pp. 1–14.

124. Simma, A., and Axhausen, K. W. (2001). Structures of Commitment in Mode Use: A Comparison of Switzerland, Germany and Great Britain. Paper presented at 1st Swiss Transport Research Conference, Monte Verita, March.
125. Šipuš, D., Abramović, B. (2018). Tariffing in integrated passenger transport systems: A literature review. *Promet - Traffic* - 30, 745–751.
126. Transport Alliances. Promoting cooperation and integration to offer a more attractive and efficient Public Transport. (2009) Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e.V.
127. Tyndall, J. (2019). Free-floating carsharing and extemporaneous public transport substitution. *Res. Transp. Economics*, 74 (2019), pp. 21-27.
128. Utriainen, R., Pöllänen, M. (2018). Review on mobility as a service in scientific publications. *Res. Transp. Bus. Manag.*, 27, 15–23.