



**POLITECNICO
DI TORINO**

DENERG - Dipartimento Energia

DIATI - Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture



SMART ISLAND

Gruppo Mobilità

Analisi tecnica ed economica di un servizio di trasporto “a chiamata” per l’isola di Lampedusa

23 maggio 2015

Autori:

Ing. Massimiano Curto (DENERG)

massimiliano.curto@polito.it

Manuele Caldarella (DENERG)

Revisori scientifici:

Prof. Ezio Spessa (DENERG)

ezio.spessa@polito.it

Prof. Marco Diana (DIATI)

marco.diana@polito.it



Sommario

Indice figure.....	IV
Introduzione	- 1 -
1. Definizione dell'offerta di trasporto.....	- 2 -
1.1. Definizione nodi.....	- 2 -
1.2. Definizione degli archi	- 3 -
1.3. Grafo del servizio.....	- 3 -
2. Definizione della domanda di trasporto.....	- 4 -
Poli attrattivi:.....	- 4 -
Poli produttivi:.....	- 4 -
2.1. Fase di generazione.....	- 5 -
2.2. Fase di distribuzione.....	- 5 -
2.2.1. Criterio proporzionale	- 6 -
2.2.2. Modello di gravità a doppio vincolo.....	- 6 -
2.3. Matrice P/A.....	- 8 -
2.4. Matrice O/D.....	- 8 -
3. Il servizio di trasporto "a chiamata"	- 10 -
4. Analisi costi-benefici.....	- 12 -
4.1. Noleggio senza conducente.....	- 12 -
Ricavo annuale.....	- 13 -
Costo annuale.....	- 14 -
Utile annuale	- 15 -
4.2. Servizio di trasporto "a chiamata"	- 16 -
Ricavo annuale.....	- 17 -
Costo annuale.....	- 18 -
Utile annuale	- 19 -
4.3. Considerazioni riassuntive.....	- 19 -
4.4. Conversione parziale ed ottimale del parco veicolare	- 20 -
4.5. Prezzo corsa variabile	- 21 -
4.6. Il turista.....	- 21 -
4.7. Conclusioni	- 23 -



5.	Simulazione del servizio	- 25 -
5.1.	Algoritmo Dialaride.....	- 25 -
	Dati di input	- 26 -
	Output generato	- 28 -
5.2.	Campagna di simulazione	- 28 -
	Analisi variabilità parametri:	- 28 -
	Dimensionamento della flotta.....	- 29 -
5.3.	Elaborazione dei dati di input.....	- 30 -
5.4.	Analisi dei risultati di output	- 32 -
5.4.1.	Set 1: variabilità termine $p1$	- 32 -
	Conclusioni	- 34 -
5.4.2.	Set 2: variabilità termine WS	- 34 -
	Set 3: variabilità termine n° veicoli.....	- 36 -
5.4.3.	Set 4: variabilità velocità commerciale.....	- 37 -
5.4.4.	Set 5: interazione tra n° veicoli e velocità commerciale	- 38 -
5.4.5.	Set 6: dimensionamento flotta veicoli trasporto “a chiamata”	- 40 -
	Conclusioni	- 42 -



Indice tabelle

Tabella 1: Pick-up point del servizio a chiamata	- 2 -
Tabella 2: Matrice P/A - Fase di generazione	- 5 -
Tabella 3: Matrice P/A ridotta - Criterio proporzionale	- 6 -
Tabella 4: Matrice P/A ridotta - Modello di gravità a doppio vincolo	- 7 -
Tabella 5: Dati noleggio senza conducente	- 13 -
Tabella 6: Ricavo annuale noleggio senza conducente	- 14 -
Tabella 7: Costi annuali noleggio senza conducente.....	- 15 -
Tabella 8: Dati e ipotesi del servizio di trasporto "a chiamata"	- 16 -
Tabella 9: Domanda giornaliera del servizio di trasporto "a chiamata"	- 17 -
Tabella 10: Ricavo annuale servizio di trasporto "a chiamata"	- 17 -
Tabella 11: Costi annuali servizio "a chiamata"	- 18 -
Tabella 12: Sintesi risultati del servizio di trasporto "a chiamata"	- 19 -
Tabella 13: Ipotesi di conversione dal servizio di noleggio tradizionale a trasporto "a chiamata"	- 20 -
Tabella 14: Analisi degli utili nelle diverse ipotesi di conversione del servizio	- 20 -
Tabella 15: Incremento utile con prezzo corsa variabile.....	- 21 -
Tabella 16: Dati analisi costi-benefici - turista.....	- 22 -
Tabella 17: Analisi costi benefici con prezzo corsa variabile - turista	- 22 -
Tabella 18 - Forza lavoro noleggio vs "a chiamata".....	- 23 -
Tabella 19: Modello Dialaride - Set di variabilità p1 e WS	- 28 -
Tabella 20: Modello Dialaride - Set di variabilità n° veicoli e velocità commerciale.....	- 29 -
Tabella 21 - Set per dimensionamento flotta trasporto "a chiamata"	- 30 -
Tabella 22: Tipologia di viaggi per n° persone.....	- 31 -
Tabella 23: Output set 1 - variabilità p1	- 34 -
Tabella 24: Output set 2 - variabilità WS.....	- 36 -
Tabella 25: Output set 6 - Soddisfacimento 90% richieste di viaggio al variare di n e v.....	- 41 -
Tabella 26: Richieste soddisfatte nell'ora di punta	- 41 -
Tabella 27: Passeggeri serviti nell'ora di punta	- 42 -

Indice figure

Figura 1: Grafo stradale Isola di Lampedusa	- 3 -
Figura 2: Macro struttura dell' algoritmo DialaRide.....	- 26 -
Figura 3: N° richieste/km e n° richieste/min, al variare di p1	- 33 -
Figura 4: Richieste e passeggeri servite/i, al variare di p1	- 33 -
Figura 5: N° richieste/km e n° richieste/min, al variare di WS.....	- 35 -
Figura 6: Richieste e passeggeri servite/i, al variare di WS	- 35 -
Figura 7: N° richieste/km e n° richieste/min, al variare di n° veicoli.....	- 37 -
Figura 8: N° richieste/km e n° richieste/min, al variare della velocità commerciale	- 38 -
Figura 9: Output set 5 - Passeggeri serviti in funzione di n° veicoli e vel. commerciale	- 39 -
Figura 10: Output set 5 - Richieste soddisfatte in funzione di n° veicoli e vel. commerciale	- 39 -



Introduzione

Il servizio di trasporto “a chiamata” oggetto del caso studio è un servizio dinamico di trasporto collettivo. L’utente che desidera compiere un viaggio invia la richiesta di passaggio in tempo reale mediante un’apposita applicazione mobile, fornendo il punto di partenza, quello di arrivo e l’orario di viaggio. La logica alla base dell’applicativo è implementata da un algoritmo, denominato per il suo scopo “algoritmo di matching”, che associa la richiesta degli utenti ad un driver. La funzione obiettivo ovviamente deve ottimizzare il numero di chilometri percorsi (e di conseguenza il consumo energetico e le emissioni inquinanti). Per ottenere questo risultato l’algoritmo di matching ottimizza i percorsi, l’associazione tra passeggeri e conducenti e i posti a bordo del mezzo, garantendo in ogni caso una qualità del servizio elevata.

L’obiettivo di questo lavoro è valutare in sede preliminare la sostenibilità tecnica ed economica della proposta progettuale.

Il seguente documento è suddiviso in 3 parti, suddivisi a loro volta in sei capitoli. La prima parte del documento è divisa in 2 capitoli, i quali presentano lo stato dell’arte della mobilità sull’isola, con un particolare focus sulla mobilità privata: nel **Capitolo 1** è schematizzata la rete di riferimento del servizio con la definizione dell’offerta di trasporto, che nell’ambito trasportistico è rappresentata dal grafo stradale. Il **Capitolo 2** invece è incentrato sulla definizione della domanda di trasporto, con la valutazione delle matrici P/A e O/D. Una volta definito lo stato dell’arte è stato presentato il servizio di trasporto “a chiamata”, oggetto dello studio, evidenziandone caratteristiche e punti di forza; risulta chiaro che l’introduzione di un servizio di questo tipo miri al miglioramento della mobilità isolana la quale, nei periodi di massimo afflusso turistico, risulta congestionata dall’elevato numero di veicoli privati presenti, per lo più a noleggio. Il **Capitolo 3** quindi presenta le caratteristiche del servizio di trasporto “a chiamata”.

Introdurre un nuovo servizio di trasporto significa in primo luogo valutare quale impatto possa avere questo sul sistema attuale. Il **Capitolo 4** affronta l’impatto economico del sistema: presenta un’approfondita analisi costi-benefici con lo scopo di valutare la bontà economica della proposta, sia lato stakeholder che lato utente che fruisce del servizio. Mentre il **Capitolo 5** analizza la fattibilità tecnica: è stata effettuata una valutazione tecnica della proposta, sviluppando una campagna di simulazioni del servizio; sono stati valutati i parametri caratteristici del servizio proposto andando a definirne dei valori che permettessero di ottimizzare il servizio stesso lato gestore, senza tralasciare la qualità lato utente.

Una volta definiti i parametri caratteristici del servizio proposto è stato dimensionato il sistema di trasporto permettendo una stima dei veicoli necessari a coprire determinate domande di trasporto in determinate condizioni di esercizio.






In conclusione è stato possibile valutare un numero di richieste di viaggio o di passeggeri, che il sistema analizzato è in grado di soddisfare con un determinato numero di veicoli adibiti al servizio, il tutto relazionato alla stagione turistica di riferimento.

1. Definizione dell'offerta di trasporto

L'offerta di trasporto è rappresentata, nel mondo trasportistico, con un grafo. Nel caso del trasporto individuale, si usa il grafo stradale che è una rappresentazione semplificata della rete stradale, caratterizzata da archi e nodi. Questi ultimi rappresentano i punti verso/da cui si originano/dirigono i flussi veicolari. Gli archi sono segmenti che uniscono due nodi e rappresentano un tratto di strada per andare da un nodo i ad uno j . Nel nostro caso, allo scopo di simulare il servizio di trasporto "a chiamata", si è utilizzato un grafo del servizio che è di tipo diverso, che avesse i pick-up point del servizio "a chiamata" come nodi e i cammini minimi fra due punti di servizio adiacenti come archi.

1.1. Definizione nodi

La scelta dei pick-up point è stata eseguita individuando i principali poli attrattivi e produttivi sull'isola. Con l'ausilio del (a) Piano di Mobilità Sostenibile¹, di (b) Indagini in situ e web e di (c) Fonti locali. Sono stati definiti 22 nodi corrispondenti ai 22 poli attrattivi/produttivi nonché pick-up point del servizio:

- 13 poli attrattivi 
 - Luoghi d'interesse e spiagge
 - Luoghi di accesso all'isola: Aeroporto e Porto
- 8 poli produttivi 
 - Strutture ricettive (alberghi, campeggio)
 - Abitazioni private
- 1 poli produttivi e attrattivo 

In Tabella 1 sono riportati i pick-up point:

Tabella 1: Pick-up point del servizio a chiamata

1	Cala Pulcino	9	Centro - Grotte	16	Cala Francese
2	Isola dei Conigli	10	Centro - Cala Palme	17	Centro - Bonfiglio
3	Camping La Roccia	11	Centro - Roma	18	Aeroporto
4	Cala Madonna - Portu N'toni	12	Centro - Grecale	19	Cala Pisana
5	Cala Croce	13	Porto	20	Cala Creta
6	Guitgia	14	Cala Maluk	21	Porto - Scalo alternativo
7	Guitgia - Ponente	15	Sciatu Persu	22	Mare morto
8	Centro - Cameroni				

¹ Comune di Lampedusa e Linosa (2012) *Piano di mobilità sostenibile interna alle isole minori siciliane occidentali*.

In Tabella 1 il polo “Guitgia” è evidenziato di rosso poiché è stato considerato un polo sia attrattivo che produttivo dal momento che oltre a numerose strutture alberghiere e presente uno dei più importanti stabilimenti balneari dell’isola.

1.2. Definizione degli archi

Gli archi del grafo rappresentano i percorsi minimi tra i vari nodi. Ad ogni arco è stato attribuito:

- Una distanza: la distanza di un arco rappresenta il percorso minimo sulla rete stradale reale che collega il nodo i al nodo j .
- Un tempo: il tempo è calcolato facendo riferimento alla distanza di cui sopra ed alla velocità commerciale del mezzo posta pari a **30km/h**.

1.3. Grafo del servizio

E’ importante specificare che il grafo così definito non potrebbe simulare flussi veicolari, pertanto ad esempio sarebbe inservibile per un modello di assegnazione del traffico privato. Infatti vi sono alcuni casi in cui due archi rappresentano in parte la stessa strada. In questo caso era però necessario definire un grafo che presentasse nodi corrispondenti ai pick-up point del servizio in primo luogo poiché non vi sono dati ufficiali riguardanti i flussi veicolari sulla rete stradale e in secondo luogo per “semplificare” la simulazione del servizio che è appunto effettuato da punto a punto. Un’altra possibilità sarebbe stata creare un grafo completamente connesso fra tutte le coppie di punti di servizio, dove gli archi rappresentano direttamente i cammini minimi.

In Figura 1 è riportato il grafo definito per l’isola di Lampedusa con archi e nodi numerati.

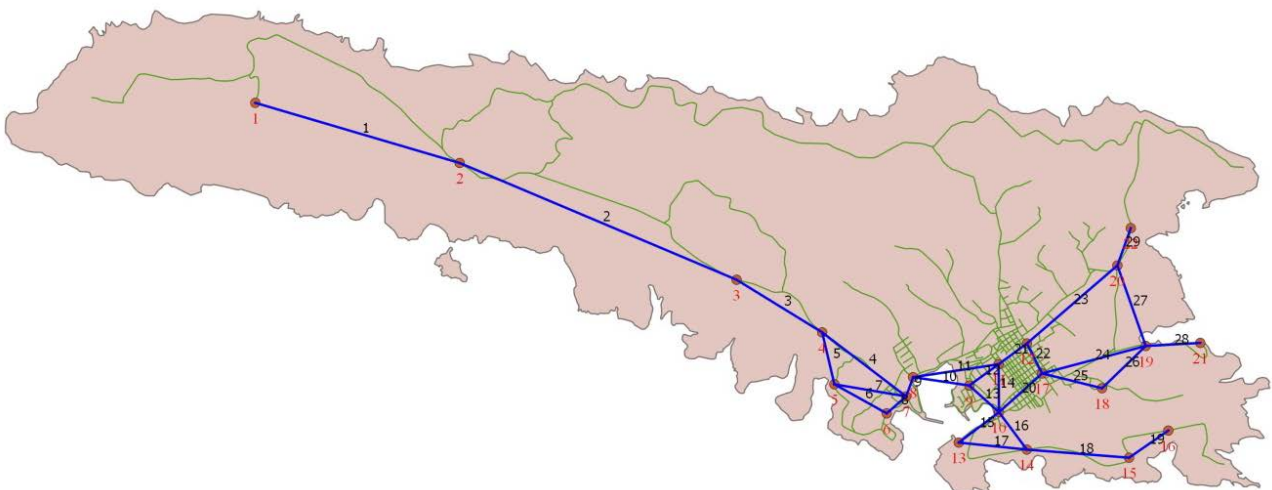


Figura 1: Grafo stradale Isola di Lampedusa



2. Definizione della domanda di trasporto

Definire la domanda di trasporto significa determinare i flussi veicolari tra i poli del grafo stradale, in questo caso coincidenti con i pick-up point o punti di raccolta del servizio a chiamata. E' necessario quindi definire le matrici P/A e O/D.

Non avendo a disposizione flussi veicolari reali e non potendo effettuare un'indagine in sito in modo da poterli rilevare, sono stati ricavati i flussi relativi a partire dai dati a disposizione nel Piano di Mobilità Sostenibile². Ci si è preoccupati di valutare i flussi relativi nell'ora di punta, nello specifico tra le 09:30 e le 10:30 del mattino, condizione più gravosa.

Ad ogni polo è stato attribuito un peso, inteso come percentuale di spostamenti attratti/prodotti sugli spostamenti totali attratti/prodotti. Ogni polo attrattivo quindi attrae flussi relativi, ogni polo produttivo, invece, genera flussi relativi. Tali flussi sono stati assegnati agli archi del grafo ottenendo un'ipotetica assegnazione dei flussi, relativi e semplificati.

Non si hanno a disposizione, infatti, dati esaustivi riguardanti i flussi veicolari, di conseguenza si è ragionato in termini relativi valutando il peso, in termini percentuali, di ogni polo.

Poli attrattivi:

L'indagine effettuata per la redazione del Piano di Mobilità Sostenibile ha fornito i risultati di rilevamenti di sosta in corrispondenza di accessi al mare/spiagge. In funzione di quanti mezzi sono stati rilevati negli orari di punta in ogni accesso, si sono ricavate le persone presenti in un dato polo e da queste è stato attribuito un peso. Per i poli mancanti si è ricorso ad indagini in sito effettuate durante il sopralluogo, svolto in Ottobre sull'isola, interpolando i dati già esistenti.

Per quanto riguarda l'aeroporto ed il porto si è ipotizzato che, del 100% di turisti che si muovono ogni giorno, $1/7 \approx 15\%$, vada verso l'aeroporto/porto. Dai dati riguardanti i mezzi utilizzati per raggiungere l'isola si è ricavato che tale 15% è suddiviso in 9% aeroporto e 6% porto. Il restante 85% è stato suddiviso, in funzione del peso, tra gli altri 11 poli attrattivi.

Poli produttivi:

L'attribuzione di un peso ad ogni polo produttivo è stata effettuata facendo riferimento alle strutture ricettive dichiarate, alla densità abitativa, alla densità degli operatori del turismo e ad opinione di fonti isolane.

² Comune di Lampedusa e Linosa (2012) *Piano di mobilità sostenibile interna alle isole minori siciliane occidentali*.

2.1. Fase di generazione

Dall'analisi dei dati sopra individuati si è proceduto con la definizione dei totali sulle righe e sulle colonne della matrice P/A semplificata in cui sono stati riportati semplicemente i poli attrattivi sulle righe e i produttivi sulle colonne. Tali valori appunto non sono nient'altro che le percentuali relative dei flussi attratti e prodotti dai singoli poli, definite come descritto in precedenza.

Tale fase, definita come fase di generazione, ha generato come output una matrice ridotta, riportata in Tabella 2. Con matrice ridotta s'intende una matrice che presenta i soli poli produttivi sulle righe e i soli attrattivi sulle colonne. Questa, in seguito alla fase di distribuzione, sarà estesa a matrice 22x22 (introducendo zeri laddove non vi sono flussi relativi) per ottenere una matrice quadrata da poter trasformare in matrice O/D.

Tabella 2: Matrice P/A - Fase di generazione

P/A	Cala Pulcino	Isola Conigli	Madonna - N'toni	Cala Croce	Guitgia	Porto	Cala Maluk	Sciattu Persu	Cala Francese	Aeroporto	Cala Pisana	Cala Creta	Porto - Scalo ²	Mare morto	TOTALE
Camping La Roccia															4%
Guitgia															20%
Guitgia ponente															12%
Cameroni															10%
Grotte															10%
Palme															8%
Roma															20%
Grecale															12%
Bonfiglio															4%
TOTALE	4%	19%	8%	10%	11%	6%	2%	2%	7%	9%	12%	7%	0%	3%	100%

2.2. Fase di distribuzione

E' necessario quindi valutare i singoli termini della matrice P/A semplificata riportata in Tabella 2.

Sono state seguite due strade di valutazione:

- Criterio proporzionale:
Noti totali su righe e su colonne sono stati valutati i valori delle singole celle della matrice scalando i totali su righe in funzione della distribuzione dei totali su colonne.
- Modello di gravità a doppio vincolo:
E' stato tenuto conto di un'impedenza dovuta alla distanza che disincentiva lo spostamento di un utente verso mete troppo lontane.

2.2.1. Criterio proporzionale

La prima metodologia di valutazione della matrice P/A si è basata su un semplice criterio di proporzionalità, considerando un'impedenza nulla di qualsiasi altro fattore: gli utenti si muovono da poli produttivi ad attrattivi indipendentemente dalla distanza ma in sola funzione del peso attrattivo di ogni polo.

È un metodo semplificato che non tiene conto di alcuna impedenza, ad esempio non considera quella generata dalla distanza, e determina così una matrice poco realistica e puramente teorica.

In Tabella 3 è riportata la matrice P/A ridotta ottenuta tramite il criterio proporzionale.

Tabella 3: Matrice P/A ridotta - Criterio proporzionale

P/A	Cala Pulcino	Isola Conigli	Madonna - N'toni	Cala Croce	Guitgia	Porto	Cala Maluk	Sciattu Persu	Cala Francese	Aeroporto	Cala Pisana	Cala Creta	Porto - Scalo ²	Mare morto	TOTALE
Camping La Roccia	0,2%	0,8%	0,3%	0,4%	0,4%	0,2%	0,1%	0,1%	0,3%	0,4%	0,5%	0,3%	0,0%	0,1%	4%
Guitgia	0,9%	3,9%	1,7%	2,0%	2,2%	1,2%	0,3%	0,4%	1,4%	1,8%	2,4%	1,4%	0,0%	0,5%	20%
Guitgia ponente	0,5%	2,3%	1,0%	1,2%	1,3%	0,7%	0,2%	0,2%	0,8%	1,1%	1,5%	0,8%	0,0%	0,3%	12%
Cameroni	0,4%	1,9%	0,8%	1,0%	1,1%	0,6%	0,2%	0,2%	0,7%	0,9%	1,2%	0,7%	0,0%	0,3%	10%
Grotte	0,4%	1,9%	0,8%	1,0%	1,1%	0,6%	0,2%	0,2%	0,7%	0,9%	1,2%	0,7%	0,0%	0,3%	10%
Palme	0,3%	1,5%	0,7%	0,8%	0,9%	0,5%	0,1%	0,1%	0,6%	0,7%	1,0%	0,5%	0,0%	0,2%	8%
Roma	0,9%	3,9%	1,7%	2,0%	2,2%	1,2%	0,3%	0,4%	1,4%	1,8%	2,4%	1,4%	0,0%	0,5%	20%
Grecale	0,5%	2,3%	1,0%	1,2%	1,3%	0,7%	0,2%	0,2%	0,8%	1,1%	1,5%	0,8%	0,0%	0,3%	12%
Bonfiglio	0,2%	0,8%	0,3%	0,4%	0,4%	0,2%	0,1%	0,1%	0,3%	0,4%	0,5%	0,3%	0,0%	0,1%	4%
TOTALE	4%	19%	8%	10%	11%	6%	2%	2%	7%	9%	12%	7%	0%	3%	100%

2.2.2. Modello di gravità a doppio vincolo

È stato quindi deciso di adottare un metodo più realistico e la scelta è ricaduta sui modelli.

Il modello gravitazionale si rifà nella sua formulazione alla legge di Newton e definisce i termini della matrice P/A come segue:

$$T_{i,j} = \alpha \cdot O_i \cdot D_j \cdot f(C_{i,j})$$

Dove:

- $T_{i,j}$ = termine della matrice P/A
- O_i = totale riga i-esima
- D_j = totale colonna j-esima
- $f(C_{i,j})$ = funzione di costo di trasporto generalizzata



Come si può notare il modello utilizzato in questa simulazione è a doppio vincolo poiché è necessario rispettare i totali su righe e su colonne definiti nel paragrafo 2.1.

La funzione di costo generalizzata è stata considerata esclusivamente funzione della distanza secondo una funzione esponenziale:

$$f(C_{i,j}) = d_{i,j}^{-\beta}$$

Dove:

- $d_{i,j}$ = distanza tra i poli i e j
- β = fattore di impedenza

Il fattore β è stato valutato per il caso in esame e posto pari a -1. In ambito urbano si considera un fattore d'impedenza più oneroso rispetto all'ambito extraurbano; il caso studio tratta flussi turistici dove l'impedenza risulta ancor più bassa tenendo conto che un turista sul luogo di vacanza considera la distanza da percorrere meno disincentivante rispetto agli spostamenti sistematici poiché mira a visitare più luoghi possibili. Da un confronto di fattori β compresi tra -1 e -2 si è scelto il primo ritenendo il risultato più rappresentativo della realtà dell'isola.

Definito quindi β è stato possibile valutare la funzione costo o "friction factor"; partendo dai totali sulle righe che dovranno rimanere tali si introduce un coefficiente di adattamento ("adjustment factor") che convergendo al valore unitario in modo da far coincidere i totali sulle colonne ai valori fissati.

Il caso in esame ha permesso il raggiungimento della convergenza già alla seconda iterazione. In Tabella 4 è riportata la matrice P/A ridotta ottenuta.

Tabella 4: Matrice P/A ridotta - Modello di gravità a doppio vincolo

P/A	Cala Pulcino	Isola Conigli	Madonna - N'toni	Cala Croce	Guitgia	Porto	Cala Maluk	Sciattu Persu	Cala Francese	Aeroporto	Cala Pisana	Cala Creta	Porto - Scalo 2	Mare morto	TOTALE
Camping La Roccia	0,2%	1,5%	0,6%	0,4%	0,1%	0,2%	0,0%	0,0%	0,1%	0,4%	0,2%	0,1%	0,0%	0,0%	4%
Guitgia	0,6%	2,7%	1,3%	2,6%	7,0%	1,2%	0,1%	0,2%	0,7%	1,8%	0,9%	0,5%	0,0%	0,2%	20%
Guitgia ponente	0,4%	2,0%	1,4%	1,7%	2,7%	0,7%	0,1%	0,1%	0,5%	1,1%	0,7%	0,4%	0,0%	0,2%	12%
Cameroni	0,5%	2,1%	1,1%	1,2%	1,0%	0,6%	0,1%	0,2%	0,6%	0,9%	0,9%	0,5%	0,0%	0,2%	10%
Grotte	0,5%	2,1%	0,8%	1,0%	0,6%	0,6%	0,2%	0,2%	0,9%	0,9%	1,1%	0,7%	0,0%	0,3%	10%
Palme	0,4%	1,5%	0,5%	0,6%	0,4%	0,5%	0,3%	0,2%	0,9%	0,7%	1,3%	0,5%	0,0%	0,2%	8%
Roma	0,9%	3,9%	1,5%	1,7%	1,1%	1,2%	0,4%	0,4%	1,7%	1,8%	3,0%	1,8%	0,0%	0,7%	20%
Grecale	0,5%	2,2%	0,8%	0,9%	0,5%	0,7%	0,2%	0,2%	0,9%	1,1%	2,2%	1,4%	0,0%	0,5%	12%
Bonfiglio	0,2%	0,7%	0,2%	0,3%	0,1%	0,2%	0,1%	0,1%	0,3%	0,4%	1,0%	0,4%	0,0%	0,1%	4%
TOTALE	4%	19%	8%	10%	14%	6%	2%	2%	7%	9%	11%	6%	0%	2%	100%



Si può notare facilmente come l'introduzione di un'impedenza, funzione della distanza, influisca sulla determinazione dei termini della matrice: i flussi tra poli geograficamente vicini risultano più elevati rispetto alla stima effettuata con il criterio proporzionale, viceversa per i poli più distanti tra loro.

Tale modello quindi permette una stima della matrice P/A più realistica. La matrice P/A definitiva quindi parte dalla ridotta riportata in Tabella 4.

2.3. Matrice P/A

Definita la matrice P/A ridotta adottata per la simulazione del servizio a chiamata, stimata con un modello di gravità a doppio vincolo, la stessa è stata resa quadrata per essere in seguito trasformata in matrice O/D.

E' preferibile, infatti, lavorare su matrici quadrate più facilmente convertibili in matrici O/D.

Si è proceduto quindi alla definizione della matrice P/A, 22 righe x 22 colonne, immettendo gli zeri laddove non sono stati ipotizzati flussi. Partendo da flussi relativi ipotetici nella fascia di punta sono stati ipotizzati flussi solo tra poli attrattivi e poli produttivi, nessun flusso tra poli della stessa categoria poiché nella fascia di punta mattutina gli spostamenti a scopo turistico saranno per la maggioranza dei casi da produttivo ad attrattivo e viceversa nella fascia di punta serale.

E' facile comprendere come la matrice P/A definitiva, relativa alla fascia di punta mattutina, non sarà una matrice simmetrica ma sarà caratterizzata da flussi da poli produttivi a poli attrattivi, flussi nulli in tutti gli altri casi; viceversa nella fascia serale la matrice P/A sarà la trasposta della precedente.

2.4. Matrice O/D

Convertire la matrice P/A in O/D risulta semplice e immediato.

E' ipotizzabile che gli spostamenti mattutini siano per la gran parte, se non tutti, diretti verso i poli attrattivi, sia per questioni legate al tipo di mobilità, ossia mobilità turistica, sia per il fatto che nei dintorni dei poli attrattivi non vi sono abitazioni e di conseguenza risulta difficile che vi possano essere flussi originati da questi al mattino.

In seguito a tali ragioni la matrice O/D dell'ora di punta risulta pressoché identica alla P/A. Di seguito è riportata la matrice O/D definitiva.



O/D	Cala Pulcino	Isola Conigli	Camping La Roccia	Madonna -	Cala Croce	Guitgia	Guitgia ponente	Cameroni	Grotte	Palme	Roma	Grecale	Porto	Cala Maluk	Sciatu Persu	Cala Francese	Bonfiglio	Aeroporto	Cala Pisana	Cala Creta	Porto - Scalo 2	Mare morto	TOTALE
Cala Pulcino	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0%
Isola dei Conigli	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0%
Camping	0,2%	1,5%	0,0%	0,6%	0,4%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,4%	0,2%	0,1%	0,0%	0,0%	4%
Cala Madonna	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0%
Cala Croce	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0%
Guitgia	0,6%	2,7%	0,0%	1,3%	2,6%	7,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,2%	0,1%	0,2%	0,7%	0,0%	1,8%	0,9%	0,5%	0,0%	0,2%	20%
Guitgia ponente	0,4%	2,0%	0,0%	1,4%	1,7%	2,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,7%	0,1%	0,1%	0,5%	0,0%	1,1%	0,7%	0,4%	0,0%	0,2%	12%
Cameroni	0,5%	2,1%	0,0%	1,1%	1,2%	1,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,6%	0,1%	0,2%	0,6%	0,0%	0,9%	0,9%	0,5%	0,0%	0,2%	10%
Grotte	0,5%	2,1%	0,0%	0,8%	1,0%	0,6%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,6%	0,2%	0,2%	0,9%	0,0%	0,9%	1,1%	0,7%	0,0%	0,3%	10%
Palme	0,4%	1,5%	0,0%	0,5%	0,6%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,5%	0,3%	0,2%	0,9%	0,0%	0,7%	1,3%	0,5%	0,0%	0,2%	8%
Roma	0,9%	3,9%	0,0%	1,5%	1,7%	1,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,2%	0,4%	0,4%	1,7%	0,0%	1,8%	3,0%	1,8%	0,0%	0,7%	20%
Grecale	0,5%	2,2%	0,0%	0,8%	0,9%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,7%	0,2%	0,2%	0,9%	0,0%	1,1%	2,2%	1,4%	0,0%	0,5%	12%
Porto	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0%
Cala Maluk	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0%
Sciatu Persu	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0%
Cala Francese	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0%
Bonfiglio	0,2%	0,7%	0,0%	0,2%	0,3%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	0,1%	0,1%	0,3%	0,0%	0,4%	1,0%	0,4%	0,0%	0,1%	4%
Aeroporto	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0%
Cala Pisana	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0%
Cala Creta	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0%
Scalo alternativo	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0%
Mare morto	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0%
TOTALE	4%	19%	0%	8%	10%	14%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	6%	2%	2%	7%	0%	9%	11%	6%	0%	2%	100%



3. Il servizio di trasporto “a chiamata”

Il servizio di trasporto “a chiamata” oggetto del caso studio è un servizio dinamico di trasporto collettivo. L’utente che desidera compiere un viaggio invia la richiesta di passaggio in tempo reale mediante un’apposita applicazione mobile, fornendo il punto di partenza, quello di arrivo e l’orario di viaggio. La logica alla base dell’applicativo è implementata da un algoritmo, denominato per il suo scopo “algoritmo di matching”, che associa la richiesta degli utenti ad un driver. La funzione obiettivo ovviamente deve ottimizzare il numero di chilometri percorsi (e di conseguenza il consumo energetico e le emissioni inquinanti). Per ottenere questo risultato l’algoritmo di matching ottimizza i percorsi, l’associazione tra passeggeri e conducenti e i posti a bordo del mezzo, garantendo in ogni caso una qualità del servizio elevata.

Target

Il servizio proposto ha come target i turisti, sia che si tratti di singoli, coppie, famiglie o gruppi di amici.

Strumenti

Il servizio è studiato per essere gestito mediante piattaforma online di gestione e prenotazione degli spostamenti. Un’applicazione mobile è messa a disposizione degli utenti per effettuare le prenotazioni di viaggio e usufruire del servizio in tempo reale.

Descrizione del servizio

Ogni utente ha la possibilità di registrarsi al servizio online o sul luogo, presso apposite postazioni messe a disposizione dei turisti nei punti d’ingresso all’isola, aeroporto e porto.

L’utente accederà al servizio avendo a disposizione diverse soluzioni di ticketing: abbonamenti (giornalieri o settimanali), carnet di viaggi (5/10 corse) e biglietti singoli.

La corsa potrà essere prenotata in tempo reale mediante l’applicazione mobile che comunicherà agli autisti le richieste di passaggio.

L’offerta di trasporto è del tipo “stop-to-stop”: ogni utente accede al servizio presso un numero predefinito di pick-up points, o punti di raccolta, ubicati lungo la rete stradale isolana.

I pick-up point sono ubicati nei punti di maggiore interesse turistico (pick-up points attrattivi) o nei luoghi dove vi è un’alta densità di abitazioni/strutture ricettive (pick-up point produttivi).

Obiettivi

L’obiettivo della proposta è fornire una valida alternativa di trasporto ai turisti che raggiungono Lampedusa, un’alternativa dall’alta qualità ed efficienza del servizio. L’introduzione di un servizio di questo tipo ovviamente determina una riduzione del tasso di motorizzazione con effetti benefici sulla comunità.

L’obiettivo, a lungo termine, è rilasciare autorizzazioni a svolgere il servizio ai noleggiatori che dimostrino la



volontà di ridurre il proprio parco veicolare a noleggio, riducendo i veicoli obsoleti, o convertendo parte di essi in veicoli più sostenibili.

In una realtà in cui parte del parco veicolare risulta non revisionato o, in casi più gravi, non immatricolato, l'introduzione di un servizio regolamentato e autorizzato dall'Amministrazione comunale può certamente innalzare il livello di sicurezza e legalità. L'accesso e l'autorizzazione al servizio è consentita a coloro i quali risultino in regola nella gestione del proprio parco veicolare a noleggio.

Per l'introduzione di questo nuovo servizio di trasporto è sicuramente necessario coinvolgere la cittadinanza locale e tra gli effetti positivi si può auspicare che, trasformando il servizio di noleggio in un servizio di trasporto "a chiamata" si riesca a trasformare i costi fissi per la gestione del parco veicolare a noleggio in costi per sostenere nuovi posti di lavoro per i futuri conducenti.

Sostenibilità della proposta

E' necessario valutare quanto l'implementazione di tale proposta sia sostenibile lato:

- **Economico:** è una soluzione conveniente lato stakeholder? Lato utente?
- **Tecnico:** è una soluzione tecnicamente fattibile e implementabile? È stata effettuata una simulazione del servizio per valutare il bacino di utenza che può essere soddisfatto dallo stesso; la simulazione ha tenuto conto dell'offerta e domanda di trasporto definiti nei primi due capitoli, e di alcuni parametri di servizio che saranno introdotti nel Capitolo 5.

Nei prossimi capitoli è stata valutata la fattibilità economica della proposta mediante un'approfondita analisi costi-benefici, sia lato stakeholder che lato utente.



4. Analisi costi-benefici

Il primo passo è stato valutare i costi e i benefici derivanti dall'introduzione di un servizio di trasporto "a chiamata" sul territorio comunale di Lampedusa, con particolare riferimento al periodo estivo in cui si presentano i picchi più elevati di presenze turistiche sull'isola. Lo scopo dello studio è la valutazione dei costi/ricavi derivanti dal noleggio auto/moto e il confronto di questi con quelli riguardanti il sistema "a chiamata".

L'analisi riguarda il nuovo servizio sia lato gestore, ovvero i noleggiatori di veicoli e motocicli, sia lato utente, il turista. Sono stati valutati gli impatti dell'introduzione di tale modo di trasporto nella mobilità isolana dal punto di vista economico e gestionale.

Il PMS³ mostra un interesse verso un servizio di trasporto di questo tipo nell'ordine del 80% dei turisti intervistati.

4.1. Noleggio senza conducente

Facendo riferimento all'intero parco veicolare a noleggio presente sull'isola è stato stimato il giro d'affari che ne consegue.

I dati che sono stati considerati in questa analisi sono dati stimati a partire da interviste effettuate in loco. E' stata fatta una stima dei costi sopportati dai noleggiatori utilizzando dei coefficienti ACI ridotti, che tengano conto del fatto che parte del parco veicolare a noleggio potrebbe non essere perfettamente in regola né da un punto di vista di manutenzione né dal punto di vista assicurativo. Anche il costo del personale di gestione è stato ridotto rispetto le medie nazionali considerando le condizioni economiche dell'isola.

Questa considerazione è stata fatta per effettuare un'analisi più cautelativa e forse più obiettiva possibile alla realtà e che sia capace di rappresentare le reali condizioni sull'isola.

In Tabella 5 sono riportati i dati di partenza e le ipotesi fatte:

- Il parco veicolare sia utilizzato per il 100% in alta stagione, 70% in media stagione e 50% in bassa stagione.
- Ogni auto/moto percorra giornalmente 20 km
- I coefficienti ACI ridotti per gli autoveicoli sono valori medi valutati tra le auto che più frequentemente compongono i parchi veicolari dei noleggiatori: Grande Punto e Panda.
- I coefficienti ACI ridotti per i motoveicoli sono valori medi valutati tra le moto che più frequentemente compongono i parchi veicolari dei noleggiatori: Vespa 50cc/125cc e Aprilia 125cc.

³ Comune di Lampedusa e Linosa (2012) *Piano di mobilità sostenibile interna alle isole minori siciliane occidentali*.



- I prezzi giornalieri di noleggio sono la media di quelli rilevati nei principali siti dei noleggiatori dell'isola.

Tabella 5: Dati noleggio senza conducente

Noleggio senza conducente	Autoveicoli	Motoveicoli
Dati base:		
Parco veicolare	1.500	2.500
Indice di occupazione [pax/veh]	2,5	1,5
Coefficiente di utilizzo parco veicolare – alta stagione	1	1
Coefficiente di utilizzo parco veicolare – media stagione	0,7	0,7
Coefficiente di utilizzo parco veicolare – bassa stagione	0,5	0,5
Dati di costo:		
Km/gg percorsi	20	20
Coefficiente ACI medio - costi fissi *[€/anno]	2.000 €	500 €
Coefficiente ACI medio - costi variabili** [€/km]	0,15 €	0,07 €
Coefficiente ACI medio - costi variabili carburante [€/km]	0,08 €	0,05 €
Dati di ricavo:		
Prezzo giornaliero medio bassa stagione [€/gg]	25 €	15 €
Prezzo giornaliero medio media stagione [€/gg]	30 €	20 €
Prezzo giornaliero medio alta stagione [€/gg]	40 €	30 €
* comprendono interessi, Tassa Automobilistica e Assicurazione RCA		
** comprendono quota capitale, pneumatici e manutenzione/riparazione		

Come indicato in Tabella 5 il coefficiente ACI è stato scorporato nelle due componenti fisse e variabili per valutare l'influenza delle due componenti sul costo totale. Il coefficiente di costo variabile tiene conto di quota capitale, pneumatici e manutenzione/riparazione, ma non del costo del carburante che è a carico dell'utente e non figura nei costi lato noleggiatore.

Ricavo annuale

E' stato quindi valutato il ricavo relativo alle tre stagioni turistiche secondo la formula:

$$Ricavo = (N_{auto} * p_{giorno,auto} + N_{moto} * p_{giorno,moto}) * gg * c_{utilizzo}$$

dove:

- N_{auto} = numero di autoveicoli del parco veicolare
- N_{moto} = numero di motoveicoli del parco veicolare



- $P_{giorno,auto}$ = prezzo giornaliero di noleggio auto
- $P_{giorno,moto}$ = prezzo giornaliero di noleggio moto
- gg = numero di giorni ricadenti nella stagione di riferimento
- $C_{utilizzo}$ = coefficiente di utilizzo

Si è ottenuto:

Tabella 6: Ricavo annuale noleggio senza conducente

Ricavo noleggio senza conducente		
Ricavo alta stagione (100% richieste)	4.185.000 €	53%
Ricavo media stagione (-30% richieste)	2.061.500 €	26%
Ricavo bassa stagione (-50% richieste)	1.687.500 €	21%
Ricavo annuale noleggio auto/moto	7.934.000 €	100%

Costo annuale

Sono state definite tre diverse componenti di costo:

- Costi fissi
- Costi variabili
- Costi di gestione

La componente di costo fisso è valutata direttamente sull'intero anno come:

$$Costo_{fisso,auto} = c_{fisso,auto} * N_{auto}$$

$$Costo_{fisso,moto} = c_{fisso,moto} * N_{moto}$$

Dove:

- $C_{fisso,auto}$ = coefficiente ACI relativo ai costi fissi dell'auto
- $C_{fisso,moto}$ = coefficiente ACI relativo ai costi fissi della moto
- N_{auto} = numero di autoveicoli del parco veicolare
- N_{moto} = numero di motoveicoli del parco veicolare

La componente di costo variabile è valutata per singola stagione:

$$Costo_{var,auto} = c_{var,auto} * km_{gg,auto} * N_{auto} * gg * C_{utilizzo}$$

$$Costo_{var,moto} = c_{var,moto} * km_{gg,moto} * N_{moto} * gg * C_{utilizzo}$$

- $C_{var,auto}$ = coefficiente ACI relativo ai costi variabili dell'auto
- $C_{var,moto}$ = coefficiente ACI relativo ai costi variabili della moto



- $km_{gg,auto}$ = km percorsi giornalmente da un'auto a noleggio
- $km_{gg,moto}$ = km percorsi giornalmente da una moto a noleggio
- gg = numero di giorni ricadenti nella stagione di riferimento
- $C_{utilizzo}$ = coefficiente di utilizzo

La componente di costo relativa alla gestione del parco veicolare è stata valutata per singola stagione, ipotizzando che ogni impiegato possa occuparsi di gestire 25 veicoli.

$$Costo_{gestione} = N_{impiegati} * C_{gg} * gg * C_{utilizzo}$$

- $N_{impiegati}$ = numero di impiegati per la gestione del parco veicolare
- C_{gg} = paga giornaliera impiegato
- gg = numero di giorni ricadenti nella stagione di riferimento
- $C_{utilizzo}$ = coefficiente di utilizzo

Da tale analisi dettagliata si ottengono i seguenti risultati:

Tabella 7: Costi annuali noleggio senza conducente

Costi noleggio senza conducente		
Costi fissi autoveicoli	3.000.000 €	45%
Costi fissi motoveicoli	1.250.000 €	19%
Costi variabili autoveicoli	338.400 €	5%
Costi variabili motoveicoli	263.200 €	4%
Costo annuale di gestione	1.804.800 €	27%
Costo annuale noleggio auto/moto	6.656.400 €	100%

Da quanto si evince in Tabella 7 è chiaro come la componente più rilevante di costo sia quella fissa, con un'incidenza dei costi fissi per gli autoveicoli di circa il 45% sul totale, il doppio di quella dei motoveicoli pur avendo una numerosità di molto inferiore a quest'ultimi. Risulta evidente che un parco veicolare con numerosi autoveicoli genera costi elevatissimi, a differenza di uno prettamente formato da motoveicoli. I costi di gestione incidono sul totale per quasi il 30%, un termine quindi non irrilevante e che è giustificato da una gestione di un parco veicolare ampio, che ovviamente genera costi aggiuntivi a quelli di mero utilizzo dei mezzi.

Dall'analisi dello stato dell'arte si evinceva che vi potesse essere una percentuale di veicoli non dichiarati come veicoli a noleggio e in alcuni casi che potessero non essere neppure immatricolati. Chiaramente per questi veicoli i costi fissi sarebbero decisamente inferiori.

Utile annuale

Dalle valutazioni precedenti si determina un **utile annuale** superiore a **1.2 milioni di €**.



4.2. Servizio di trasporto “a chiamata”

Si valuta in questa sezione il numero di mezzi necessari a coprire la medesima domanda con un servizio di trasporto “a chiamata” ed i ricavi e costi che ne conseguono.

In questa prima fase s’ipotizzerà un costo del biglietto costante e pari a **5€** a tratta.

In Tabella 8 sono riportati i dati e le ipotesi di partenza (si specifica che i dati di costo fanno riferimento al veicolo Fiat Ducato 15 2.3 JTD da 8 posti):

Tabella 8: Dati e ipotesi del servizio di trasporto “a chiamata”

Trasporto “a chiamata”	
Dati base:	
Distanza media corsa [km]	10
Tempo media corsa [min]	15
Corse orarie	4
Ore di lavoro giornaliere [h/gg]	14
Corse/gg	56
Coefficiente di occupazione media	40%
N° posti	8
Coefficiente di utilizzo – alta stagione (100% richieste)	1
Coefficiente di utilizzo – media stagione (-30% richieste)	0,7
Coefficiente di utilizzo– bassa stagione (-50% richieste)	0,5
Dati di costo:	
Coefficiente ACI medio - costi fissi* [€/anno]	3.515 €
Coefficiente ACI medio - costi variabili** [€/km]	0,40 €
Costo orario autista [€/h]	25 €
Dati di ricavo:	
Prezzo singola corsa [€]	5,0 €
* comprendono interessi, Tassa Automobilistica e Assicurazione RCA	
** comprendono quota capitale, pneumatici, carburante e manutenzione/riparazione	

In primo luogo si è determinato il numero di persone trasportate da un singolo mezzo in una giornata, la capacità giornaliera:

$$Capacità_{gg,mezzo} = N_{corse} * N_{posti} * C_{occupazione} = 179 \text{ persone}$$

Dove:

- $Capacità_{gg,mezzo}$ = numero di persone trasportate da un singolo mezzo in un giorno



- N_{corse} = numero di corse giornaliere
- N_{posti} = numero di posti del mezzo
- $C_{\text{occupazione}}$ = coefficiente di occupazione media del mezzo

Facendo riferimento alla domanda giornaliera stimata per il noleggio senza conducente si possono valutare il numero di veicoli da adibire al servizio "a chiamata" per soddisfare le richieste stagionali; ipotizzando che ogni individuo che usufruisce del servizio percorra una tratta di andata e una di ritorno ogni giorno, si ottiene:

$$N_{\text{veicoli}} = \frac{\text{Domanda giornaliera} * 2}{\text{Capacità giornaliera}}$$

Tabella 9: Domanda giornaliera del servizio di trasporto "a chiamata"

	Domanda giornaliera [pax]	N° veicoli necessari
Alta stagione (100% richieste)	7.500	84
Media stagione (-30% richieste)	5.250	59
Bassa stagione (-50% richieste)	3.750	42

Noti i veicoli necessari a coprire la domanda di noleggio, secondo un'ipotesi di prima approssimazione e certamente non realistica ma utile a dare un quadro economico iniziale in cui tutta tale domanda sia soddisfatta mediante trasporto "a chiamata", è possibile effettuare la valutazione dei ricavi e dei costi.

Ricavo annuale

Si stima il ricavo in alta, media e bassa stagione come segue:

$$\text{Ricavo} = 2 * \text{Domanda giornaliera} * \text{prezzo corsa} * gg$$

Il coefficiente pari a 2 tiene conto del fatto che ogni passeggero che usufruisce del servizio effettuerà una corsa di andata e una di ritorno. Essendo già definite tutte le variabili si ottengono i seguenti risultati riportati in Tabella 10.

Tabella 10: Ricavo annuale servizio di trasporto "a chiamata"

Ricavo Trasporto "a chiamata"		
Ricavo alta stagione (100% richieste)	2.325.000 €	41%
Ricavo media stagione (-30% richieste)	1.627.500 €	29%
Ricavo bassa stagione (-50% richieste)	1.687.500 €	30%
Ricavo annuale	5.640.000 €	100%



Costo annuale

Sono state definite tre diverse componenti di costo:

- Costi fissi
- Costi variabili
- Costi di gestione

La componente di costo fisso è valutata direttamente sull'intero anno come:

$$Costo_{fisso} = c_{fisso} * N_{mezzi,alta\ stagione}$$

Dove:

- c_{fisso} = coefficiente ACI relativo ai costi fissi del mezzo adibito al servizio "a chiamata"
- N_{mezzi} = numero di mezzi adibiti al servizio "a chiamata" in alta stagione

Si considerano i mezzi utilizzati in alta stagione poiché rappresentano il parco veicolare completo.

La componente di costo variabile è valutata per singola stagione:

$$Costo_{var} = c_{var} * km_{corsa} * N_{corse} * gg * N_{mezzi}$$

- c_{var} = coefficiente ACI relativo ai costi variabili del mezzo
- Km_{corsa} = km percorsi in una singola corsa
- N_{corse} = numero di corse giornaliere
- gg = numero di giorni ricadenti nella stagione di riferimento
- N_{mezzi} = numero di mezzi nella stagione di riferimento

La componente di costo relativa alla gestione del parco veicolare fa riferimento al costo degli autisti; nell'ipotesi di una paga orario di 25€/h, si è così proceduto:

$$Costo_{gestione} = N_{mezzi} * N_{ore,gg} * gg * c_{autista,h}$$

- N_{mezzi} = numero di mezzi nella stagione di riferimento
- $N_{ore,gg}$ = numero ore lavorative giornaliere
- gg = numero di giorni ricadenti nella stagione di riferimento
- $c_{autista,h}$ = costo orario dell'autista

Da tale analisi dettagliata si ottengono i seguenti risultati:

Tabella 11: Costi annuali servizio "a chiamata"

Costi Trasporto "a chiamata"		
Costi fissi	294.224 €	8%
Costi variabili	1.410.000 €	36%



Costo annuale autista	2.203.125 €	56%
Costo annuale	3.907.349 €	100%

Da quanto si evince in Tabella 11 più della metà dei costi annuali ricadono nella componente relativa alla gestione; è un dato nelle attese poiché certamente la componente fissa in questo caso è limitata disponendo di un parco veicolare ben più piccolo. Assume invece una certa rilevanza il peso dei costi variabili, più del 30%, essendo percorsi dai pochi veicoli molti più chilometri rispetto a quelli a noleggio.

Utile annuale

Dalle valutazioni precedenti si determina un **utile annuale** pari a **1.732.651 €**.

4.3. Considerazioni riassuntive

L'analisi appena eseguita può essere così riassunta:

Tabella 12: Sintesi risultati del servizio di trasporto "a chiamata"

<u>Noleggio senza conducente</u>	
Ricavo annuale	7 934 000 €
Costo annuale	6.656.400 €
Utile annuale	1.277.600 €
<u>Trasporto "a chiamata"</u>	
Ricavo annuale	5 640 000 €
Costo annuale	3.907.349 €
Utile annuale	1.732.651 €
<u>Incremento utile annuo</u>	
+36%	

Come si può notare, qualora fosse possibile convertire l'intero parco veicolare a noleggio in servizio di trasporto "a chiamata" si genererebbe un incremento di utile lato noleggiatori del 36%, dovuto principalmente ad una diminuzione netta dei costi fissi grazie ad una riduzione del numero di veicoli, non totalmente controbilanciata da un aumento dei costi variabili legati alla forza lavoro. Inoltre la conversione totale determina:

- Riduzione veicoli in circolazione
- Rinnovo del parco veicolare
- Maggiore legalità
- Maggior occupazione.

Gli obiettivi della conversione in trasporto "a chiamata" ricercati sono:

- Incremento utile lato gestore attraverso la **conversione parziale** del parco

- Proposta competitiva per l'utente, ossia intercettare più domanda possibile e rendere la proposta competitiva in tutte le stagioni: per far questo è ipotizzabile un **prezzo della corsa "a chiamata" variabile**

4.4. Conversione parziale ed ottimale del parco veicolare

Si è analizzata la variazione dell'incremento di utile in funzione della percentuale di conversione del parco veicolare, auto e moto, per valutare la condizione ottimale, in cui è massimizzato l'incremento di utile annuo. L'analisi è puramente lato offerta, ossia supponendo che sussista domanda sufficiente per il servizio a chiamata indipendentemente dall'entità dell'offerta stessa. In Tabella 13 sono riportate le ipotesi di conversione del parco veicolare, pre-conversione e post conversione, per soddisfare la medesima domanda giornaliera.

Tabella 13: Ipotesi di conversione dal servizio di noleggio tradizionale a trasporto "a chiamata"

Hp	Percentuali di conversione		Pre-conversione		Post-conversione		
	Autoveicoli [%]	Motocicli [%]	Autoveicoli	Motocicli	Autoveicoli	Motocicli	"a chiamata"
1	100%	100%	1.500	2.500	0	0	84
2	0%	100%	1.500	2.500	1.500	0	42
3	100%	0%	1.500	2.500	0	2.500	42
4	75%	0%	1.500	2.500	375	2.500	32
5	50%	0%	1.500	2.500	750	2.500	21
6	25%	0%	1.500	2.500	1125	2.500	11

E' stato quindi valutato l'incremento/decremento di utile nel passaggio da noleggio senza conducente a trasporto "a chiamata" come riportato in Tabella 14.

Tabella 14: Analisi degli utili nelle diverse ipotesi di conversione del servizio

Hp	Pre-conversione	Post-conversione			Var. [%]
	Utile nolo	Utile nolo	Utile "a chiamata"	Utile totale	
1	1.277.600	-	1.732.651 €	1.732.651 €	+36%
2	1.277.600	-334.950 €	866.325 €	531.375 €	-58%
3	1.277.600	1.612.550 €	866.325 €	2.478.875 €	+94%
4	1.277.600	1.528.813 €	649.744 €	2.178.557 €	+71%
5	1.277.600	1.445.075 €	433.163 €	1.878.238 €	+47%
6	1.277.600	1.361.338 €	216.581 €	1.577.919 €	+24%

Dai dati ottenuti si può constatare che:

- ↑ autoveicoli convertiti, ↑ incremento utile
- ↑ motoveicoli convertiti, ↓ incremento utile
- A parità di autoveicoli e motoveicoli convertiti, ↑veicoli totali convertiti, ↑ incremento



L'ottimo della conversione ovviamente si ottiene con la conversione del 100% di autoveicoli e 0% di motoveicoli. La proposta progettuale considerata più realistica e realizzabile nel breve-medio termine (3 anni) è però l'ipotesi 5, anche in considerazione del probabile comportamento della domanda secondo il quale alcuni turisti desidererebbero comunque noleggiare un'autovettura.

4.5. Prezzo corsa variabile

E' necessario soffermarsi sulla valutazione del prezzo di una singola corsa. Infatti in prima analisi si è ipotizzato un prezzo per singola corsa pari a 5€. E' importante definire però un costo della corsa che possa essere di interesse oltre che per i noleggiatori anche per gli utenti che devono decidere di acquistare il servizio, ovvero i turisti. Per quanto riguarda questi ultimi si rimanda al paragrafo 4.6.

Avendo fissato in 5€ il prezzo di una corsa singola con il trasporto "a chiamata", è stato stimato che l'utile nella conversione dell'intero parco veicolare da noleggio senza conducente a trasporto "a chiamata" possa subire un incremento del 36%.

L'introduzione di un nuovo servizio di trasporto ha successo se determina effetti economici positivi non solo su chi gestisce il servizio ma anche su chi ne usufruisce; senza utenti il servizio non funziona e fallisce. L'obiettivo nella definizione della proposta d'intervento è quello di creare una proposta competitiva, che intercetti più target possibili di turisti, determinando un risparmio economico rispetto alle altre alternative di trasporto.

Partendo dall'ipotesi di conversione 5 indicata nel paragrafo precedente è stata ipotizzata una tariffa di singola corsa variabile in funzione delle stagioni ed è stato valutato l'incremento di utile lato noleggiatori.

Tabella 15: Incremento utile con prezzo corsa variabile

Proposta progettuale: conversione 50% auto – 0% moto			
Trasporto "a chiamata" con prezzo corsa variabile			
Bassa stagione	Media stagione	Alta stagione	Variazione utile
5€	5€	5€	+47%
4€	4,5€	5€	+37%
3,5€	4€	5€	+31%
3€	4€	5€	+27%

Come si può evincere dalla Tabella 15 l'incremento si mantiene elevato, oscillando tra il 25% ed il 40%. Permane quindi una convenienza rilevante per i noleggiatori nel convertire parte del loro parco veicolo in un nuovo servizio di trasporto "a chiamata" anche con tariffe inferiori a quelle massime ipotizzate.

4.6. Il turista

E' necessario ora valutare la competitività del servizio lato turista e valutare quali possano essere i costi di noleggio auto/moto raffrontati a quelli di fruizione di un servizio di trasporto "a chiamata".



Sono state prese in considerazione tre tipologie di turista e confrontate le spese nel caso dei diversi servizi di mobilità scelti:

- Singolo turista: noleggio auto, noleggio moto, trasporto “a chiamata”
- Coppia di turisti: noleggio auto, noleggio moto, trasporto “a chiamata”
- Famiglia di 4 componenti: noleggio auto, trasporto “a chiamata”

In Tabella 16 sono riportati i dati utili, in parte già introdotti in precedenza; si ipotizza che ogni turista usufruisca del nuovo servizio tutti i giorni per due viaggi, andata/ritorno, per un numero totali di 14 spostamenti settimanali il trasporto “a chiamata”.

Tabella 16: Dati analisi costi-benefici - turista

Dati base:	Autoveicoli	Motoveicoli
Giorni di permanenza		7
Km/gg percorsi		20
Coefficiente ACI medio - costi variabili carburante [€/km]	0,08	0,05
Dati di costo noleggio senza conducente:		
Prezzo giornaliero medio bassa stagione [€/gg]	25 €	15 €
Prezzo giornaliero medio media stagione [€/gg]	30 €	20 €
Prezzo giornaliero medio alta stagione [€/gg]	40 €	30 €
Dati trasporto “a chiamata”:		
N° gite settimanali		7
N° passaggi settimanali richiesti		14
Costo singola corsa		Variabile

E' possibile quindi fare una stima delle spese settimanali delle tre categorie di turisti per valutare la convenienza o meno nel passare al trasporto “a chiamata”, rispetto ai servizi di mobilità tuttora disponibili, auto/moto a noleggio.

$$\text{Costo noleggio} = \text{prezzo gg} * n^{\circ} \text{giorni}$$

$$\text{Costo trasporto "a chiamata"} = n^{\circ} \text{passaggi gg} * n^{\circ} \text{giorni} * \text{prezzo corsa}$$

I risultati ottenuti sono riassunti in Tabella 17, in cui è anche indicata la soluzione ottimale.

Tabella 17: Analisi costi benefici con prezzo corsa variabile - turista

Trasporto “a chiamata” con prezzo corsa variabile					
Bassa stagione	Media stagione	Alta stagione	Singolo turista	Coppia di turisti	Famiglia di turisti
5€	5€	5€	Convenienza	Quasi sempre convenienza	Non sempre convenienza
4€	4.5€	5€	Convenienza	Convenienza	Quasi sempre convenienza
3,5€	4€	5€	Convenienza	Convenienza	Convenienza



3€

4€

5€

Convenienza

Convenienza

Convenienza

Nel caso della soluzione ottimale tutte e tre le categorie di turisti hanno convenienza nella fruizione del servizio "a chiamata" il quale, in ogni caso, si presenta come una soluzione più economica rispetto al noleggio di un auto/moto.

4.7. Conclusioni

La soluzione scelta nell'ipotesi progettuale della conversione del 50% degli autoveicoli del parco veicolare globale potrebbe determinare circa un 30% di incremento dell'utile dei noleggiatori rispetto il noleggio senza conducente, supponendo una corrispondente diversione modale della domanda dall'autonoleggio al servizio a chiamata. La soluzione risulta infatti competitiva anche dal punto di vista dell'utente, il quale utilizzando il servizio di trasporto "a chiamata" ha convenienza rispetto al noleggio di auto/moto.

Scopo delle proposte progettuali di mobilità del progetto Smart Island è la razionalizzazione dell'offerta di mobilità intesa come:

- **Maggiore efficienza economica per gli attori del territorio:** l'analisi precedente mostra come la conversione del parco veicolare in un servizio di trasporto "a chiamata" determini un incremento di utile lato noleggiatori, risultando conveniente anche per l'utente, il quale sarebbe propenso al nuovo modo di trasporto. Basti vedere i dati del PMS⁴ che mostrano un interesse verso un servizio di trasporto di questo tipo nell'ordine del 80% dei turisti intervistati.
- **Incremento dell'occupazione lavorativa:** nel caso del noleggio di veicoli e motocicli è stato ipotizzato che sia necessario un impiegato per ogni 25 veicoli del parco veicolare a noleggio. Ne discende quindi che l'intero sistema è gestito da 160 unità. Ipotizzando un parco veicolare dedicato solo al trasporto "a chiamata" il numero di autisti necessari, 2 per mezzo (turni di 7h giornaliere) ammontano a 167 con un incremento del 5%.

Forza lavoro			
	Noleggio senza conducente	Trasporto "a chiamata"	Incremento forza lavoro
Alta stagione	160	167	+5%
Media stagione	112	117	+5%
Bassa stagione	80	84	+5%

Tabella 18 - Forza lavoro noleggio vs "a chiamata"

L'aspetto però più interessante della conversione non è tanto l'incremento di forza lavoro, di per sé limitato, quanto l'incremento della componente di costo, lato noleggiatori, relativa alla forza lavoro. Se nel noleggio senza conducente il 27% delle spese era dedicato ai contributi di gestione, nel nuovo servizio la quota parte di spesa relativa al pagamento degli autisti è quasi il doppio. La conversione in trasporto "a chiamata" genera un lieve incremento di forza lavoro ma investe buona

⁴ Comune di Lampedusa e Linosa (2012) *Piano di mobilità sostenibile interna alle isole minori siciliane occidentali*.



parte delle spese su di essa, generando un utile sia per i noleggiatori che per coloro che lavorano sul campo.

- **Maggiore qualità del servizio per i residenti e i turisti:** un servizio di questo tipo è chiaramente un servizio di maggiore qualità per gli utenti
 - No stress da guida
 - No stress da traffico
 - No stress da parcheggio } **Maggior comfort di viaggio**
- **Riduzione dell'impatto ambientale:** la conversione del parco veicolare determina una riduzione drastica dei veicoli in circolazione; il parco veicolare si riduce da 4.000 veicoli a <100. Meno veicoli in circolazione, meno congestione, meno emissioni inquinanti, principalmente dovute ad un parco veicolare auto/moto obsoleto ed inquinante.



5. Simulazione del servizio

Dall'analisi costi-benefici effettuata è stato quindi possibile valutare la bontà economica della proposta progettuale, sia lato gestore, sia lato utente. L'introduzione di un'alternativa di trasporto di questo tipo determina inoltre benefici per l'intera comunità, contribuendo alla riduzione dei veicoli circolanti e conseguentemente migliorando l'impatto ambientale del sistema mobilità sull'intera comunità sociale.

Nell'analisi costi-benefici sono state formulate delle ipotesi preliminari semplificate per valutare l'utenza del trasporto "a chiamata", gli spostamenti e i km prodotti dal servizio; lo scopo dello studio effettuato in questo capitolo è stato proprio quello di valutare tali parametri in maniera più realistica, simulando un servizio di trasporto "a chiamata" sull'isola.

La simulazione del servizio è stata effettuata usufruendo di un algoritmo per la pianificazione di viaggi, messo a punto "ad hoc" per i sistemi DRT, Demand Responsive Transit.

Definiti i parametri di input, l'algoritmo fornisce, tra i vari output:

- Utenti serviti
- Richieste soddisfatte
- Km effettuati
- Tempo impiegato

Nei prossimi paragrafi sarà approfondita la natura dell'algoritmo utilizzato (vedi paragrafo 5.1), verrà presentata la campagna di simulazione (vedi paragrafo 5.2), i parametri di input del sistema (vedi paragrafo 5.3) e saranno analizzati gli output generati dal simulatore (vedi paragrafo 5.4)

5.1. Algoritmo Dialaride

L'algoritmo *Dialaride*, sviluppato dal Prof. M. Diana⁵ del Dipartimento dei trasporti del Politecnico di Torino, verrà utilizzato per eseguire le simulazioni del servizio. L'algoritmo permette la pianificazione dei viaggi secondo un'euristica di inserzione basata sul "regret cost"⁶. Il software permette, caricati i dati di input, di ottenere il programma di viaggio di ogni veicolo adibito al servizio di trasporto "a chiamata". Inoltre il simulatore è in grado di ottimizzare gli spostamenti dei mezzi allo scopo di minimizzare una media pesata dei seguenti fattori:

- La distanza coperta da tutti i mezzi
- Il tempo di attesa degli utenti

⁵ Diana, M. (2002) Methodologies for the tactical and strategic design of large-scale advance-request and real-time demand responsive transit services, Ph.D. Dissertation, Politecnico di Torino, Dipartimento di Idraulica, Trasporti e Infrastrutture Civili, Torino, Italy.

⁶ Diana, M. e Dessouky, M.M. (2004) A new regret insertion heuristic for solving large-scale dial-a-ride problems with time windows, Transportation Research Part B, vol. 38(6), pp. 539-557.

- Il tempo totale a vuoto, speso dai conducenti per attendere i clienti

Il primo termine è una misura dell'efficienza economica del sistema (dal punto di vista dell'operatore economico), mentre il secondo della qualità del servizio (dal punto di vista dell'utente). Il terzo termine deve tener conto del fatto che un mezzo non può attendere l'arrivo di un cliente se ha altri passeggeri a bordo, per evitare che la qualità del servizio decada; per tale ragione il terzo termine di norma ha valore piccolo o nullo.

Questi tre aspetti rappresentano i tre parametri della funzione obiettivo che sta alla base dell'algoritmo, e che può essere tarata in fase di simulazione. La funzione obiettivo rientra in un set di parametri che devono essere fissati e caricati nell'algoritmo, prima che questo effettui la simulazione.

La Figura 2 descrive il flusso di dati sequenziale che determina la generazione dell'output dell'algoritmo.

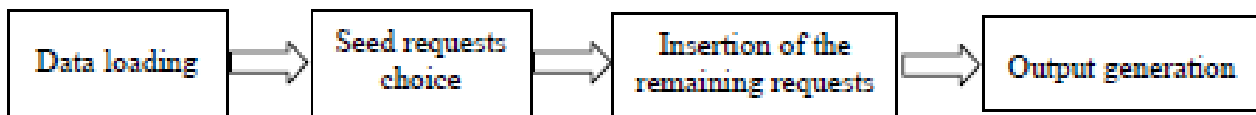


Figura 2: Macro struttura dell'algoritmo DialaRide

Dati di input

I dati necessari alla generazione del programma di viaggi sono:

- 1) Il file *Dialaride.ini* è un file con i seguenti parametri da fissare:
 - a. Nodo di partenza dei mezzi – deposito: **nodo 11** del grafo in Figura 1.
 - b. N° veicoli utilizzati**
 - c. Capacità dei mezzi: **8 posti**
 - d. Finestre temporali:

Questo parametro è legato alla qualità del servizio offerto. Per un servizio in cui viene chiesto all'utente di indicare l'orario di partenza, si può definire il tempo massimo di percorrenza accettabile per l'utente k:

$$MRT_K = \max(p_1 \cdot DRT_k + p_2, DRT_k + WS)$$

Dove:

- DRT = Direct Ride Time: tempo impiegato a percorrere la tratta senza alcuna deviazione
 - **p1: incremento del DRT dovuto a deviazioni** per caricare altri passeggeri
 - p2: valore minimo di incremento del DRT non dovuto a deviazioni
 - **WS = Wait State**: massimo tempo di attesa globale
- e. Peso delle componenti di routing (spazio) e scheduling (tempo) per la fase di scelta delle richieste iniziali da soddisfare:
 - i. **alfa = 0.9**
 - ii. **beta = 0.1**



- f. Metodo di scelta delle richieste iniziali da soddisfare
 - i. 1: scelta casuale
 - ii. 2: scelta delle richieste con l'orario di partenza più vicino all'orario di inizio servizio
 - iii. 3: scelta delle richieste con l'orario di partenza più vicino all'orario di inizio servizio (metodo più approfondito)
 - iv. 4: scelta delle richieste sulla base di criteri sia di routing che di scheduling**
- g. Metodo di inserimento delle richieste nel programma di viaggio:
 - i. 1: Solomon insertion
 - ii. 2: Solomon insertion
 - iii. 3: Regret insertion
 - iv. 4: Regret insertion**

} Inserzione con l'algorithmo di Solomon, non approfondito in questo studio

} Inserzione con i costi "regret"
- h. Funzione obiettivo:
 - i. **a**: peso della distanza coperta da tutti i mezzi = **33%**
 - ii. **b**: peso del tempo di attesa degli utenti = **33%**
 - iii. **c**: peso del tempo a vuoto = **33%**
- i. Massimo valore di MRT: valore riferito allo spostamento più lungo della matrice delle distanze = **2200 s**

In **rosso grassetto** sono evidenziati i parametri che sono stati fatti variare nelle simulazione per valutare quanto questi influissero sugli output finali.

In **nero grassetto** sono evidenziati i valori dei parametri utilizzati nella campagna di simulazione.

- 2) La lista dei viaggi programmati: ogni riga del file rappresenta un viaggio ed in colonna è necessario indicare:
 - a. ID del viaggio
 - b. N° persone
 - c. Nodo di partenza
 - d. Nodo di arrivo
 - e. Orario di partenza
 - f. Tipo di richiesta (l'utente specifica l'ora di partenza o di arrivo)
 - g. Tempo impiegato per salire a bordo: 20 s a persona
 - h. Tempo impiegato per scendere dal mezzo: 10 s a persona
- 3) Due file contenenti per ogni possibile coppia di nodi della rete:
 - a. Tempo di viaggio = f(**velocità commerciale**)
 - b. Distanza del percorso minimo per andare da un nodo all'altro

La velocità commerciale è stata assunta come parametro variabile per tener conto del livello di congestione variabile presente sull'isola, funzione del periodo di analisi.

L'algorithmo ha permesso di simulare differenti scenari in cui il servizio può funzionare, i parametri fatti variare sono stati:



- **p1**: incremento del DRT dovuto a deviazioni
- **WS**: massimo tempo di attesa globale
- **N°** veicoli utilizzati
- **V** velocità commerciale

Output generato

Introdotti i file di input l'algoritmo genera come output il programma di viaggio dettagliato di ogni mezzo, da cui è possibile estrapolare dati quali:

- I. Persone trasportate
- II. Richieste di viaggio soddisfatte
- III. Km percorsi dalla flotta di mezzi
- IV. Tempo di viaggio suddiviso per:
 - a. Tempo di viaggio effettivo
 - b. Tempo di servizio (salita e discesa passeggeri)
 - c. Tempo di viaggio a vuoto
- V. **N° richieste/km percorsi**
- VI. **N° richieste/min di servizio**

Gli ultimi due coefficienti elaborati permettono una valutazione dell'efficienza del servizio dal punto di vista del gestore che mira a soddisfare il maggior numero di richieste con i minori km percorsi/minuti di servizio.

5.2. Campagna di simulazione

La campagna di simulazione è stata sviluppata in due passi principali:

Analisi variabilità parametri:

- *p1*
- *WS*
- *N° veicoli*
- *Velocità commerciale*

Inizialmente è stata analizzata l'influenza di queste variabili sull'output finale. Nello specifico è stato valutato il valore ottimale di *p1* e *WS* che massimizzi i coefficienti *n° richieste/km* e *n° richieste/min*.

Tabella 19: Modello Dialaride - Set di variabilità p1 e WS

Set 1	
p1 [-] variabile	1 – 1.25 – 1.5 – 1.75 – 2
WS [min]	10
N veicoli [-]	5
Velocità commerciale [km/h]	30



Set 2	
p1 [-]	1.5
WS [min] variabile	1 – 5 – 10 – 15 – 30 – 45 – 60
N veicoli [-]	5
Velocità commerciale [km/h]	30

In seconda istanza è stata valutato il n° di richieste soddisfatte in funzione di n veicoli e velocità variabili.

Tabella 20: Modello Dialaride - Set di variabilità n° veicoli e velocità commerciale

Set 3	
p1 [-]	1.5
WS [min]	10
N veicoli [-] variabile	1 – 5 – 10
Velocità commerciale [km/h]	30
Set 4	
p1 [-]	1.5
WS [min]	10
N veicoli [-]	5
Velocità commerciale [km/h] var.	15 – 20 – 25 – 30
Set 5	
p1 [-]	1.5
WS [min]	10
N veicoli [-] variabile	1 – 5 – 10
Velocità commerciale [km/h] var.	15 – 20 – 25 – 30

Dimensionamento della flotta

È stata dimensionata la flotta di veicoli necessari per il funzionamento del servizio considerando:

- Richieste soddisfatte
- Passeggeri trasportati
- Velocità commerciale --> stagionalità

I primi cinque set di simulazioni miravano al valutare la sensibilità dei risultati nei confronti dei parametri assunti come variabili; per farlo è stata utilizzata una lista viaggi numerosa e ridondante rispetto ai viaggi che potevano realmente essere soddisfatti, poiché lo scopo era lavorare sul limite di capacità di ogni scenario. Ricordiamo infatti che abbiamo a disposizione solo una matrice O/D con le ripartizioni percentuali fra le varie coppie di punti di servizio.

Una volta fissati i parametri caratteristici del servizio proposto, il passo successivo è stato quello di dimensionare la flotta di veicoli in funzione del numero di richieste che si vuole soddisfare. In questo caso sono state definite delle nuove liste viaggi in modo tale da garantire un soddisfacimento delle richieste pari



o superiore al 90%. Il tutto è stato valutato al variare di n veicoli in esercizio e *velocità commerciale* nel periodo di riferimento.

Soddisfare il 90% di richieste significa garantire un servizio nei limiti definiti da $p1$ e WS per il 90% dei viaggi, il restante 10% sarà in ogni caso soddisfatto ma non rispettando i criteri di $p1$ e WS fissati nei primo passo della simulazione. Garantire il 100% vorrebbe dire sottostimare la reale capacità del sistema.

Set 6 - > 90% soddisfacimento richieste	
p1 [-]	1.5
WS [min]	10
N veicoli [-] variabile	1 – 5 – 10
Velocità commerciale [km/h] var.	15 – 20 – 25 – 30
N richieste di passaggio	Variabile

Tabella 21 - Set per dimensionamento flotta trasporto "a chiamata"

Ogni simulazione è stata effettuata su 5 liste di viaggi identiche per origine e destinazione degli spostamenti, ma con una distribuzione oraria differente: in questo modo è possibile validare l'esito della simulazione e controllare meglio la componente aleatoria della simulazione. E' stato assunto come valore finale la media dei 5 ottenuti nelle singole prove.

5.3. Elaborazione dei dati di input

Programmata la campagna di simulazioni, è stato necessario elaborare i dati di input, adattandoli al caso studio in esame.

1) Dialaride.ini

Questo file contiene i parametri appena discussi.

2) Matrice dei percorsi minimi

Una volta geo-localizzati i poli del grafo stradale è stata redatta una matrice delle distanze in cui ad ogni percorso da polo n-esimo a polo m-esimo è stata associata una distanza.

3) Matrice dei tempi

Nota la matrice delle distanze sono stati ottenuti i tempi di percorrenza di ogni tratta, in funzione delle velocità commerciali considerate.

4) Lista delle richieste di servizio (lista viaggi)

Questo è il file di input più complesso e che rappresenta la vera simulazione del servizio; da questo file infatti si ottiene una lista viaggi ipotetica nell'ora di punta su cui l'algoritmo lavora per produrre il programma di viaggio di ogni mezzo.

Le liste viaggi prodotte hanno seguito due differenti metodologie:

I. Lista viaggi per l'analisi di variabilità

La lista viaggi utilizzata nel primo passo della campagna di simulazione è stata redatta a partire dai flussi relativi calcolati nel paragrafo 2.2.2; i suddetti flussi fanno riferimento a persone che si



muovono sull'isola con il mezzo privato, di conseguenza è possibile ottenere persone che si muovono da un polo produttivo ad uno attrattivo nell'ora di punta mattutina.

Partendo da questa ipotesi si può trasformare un qualsivoglia numero N di persone in movimento sull'isola in flussi relativi da polo attrattivo a polo produttivo.

Ottenere i viaggi vuol dire aggregare più persone in movimento dal medesimo nodo i verso il medesimo nodo j ; è necessario però ipotizzare come le persone si muovano sull'isola, da un punto di vista di aggregazione di più persone per singolo viaggio.

L'indagine di mobilità effettuata per la redazione del Piano di Mobilità Sostenibile ha fornito alcuni dati riguardanti la tipologia di turisti sull'isola: singoli, coppie, gruppi di amici e famiglie. Da un'analisi di questo lavoro e sulla base di informazioni reperite in loco, è stato possibile ipotizzare una distribuzione della tipologia di viaggi come indicata in Tabella 22.

Tabella 22: Tipologia di viaggi per n° persone

Singolo	Coppia	Gruppo da 3 persone	Gruppo da 4 persone
10 %	20%	40%	30%

Nota tale distribuzione è stato possibile aggregare le persone in movimento sull'isola in viaggi aggregati, applicando tali percentuali su ogni arco carico, con persone in movimento.

Una volta creati un numero N di viaggi, il file di input richiede l'orario di partenza; questo è stato definito ipotizzando una distribuzione dei viaggi nella finestra temporale (ora di punta mattutina) che segue la curva di Poisson.

Note n° di persone ed orario di viaggio, i restanti parametri, indicati nel paragrafo 5.1 per la lista viaggi, sono noti in fase di generazione.

La lista viaggi utilizzata per i primi set di simulazione ha 213 richieste di viaggio nell'arco del periodo di simulazione; il numero non ha un significato specifico, si poteva avere anche una lista di richieste molto più lunga. L'obiettivo primario dei primi 5 set di simulazioni, infatti, è valutare la variabilità degli output finali in funzione delle variabili $p1$, WS , n e v ; la numerosità del campione non ha influenza.

II. Lista viaggi per il dimensionamento flotta

Una volta fissati i parametri che caratterizzano il servizio di trasporto considerato è stato necessario valutare, facendo variare n e v , quante richieste era possibile soddisfare in modo tale da avere una percentuale di richieste non soddisfatte inferiore al 10%.

E' stato necessario quindi definire liste viaggi dalla numerosità variabile, in alcuni casi molto limitata, 20-30 viaggi. Il metodo precedente, basato sulle persone in movimento sul grafo e aggregazione delle stesse in spostamenti di più persone, risultava limitato dal fatto che, con poche



persone in movimento, gran parte dei viaggi risultava essere effettuata da persone singole; l'elevato numero di archi e nodi infatti genera flussi relativi piccoli, distribuire 20-30 persone su una rete tanto vasta significa avere un numero di persone in movimento sui singoli percorsi molto basso, nell'ordine di 1-2 unità, con conseguenti soli viaggi da 1-2 persone.

La metodologia utilizzata in questo caso parte invece dal considerare non più persone in movimento ma spostamenti di 1-2-3-4 persone. Come visto nella fase di generazione, par. 2.1, la valutazione dei totali delle righe e delle colonne della matrice P/A partiva dai dati dei rilievi di sosta di auto/moto presso i principali poli attrattivi; a differenza di quanto fatto in quella fase, trasformazione auto/moto in persone, sono state fatte le seguenti considerazioni:

- Ogni moto rappresenta spostamenti da 1 o 2 persone così suddivise: 33% spostamenti 1 persona e 66% spostamenti 2 persone
- Ogni auto rappresenta spostamenti da 3 o 4 persone così suddivise: 60% spostamenti da 3 persone e 40% spostamenti da 4 persone

E' stato possibile quindi definire i pesi di ogni polo attrattivo nel caso di spostamenti di 1-2-3-4 persone. In particolare il peso dei poli produttivi è stato mantenuto invariato rispetto a quanto visto in precedenza.

Sono state definite quattro sub-matrici riferite a valori relativi di spostamenti da 1-2-3-4 persone da poli produttivi a poli attrattivi, secondo il metodo esposto nel par. 2.2. Noti i flussi relativi di spostamenti di 1-2-3-4 persone da poli n-esimi a poli m-esimi, è stato possibile generare liste viaggi numericamente differenti. Il metodo utilizzato ha permesso di superare la problematica rilevata con la prima metodologia nel caso di liste numericamente ridotte, rendendo più realistica la simulazione.

5.4. Analisi dei risultati di output

È stato possibile elaborare numerosi output di simulazione del servizio, grazie all'applicativo dell'algoritmo *Dialaride*. Nei prossimi paragrafi è stata effettuata un'analisi dei set di simulazioni effettuate.

Si ricorda che ogni valore riportato è la media di 5 prove su 5 differenti set di viaggi, allo scopo di prendere in considerazione possibili variazioni dovute ad una distribuzione degli orari delle richieste più o meno favorevole. Così facendo l'obiettivo è ottenere un valore medio del dato analizzato maggiormente stabile.

5.4.1. Set 1: variabilità termine $p1$

Il primo set di simulazioni ha l'obiettivo di valutare differenti scenari di servizio al variare del termine $p1$, incremento del Direct Ride Time, dovuto a deviazioni per incontrare altri passeggeri con cui condividere la tratta. I risultati ottenuti dall'output sono raccolti in Tabella 23 in Figura 3 e Figura 4.

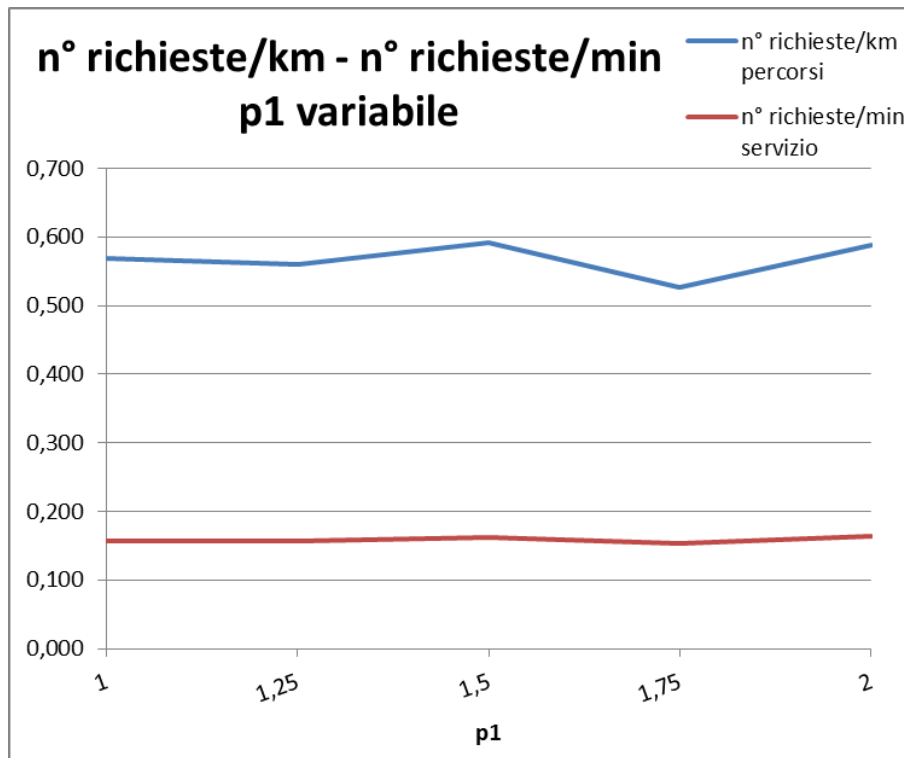


Figura 3: N° richieste/km e n° richieste/min, al variare di p1

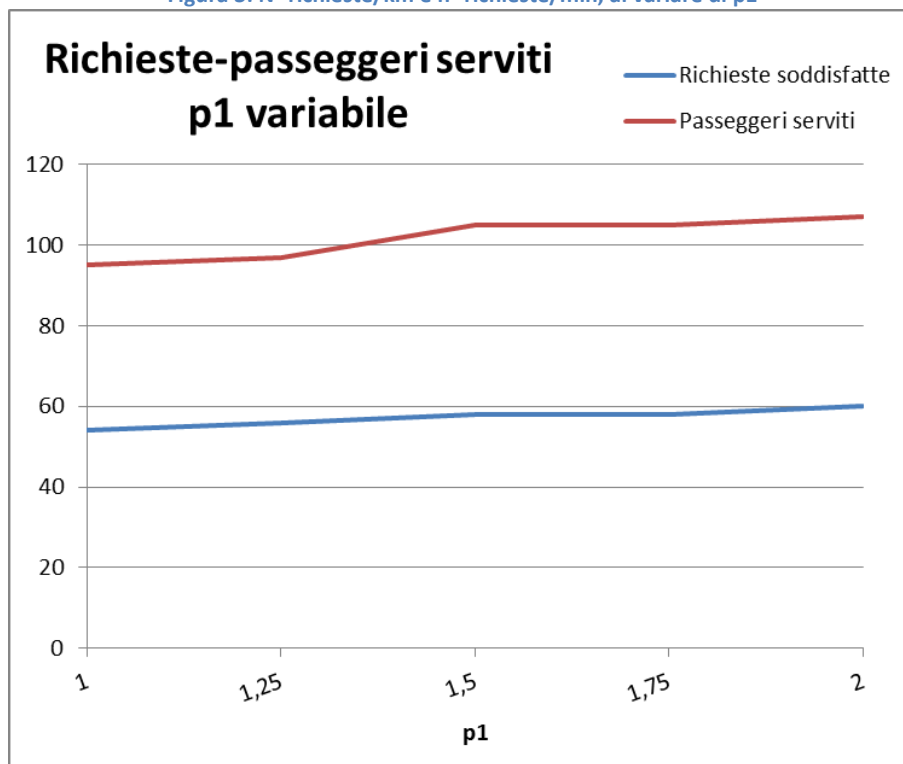


Figura 4: Richieste e passeggeri servite/i, al variare di p1



Tabella 23: Output set 1 - variabilità $p1$

	$p1$ variabile				
	1	1,25	1,5	1,75	2
RICHIESTE TOTALI SODDISFATTE	54	56	58	58	60
PASSEGGERI TOTALI SERVITI	95	97	105	105	107
KM TOTALI PERCORSI	95	100	98	110	102
N° RICHIESTE/N° KM	0,568	0,560	0,592	0,527	0,588
TEMPO TOTALE DI SERVIZIO	20575	21308	21378	22783	22036
N° RICHIESTE/MIN	0,158	0,158	0,163	0,153	0,163

Conclusioni

In Figura 4, come prevedibile, si può notare che all'aumentare di $p1$ vi è un lento ma costante aumento delle richieste di servizio soddisfatte e conseguente numero di passeggeri trasportati. Con un valore $p1=1$ ci ricondurremmo al caso del taxi, in cui non vi sono perdite di tempo dovute a deviazioni di percorso per la condivisione dello spostamento con altri utenti; $p1=2$ è un estremizzazione del "carpooling".

Il set 1 di simulazione però ha l'obiettivo di definire un valore di $p1$ ottimale per il servizio, che massimizzi i due parametri n° richieste/km e n° richieste/min. In Figura 3 sono stati rappresentati questi due parametri e la loro dipendenza da $p1$; pur essendoci variazioni minime si può constatare che il numero di richieste soddisfatte per km venga massimizzato in corrispondenza di $p1=1,5$, così come anche il numero di richieste per minuto.

E' stato assunto come parametro caratteristico del servizio di trasporto "a chiamata" proposto un valore di $p1$ pari a 1,5.

5.4.2. Set 2: variabilità termine *WS*

Nel secondo set di simulazioni è stata valutata la variabile *WS*, tempo di attesa globale massimo accettato dall'utente, e sono stati generati scenari differenti al variare di tale variabile.

I risultati ottenuti dall'output sono raccolti in Tabella 24, in Figura 5 e Figura 6.

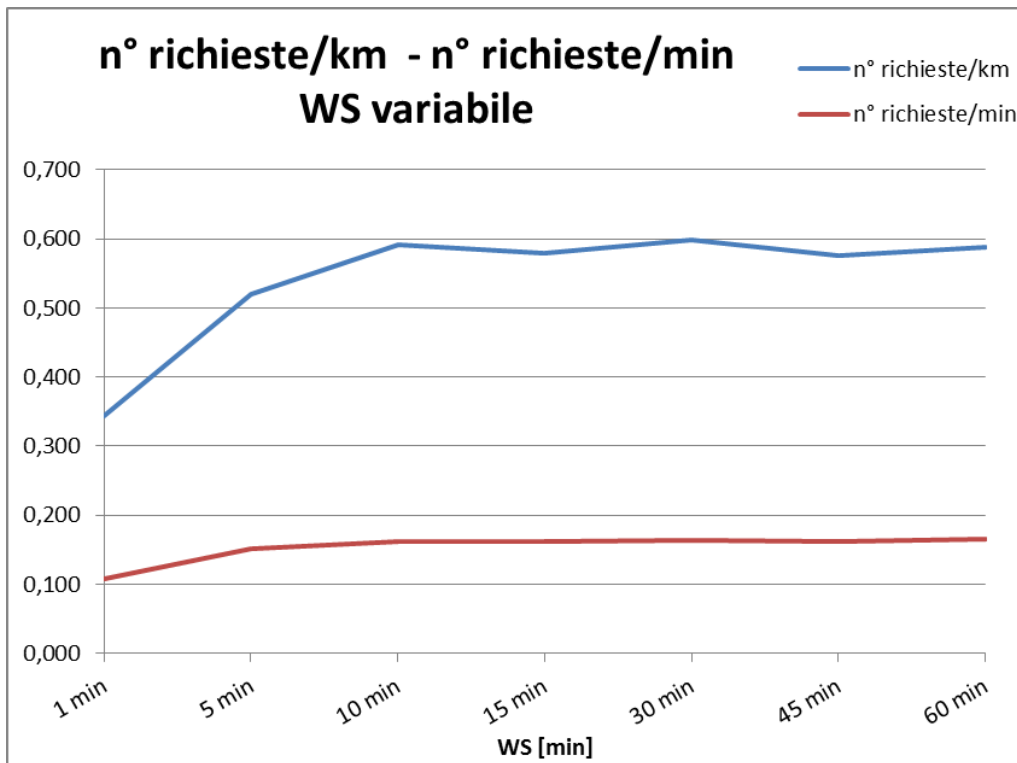


Figura 5: N° richieste/km e n° richieste/min, al variare di WS

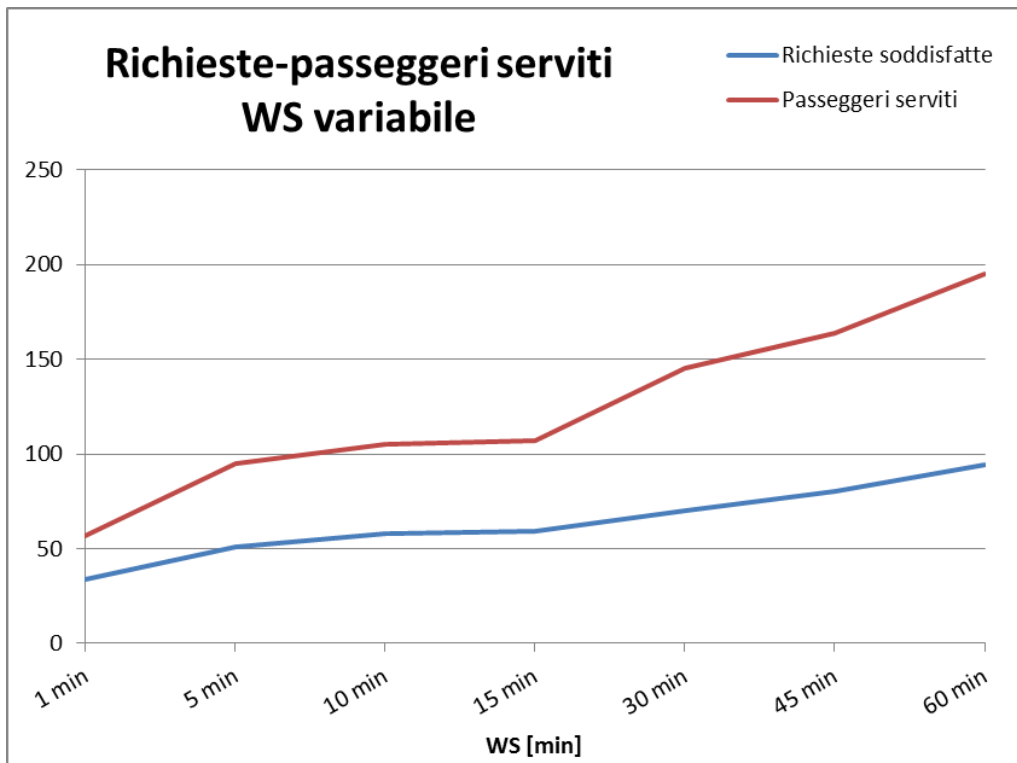


Figura 6: Richieste e passeggeri servite/i, al variare di WS



Tabella 24: Output set 2 - variabilità WS

	WS variabile						
	1 min	5 min	10 min	15 min	30 min	45 min	60 min
RICHIESTE TOTALI SODDISFATTE	34	51	58	59	70	80	94
PASSEGGERI TOTALI SERVITI	57	95	105	107	145	164	195
KM TOTALI PERCORSI	99	98	98	102	117	139	160
N° RICHIESTE/N° KM	0,343	0,520	0,592	0,578	0,598	0,576	0,588
TEMPO TOTALE DI SERVIZIO	18929	20236	21378	21844	25735	29498	33965
N° RICHIESTE/MIN	0,108	0,151	0,163	0,162	0,163	0,163	0,166

Come nel set precedente di simulazioni, anche in questo caso, all'aumentare del tempo di attesa massimo accettato dall'utente vi è un importante incremento sia dei passeggeri trasportati sia delle richieste soddisfatte (vedi Figura 6). Tale aumento risulta più sensibile che nel caso precedente, specie nel passaggio da 15 a 30 minuti di attesa massima, poiché più la variabile aumenta e più il tempo di servizio globale è amplificato aumentando quindi l'intervallo in cui il servizio è in funzione: nel caso arrivi una richiesta di passaggio, l'autista può soddisfare la richiesta nei successivi 30/45/60 minuti (in funzione del WS fissato) amplificando l'intervallo di servizio fino a 2 ore, e permettendo quindi un incremento delle richieste soddisfatte. In questo caso quindi risulta più rappresentativo ed indicativo il coefficiente n° richieste/min, che tiene conto dell'amplificazione temporale dell'intervallo di servizio che viene a presentarsi man mano che il WS aumenta. In Figura 6 si può notare che tale coefficiente tende a stabilizzarsi al valore di 0.163 con WS >10 min. Non fornendoci, tale coefficiente, indicazioni sufficienti a valutare il WS ottimale per il servizio proposto è stato rappresentato, come nel caso precedente, anche il coefficiente n° richieste/km; questo risulta assumere valori massimi in corrispondenza di WS = 10 min e WS = 30 min. A parità di condizioni è stato scelto il valore che garantisce un servizio di maggior qualità e quindi con l'attesa massima consentita minore. Il parametro **WS** caratteristico del servizio "a chiamata" proposto è stato definito **pari a 10 minuti**. Da notare che l'attuale servizio di trasporto pubblico di linea ha un intervallo fra i passaggi molto superiore.

Set 3: variabilità termine n° veicoli

Il terzo set di simulazioni, così come il quarto descritto nel paragrafo successivo, è servito a valutare le variazioni dei parametri degli output all'aumentare dei veicoli utilizzati per il servizio. I risultati ottenuti hanno rispecchiato quanto ci si aspettava, un incremento di richieste soddisfatte e passeggeri serviti all'aumentare dei veicoli in servizio, incremento che risulta direttamente proporzionale, come si vede in Figura 7.

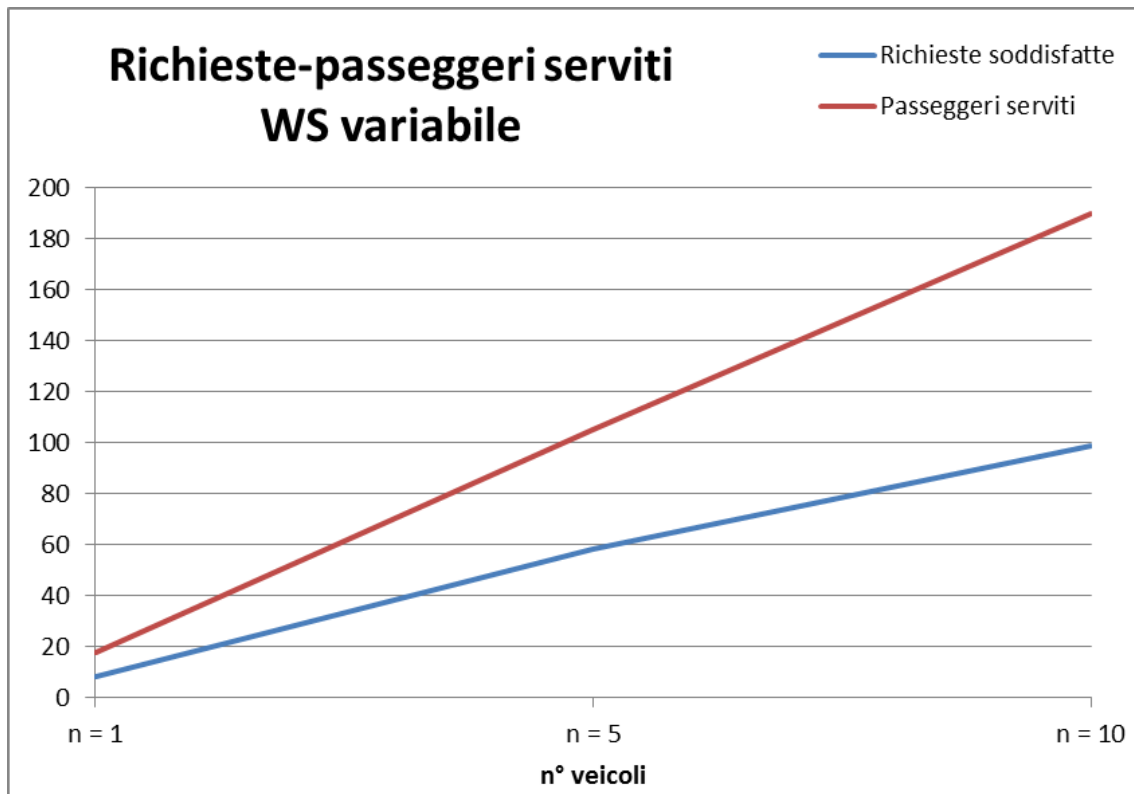


Figura 7: N° richieste/km e n° richieste/min, al variare di n° veicoli

5.4.3. Set 4: variabilità velocità commerciale

Il quarto set è stato formulato per valutare l'influenza che assume il parametro *velocità commerciale* rispetto all'output della simulazione. Differenti velocità commerciali rappresentano differenti stagioni turistiche poiché una riduzione della velocità commerciale di servizio è sintomo di un livello di congestionamento via via crescente dovuto all'incremento delle presenze turistiche, che raggiungono il picco nelle settimane centrali di agosto.

Definire differenti velocità commerciali significa valutare richieste soddisfatte/passeggeri trasportati, da un determinato numero di mezzi in servizio, nelle diverse stagioni turistiche. In questo caso la variabile *n° veicoli* è mantenuta costante e pari a 5 ma nel set successivo sarà fatta una valutazione dei possibili scenari generatisi al variare di *n* e *v*.

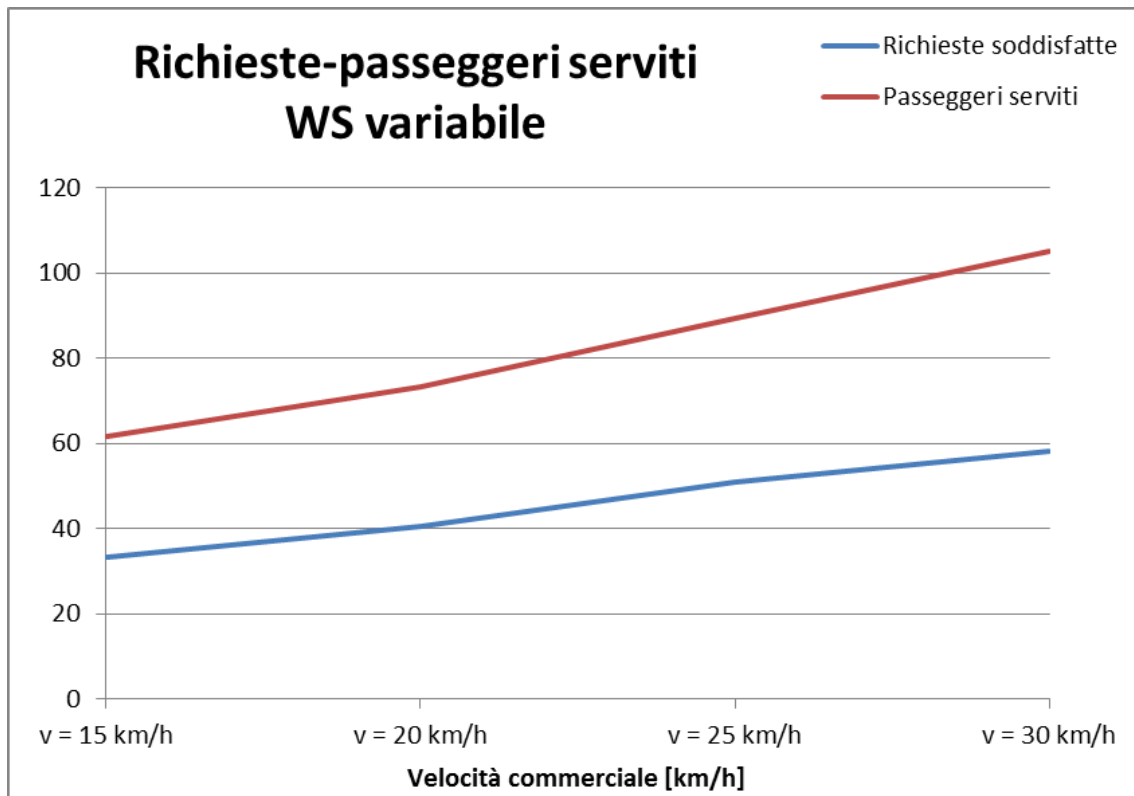


Figura 8: N° richieste/km e n° richieste/min, al variare della velocità commerciale

Come nel set precedente i risultati ottenuti rispecchiano le attese, con un incremento di richieste e passeggeri serviti all'aumentare della velocità commerciale. Anche in questo caso è possibile notare un legame di linearità tra richieste/passeggeri serviti e velocità dei mezzi in servizio.

5.4.4. Set 5: interazione tra n° veicoli e velocità commerciale

Definiti i parametri caratteristici del servizio "a chiamata" proposto e quindi:

- $p1 = 1,5$
- $WS = 10$ minuti

In questo set di simulazioni l'obiettivo è valutare l'interazione tra veicoli in servizio e velocità commerciale degli stessi; è un set preparatorio alle simulazioni che avranno come scopo il dimensionamento della flotta di veicoli adibiti al servizio, descritto nel successivo paragrafo.

Come già descritto nel paragrafo 5.2, anche in questo ultimo set di simulazioni mirate alla variabilità dei parametri di servizio, è stata utilizzata una lista viaggi sovradimensionata rispetto alla capacità del servizio; questo però ha permesso di definire una capacità limite per ogni scenario analizzato, che ha rappresentato il punto di partenza per il dimensionamento della flotta di veicoli di servizio, effettuato nel paragrafo successivo.

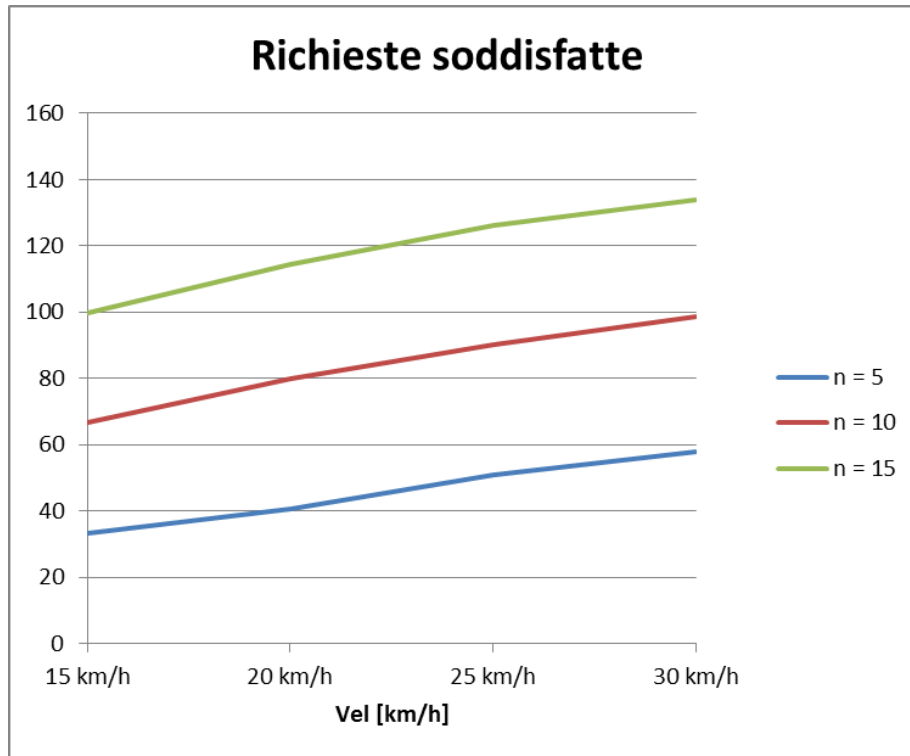


Figura 9: Output set 5 - Passeggeri serviti in funzione di n° veicoli e vel. commerciale

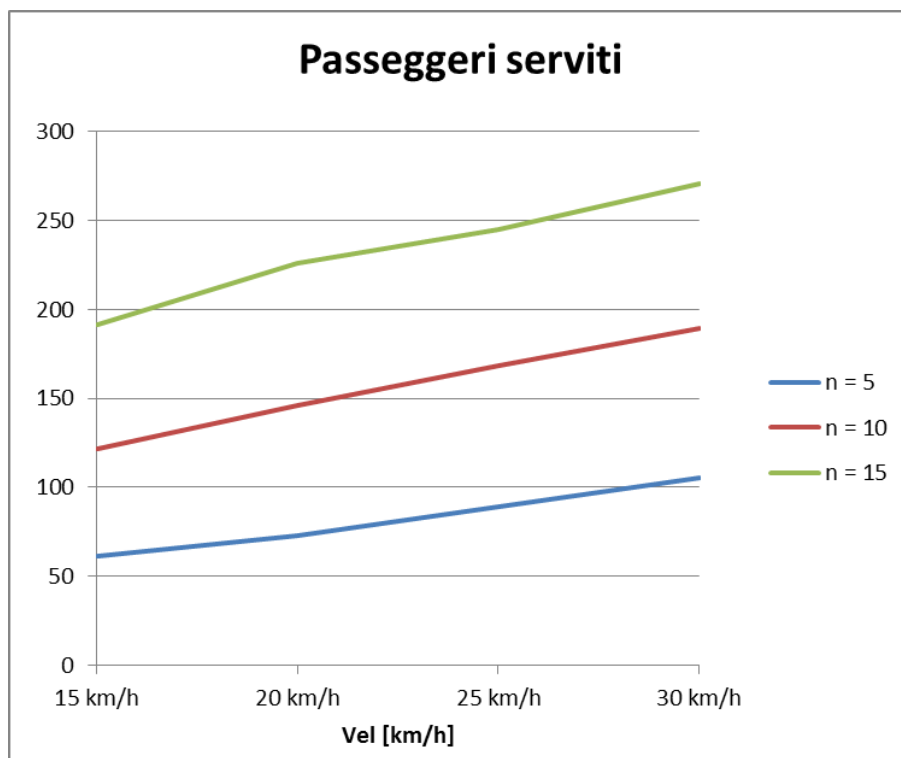


Figura 10: Output set 5 - Richieste soddisfatte in funzione di n° veicoli e vel. commerciale



Come si evince dalla Figura 9 e Figura 10, i trend già evidenziati nel terzo e quarto set si mantengono tali. Le rette che rappresentano le relazioni di interazione

$$n^{\circ} \text{ richieste} = f(n, v)$$

$$n^{\circ} \text{ passeggeri} = f(n, v)$$

risultano tendenzialmente parallele ed evidenziano una relazione di linearità tra le variabili dipendenti, il numero di veicoli n e la velocità commerciale v .

5.4.5. Set 6: dimensionamento flotta veicoli trasporto “a chiamata”

Dai primi cinque set è stato possibile definire:

- Set 1:
 - **$p1 = 1,5$**
- Set 2:
 - **$WS = 10$ minuti**
- Set 3 – 4 – 5:
 - **$n^{\circ} \text{ richieste} = f(n, v)$ lineare**
 - **$n^{\circ} \text{ passeggeri} = f(n, v)$ lineare**

A questo punto è stato necessario raccogliere queste informazioni e introdurle all'interno di un ultimo set di simulazioni che permettessero il dimensionamento del servizio di trasporto “a chiamata” proposto.

In primo luogo sono state prodotte liste viaggi dalla numerosità variabile, come descritto nel paragrafo 5.3, per valutare per ogni scenario definito nel set 5 quale fosse un numero di richieste viaggio adeguato ad ottenere almeno il 90% di soddisfazione delle stesse.

E' importante ricordare che soddisfare il 90% delle richieste significa garantire ad esse il rispetto dei parametri caratteristici del sistema, nel caso in esame i valori di $p1$ e WS imposti. Il restante 10% sarà ugualmente soddisfatto dal servizio, ma non vi sarà garantito il rispetto di tali parametri di servizio. E' stata definita tale soglia di riferimento poiché il raggiungimento del 100% di richieste soddisfatte può essere ottenuto facendo convergere la numerosità k di una lista viaggi al numero m di richieste che uno scenario è in grado di soddisfare; tale operazione è certamente possibile ma in molti casi determina un sottodimensionamento della capacità del sistema. In molti casi, infatti, risulta essenziale per la definizione della capacità di uno scenario la distribuzione delle richieste nel tempo; non potendo simulare le infinite possibili configurazioni si è deciso di accettare una tolleranza nella percentuale di soddisfazione delle richieste. Un ulteriore fattore che ha fatto propendere verso questa scelta è aver già considerato dei parametri caratteristici del sistema, $p1$ e WS , che garantiscano una qualità del servizio elevata.



Per queste ragioni, accettare che una parte minima (10%) delle richieste possa non essere soddisfatte entro i limiti imposti da tali parametri è in linea con la tipologia di servizio proposta e rende le variabili di riferimento meno vincolanti nella definizione della capacità del sistema stesso.

Facendo riferimento a quanto rilevato nel set 5 di simulazioni, è stata avviata un'ulteriore campagna di simulazione; sono state prodotte liste viaggi con k variabile da 23 a 127. Non è stato ovviamente possibile definire liste viaggi con k continuo per la natura discreta dei dati di partenza.

In Tabella 25 sono riportati i risultati "grezzi" di tale set 6 di simulazioni; come si può notare, la numerosità delle liste viaggi k non assume tutti i valori tra 23 e 127 ma solo alcuni, sia per la natura dei dati di partenza sia per ovvi limiti computazionali. In ogni caso è stata individuata per ogni scenario la lista viaggi che permettesse di raggiungere il 90% di soddisfacimento delle richieste.

Tabella 25: Output set 6 - Soddisfacimento 90% richieste di viaggio al variare di n e v

	v = 15 km/h			v = 20 km/h			v = 25 km/h			v = 30 km/h		
	n=5	n=10	n=15	n=5	n=10	n=15	n=5	n=10	n=15	n=5	n=10	n=15
NUMEROSITA' LISTE VIAGGI	23	45	74	23	57	84	23	57	90	31	57	100
RICHIESTE SODDISFATTE	22	42	70	22	51	77	23	54	84	31	57	95
RICHIESTE SODDISFATTE [%]	96	93	95	96	89	92	100	95	93	100	100	95
PASSEGGERI SERVITI	48	97	152	48	113	175	50	123	197	70	130	227
KM TOTALI PERCORSI	76	124	166	82	129	176	98	141	196	98	147	202
N° RICHIESTE/N° KM	0,29	0,34	0,42	0,27	0,40	0,44	0,23	0,38	0,43	0,32	0,39	0,47
TEMPO TOTALE DI SERVIZIO [min]	399	694	946	322	580	803	304	512	718	278	485	656

A partire dalle richieste soddisfatte, i dati sono stati elaborati allo scopo di ottenere, per ogni scenario caratterizzato da un valore di n e di v , la capacità del servizio in tali condizioni, il 100% di richieste che è possibile servire nell'ora di punta del mio sistema.

Tabella 26: Richieste soddisfatte nell'ora di punta

RICHIESTE SODDISFATTE NELL'ORA DI PUNTA			
	n = 5	n = 10	n = 15
V = 15 km/h	22	42	70
V = 20 km/h	22	51	77
V = 25 km/h	23	54	84
V = 30 km/h	31	57	95



Tabella 27: Passeggeri serviti nell'ora di punta

PASSEGGERI SERVITI NELL'ORA DI PUNTA			
	n = 5	n = 10	n = 15
V = 15 km/h	48	97	152
V = 20 km/h	48	113	175
V = 25 km/h	50	123	197
V = 30 km/h	70	130	227

Dalla Tabella 26 e Tabella 27 è possibile dimensionare il servizio di trasporto “a chiamata” proposto in questo report, in funzione delle caratteristiche di servizio che presenta il sistema. I dati qui raccolti permettono di offrire un servizio di qualità, utilizzando un maggior numero di mezzi quando l’utenza risulta più elevata o riducendo il numero di utenti che possono accedere al servizio quando non è possibile intervenire sull’offerta di trasporto.

Note richieste e passeggeri serviti nelle differenti condizioni di servizio è possibile effettuare un’analisi costi-benefici del servizio più precisa e mirata ad un determinato scenario.

Conclusioni

I dati così raccolti permettono di valutare la bontà del servizio sia dal punto di vista economico, prevedendo possibili introiti dall’introduzione dello stesso nel panorama isolana, sia dal punto di vista qualitativo, dimensionando il servizio in funzione dell’utenza potenziale.

Lo strumento di simulazione risulta quindi soprattutto utile in fase predittiva: simulare il servizio significa prevedere come lo stesso potrà svilupparsi nel tempo, e soprattutto se lo stesso potrà portare giovamento a coloro che saranno i fornitori del servizio, gestori e noleggiatori.