



**Politecnico
di Torino**

POLITECNICO DI TORINO

**Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Civile - Infrastrutture e
sistemi di trasporto**

A.A. 2024-2025

Sessione di Laurea Marzo 2025

**Analisi di indicatori di accessibilità territoriale tramite strumenti GIS
e valutazione dell'impatto del Metrobus previsto dal Piano
Regionale dei Trasporti 2035 della Regione Valle d'Aosta**

Relatore:

Prof. Marco Diana

Studente:

Antonio Russo

Abstract

La presente tesi si articola in due fasi. Il primo consiste nell'esaminazione dell'accessibilità territoriale al lavoro nel 2022 nella Regione Autonoma Valle d'Aosta, replicando l'analisi di dettaglio svolta nel 2001 dai ricercatori nederlandesi Karst Geurs e Jan Ritsema van Eck. In base ai risultati ottenuti, si propone una valutazione degli scenari proposti nel Piano Regionale dei Trasporti 2035.

L'analisi dell'accessibilità al lavoro viene presentata attraverso le diverse misure di accessibilità, di cui vengono forniti descrizioni e metodi di calcolo. In particolare, il presente caso è incentrato sulle misure *basate sulle attività* e mette in evidenza lo “stato di salute” della Regione in termini di posti di lavoro distribuiti sulla popolazione residente occupata. In altre parole, vengono descritti, in termini quantitativi e qualitativi, la distribuzione dei posti di lavoro rispetto alla popolazione occupata e il livello di prestazione delle infrastrutture viarie e del trasporto pubblico in Valle d'Aosta.

A tale scopo, è stata svolta una ricerca dei dati Istat sulla popolazione e sul mercato del lavoro. Le informazioni ottenute sono state combinate con i dati trasportistici ricavati, a seconda del modo di trasporto, con strumenti GIS (implementati in Qgis) o manualmente. Tramite fogli di calcolo Excel e Qgis, sono poi state svolte le elaborazioni necessarie, consistite in calcoli e mappature dei risultati, che sono stati quindi analizzati. Successivamente, è stata fatta una valutazione dello scenario di potenziamento del trasporto pubblico locale, consistente nell'implementazione di una linea Bus Rapid Transit (BRT) che collega Aosta a Courmayeur, proposto nel Piano Generale dei Trasporti 2035.

Abstract (English)

Analysis of spatial accessibility indicators using GIS tools and Metrobus impact evaluation according to the Regional Transport Plan 2035 of the Aosta Valley Region

This thesis has two scopes. The first is to review job accessibility in 2022 in the Autonomous Region of Valle d'Aosta by replicating the extensive study carried out in 2001 by Dutch researchers Karst Geurs and Jan Ritsema van Eck. Then, based on the results obtained, an evaluation of the scenarios proposed in the Regional Transportation Plan 2035 is proposed.

The analysis of job accessibility is presented through the different measures, descriptions and calculation methods used to assess them. Notably, this case focuses on activity-based measures and highlights the "health status" of the Region in terms of jobs distributed over the resident employed population. In other words, the job distribution and the level of performance of road infrastructure and the public transportation service in the Aosta Valley are described from both quantitative and qualitative points of view.

For this purpose, a search of ISTAT population and labor market data was conducted. The information obtained was combined with transportation data gathered, depending on the mode of transportation, with GIS tools (implemented in Qgis) or manually. The necessary processing was carried out using Excel spreadsheets and Qgis, consisting of calculations and mapping of the results, which were then interpreted. Next, an evaluation was made of the local public transport enhancement scenario, consisting of implementing a Bus Rapid Transit (BRT) line connecting Aosta to Courmayeur, proposed in the Regional Transportation Plan 2035.

Indice

I	INTRODUZIONE	13
II	STATO DELL'ARTE	15
II.1	Misure e componenti dell'accessibilità	15
II.1.1	Definizioni classiche.....	15
II.1.2	Definizioni più recenti ed operative.....	16
II.1.2.1	Misure dell'accessibilità.....	17
II.1.2.2	Componenti dell'accessibilità	23
II.2	Impedenza	24
II.2.1	Funzione esponenziale.....	24
II.2.2	Altre formulazioni	25
II.2.2.1	Geurs e Ritsema van Eck	25
II.2.2.2	Ortúzar e Willumsen.....	26
II.2.2.3	Ösht e il modello <i>Half-Life</i>	28
II.3	Costi	29
II.3.1	Quantificazione dei costi per gli spostamenti intrazonali	30
II.4	Questioni metodologiche sulla misurazione dell'accessibilità	31
II.5	La rassegna storica di Levine	32
II.6	Posizionamento del lavoro nel contesto dello stato dell'arte	32
III	DATI SPERIMENTALI UTILIZZATI	34
III.1	Statistiche disponibili	34
III.1.1	Censimento permanente della popolazione.....	34
III.1.2	Basi territoriali e variabili censuarie	35
III.1.2.1	Basi territoriali	35
III.1.2.2	Variabili censuarie.....	36
III.1.3	Strumenti di consultazione.....	39
III.2	Dati trasportistici	43
III.3	Descrizione del procedimento adottato	46
III.3.1	Definizione dell'area di studio	47
III.3.1.1	Georeferenziazione.....	48
III.3.2	Dati statistici per le componenti di uso del territorio	49
III.3.3	Dati per le componenti di trasporto.....	52
III.3.3.1	Matrice dei costi.....	52
III.3.3.2	Matrice dei tempi	54
IV	APPLICAZIONE DELLE MISURE DI ACCESSIBILITÀ	59
IV.1	Misure <i>contour</i>	59
IV.2	Misure basate sulla legge di gravità	59
IV.2.1	Funzione d'impedenza e fattori di bilanciamento.....	60

IV.2.1.1	Trasporto in auto	60
IV.2.1.2	Altri modi di trasporto.....	62
IV.2.2	Accessibilità potenziale	63
IV.2.3	Indici di Joseph e Bantock.....	64
V	RISULTATI: MISURE DI ACCESSIBILITÀ NEI COMUNI VALDOSTANI	65
V.1	Accessibilità media e comuni più o meno accessibili secondo le diverse misure	65
V.2	Distribuzioni territoriali dei valori di accessibilità	74
V.2.1	Accessibilità in auto.....	75
V.2.1.1	Misure <i>contour</i>	75
V.2.1.2	Misura di accessibilità potenziale.....	78
V.2.1.3	Misura di accessibilità tramite fattori di bilanciamento	80
V.2.1.4	Indici di Joseph e Bantock	81
V.2.2	Accessibilità con altro modo di trasporto	83
V.2.2.1	Misure <i>contour</i>	83
V.2.2.2	Misura di accessibilità potenziale.....	86
V.2.2.3	Misure di accessibilità tramite i fattori di bilanciamento	88
V.2.2.4	Indici di Joseph e Bantock	90
V.2.3	Confronto tra i due modi di trasporto	91
VI	VARIAZIONE DELL'ACCESSIBILITÀ A SEGUITO DELLA REALIZZAZIONE DEL METROBUS.....	99
VI.1	Dati di ingresso	102
VI.1.1	Previsioni della popolazione occupata e dei posti di lavoro.....	102
VI.1.2	Nuovi tempi di spostamento	104
VI.2	Risultati	105
VII	CONCLUSIONI.....	111
VIII	RIFERIMENTI.....	113

Indice delle figure

Figura 1 - Analogia funzione d'impedenza e funzione di conteggio della misura <i>contour</i>	19
Figura 2 - Tabella misure e componenti di accessibilità (Fonte: [])	23
Figura 3 - Tabella misure e componenti di accessibilità (Fonte: [])	24
Figura 4 - Suddivisione area sottesa	28
Figura 5 - Variabili indipendenti per la stima dei tempi di spostamento intrazonali (Fonte: []).....	31
Figura 6 - Forme funzionali tempi medi di spostamento intrazonali (Fonte: [5])	31
Figura 7 - Basi territoriali Istat (Fonte: []).....	36
Figura 8 - Variabili censuarie Istat (Fonte: [])	37
Figura 9 - Censimento popolazione e abitazioni 2021, file Excel	38
Figura 10 - Definizione degli attributi, file Excel sul tracciato	38
Figura 11 - Censimento industria e imprese, formato fino al 2011	39
Figura 12 – IstatData (Fonte: [])	40
Figura 13 – Menu categorie IstatData (Fonte: [])	41
Figura 14 - Selezione attributi per interrogazione banca dati IstatData ([])	41
Figura 15 - Censimento permanente (Fonte: [])	42
Figura 16 - Indagine multiscopo: aspetti della vita quotidiana (Fonte: [])	43
Figura 17 – Sito Overpass Turbo (Fonte: []).....	44
Figura 18 – Finestra QuickOSM (Qgis)	44
Figura 19 – Sito Openrouteservice (Fonte: []).....	45
Figura 20 – Finestra ORS Tools (Qgis)	46
Figura 21 - Selezione livelli confini amministrativi	47
Figura 22 - Selezione Centroids.....	48
Figura 23 - Applicazione <i>Centroids</i> al layer delle sezioni	48
Figura 24 - Area di studio e zone	48

Figura 25 - Interrogazione IstatData numero addetti 2021 (Fonte: [])	49
Figura 26 - Interrogazione IstatData numero addetti 2022 (Fonte: [])	50
Figura 27 – Contact Centre Istat (Fonte: [28])	51
Figura 28 – Set di dati fornito: residenti presso un comune e presenti stabilmente presso un altro per motivi di lavoro, anno 2022	51
Figura 29 – Estratto della matrice di pendolarismo ottenuta	52
Figura 30 - Retribuzioni orarie lorde nel 2021 per divisione ATECO (Fonte: [])	53
Figura 31 - Finestra ORS Tools (Qgis)	54
Figura 32 - Applicazione Matrix di ORS Tools (Qgis)	54
Figura 33 - Irreperibilità dati su Moovit	55
Figura 34 - Tabella orari Aosta-S.Rhémy En Bosses (Fonte:[])	56
Figura 35 – Mancanza di accesso al trasporto pubblico dal comune di La Magdeleine (Google Maps)	57
Figura 36 - Mancanza di accesso al trasporto pubblico dal comune di La Magdeleine (Moovit)	57
Figura 37 – Esempio di impossibilità di collegamento tra Aosta e Gressoney La Trinité: entro le ore 10:00 non ci sono mezzi che partano dopo le 5:40	58
Figura 38 – Elenco soluzioni collegamento tra località, con diverso numero di cambi e di spostamenti a piedi	58
Figura 39 - Accesso al TPL dallo stesso comune (prima e terza opzione) o da un comune limitrofo (seconda opzione)	58
Figura 40 – Confronto funzione d’impedenza e funzioni soglia per misure <i>contour</i> (adattamento Figura 1)	67
Figura 41 - Confronto distribuzioni misure accessibilità potenziale e fattori di bilanciamento	68
Figura 42 - Misura <i>Contour45</i> , accessibilità in auto	75
Figura 43 – Distribuzione cumulata della popolazione sull’accessibilità relativa alla misura <i>Contour45</i>	76
Figura 44 - Misura <i>Contour60</i> , accessibilità in auto	77

Figura 45 - Distribuzione cumulata della popolazione sull'accessibilità relativa alla misura <i>Contour60</i>	78
Figura 46 - Misura di accessibilità potenziale, in auto	79
Figura 47 - Distribuzione cumulata della popolazione sui valori di accessibilità potenziale in auto	80
Figura 48 - Misura di accessibilità con fattori di bilanciamento, in auto	81
Figura 49 - Distribuzione cumulata della popolazione sui valori di accessibilità con fattori di bilanciamento in auto	81
Figura 50 - Indice di accessibilità di Joseph e Bantock, in auto	82
Figura 51 - Distribuzione cumulata della popolazione sull'accessibilità relativa agli indici di Joseph e Bantock	83
Figura 52 - Misura <i>Contour45</i> , accessibilità via trasporto pubblico o camminata.....	84
Figura 53 – Distribuzione cumulata della popolazione sull'accessibilità relativa alla misura <i>Contour45</i>	84
Figura 54 – Misura <i>Contour60</i> , accessibilità via trasporto pubblico o camminata	85
Figura 55 – Distribuzione cumulata della popolazione sull'accessibilità relativa alla misura <i>Contour60</i>	86
Figura 56 – Misura di accessibilità potenziale, via trasporto pubblico o camminata.....	86
Figura 57 – Confronto funzione d'impedenza e funzioni soglia per misure <i>contour</i> (adattamento Figura 1).....	87
Figura 58 – Distribuzione cumulata della popolazione sui valori di accessibilità potenziale via trasporto pubblico o camminata	88
Figura 59 – Misura di accessibilità con fattori di bilanciamento, via trasporto pubblico o camminata.....	89
Figura 60 – Distribuzione cumulata della popolazione sui valori di accessibilità con fattori di bilanciamento via trasporto pubblico o camminata	89
Figura 61 – Indice di accessibilità di Joseph e Bantock, via trasporto pubblico o camminata.....	90

Figura 62 - Distribuzione cumulata della popolazione sull'accessibilità relativa agli indici di Joseph e Bantock	91
Figura 63 - Differenze assolute tra misure contour45	92
Figura 64 - Differenze percentuali tra misure contour45.....	92
Figura 65 - Differenze assolute tra misure contour60	93
Figura 66 - Differenze percentuali tra misure Contour60.....	94
Figura 67 - Differenze assolute tra misure di accessibilità potenziale.....	95
Figura 68 - Differenze percentuali tra misure di accessibilità potenziale.....	96
Figura 69 - Differenze assolute tra misure di accessibilità con fattori di bilanciamento	96
Figura 70 - Differenze percentuali tra misure di accessibilità con fattori di bilanciamento	97
Figura 71 - Differenze assolute tra indici di Joseph e Bantock	98
Figura 72 – Schema benefici raddoppio selettivo []	100
Figura 73 - Schema funzioni di interscambio Hub di Aosta []	101
Figura 74 – Schema funzionale esemplificativo della connessione tra l'Hub	101
Figura 75 – Popolazione residente per comune e per anno (Fonte: []).....	103
Figura 76 – Popolazione residente occupata per comune e per anno (Fonte: []).....	103
Figura 77 – Andamento temporale delle posizioni lavorative (Fonte: []).....	104
Figura 78 – Confronto percorsi linea BRT e linea bus attuale.....	105
Figura 79 - Confronto tra scenario 2035 e situazione 2022, relativo alla misura contour45 tramite trasporto pubblico e camminata	106
Figura 80 - Comuni serviti direttamente o indirettamente dalla nuova linea BRT (linea tratteggiata)	107
Figura 81 - Confronto tra scenario 2035 e situazione 2022, relativo alla misura contour60 tramite trasporto pubblico e camminata	108
Figura 82 - Confronto tra scenario 2035 e situazione 2022, relativo alla misura di accessibilità potenziale tramite trasporto pubblico e camminata.....	109

Figura 83 - Confronto tra scenario 2035 e situazione 2022, relativo alla misura di accessibilità attraverso i fattori di bilanciamento tramite trasporto pubblico e camminata	109
Figura 84 - Confronto tra scenario 2035 e situazione 2022, relativo agli indici di Joseph e Bantock tramite trasporto pubblico e camminata	110

Indice delle tabelle

Tabella 1 - Schema riassuntivo delle misure dell'accessibilità analizzate nel report.....	22
Tabella 2 – Legame misure-componenti.....	24
Tabella 3 - Accessibilità al lavoro, media per zona	65
Tabella 4 - Accessibilità al lavoro, media per lavoratore o abitante	68
Tabella 5 - Valori di accessibilità massimi ottenuti	69
Tabella 6 - Valori di accessibilità minimi ottenuti	72
Tabella 7 – Rapporti massimi ottenuti	73
Tabella 8 – Rapporti minimi ottenuti	74

I Introduzione

L'accessibilità territoriale è un tema molto radicato nell'immaginario collettivo: è risaputo che nelle città più densamente popolate vi sono maggiori opportunità e si accede a più servizi. Contemporaneamente, i paesi dove le infrastrutture viarie e i servizi di trasporto servono meglio la popolazione sono percepiti come posti che permettono di raggiungere servizi e opportunità in numero maggiore e in modo più agevole. Due definizioni, fornite in letteratura ([Geurs e Ritsema van Eck, 2001:19](#)), descrivono l'accessibilità come «*lo sforzo che compie una persona per raggiungere una destinazione*» o «*il numero di attività che possono essere raggiunte da un certo luogo*». Nel corso del presente elaborato si formalizza questa visione e se ne introducono quantità e metodi per misurarla in modo rigoroso utilizzando basi di dati territoriali oggi ampiamente disponibili.

La presente tesi ha come scopo, insieme all'analisi dell'accessibilità al lavoro in Valle d'Aosta, quello di confermare la validità delle misure descritte e dei procedimenti per ottenerle, esposte dai nederlandesi Geurs e Ritsema van Eck, a distanza di oltre vent'anni e con riferimento a un contesto geografico differente, e di mostrare come tali misure si possano effettuare su scale territoriali anche molto ampie utilizzando strumenti GIS e informazioni ufficiali. La validazione si concretizza quindi con la lettura e l'analisi del Piano Regionale dei Trasporti della Regione Autonoma Valle d'Aosta, con particolare riferimento ad uno degli interventi principali ivi previsti, ossia la realizzazione di una linea di Bus Rapid Transit che collega il capoluogo con Entrèves (Courmayeur).

La struttura della tesi si articola in diversi capitoli.

Nello stato dell'arte, capitolo II, si evidenziano le variabili indipendenti (le componenti di accessibilità) e le variabili dipendenti (le misure di accessibilità) e si presentano i riferimenti presenti in letteratura inerenti alla quantificazione dei tempi e dei costi generalizzati e alla distribuzione degli spostamenti all'interno dell'area di studio. Nello stesso capitolo si analizzano le più importanti pubblicazioni in materia di accessibilità, che forniscono informazioni utili sulla metodologia più adatta da adottare e indicazioni sulla lettura dell'analisi svolta. Quindi, un paragrafo finale sul posizionamento del lavoro rispetto allo stato dell'arte presentato chiude il capitolo.

Segue, nel capitolo III, una presentazione delle principali fonti e degli strumenti per ottenere le variabili indipendenti di cui sopra, costituite da dati statistici e dati

trasportistici, a cui si aggiunge una descrizione del procedimento specifico adottato per ottenere i dati utilizzati in questa analisi.

Nel capitolo IV vengono descritti i procedimenti adottati per applicare ogni misura presentata.

Nel capitolo V si riportano i risultati attraverso tabelle, mappe e grafici.

Nel capitolo VI si analizza, sulla base dei criteri, dei metodi e dei risultati esposti, lo scenario dell'introduzione di una linea Bus Rapid Transit a ripristino e sostituzione della linea ferroviaria soppressa Aosta – Pré-Saint-Didier, prevista dal Piano Regionale dei Trasporti della Valle d'Aosta 2024-2035.

Nel capitolo VII vengono presentate le conclusioni.

II Stato dell'arte

L'analisi dell'accessibilità illustrata in questa tesi ha richiesto la consultazione di diverse fonti. L'accessibilità territoriale, infatti, si può misurare attraverso diversi indicatori o misure. Queste misure dipendono, a loro volta, da una serie di fattori provenienti da diversi ambiti, tra cui quello fisico, sociale ed economico. I diversi studi in materia reperibili illustrano solo parti dell'intero procedimento qui descritto. Oltre a pubblicazioni sulle misure dell'accessibilità, dunque, sono state consultate ricerche che indicassero dei criteri da adottare per procedere alla valutazione, nonché all'organizzazione e alla definizione degli attributi del territorio analizzato, insieme ad articoli e libri che fornissero un supporto pratico al calcolo di funzioni e formule cruciali e, in aggiunta, delle chiavi di lettura utili per interpretare i risultati delle analisi effettuate.

Nel seguito, vengono passate in rassegna le fonti consultate, insieme al loro contenuto, per ogni aspetto affrontato per l'elaborazione.

II.1 Misure e componenti dell'accessibilità

II.1.1 Definizioni classiche

Nell'articolo **How Accessibility Shapes Land Use** ([Hansen, 1959](#)), viene illustrato un prototipo di uno dei modi in cui si può calcolare l'accessibilità. Il criterio con cui venne formulata stabilisce che l'accessibilità di un *punto 1* a un particolare tipo di attività nell'*area 2* (lavorativa nell'esempio) è direttamente proporzionale alla grandezza (quantificabile, per esempio, con il numero di posti di lavoro) dell'attività stessa e inversamente proporzionale a una funzione della distanza che separa il punto 1 dall'*area 2*. In generale, l'accessibilità all'impiego di cui beneficia la popolazione del punto 1 corrisponde alla somma dell'accessibilità a tutte le attività attorno a quel punto ([Hansen, 1959:73](#)). Questo concetto si concretizza con la formula ([Hansen, 1959:74](#)):

$$A_1 = \frac{S_2}{T_{1-2}^x} + \frac{S_3}{T_{1-3}^x} + \dots + \frac{S_n}{T_{1-n}^x} \quad (1)$$

in cui S_n è la grandezza delle attività in n , T_{1-n}^x la distanza, temporale o spaziale, tra il punto e l' n -esima zona e x è l'esponente che descrive l'effetto della distanza tra le due zone. Con questa formula, quindi, si mette in evidenza che più attività ci sono e/o più sono vicine, maggiore è l'accessibilità ([Hansen, 1959:74](#)).

Nel 1997, Handy e Niemeier illustrano una suddivisione delle misure dell'accessibilità in tre modi di calcolarla: il primo si basa sulla quantificazione cumulata delle opportunità (*cumulative opportunities*), il secondo sulla legge di gravitazione di Newton (*gravity-based*) e l'ultimo si basa sull'utilità (*utility-based*). Tutti e tre considerano elementi inerenti al trasporto ed elementi inerenti alle attività. Le misure della prima tipologia, considerate le più semplici, pesano ugualmente tutte le destinazioni raggiungibili entro una soglia definita, sia essa temporale o spaziale, ponendo l'attenzione sul numero di attività raggiungibili piuttosto che sulla loro distanza ([Handy e Niemeier, 2001:1177](#)). A differenza delle precedenti, le misure basate sulla legge di Newton pesano le opportunità in base alla distanza tramite un fattore detto di *impedenza*, in modo analogo a quello esposto da Hansen ([1959:74](#)). Questa impedenza si rifà al modello gravitazionale utilizzato nella modellazione della distribuzione degli spostamenti. L'ultima tipologia di misura si basa sul modello di utilità casuale, secondo cui la probabilità che un individuo compia una particolare scelta dipende dall'utilità di quella scelta, che dovrà essere massima rispetto alle utilità attribuite alle alternative. Nell'ambito dei trasporti, l'utilità viene assegnata a una destinazione o a un modo di trasporto per raggiungere quella destinazione ([Handy e Niemeier, 1997:1177](#)).

II.1.2 Definizioni più recenti ed operative

Lo studio illustrato in **Accessibility Measures: Review and Applications** ([Geurs e Ritsema van Eck, 2001](#)) è basato sulle definizioni storicamente proposte di accessibilità, frutto di una rielaborazione della letteratura di quegli anni; in particolare, vengono illustrati diversi indicatori di accessibilità, ottenuti dall'applicazione di diverse **misure**.

Su questo studio si basa un successivo articolo a opera dello stesso Geurs ([Geurs e van Wee, 2004](#)), nel quale vengono passate in rassegna le diverse misure dell'accessibilità, e vengono definiti dei criteri per poter valutarne vantaggi e limitazioni per i diversi ambiti di applicazione ([Geurs e van Wee, 2004:130](#)).

A seconda del campo di applicazione, quindi degli scopi e delle informazioni che si vogliono ottenere, si possono valutare diversi indicatori di accessibilità, raggruppabili in tre ambiti di misure: uno **inerente alle infrastrutture** (*infrastructure-based*), uno **inerente alle attività** (*activity-based*) e uno **inerente all'utilità** (*utility-based*) ([Geurs e Ritsema van Eck, 2001:33](#)). Le misure della prima tipologia qualificano le prestazioni delle infrastrutture e sono propedeutiche nell'ambito decisionale delle politiche di trasporto; alcuni esempi sono dati dalle velocità medie percorse, dai livelli di

congestione o dai ritardi medi. Le misure basate sulle attività vengono utilizzate per quantificare le opportunità in relazione alla loro distribuzione spaziale e alla difficoltà di raggiungimento. Queste sono distinguibili a loro volta in misure geografiche e in misure spazio-temporali ([Geurs e Ritsema van Eck, 2001:34](#)), le quali corrispondono, rispettivamente, alle misure location-based e person-based ([Geurs e van Wee, 2004:129](#)). Le due misure differiscono per il livello di dettaglio: entrambe quantificano il numero di attività accessibili entro un certo tempo, ma le prime sono riferite a una località d'origine, le seconde al singolo individuo ([Geurs e Ritsema van Eck, 2001:34](#)). Le misure basate sull'utilità, applicate negli studi di economia, corrispondono al risultato di un insieme di scelte e descrivono le modalità con cui ciascun individuo soddisfa il bisogno di spostarsi.

In linea con quanto esposto da Handy e Niemeier ([1997:1176](#)), ogni misura viene quantificata attraverso diverse **componenti**, a seconda delle variabili prese in esame. Le componenti sono di 4 tipi: **1) di trasporto, 2) di uso del territorio, 3) temporale e 4) individuale.** ([Geurs e Ritsema van Eck, 2001:34](#)).

II.1.2.1 Misure dell'accessibilità

Nel capitolo 10, *Methodology and scenario construction*, vengono presentate le misure scelte per l'analisi ([Geurs e Ritsema van Eck, 2001:145](#)). In accordo con le definizioni proposte nell'articolo ([Geurs e van Wee, 2004:128](#)), si mette in evidenza che le prime 5 su 6 misure di seguito presentate sono della tipologia *location-based* -basata sulle attività-geografica, se il riferimento è al report ([Geurs e Ritsema van Eck, 2001:34](#)). Con riferimento a Handy e Niemeier ([1997](#)), invece, si contano 2 misure (le prime) basate sulle opportunità cumulate, 3 basate sulla legge di gravitazione e una basata sull'utilità (Tabella 1).

Le prime due consistono nelle **misure *contour***. Questo tipo di misura, chiamato anche *misura isocronica*, viene definito come “*il numero di opportunità raggiungibili entro un certo tempo di viaggio o una certa distanza*”; in questo caso sono stati assunti come tempi massimi di viaggio **45 e 60 minuti**. La scelta di questa misura, si legge, risiede nella sua facilità interpretativa, mentre l'assunzione dei tempi di viaggio è basata su considerazioni statistiche, in quanto nei Paesi Bassi, al 2001, l'85% degli spostamenti casa-lavoro in macchina dura entro i 45 minuti, mentre il 95% entro l'ora ([Geurs e Ritsema van Eck, 2001:145](#)). Data la semplicità della formula, non ne viene illustrata la forma ([Geurs e Ritsema van Eck, 2001:50](#)), ([Handy e Niemeier, 197:1177](#)) e ([Geurs e](#)

[van Wee, 2004:133](#)). Pertanto, l'Equazione (2) rappresenta, in termini matematici, quanto appena riportato:

$$A_i = \sum_j D_j \delta(C_{ij}) \quad (2)$$

dove A_i è pari alla somma delle opportunità di tutte le zone j raggiungibili dalla zona di produzione i , D_j è il quantitativo di opportunità offerte nella zona j (destinazione) e $\delta(C_{ij})$ è un fattore binario di conteggio, funzione dei costi che separano le due zone (cfr. sezione II.3), in questo caso delle distanze temporali, pari a 1 se la zona di produzione i e la zona di attrazione (o delle opportunità) j hanno una distanza inferiore alla soglia temporale fissata, pari a 0 se tale soglia viene superata.

La terza è una **misura di accessibilità potenziale**. Viene riproposta la definizione utilizzata da Hansen (1959:73), ovvero l'accessibilità quale “*potenziale delle opportunità di interazione*” ([Geurs e Ritsema van Eck, 2001:52](#)). A differenza della precedente misura, questa tiene in considerazione una propensione (potenziale) dei soggetti, nella località i , a interagire con le opportunità della località j . In linea con quanto esposto da Hansen ([1959:73](#)), tale propensione decade con la distanza tra le due parti e viene quantificata attraverso una potenza negativa, a richiamo della legge di gravità di Newton. Nel corso degli anni, l'equazione da egli formulata (Equazione (1)) è stata rivisitata, con modifiche al fattore di decadimento, per essere adattata agli specifici casi analizzati. Geurs e Ritsema van Eck ([2001:53](#)) ne propongono una generalizzazione, in cui il fattore di decadimento diventa una vera e propria funzione d'impedenza, dipendente dal costo generalizzato per lo spostamento tra le località i e j .

$$A_i = \sum_j D_j F(c_{ij}) \quad (3)$$

Questi primi due tipi di misura presentano delle analogie. Il fattore di conteggio $\delta(C_{ij})$ delle misure *contour* può essere letto come un fattore d'impedenza: se con la misura di accessibilità potenziale si attribuisce a tutte le opportunità sommate un peso dipendente dalla distanza tra ogni coppia di zone in esame, nel caso delle misure *contour* le opportunità sono “pesate equamente all'interno della soglia” ([Handy e Niemeier, 1997:1177](#)), risultando “equamente desiderabili” ([Geurs e van Wee, 2004:133](#)). Le forme delle Equazioni (2) e (3) confermano questa osservazione: il fattore d'impedenza $F(c_{ij})$ si trasforma da una funzione continua e decrescente a una funzione binaria

definita a tratti, ovvero $\delta(C_{ij})$. Inoltre, un'ulteriore conferma è data dal grafico (Figura 1) illustrato nel capitolo 11 del report ([Geurs e Ritsema van Eck, 2001](#)).

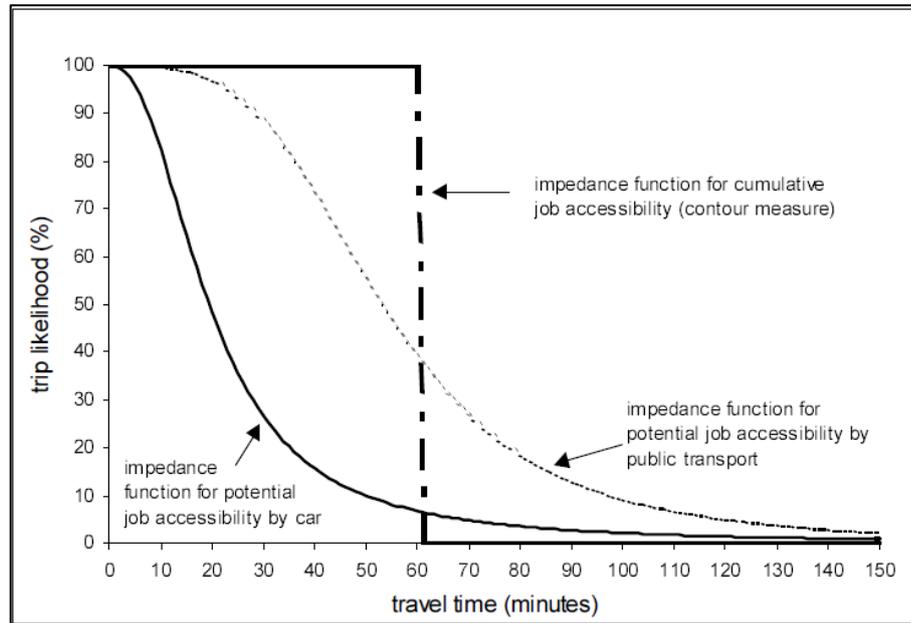


Figura 1 - Analogia funzione d'impedenza e funzione di conteggio della misura *contour*

La quarta misura applicata è l'**indice di Joseph & Bantock**. Questo indice, originariamente formulato per misurare l'accessibilità potenziale ai medici di famiglia, corrisponde al rapporto tra il numero, ponderato sulla distanza, di dottori raggiunti dalla popolazione entro una certa distanza e numero di abitanti, ponderato sulla distanza, intercettabili da ogni medico entro la stessa distanza. Applicata all'analisi delle opportunità lavorative, questa misura si dimostra particolarmente interessante in quanto riflette la *competizione* lavorativa in una zona: il quantitativo posti per forza-lavoro è interpretabile, infatti, come numero di opportunità da distribuire su di una popolazione di determinata entità. In particolare, la stima di questo indice avviene attraverso la formula (Geurs e Ritsema van Eck, 2001:74):

$$A_i = \sum_{j=1}^n \left[\frac{GP_j}{\sum_{i=1}^m P_i F(d_{ji})} \right] F(d_{ij}) \quad (4)$$

Dove GP_j è il j-esimo medico di base, P_i il quantitativo di persone intercettabili nell'area i , ponderato attraverso la funzione d'impedenza $F(d_{ji})$, e $F(d_{ij})$ la funzione d'impedenza che tiene conto della distanza tra il j-esimo medico e il centroide dell'area i .

Il quinto metodo è quello dei **fattori di bilanciamento**, o dei fattori di competizione. La formula si rifà alla legge di Newton, nonché alla modellazione della distribuzione degli spostamenti ([Handy e Niemeier, 1997:1180](#)), intendendo l'interazione tra due masse come il quantitativo di spostamenti tra due zone i e j :

$$T_{ij} = a_i b_j O_i D_j F(d_{ij}) \quad (5)$$

dove O_i e D_j rappresentano il numero di attività (abitanti e posti di lavoro) nelle due zone e costituiscono l'analogo delle masse, $F(d_{ij})$ è una funzione che descrive il decadimento dell'interazione tra le due zone con la loro distanza e a_i e b_j sono i fattori di bilanciamento. Questi vengono stimati tramite un procedimento iterativo attraverso cui si bilanciano i flussi che originano dalla (o sono destinati alla) zona i (o j) in modo che eguagliano il numero di opportunità presenti nella zona i (o j).

$$a_i = \frac{1}{\sum_{j=1}^n b_j D_j F(d_{ij})}$$

$$b_j = \frac{1}{\sum_{i=1}^m a_i O_i F(d_{ij})} \quad (6)$$

Pur non essendo riportate, anche in questo caso, delle formule chiare e inequivocabili sulla quantificazione dell'accessibilità tramite il metodo dei fattori di bilanciamento ([Geurs e Ritsema van Eck, 2001:57-59](#)), l'esempio proposto dai ricercatori ([Geurs e Ritsema van Eck, 2001:59](#)) permette di stabilire che la misura effettiva dell'accessibilità corrisponde al denominatore di a_i della prima delle Equazioni (6) (motivo per cui, talvolta il metodo viene chiamato anche “*dei fattori di bilanciamento inversi*”). Ciò significa che l'accessibilità è da leggere, analogamente a quanto si fa per l'accessibilità potenziale e per le misure *contour*, come una somma delle opportunità, accessibili dalla zona i , pesata, in questo caso, non solo sull'impedenza tra ogni j -esima zona e la zona i , ma anche sul fattore di bilanciamento b_j . Inoltre, i risultati dello stesso esempio ([Geurs e Ritsema van Eck, 2001:59](#)) evidenziano una differenza tra le formule delle Equazioni (6) ([Geurs e Ritsema van Eck, 2001:57](#)) e la descrizione proposta: “*Il valore del fattore di bilanciamento a_i serve ad assicurare che il quantitativo di flussi (e.g. spostamenti) che originano nella zona i eguagli il numero delle attività nella zona j (e.g. abitanti). Il valore del fattore di bilanciamento b_j serve ad assicurare che il quantitativo di flussi (e.g. spostamenti) che originano nella zona j eguagli il numero delle attività nella zona j (e.g. posti di lavoro)*” ([Geurs e Ritsema van Eck, 2001:57](#)). Nel corso della spiegazione

del successivo procedimento ([Geurs e Ritsema van Eck, 2001:57](#)), si menziona un metodo iterativo per la stima dei fattori analogo a quello della distribuzione degli spostamenti con vincolo doppio (per maggiori dettagli, si veda II.2.2.2), a seguito del quale gli effettivi fattori di bilanciamento a_i e b_j risultano essere pari alle produttorie dei rispettivi fattori, da loro identificati con A_i e B_j , corrispondenti, contrariamente a quanto riportato ([Geurs e Ritsema van Eck, 2001:57](#)), al rapporto tra i quantitativi di flussi dalla (o verso) la zona i (o j) e i numeri delle attività nelle rispettive zone (si veda il virgolettato sopra), riferiti al “raggiungimento dell'equilibrio numerico” ([Geurs e Ritsema van Eck, 2001:58](#)). In definitiva, i fattori di bilanciamento sono:

$$a_i = \prod_{k=1}^m A_i^{(k)} = \prod_{k=1}^m \frac{\sum_j T_{ij}^{(k)}}{P_i} \quad (7)$$

$$b_j = \prod_{k=1}^m B_j^{(k)} = \prod_{k=1}^m \frac{\sum_i T_{ij}^{(k)}}{W_j}$$

dove m è il numero di iterazioni per raggiungere l'equilibrio numerico, vale a dire la condizione $A_i^{(k)} \rightarrow 1$ e $B_j^{(k)} \rightarrow 1$.

La misura dell'accessibilità tramite il metodo dei fattori di bilanciamento è pari a:

$$A_{bilanciamento,i} = \sum_{j=1}^n b_j \cdot W_j \cdot F(C_{ij}) \quad (8)$$

Inoltre, analizzando l'esempio riportato da Geurs e Ritsema van Eck ([2001:59](#)), si può ricavare la seguente relazione che aiuta a meglio comprendere il significato concreto dei fattori di bilanciamento:

$$A_{bilanciamento,i} = \frac{1}{a_i} \cdot A_{acc.potenziale,i} \quad (9)$$

Questo metodo si articola in 4 varianti a seconda del tipo di vincolo assegnato: 1) vincolato alla produzione (di spostamenti), 2) vincolato all'attrazione (di spostamenti), 3) doppiamente vincolato e 4) non vincolato. Il termine *vincolo* è riferito ai quantitativi di opportunità, intendendo una condizione imposta nel processo iterativo di stima dei

fattori di bilanciamento tale per cui le opportunità devono rimanere costanti ([Ortùzar e Willumsen 2011:183](#)).

L'ultima misura è della categoria **basata sull'utilità** ed è applicata attraverso la formula:

$$A_n = \frac{1}{\beta} \ln \sum_j D_j e^{-\beta c_{ijn}} \quad (10)$$

Questa formula è il risultato della rielaborazione, da parte di Geurs e Ritsema van Eck ([2001:63](#)), del modello logsum che, come indicato dagli stessi autori, è stato ripreso e analizzato da diversi autori, tra cui per ultimo Small, nel 1992. Nella formula originale proposta da Small, compariva esplicitamente all'esponente l'utilità osservata V_k associata alla scelta della k-esima combinazione modo-destinazione. A_n è l'accessibilità per l'n-esima persona ed è intesa come il beneficio che l'individuo n-esimo residente nella zona i può ottenere dalle D_j opportunità, dato il costo (c_{ijn}) per raggiungere la zona j. Analogamente a quanto avviene attraverso una funzione d'impedenza, il parametro β abbatte e fa decrescere l'accessibilità, in base alla sensibilità ai costi di spostamento.

Tabella 1 - Schema riassuntivo delle misure dell'accessibilità analizzate nel report

Ambito di applicazione	Metodo di quantificazione	Misura
Basata sulle infrastrutture	-	-
Basata sulle attività (<i>Location-based</i>)	Opportunità cumulate	<i>Contour</i>
Basata sulle attività (<i>Location-based</i>)	Basata sulla legge di Newton	Accessibilità potenziale
Basata sulle attività (<i>Location-based</i>)	Basata sulla legge di Newton	Joseph e Bantock
Basata sulle attività (<i>Location-based</i>)	Basata sulla legge di Newton	Fattori di bilanciamento
Basata sulle attività (<i>Person-based</i>)	-	-
Basata sull'utilità	Basata sull'utilità	Utilità

Tutte le misure sopradescritte sono illustrate nei capitoli 11, 12 e 13 del report ([Geurs e Ritsema van Eck, 2001](#)). In particolare, nella parte relativa ai risultati a livello nazionale ([Geurs e Ritsema van Eck, 2001:171](#)), vengono presentate due tabelle contenenti le medie dei valori di accessibilità per zona e per lavoratore o abitante. Anche in questo caso non vengono esplicitamente dichiarate delle formule, ma le si possono dedurre dalle descrizioni ([Geurs e Ritsema van Eck, 2001:171](#)):

“Media di tutte le regioni” $A = \text{media}_i(A_i)$ (11)

(Geurs e Ritsema van Eck, 2001:171, Tabella 11.1)

“Media per lavoratore o abitante”

(Geurs e Ritsema van Eck, 2001:172, Tabella 11.2)

$$A = \sum_{i=1}^m A_i \cdot \frac{P_i}{P_{TOT}}$$

II.1.2.2 Componenti dell'accessibilità

In Figura 2 e in Figura 3, sono illustrate due tabelle riassuntive, presenti rispettivamente nel report (Geurs e Ritsema van Eck, 2001:34) e nell'articolo (Geurs e van Wee, 2004:129) in cui sono riportate le diverse componenti per ogni misura dell'accessibilità. Le componenti impiegate per la valutazione delle misure dell'accessibilità sono riassunte in Tabella 2. Le componenti utilizzate sono quelle di trasporto e quelle di uso del territorio (Handy e Niemeier, 1997:1176). Le misure accessibilità potenziale, Joseph e Bantock e fattori di bilanciamento sono misure *location-based* che dipendono da una funzione d'impedenza, e pertanto richiedono la stima di uno o più parametri per la loro calibrazione.

component measure		transport component	land-use component	temporal component	individual component
infrastructure-based measures		average travel time; travelling speed; vehicle hours lost in congestion		peak hour period 24-hr period	trip-based stratification (e.g. home-work, business trips)
activity-based measures	geographical measures	travel time and/or travel costs between locations of activities, typically using a distance decay function	distribution of opportunities in space (e.g. number of jobs per zone or grid)	travel time and costs may differ between hours of the day, between days of the week, or seasons	stratification of the population (e.g. by income, educational level)
	time-space measures	travel time	distribution of opportunities in space	temporal constraints for activities and time available for activity participation are accounted for	accessibility is analysed at individual or household level
utility-based measures		travel costs between locations of activities, using a distance decay function	distribution of opportunities in space	travel time and costs may differ between hours of the day, between days of the week, or seasons	utility is estimated for population groups or at individual level

Figura 2 - Tabella misure e componenti di accessibilità (Fonte: [1])

[1] (Geurs e Ritsema van Eck, 2001:34)

Measure	Component			
	Transport component	Land-use component	Temporal component	Individual component
Infrastructure-based measures	Travelling speed; vehicle-hours lost in congestion		Peak-hour period; 24-h period	Trip-based stratification, e.g. home-to-work, business
Location-based measures	Travel time and or costs between locations of activities	Amount and spatial distribution of the demand for and/or supply of opportunities	Travel time and costs may differ, e.g. between hours of the day, between days of the week, or seasons	Stratification of the population (e.g. by income, educational level)
Person-based measures	Travel time between locations of activities	Amount and spatial distribution of supplied opportunities	Temporal constraints for activities and time available for activities	Accessibility is analysed at individual level
Utility-based measures	Travel costs between locations of activities	Amount and spatial distribution of supplied opportunities	Travel time and costs may differ, e.g. between hours of the day, between days of the week, or seasons	Utility is derived at the individual or homogeneous population group level

Figura 3 - Tabella misure e componenti di accessibilità (Fonte: [2])

Tabella 2 – Legame misure-componenti

Misura	Relazione	Componenti	Tipo di componente
Contour	$f(c_{ij}, W_j)$	- c_{ij} sono i costi generalizzati tra le località - W_j è il numero di posti di lavoro occupati per zona (distribuzione spaziale delle opportunità)	di trasporto di utilizzo del territorio
Accessibilità potenziale		- c_{ij} sono i costi generalizzati tra le località - W_j è il numero di attività lavorative per zona (distribuzione spaziale delle opportunità)	di trasporto di utilizzo del territorio
Joseph e Bantock	$f(\beta, c_{ij}, W_j)$	β è il parametro di sensibilità ai costi	di trasporto
Fattori di bilanciamento			
Utilità	$f(c_{ij}, W_j)$	- c_{ij} sono i costi generalizzati tra le località - W_j è il numero di attività lavorative per zona (distribuzione spaziale delle opportunità)	di trasporto di utilizzo del territorio

II.2 Impedenza

II.2.1 Funzione esponenziale

L'uso delle misure basate sulla legge di gravitazione ha una lunga storia ([Handy e Niemeier, 1997:1177](#)): la misura dell'impedenza è una delle questioni da tenere in conto (*issues*) nella determinazione delle misure dell'accessibilità ([Handy e Niemeier, 1997:1179](#)).

[2] ([Geurs e van Wee, 2004:129](#))

Già Hansen (1959) evidenziava come la principale questione di dibattito in merito ai modelli gravitazionali riguardasse proprio la forma della funzione di distanza. Lo stesso autore indicava l'utilizzo di una funzione esponenziale, (già allora) di uso comune e di comprovata, empiricamente, validità (Hansen, 1959:74). La misura della distanza che separa due zone deve quindi essere elevata a un esponente da determinare: secondo Hansen il valore dell'esponente deve essere lo stesso della legge di gravità di Newton. Riprendendo diversi studi condotti a livello intraurbano, veniva evidenziata una diminuzione del valore dell'esponente all'aumentare dell'importanza dello spostamento, portando come esempi l'ambito scolastico, con esponente che assumeva valori maggiori di 2.0, spostamenti per commissioni (pari a 2.0), spostamenti per interazioni sociali (pari a 1.1) e spostamenti per lavoro (pari a 0.9). L'esponente assumeva dunque un significato importante, ovvero quello di misura della predisposizione allo spostamento: le persone sono disponibili a viaggiare più lontano per lavoro più che per qualsiasi degli altri motivi (Hansen, 1959:74). La stessa considerazione viene ripresa da Handy e Niemeier (1997), le quali parlano di calibrazione delle misure. La calibrazione delle misure, infatti, riflette la percezione degli individui del viaggio e delle destinazioni disponibili. Le autrici (Handy e Niemeier, 1997) confermano il diffuso utilizzo della funzione esponenziale, nonché la sua validità, data dalla maggiore attinenza alla teoria del comportamento di viaggio. Le stesse illustrano poi, per le misure di tipo gravitazionale, la stima del parametro della funzione attraverso la calibrazione del modello di distribuzione degli spostamenti, ribadendo come il parametro rifletta l'importanza dell'impedenza nella scelta della destinazione nonostante i modelli gravitazionali siano aggregati per zone (Handy e Niemeier, 1997:1180).

II.2.2 Altre formulazioni

II.2.2.1 Geurs e Ritsema van Eck

Nel report di Geurs e Ritsema van Eck (2001) sono elencate le funzioni d'impedenza scelte per svolgere l'analisi³ (Geurs e Ritsema van Eck, 2001:146):

$$F(c_{ij}) = 1 + e^{(-p_1 + p_2 \cdot \log(c_{ij}))} \quad \text{modello log-logistico modificato}$$

$$F(c_{ij}) = p_1 \cdot e^{-(c_{ij}^2/p_2)} \quad \text{modello gaussiano modificato}$$

³ Rispetto alla trattazione originale i parametri sono stati rinominati

$$F(c_{ij}) = p_1/c_{ij}^{p_2} \quad \text{modello reciproco o a potenza negativa}$$

$$F(c_{ij}) = p_1 \cdot e^{-(p_2 \cdot c_{ij})} \quad \text{modello esponenziale negativo}$$

Nel successivo articolo ([Geurs e van Wee, 2004:133](#)), gli autori confermano quanto riportato da Handy e Niemeier ([1997](#)) sull'opportunità di utilizzare la funzione esponenziale. Inoltre, ne propongono una forma più semplice rispetto a quelle elencate nel report ([Geurs e Ritsema van Eck, 2001:146](#)), con un solo parametro da stimare ([Geurs e van Wee, 2004:133](#)):

$$A_i = \sum_j D_j e^{-\beta c_{ij}} \quad (12)$$

II.2.2.2 Ortùzar e Willumsen

Maggiori dettagli sui diversi metodi per la modellazione della distribuzione degli spostamenti, sono presentati nel capitolo 5 del testo *Modelling Transport* ([Ortùzar e Willumsen, 2011](#)). La validità dei modelli di distribuzione applicati alla stima dei parametri della funzione d'impedenza risiede nel significato della distribuzione stessa: a seconda di come sono distribuiti gli spostamenti tra ogni coppia di zone, si può interpretare l'andamento della propensione agli spostamenti all'aumentare della distanza temporale.

Nello specifico, i due autori illustrano la rappresentazione degli spostamenti nell'area di piano attraverso una matrice bidimensionale, in cui ogni cella quantifica gli spostamenti che originano dalla zona indicata dal numero di riga e che hanno destinazione nella zona indicata dal numero di colonna ([Ortùzar e Willumsen, 2011:176](#)). Per convenzione, si indica con O_i (P_i) il quantitativo totale di spostamenti che originano (o prodotti) nella zona i e con D_j (A_j) il totale degli spostamenti con destinazione (o attratti) nella zona j .

$$\begin{aligned} \sum_i T_{ij} &= D_j \\ \sum_j T_{ij} &= O_i \end{aligned} \quad (13)$$

I termini “prodotti” e “attratti” sono riferiti alla definizione dei poli o delle zone che producono o attraggono spostamenti: lo spostamento *prodotto* è definito come originato o destinato a una residenza/domicilio nel caso di spostamenti *home based* o come

origine nel caso di spostamenti *not home based*, mentre lo spostamento *attratto* è definito come originato o destinato a un luogo non residenziale/domiciliare nel caso di spostamenti *home based* o come destinazione nel caso di spostamenti *not home based* ([Ortùzar e Willumsen, 2011:140](#)). In altre parole, le residenze o domicili producono spostamenti in quanto a ogni partenza corrisponde un rientro, mentre le attività economiche o i luoghi di aggregazione di qualsiasi genere spingono le persone a muoversi dal loro domicilio, attraendo quindi spostamenti.

Il termine T_{ij} nelle equazioni (13) indica gli spostamenti da i a j (si sottintendono il modo k e il tipo di persona n , non approfonditi nel presente elaborato). ([Ortùzar e Willumsen, 2011:176](#)).

Secondo gli autori, se vi sono informazioni sufficientemente attendibili da poter stimare O_i e D_j , la modellazione dovrà soddisfare le due equazioni soprariportate, assumendo la dicitura *doppiamente vincolata*. Quando si impone un *vincolo*, la somma, per righe o per colonne o per entrambe, degli spostamenti restituisca dunque un valore noto, che viene detto *target*.

Tra i vari modelli proposti, i più adatti sono quelli gravitazionali (o sintetici) proprio perché *stimano gli spostamenti per ogni cella della matrice senza usare direttamente gli spostamenti osservati* ([Ortùzar e Willumsen, 2011:182](#)), di cui appunto mancano i dati. Analogamente a quanto riportato per il metodo dei fattori di bilanciamento (cfr. II.1.2.1), tali modelli si basano sulla legge di gravità di Newton e hanno l'espressione:

$$T_{ij} = \alpha O_i D_j F(c_{ij}) \quad (14)$$

dove α è un fattore di proporzionalità e $F(c_{ij})$ una funzione dei “costi” di spostamento tra le zone i e j , detta *di deterrenza*, parametrizzata sullo specifico caso in esame. Questi modelli, come anticipato, possono essere a vincolo semplice, doppio o nullo. Facendo riferimento al modello di Furness, gli autori sostituiscono il fattore α con i fattori di bilanciamento A_i e B_j , stimati iterativamente come illustrato nelle equazioni(6), modificando l'equazione (14) in:

$$T_{ij} = A_i B_j O_i D_j F(c_{ij}) \quad (15)$$

II.2.2.3 Öst e il modello *Half-Life*

Un altro studio, condotto da Öst, Lyhagen e Reggiani (2016), propone, in alternativa ai modelli non o doppiamente vincolati, il metodo matematico detto *Half-Life*. Inoltre, per la sua applicazione è sufficiente conoscere le distanze (in termini di spazio, tempo o costi) tra le località. Il metodo, infatti, consiste nella calibrazione di un unico parametro di decadimento, detto β , a partire dalla mediana delle distanze, chiamata m . Il principio è quello di sfruttare la distanza che suddivide la popolazione in parti di uguale peso, una che percorre distanze minori e l'altra che percorre distanze maggiori della mediana (Figura 4). In altre parole, si considera un punto noto della curva di decadimento della frequenza.

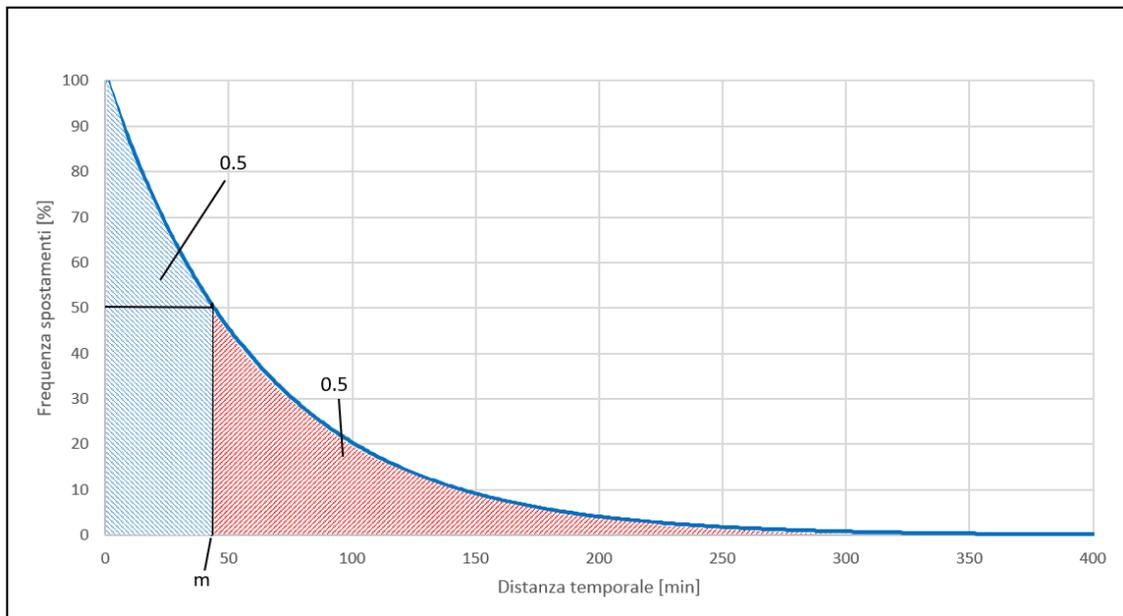


Figura 4 - Suddivisione area sottesa

Ricordando che costi, tempi e distanze spaziali sono grandezze positive e che l'area sottesa alla curva di una distribuzione di frequenze è pari a 1 (i.e. al 100% della popolazione), il modello si riassume con il seguente integrale, prendendo a esempio il modello di decadimento esponenziale (Öst et Al., 2016:350):

$$\int_0^{\infty} e^{-\beta x} dx = \frac{1}{\beta}$$

Tenendo conto che alla mediana corrisponde un'area pari a 0.5 (i.e. alla metà della popolazione):

$$\int_0^m e^{-\beta x} dx = \frac{0.5}{\beta} = \frac{1}{\beta} - \frac{e^{-\beta m}}{\beta}$$

da cui:

$$0.5 = \beta \int_0^m e^{-\beta x} dx = 1 - e^{-\beta m}$$

$$e^{-\beta m} = 0.5$$

$$\beta = -\frac{\ln(0.5)}{m} \quad (16)$$

Le funzioni di decadimento presentate sono cinque: 1) esponenziale, 2) esponenziale normale, 3) esponenziale radicale, 4) log-normale (plus e minus) e 5) potenziale; l'ultima non è stata illustrata ([Ösht et Al., 2016:349](#)).

Per ognuno di questi, il parametro β viene calcolato in uno specifico modo, dipendente dal risultato dell'integrazione della funzione di decadimento: $\beta = -\frac{\ln(0.5)}{m}$ per il modello esponenziale, $\beta = \left(\frac{\text{erf}^{-1}(0.5)}{m}\right)^2$ per l'esponenziale normale, $\beta \approx \frac{1.67835}{m}$ per l'esponenziale radicale, $\beta = \frac{(\text{erf}^{-1}(-0.5))^2 \pm \sqrt{(\text{erf}^{-1}(-0.5))^4 + 2(\text{erf}^{-1}(-0.5))^2 \ln(m) + \ln(m)}}{2(\ln(m))^2}$ per i log-normale plus e minus.

II.3 Costi

Non solo la forma della funzione, ma anche la stessa variabile dei costi deve essere quantificata. Innanzitutto, con il termine "costi" si intende un "*costo generalizzato dello spostamento*" ([Ortùzar e Willumsen, 2011:177](#)) e ([Geurs e Ritsema van Eck, 2001:38](#)), funzione lineare nelle disutilità dello spostamento, i cui coefficienti ne pesano i contributi; gli autori propongono la seguente espressione, riferita a un singolo modo di spostamento:

$$C_{ij} = a_1 t_{ij}^v + a_2 t_{ij}^w + a_3 t_{ij}^t + a_4 t_{ij}^n + a_5 F_{ij} + a_6 \Phi_j + \delta \quad (17)$$

dove ([Ortùzar e Willumsen, 2011:177](#)):

- $a_1 \dots a_6$: sono i pesi applicati a ogni elemento di costo (o disutilità), convertendolo in un valore di costo o tempo;
- t_{ij}^v : è il tempo di spostamento effettivo nel veicolo tra i e j ;
- t_{ij}^w : è il tempo richiesto per raggiungere (o arrivare a destinazione da), a piedi, le fermate o il parcheggio;

- t_{ij}^t : è il tempo di attesa alle fermate o speso a trovare posteggio;
- t_{ij}^n : è il tempo di interscambio, nel caso di cambio di mezzo;
- F_{ij} : è un costo monetario, che può consistere nella tariffa applicate allo spostamento tra i e j o al costo dell'uso dell'autovettura per quel tragitto, comprensivo dei pedaggi;
- Φ_j : è un costo di sosta associato allo spostamento da i a j ; e
- δ : è un parametro, detto *penalità modale*, che tiene conto di tutti gli elementi non inclusi nella formula (e.g. sicurezza, comfort o convenienza).

Come fattore di conversione, Ortùzar e Willumsen riprendono le principali indicazioni del Dipartimento del Trasporto del 1987, frutto di studi condotti da Bates e Roberts pubblicati nel 1986 ([Ortùzar e Willumsen, 2011:511](#)). Tra queste, si menzionano: 1) Il valore del tempo di lavoro (i.e. spostamenti effettuati durante o come parte del lavoro) è uguale alla retribuzione oraria lorda del lavoratore e comprensiva di tutti i costi aggiuntivi a carico del datore di lavoro e 3) per la maggior parte dei casi si dovrebbe impiegare un unico valore economico del tempo; comunque, nei casi in cui la proporzione di bambini, pensionati o adulti occupati è ritenuta significativamente differente dalla media nazionale, si dovrebbe stimare un valore economico *ad hoc* utilizzando un valore specifico per ognuno di questi gruppi.

Nella loro pubblicazione, Geurs e Ritsema van Eck riportano di aver utilizzato solo il dato sui tempi di spostamento ([Geurs e Ritsema van Eck, 2001:150](#)). L'equazione (17) diventa pertanto:

$$C_{ij} = a_1 t_{ij}^v \quad (18)$$

II.3.1 Quantificazione dei costi per gli spostamenti intrazonali

La quantificazione dei costi generalizzati intrazonali può essere problematica: se il riferimento è ai centroidi di ogni zona, come nel caso della presente tesi, le distanze risultano nulle. A tale riguardo, nell'articolo *Estimation of the Intrazonal Travel Time of Different Modes for the Home-Based School Trips Using Regression Model* ([Delice et Al., 2019](#)), vengono stimati modelliper la quantificazione di tali costi per i modi: trasporto pubblico, camminata e *tutti*, ovvero trasporto pubblico, camminata, auto e trasporto pubblico in abbonamento. I modelli sono stati calibrati per una realtà

geografica diversa da quella considerata nel presente lavoro di tesi e pertanto i relativi parametri potrebbero non essere valida, ma si ritiene comunque interessante l'approccio che ha consentito di identificare le variabili maggiormente significative per predire le quantità in oggetto.

Nello specifico la ricerca, condotta nella città di Denizli, in Turchia, ha messo in evidenza come il tempo medio di spostamento intrazonale, stimato attraverso il modello di regressione lineare, sia legato, a seconda del modo di spostamento, a diverse variabili e secondo diverse relazioni funzionali. In particolare, la variabile a cui i tempi di spostamento intrazonali sono più sensibili è la **densità di popolazione** per la camminata, il **numero di archi della rete** per quanto riguarda il trasporto pubblico e la **popolazione per tutti i modi** (Delice et Al, 2019:48). Inoltre, le forme che meglio descrivono le relazioni tra le variabili succitate e i tempi medi di spostamento intrazonali sono del tipo **polinomiale** per i modi camminata e trasporto pubblico, **logaritmico per tutti i modi** (Delice et Al, 2019:53). Si riportano, in Figura 5 e in Figura 6, le tabelle, riportate nell'articolo, con le variabili indipendenti e le forme funzionali ricavate.

Independent variable	Selected independent variable
All trip modes	Population
Walking	Population density
Public transport	Number of links

Figura 5 - Variabili indipendenti per la stima dei tempi di spostamento intrazonali (Fonte: [4])

Model	Selected trend line	
	Equation	Type of trend line
All trip Modes	$Y = -2.674\ln(x) + 35.799$	Logarithmic
Walking	$Y = 2E - 08x^2 - 0.0005x + 12.27$	Polynomial
Public transport	$Y = 3E - 05x^2 - 0.0457x + 27.359$	Polynomial

Figura 6 - Forme funzionali tempi medi di spostamento intrazonali (Fonte: [5])

II.4 Questioni metodologiche sulla misurazione dell'accessibilità

Nel suo articolo, Hansen (1959) elenca anche i tipi di dati utilizzati nella sua analisi, riferiti a 70 aree dell'area metropolitana di Washington, ribadendo che il dato che esprime la grandezza dell'attività per misurare l'accessibilità all'impiego è il numero di posti di lavoro (Hansen, 1959:75).

A prescindere dal tipo di misura, vi sono delle questioni in merito alla determinazione delle misure. Oltre alla già descritta questione sull'impedenza (cfr. II.2), viene menzionato il livello di dettaglio, ovvero di disaggregazione, dell'analisi. Tipicamente,

[4] (Delice et Al, 2019:53)

l'accessibilità viene misurata per zone, raggruppando gli individui (o i nuclei famigliari) per prossimità, ma si può misurare anche per ogni individuo (o nucleo), in modo da enfatizzare le decisioni del singolo, o ancora per fasce di reddito ([Handy e Niemeier, 1997:1178](#)).

Un altro aspetto cruciale è la scelta di origine e destinazione, ovvero a quali luoghi la misura dell'accessibilità è riferita. La maggior parte dei ricercatori utilizzano indicatori *home-based*, per cui si misura l'accessibilità per persone che si muovono da o verso casa.

Infine, un'ulteriore questione da risolvere, quando si misura l'accessibilità, è dato dalla definizione dello scopo dello spostamento e dalla scelta delle destinazioni da considerare per ogni zona. Le destinazioni, infatti, devono essere scelte in base al tipo di opportunità di cui si vuole esaminare l'accessibilità. In altre parole, se l'obiettivo è, per esempio, misurare l'accessibilità ai negozi, allora solo i negozi devono essere considerati nel calcolo ([Handy e Niemeier, 1997:1179](#)).

II.5 La rassegna storica di Levine

Si riporta infine l'articolo **A century of evolution of the accessibility** ([Levine, 2020](#)), in cui viene presentata e sostenuta la rilevanza di due aspetti dell'accessibilità: l'aspetto applicativo (*application-based*) e l'aspetto delle definizioni (*definition-based*). Contestualmente al primo aspetto, l'**applicazione** dell'accessibilità può essere *positiva* o *normativa*. L'applicazione positiva consiste nella descrizione, nell'analisi o nella previsione dei fenomeni spazio-dipendenti. In questi casi l'accessibilità è una variabile indipendente *applicata* a modelli utili, per esempio, per stabilire la scelta di una destinazione o l'allocazione di un luogo di residenza ([Levine, 2020:1](#)). Viene detta *normativa* l'applicazione volta a fornire una guida per le politiche dei trasporti e dell'uso del suolo, secondo il paradigma per cui queste politiche perseguono l'accessibilità e vengono valutate in termini di accessibilità. D'altro canto, **definire** l'accessibilità significa valutare o pianificare su ciò che già esiste, in base a misure di mobilità e prossimità.

II.6 Posizionamento del lavoro nel contesto dello stato dell'arte

Il presente lavoro, frutto di una rielaborazione dei contenuti succitati, permette di avere un riscontro pratico sulle teorie proposte e illustra, in maniera dettagliata e coesa, l'intero approccio, stadio per stadio, alla misura dell'accessibilità, la cui descrizione

risulta reticente in alcune delle ricerche sopraesposte. I calcoli applicati per quest'analisi sono stati inoltre occasione per fare chiarezza su alcune incongruenze presenti in alcuni dei report menzionati che sono state discusse in II.1.2.1.

Coerentemente con le indicazioni nella sezione II.4, l'accessibilità è misurata in termini di posti di lavoro occupati (cfr. III.3.2), il livello di aggregazione è comunale, dunque per zone e non per persona residente. Inoltre, le misure dell'accessibilità elaborate per la presente tesi sono riferite alle zone di produzione, osservando dunque spostamenti *home-based* il cui scopo è il raggiungimento del posto di lavoro. In considerazione del fatto che il presente lavoro consiste nell'osservazione dello stato attuale di una regione, in termini di accessibilità, con l'obiettivo di fornire un riscontro sulle infrastrutture e i trasporti, nonché sull'uso del territorio, l'applicazione delle misure esposte in questo elaborato è da considerarsi di tipo normativo (cfr. II.5).

Infine, la disponibilità odierna di basi dati, fornite dall'Istat, e di strumenti di consultazione di informazioni georeferenziate, tra cui Qgis, permette di reperire i dati relativi alle componenti succitate l'applicazione delle diverse misure in modo più agevole e semplice.

III Dati sperimentali utilizzati

Nel seguente capitolo si illustrano le tipologie di dati utili per l'analisi, le relative fonti e le modalità con cui, nel corso della presente elaborazione, sono stati ottenuti e trattati. Vengono proposte un'organizzazione e una presentazione dei dati necessari, e delle fonti che li mettono a disposizione, tale da richiamare le relazioni illustrate in Tabella 2, in Figura 2 e in Figura 3, in modo da suggerire una lettura dei dati statistici e dei dati sui costi e le distanze temporali in analogia, rispettivamente, alle componenti di uso del territorio e di trasporto (cfr. II.1.2.2).

Si riportano, quindi, nelle sezioni III.1 e III.2 le fonti e le modalità con cui queste componenti possono essere ricavate, mentre nelle sezioni III.3.2 e III.3.3 si riportano i dati relativi al caso in esame.

III.1 Statistiche disponibili

Per poter effettuare delle osservazioni sulle popolazioni, nonché sulle loro caratteristiche e le loro abitudini, sulle opportunità lavorative e sulle attrazioni, l'Istat mette a disposizione diversi set di dati, accessibili da diversi siti a seconda della tipologia di dato necessaria.

III.1.1 Censimento permanente della popolazione

A seguito della promulgazione della Legge 205/2017, nel 2018 il censimento generale della popolazione e delle abitazioni, che aveva cadenza decennale, è stato sostituito dal censimento permanente, di cadenza annuale, in ottemperanza delle direttive della Comunità Europea.

Con il termine "popolazione" s'intende lo specifico gruppo di individui inclusi nel campo di osservazione, i quali dimorano abitualmente (sono residenti) nel comune in cui è stata effettuata l'intervista. La popolazione dimorante abitualmente costituisce la popolazione legale dello stesso. I dati sulla popolazione riportati sono riferiti al 31 dicembre e sono il risultato dell'integrazione di rilevazioni, riferite alla prima domenica di ottobre, con i dati amministrativi.

Nello specifico, le rilevazioni consistono in indagini campionarie periodiche di due diverse tipologie: areale e da lista. Le indagini del primo tipo sono basate su di un campione probabilistico areale di sezioni di censimento selezionate dal Registro Statistico Base dei Luoghi, mentre le indagini da lista sono basate su di un campione

probabilistico di famiglie estratte, con uguale probabilità all'interno di ogni comune, dal Registro Base degli Individui. Tra le molteplici variabili indagate nel corso del censimento, si notano per questa tesi le persone abitualmente dimoranti nell'alloggio, la condizione occupazionale e gli spostamenti abituali tra comuni per ragioni di studio o di lavoro. La consultazione delle fonti amministrative, tra cui, per esempio, l'Archivio delle comunicazioni obbligatorie del Ministero del Lavoro, garantisce l'attribuzione del corretto valore alle variabili esplorate, nonché di migliorare la copertura del Registro Base degli Individui attraverso l'osservazione dei "segnali di vita". I segnali di vita amministrativi consistono nelle attività svolte dagli individui o nelle condizioni degli stessi. Questi permettono di verificare le incoerenze tra i dati raccolti sul campo e il RBI e, soprattutto, di fornire una stima di sovra o sotto-copertura del Registro Base degli Individui per produrre il conteggio di popolazione (Piano Generale di Censimento. Fonte: [5]).

III.1.2 Basi territoriali e variabili censuarie

I dati relativi alla suddivisione del territorio in unità di censimento, alla popolazione censita, ovvero al numero di abitanti e delle abitazioni occupate, insieme alle informazioni sulle attività economiche censite, sono disponibili sul sito Istat relativo alle *Basi Territoriali e Variabili Censuarie* [6]. Qui, sono consultabili le sezioni **Basi territoriali -dati definitivi (1991-2021)** (Figura 7), **Variabili Censuarie (1991-2021)** (Figura 7), dove sono riportate le statistiche riferite agli anni 1991, 2001, 2011 e 2021.

III.1.2.1 Basi territoriali

Con *Base Territoriale* si intende l'unità elementare rappresentativa della suddivisione del territorio in località e sezioni ai fini delle indagini statistiche. Sono diverse le modifiche apportate negli ultimi anni. Come riportato nella nota informativa [7], infatti, solo tra il 2011 e il 2021 vi è stato un incremento del numero di sezioni di censimento dell'87%, risultato di un affinamento e di un miglioramento della partizione del territorio. Ogni base territoriale è identificata da una stringa numerica che ne descrive regione (prime due cifre), comune (4 cifre), sezione (7 cifre) o località (5 cifre). Questo criterio permette un rapido riconoscimento del comune associato al dato letto, nonché una facilità nell'aggregazione dei dati al livello di dettaglio desiderato. Per fare un

[5] Da: <https://www.istat.it/it/files/2018/09/PGC-POPOLAZIONE-ABITAZIONI-2022.pdf>, consultato in data 23/01/25

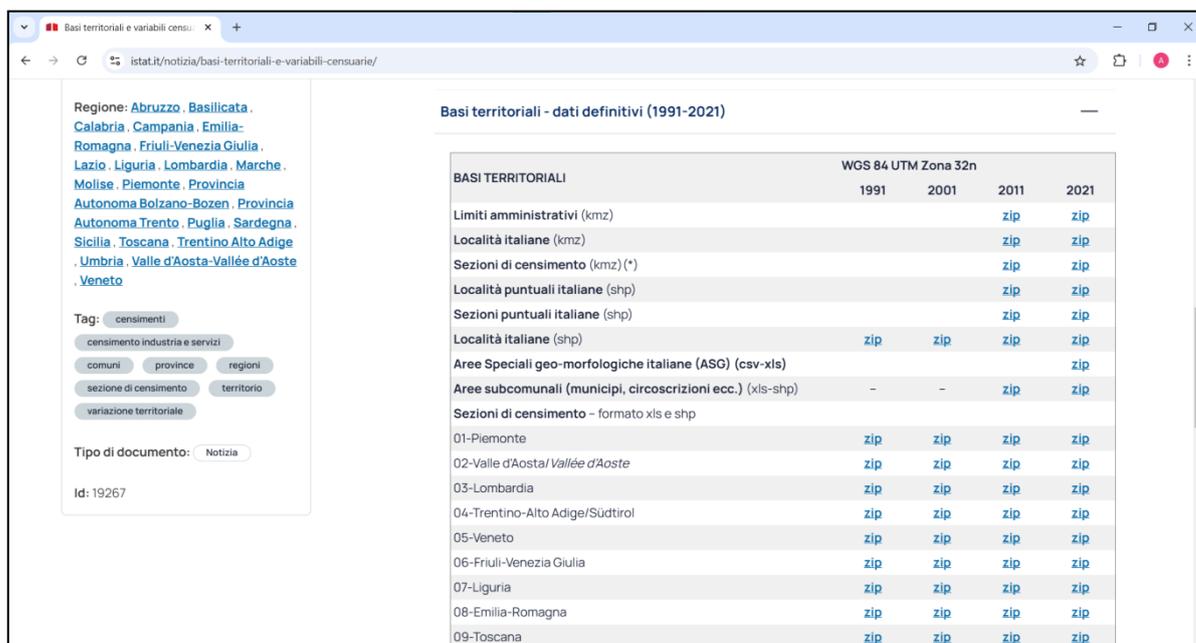
[6] Da: <https://www.istat.it/notizia/basi-territoriali-e-variabili-censuarie/>, consultato in data 30/10/2024

[7] Da: <https://www.istat.it/wp-content/uploads/2024/07/Nota-informativa-Basi-territoriali-2021.pdf>, consultato in data 06/11/2024

III-Dati sperimentali utilizzati

esempio, la prima sezione del comune di Aosta è contrassegnata dalla stringa **0200700300000001**, quindi sezione (000000)1 del comune 007003 della regione 02.

Nella parte Sezioni di censimento della sezione Basi territoriali (Figura 7), sono disponibili le cartelle .zip **R02_(XX)** (XX indica l'anno, ndr). Al loro interno, è presente lo *shapefile* **R02_(XX)_WGS84.shp**, contenente la suddivisione della regione in sezioni e la relativa tabella degli attributi, in cui vengono riportati, tra le diverse informazioni, i codici delle sezioni e delle località. È disponibile, inoltre, un file Excel, **R02_(XX).xlsx**, con informazioni a livello di sezione sul numero di abitanti, sul numero di nuclei familiari, nonché, per il 2021, sul tipo di sezione: una stringa numerica aggiuntiva (COD_TIPO_S) indica il tipo di area (per esempio edificio, area a copertura forestale o area produttiva), mentre altri codici, attraverso un'ulteriore stringa, indicano la caratteristica geomorfologica della sezione (lago, ghiacciaio o montagna).



BASI TERRITORIALI	WGS 84 UTM Zona 32n			
	1991	2001	2011	2021
Limiti amministrativi (kmz)			zip	zip
Località italiane (kmz)			zip	zip
Sezioni di censimento (kmz) (*)			zip	zip
Località puntuali italiane (shp)			zip	zip
Sezioni puntuali italiane (shp)			zip	zip
Località italiane (shp)	zip	zip	zip	zip
Aree Speciali geo-morfologiche italiane (ASG) (csv-xls)				zip
Aree subcomunali (municipi, circoscrizioni ecc.) (xls-shp)	-	-	zip	zip
Sezioni di censimento - formato xls e shp				
01-Piemonte	zip	zip	zip	zip
02-Valle d'Aosta/ Vallée d'Aoste	zip	zip	zip	zip
03-Lombardia	zip	zip	zip	zip
04-Trentino-Alto Adige/Südtirol	zip	zip	zip	zip
05-Veneto	zip	zip	zip	zip
06-Friuli-Venezia Giulia	zip	zip	zip	zip
07-Liguria	zip	zip	zip	zip
08-Emilia-Romagna	zip	zip	zip	zip
09-Toscana	zip	zip	zip	zip

Figura 7 - Basi territoriali Istat (Fonte: [8])

III.1.2.2 Variabili censuarie

Per quanto attiene le variabili censuarie, sono disponibili, nell'apposita sezione, i dati di censimento della popolazione e delle abitazioni e quelli dell'industria e dei servizi (Figura 8).

[8] Da: <https://www.istat.it/notizia/basi-territoriali-e-variabili-censuarie/>, consultato in data 30/10/2024

Fino al 2011 il Censimento generale della popolazione e delle abitazioni aveva carattere universale ed era realizzato attraverso una rilevazione "porta a porta". A partire dal 2018 questa modalità è stata sostituita dal Censimento permanente, basato nell'impiego combinato di archivi, registri statistici e indagini con cadenza annuale su un campione di famiglie. Se nei censimenti tradizionali la rilevazione costituiva la base della produzione dei dati censuari, con il Censimento permanente un ruolo determinante è assunto dal Sistema Integrato dei Registri Statistici.

A livello sub-comunale, il passaggio dal Censimento tradizionale a quello permanente ha reso anche necessaria l'adozione di una nuova modalità di allocazione della popolazione e delle abitazioni. Questa si basa sul collegamento tra il Registro di Base degli Individui (RBI) e il Registro Statistico di Base dei Luoghi (RSBL).

L'Istat ha progettato e messo in esercizio il Registro Statistico di Base dei Luoghi, per rispondere alla complessità della rappresentazione dei dati geografici e ad una crescente domanda di informazione statistica territoriale. In virtù dell'implementazione di RSBL è possibile geo-localizzare le informazioni sugli individui, le famiglie - e, in futuro, anche sulle unità economiche - "proiettando" il complesso delle informazioni socio-economiche ed ambientali sul territorio. In questo contesto, per ciascuna famiglia collegata a un alloggio vengono calcolate, tramite elaborazioni geografiche, le sezioni di censimento 2021 dell'indirizzo di residenza e dell'edificio nel quale la famiglia è stata collocata. Ciò consente anche di diffondere dati statistici e indicatori per sezioni di censimento e per un ampio numero di geografie amministrative, come le suddivisioni amministrative dei grandi comuni (Zone urbanistiche, Municipi, Circoscrizioni, ecc.).

Il cambiamento della strategia censuaria ha modificato anche la funzione assegnata alla base territoriale comunale. Infatti, le BT in passato venivano utilizzate principalmente per la raccolta dei dati delle unità di rilevazione; con il censimento permanente ed il ricorso al campionamento delle unità, le sezioni di censimento sono invece impiegate solo parzialmente per la raccolta dei dati e non esaustivamente per tutti i comuni italiani.

Questa nuova edizione delle basi territoriali è stata quindi utilizzata con lo scopo di diffondere i dati al minimo livello territoriale: le sezioni di censimento.

	1991	2001	2011	2021
Censimento dell'industria e dei servizi (txt)	zip	zip	zip	-
Censimento della popolazione e delle abitazioni (xls-csv)	zip	zip	zip	zip

Figura 8 - Variabili censuarie Istat (Fonte: [9])

Come si evince dalla Figura 8, i dati sull'industria e sui servizi del 2021 non vengono riportati, a causa della diversa modalità di rilevazione messa in atto dal 2018, attraverso il censimento permanente della popolazione (cfr. sezione III.1.1).

Con riferimento al 2021, i dati sulla popolazione e le abitazioni sono riportati in un file Excel, all'interno della cartella compressa scaricabile `Dati_regionali_2021.zip`, chiamato `RXX_indicatori_2021_sezioni.xlsx` -XX è la regione (Figura 9). In questo file, per ogni sezione, sono riportati i valori dei diversi attributi, le cui descrizioni sono disponibili solo nel file `TRACCIATO FILE REGIONALI.xlsx`. La stessa organizzazione è adottata per i file del 2011. Per gli anni precedenti, invece, la cartella compressa relativa alla popolazione e alle abitazioni, `dati-cpa_YYYY.zip` (YYYY è l'anno), contiene i file `RXX_DatiCPA_YYYY.xlsx`, in cui il criterio di lettura è riportato nel foglio *Metadati*.

[9] Da: <https://www.istat.it/notizia/basi-territoriali-e-variabili-censuarie/>, consultato in data 30/10/2024

III-Dati sperimentali utilizzati

CODREG	REGIONE	CODPRO	PROVINCI	CODCOM	COMUNE	PROCOC	SEZZ1_ID	COM_ASC	COM_ASC	COM_ASC	P1	P2	P3	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23
2	Valle d'Aost	7	Valle d'Aost	1	Allein	7001	700100000	0	0	0	54	24	30	0	3	2	2	4	2	2	2	2	4
3	Valle d'Aost	7	Valle d'Aost	1	Allein	7001	700100000	0	0	0	38	16	22	0	1	3	3	1	1	0	2	2	2
4	Valle d'Aost	7	Valle d'Aost	1	Allein	7001	700100000	0	0	0	18	12	9	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0
5	Valle d'Aost	7	Valle d'Aost	1	Allein	7001	700100000	0	0	0	46	25	21	0	3	5	3	1	2	0	1	3	0
6	Valle d'Aost	7	Valle d'Aost	1	Allein	7001	700100000	0	0	0	11	5	6	1	0	0	0	1	0	3	0	0	0
7	Valle d'Aost	7	Valle d'Aost	1	Allein	7001	700100000	0	0	0	7	5	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
8	Valle d'Aost	7	Valle d'Aost	1	Allein	7001	700100000	0	0	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	Valle d'Aost	7	Valle d'Aost	1	Allein	7001	700100000	0	0	0	7	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	Valle d'Aost	7	Valle d'Aost	1	Allein	7001	700100000	0	0	0	7	1	6	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1
11	Valle d'Aost	7	Valle d'Aost	1	Allein	7001	700100000	0	0	0	11	6	5	0	0	0	0	0	5	1	0	0	0
12	Valle d'Aost	7	Valle d'Aost	1	Allein	7001	700100000	0	0	0	9	3	6	0	1	0	0	0	1	0	1	2	0
13	Valle d'Aost	7	Valle d'Aost	1	Allein	7001	700100000	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	Valle d'Aost	7	Valle d'Aost	2	Antey-Sain	7002	700200000	0	0	0	8	3	5	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1
15	Valle d'Aost	7	Valle d'Aost	2	Antey-Sain	7002	700200000	0	0	0	41	19	22	1	2	1	1	2	0	1	2	4	0
16	Valle d'Aost	7	Valle d'Aost	2	Antey-Sain	7002	700200000	0	0	0	22	12	10	1	2	1	0	1	1	0	0	1	0
17	Valle d'Aost	7	Valle d'Aost	2	Antey-Sain	7002	700200000	0	0	0	35	18	17	0	2	2	3	2	1	4	0	2	0
18	Valle d'Aost	7	Valle d'Aost	2	Antey-Sain	7002	700200000	0	0	0	5	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	Valle d'Aost	7	Valle d'Aost	2	Antey-Sain	7002	700200000	0	0	0	26	11	15	1	2	3	0	1	0	0	2	5	0
20	Valle d'Aost	7	Valle d'Aost	2	Antey-Sain	7002	700200000	0	0	0	20	10	10	0	1	1	0	2	1	1	0	2	0
21	Valle d'Aost	7	Valle d'Aost	2	Antey-Sain	7002	700200000	0	0	0	14	8	9	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0
22	Valle d'Aost	7	Valle d'Aost	2	Antey-Sain	7002	700200000	0	0	0	23	13	10	0	1	2	0	1	1	2	0	3	0
23	Valle d'Aost	7	Valle d'Aost	2	Antey-Sain	7002	700200000	0	0	0	8	4	4	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
24	Valle d'Aost	7	Valle d'Aost	2	Antey-Sain	7002	700200000	0	0	0	17	10	7	2	1	2	0	0	0	0	0	0	3
25	Valle d'Aost	7	Valle d'Aost	2	Antey-Sain	7002	700200000	0	0	0	16	6	10	2	1	2	1	0	0	3	3	1	0
26	Valle d'Aost	7	Valle d'Aost	2	Antey-Sain	7002	700200000	0	0	0	11	6	5	1	0	0	0	0	1	1	2	0	0
27	Valle d'Aost	7	Valle d'Aost	2	Antey-Sain	7002	700200000	0	0	0	22	12	10	3	3	1	0	0	1	4	1	2	0
28	Valle d'Aost	7	Valle d'Aost	2	Antey-Sain	7002	700200000	0	0	0	22	11	11	0	2	0	1	1	1	0	4	1	2

Figura 9 - Censimento popolazione e abitazioni 2021, file Excel

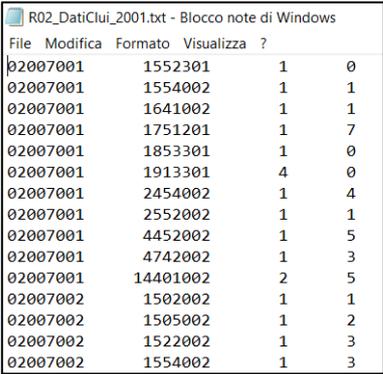
Tutti e quattro i set riportano attributi per la popolazione, per le abitazioni, per gli edifici, per i nuclei famigliari per la popolazione straniera. Ogni attributo è identificato da una lettera, che ne identifica la categoria, e da un numero, progressivo all'interno della specifica categoria. Si riscontra, quindi, un livello di dettaglio tale da poter analizzare in maniera approfondita i dati inerenti agli individui e alle famiglie, con la possibilità di aggregarli a seconda delle specifiche esigenze. Tra gli attributi più utili, al fine di effettuare un'analisi sull'accessibilità al lavoro si può considerare il totale residenti occupati (identificato con *P101*, Figura 10)

Attributo	Descrizione
P87	Popolazione residente - totale di 9 anni e più con licenza elementare
P88	Popolazione residente - totale di 9 anni e più con licenza media
P89	Popolazione residente - totale di 9 anni e più con Diploma di scuola secondaria superiore incluse le Qualifiche professionali
P90	Popolazione residente - totale di 9 anni e più con titoli terziari di primo o secondo livello (inclusi i dottori di ricerca)
P91	Popolazione residente - maschi di 9 anni e più senza titolo di studio
P92	Popolazione residente - maschi di 9 anni e più con licenza elementare
P93	Popolazione residente - maschi di 9 anni e più con licenza media
P94	Popolazione residente - maschi di 9 anni e più con Diploma di scuola secondaria superiore incluse le Qualifiche professionali
P95	Popolazione residente - maschi di 9 anni e più con titoli terziari di primo o secondo livello (inclusi i dottori di ricerca)
P96	Popolazione residente - femmine di 9 anni e più senza titolo di studio
P97	Popolazione residente - femmine di 9 anni e più con licenza elementare
P98	Popolazione residente - femmine di 9 anni e più con licenza media
P99	Popolazione residente - femmine di 9 anni e più con Diploma di scuola secondaria superiore incluse le Qualifiche professionali
P100	Popolazione residente - femmine di 9 anni e più con titoli terziari di primo o secondo livello (inclusi i dottori di ricerca)
P101	Popolazione residente - totale occupati di 15-64 anni
P102	Popolazione residente - maschi occupati di 15-64 anni
P103	Popolazione residente - femmine occupate di 15-64 anni
IT1	Popolazione residente - italiani - età 0 - 14 anni
IT2	Popolazione residente - italiani - età 15 - 64 anni
IT3	Popolazione residente - italiani - età 65 anni e più
IT4	Popolazione residente - maschi italiani - età 0 - 14 anni
IT5	Popolazione residente - maschi italiani - età 15 - 64 anni
IT6	Popolazione residente - maschi italiani - età 65 anni e più
IT7	Popolazione residente - femmine italiane - età 0 - 14 anni
IT8	Popolazione residente - femmine italiane - età 15 - 64 anni
IT9	Popolazione residente - femmine italiane - età 65 anni e più
IT10	Popolazione residente - occupati italiani di 15-64 anni
IT11	Popolazione residente - occupati italiani maschi di 15-64 anni

Figura 10 - Definizione degli attributi, file Excel sul tracciato

III-Dati sperimentali utilizzati

I dati sul censimento dell'industria e dei servizi (Figura 8) consistono in due file .txt per ogni regione in cui si elencano tutte le attività economiche censite in ogni sezione e identificate anch'esse secondo una stringa numerica di cui una parte è riferita al sistema di codifica ATECO. Attraverso il criterio di assegnazione definito per le Basi Territoriali, le prime cifre inquadrano la sezione (cfr. sezione III.1.2.1), quindi, dalla sedicesima cifra, si integra il gruppo ATECO (3 cifre private del "."). Ulteriori 3 cifre descrivono il tipo di attività (Impresa, Istituzione pubblica, istituzione non-profit), mentre le successive 8 il numero di unità locali, ovvero il quantitativo di quel tipo di attività presenti nella sezione, e le ultime 7 il numero di addetti per quel tipo di attività per ogni unità di sezione. Quindi, per esempio, la stringa **0200700300000004524002000000110000020** identifica, nella sezione 4 del comune 007003 (Aosta), (000000)11 attività di "commercio al dettaglio in esercizi specializzati di altri prodotti (esclusi quelli di seconda mano)" (codice 524 Istat; 52.4 ATECO) per un totale di (00000)20 addetti (Figura 11).



File	Modifica	Formato	Visualizza	?
02007001	1552301	1	0	
02007001	1554002	1	1	
02007001	1641002	1	1	
02007001	1751201	1	7	
02007001	1853301	1	0	
02007001	1913301	4	0	
02007001	2454002	1	4	
02007001	2552002	1	1	
02007001	4452002	1	5	
02007001	4742002	1	3	
02007001	14401002	2	5	
02007002	1502002	1	1	
02007002	1505002	1	2	
02007002	1522002	1	3	
02007002	1554002	1	3	

Figura 11 - Censimento industria e imprese, formato fino al 2011

Con *classificazione ATECO* si intende la classificazione delle attività economiche, secondo i diversi settori, impiegata dall'Istat. Le tipologie di attività elencate sono identificabili, per ogni settore, a diversi livelli di dettaglio, ciascuno contraddistinto da una stringa numerica concatenata a quella del livello precedente. Per esempio, l'attività **I55.1** corrisponde al settore **I**, attività dei servizi di alloggio e di ristorazione, del tipo **55**, alloggio, più precisamente **55.1**, alberghi o strutture simili.

III.1.3 Strumenti di consultazione

I dati inerenti alle attività economiche censite con la nuova modalità sono accessibili attraverso la banca dati IstatData [10] (Figura 12 e Figura 13). Qui, sono disponibili, tra

[10] Da: <https://esploradati.istat.it/databrowser/#/it/dw>, consultato in data 27/11/2024

III-Dati sperimentali utilizzati

i molti, tutti i dati relativi al mercato del lavoro, tra cui i redditi o i tassi di occupazione, alle caratteristiche demografiche e al territorio.



Figura 12 – IstatData (Fonte: [11])

Per ogni categoria di dati, è possibile interrogare il dataset per costruire una tabella (Figura 14) adattata alla specifica ricerca che si intende svolgere. Per esempio, si possono consultare dati sulle unità locali del lavoro, suddivisibili per numero di attività e numero di addetti, anno, territorio (fino al livello comunale), classificazione ATECO e classe di addetti. Con *classe di addetti*, si fa riferimento al numero di dipendenti, ovvero alla grandezza dell'impresa: alla classe *0-9* corrispondono le microimprese, aventi meno di 10 dipendenti, alla classe *10-49* le piccole imprese, alla classe *50-249* le medie imprese e alla classe *250 e più* le grandi imprese [12].

[11] Da: <https://esploradati.istat.it/databrowser/#/it/dw>, consultato in data 27/11/2024

[12] Da: <https://www.istat.it/classificazioni-e-strumenti/glossario/?term=Classificazione%20delle%20imprese%20per%20classe%20di%20addetti>, consultato in data 27/11/2024

III-Dati sperimentali utilizzati

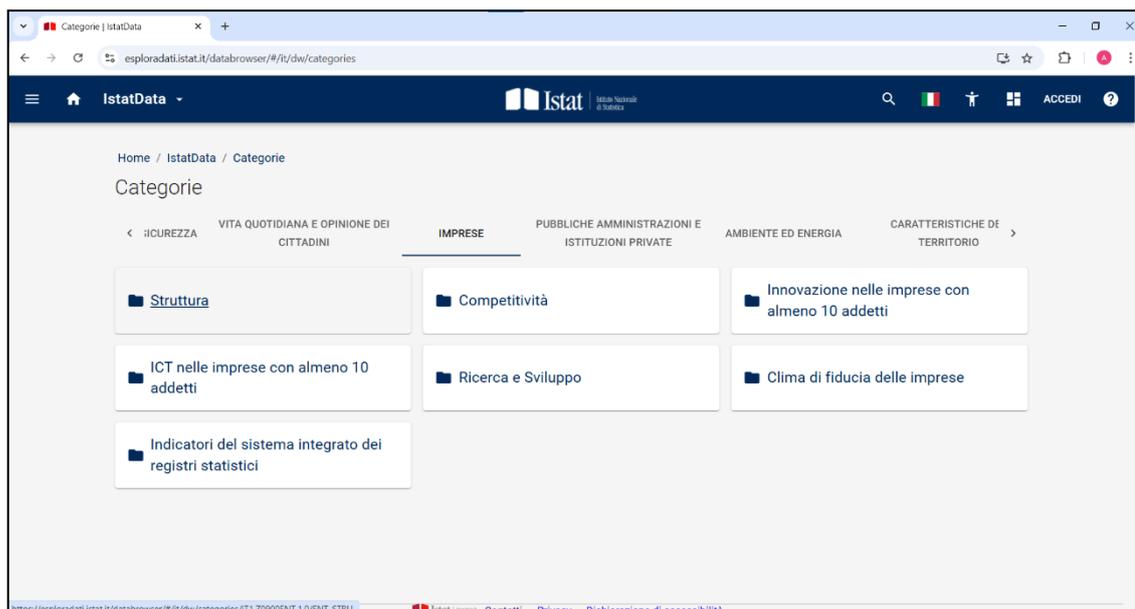


Figura 13 – Menu categorie IstatData (Fonte: [13])

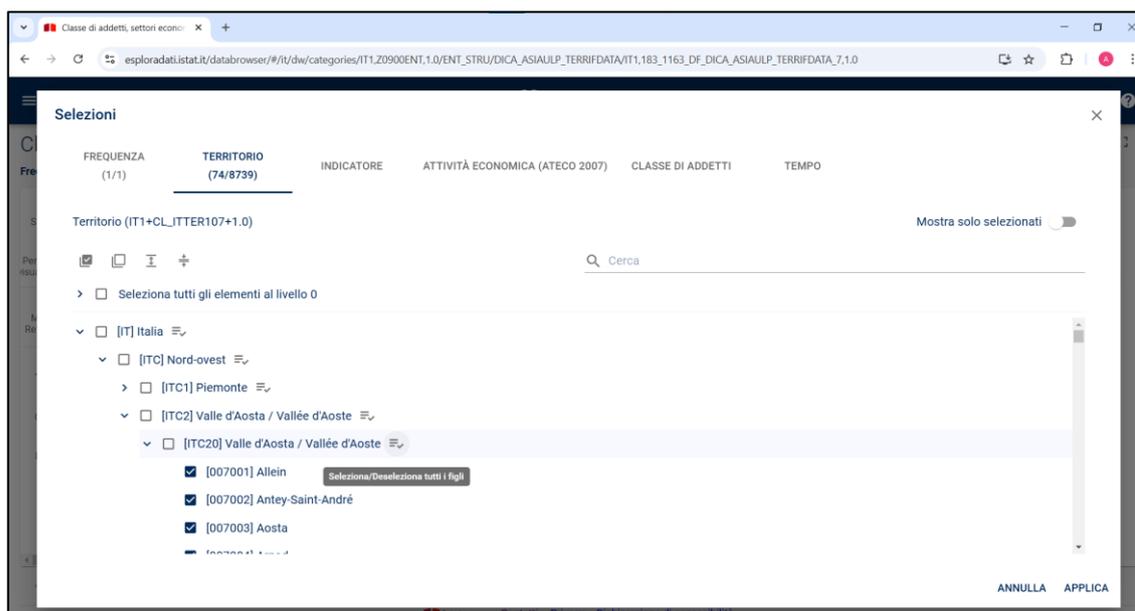


Figura 14 - Selezione attributi per interrogazione banca dati IstatData ([14])

Per quanto riguarda le informazioni relative al censimento della popolazione e delle abitazioni (III.1.2.2), queste sono disponibili in un'altra banca dati, relativa al censimento permanente (Figura 15, [15], cfr. III.1.1). Su questo sito, sono disponibili tutti i dati, e le loro elaborazioni, del censimento Istat, consultabili con le stesse modalità della banca dati IstatData (più sopra). Sono inoltre integrati i dati dei precedenti censimenti, di cui alla sezione III.1.2.2-*Variabili censuarie*.

[13] Da: <https://esploradati.istat.it/databrowser/#/it/dw/categories>, consultato in data 21/11/2024

[14] Da: https://esploradati.istat.it/databrowser/#/it/dw/categories/IT1.Z0900ENT.1.0/ENT_STRU/DICA_ASIAULP_TERRIFDATA/IT1.183_1163_DF_DICA_ASIAULP_TERRIFDATA_7.1.0

[15] Da: <https://esploradati.censimentopopolazione.istat.it/databrowser/#/it>, consultato in data 10/02/2025



Figura 15 - Censimento permanente (Fonte: [16])

Un'ulteriore fonte utile è quella relativa ai microdati sulle condizioni economiche delle famiglie. L'indagine sugli aspetti della vita quotidiana (Figura 16), condotta annualmente su di un campione di 20;000 famiglie e 50;000 individui, permette di ottenere informazioni sulle scelte modali degli intervistati, grazie alle variabili categoriche *Mezzo di trasporto usato per andare a scuola o al lavoro*. Per ciascun anno, è possibile scaricare una cartella compressa contenente i microdati, riportati in un file .txt, e i metadati, vale a dire le informazioni utili e i criteri di lettura dei dati riportati. I microdati sono informazioni riferite alla più piccola unità di campionamento, ovvero individui, famiglie o imprese [17].

[16] Da: <https://esploradati.censimentopopolazione.istat.it/databrowser/#/it>, consultato in data 10/02/2025

[17] Da: <https://www.istat.it/dati/microdati/#:~:text=I%20file%20di%20microdati%20sono,nel%20rispetto%20della%20normativa%20vigente>, consultato in data 10/02/2025



Figura 16 - Indagine multiscopo: aspetti della vita quotidiana (Fonte: [18])

III.2 Dati trasportistici

I dati sulla popolazione possono essere elaborati con diversi strumenti, a seconda del tipo e degli obiettivi di analisi. Per quanto riguarda le informazioni legate al territorio, alle infrastrutture e ai trasporti, quali per esempio, nel caso in esame, le distanze temporali e spaziali tra ogni coppia di comune, si ricorre alle tecniche *GIS*.

Con l'acronimo *GIS*, corrispondente a Sistema di Informazioni Geografiche (in inglese *Geographical Information System*), si intende un sistema di organizzazione di informazioni georeferenziate (di tipo fisico o socio-economico) in formato digitale e provenienti da più fonti ([Amine e Nechniche, 2013:594](#)). In senso stretto, col termine *GIS* si intende il software con cui le informazioni vengono elaborate ([Nechniche e Brahimi, 2000:742](#)), tra cui Qgis (opensource e gratuito) o Arcgis, ma lo si può estendere alla strumentazione (dispositivi informatici), ai dati e alle elaborazioni ([Nechniche e Brahimi, 2000:742](#)).

Qgis è un software gratuito per le elaborazioni geografiche, utilizzato per la presente tesi, attraverso cui si possono visualizzare ed elaborare dati geografici, sulla popolazione, sui trasporti e sul territorio. Qgis è dotato di molteplici funzioni e strumenti accessori, detti *plugin*, che permettono di accedere a dati geografici di altri sviluppatori, primo tra tutti Openstreetmap (OSM). Le informazioni di OSM, non accessibili direttamente dall'interfaccia di Qgis, sono estraibili tramite un altro *plugin*,

[18] Da: <https://www.istat.it/microdati/aspetti-della-vita-quotidiana/>, consultato in data 04/01/2025

III-Dati sperimentali utilizzati

QuickOSM, che integra nel software le funzioni dell'apposito sito Overpass Turbo (Figura 17). Il vantaggio dell'utilizzo di QuickOSM è dato dall'inserimento diretto nella query della chiave, dei valori e della selezione dell'estensione geografica delle informazioni (Figura 18), senza dover adattare lo script (Figura 17).

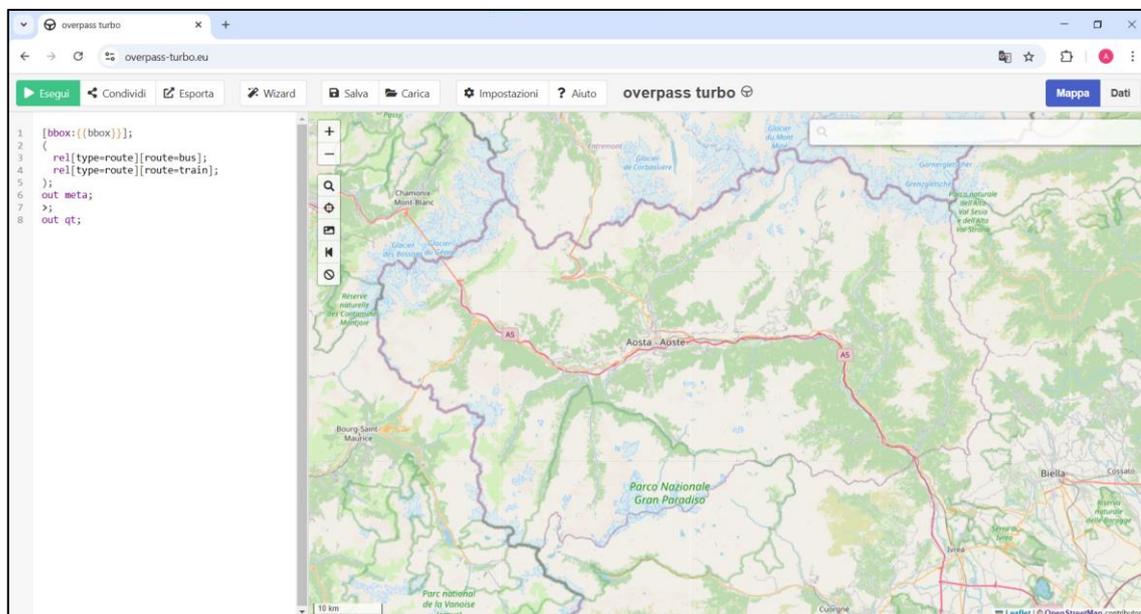


Figura 17 – Sito Overpass Turbo (Fonte: [19])

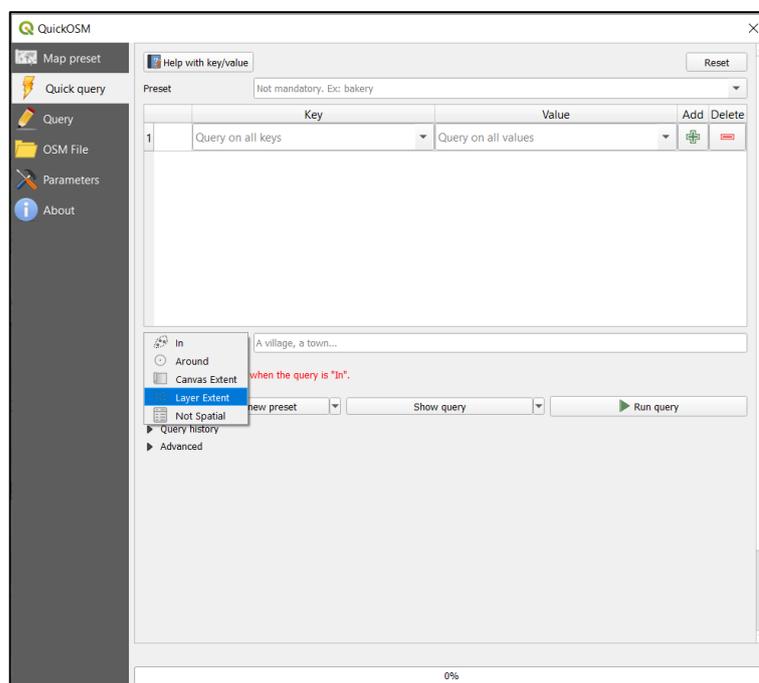


Figura 18 – Finestra QuickOSM (Qgis)

I dati trasportistici di interesse per la valutazione delle distanze temporali, e quindi per la creazione di una matrice dei costi (cfr. II.1.2.2, III.2 e III.3.2), si ottengono

[19] Da: <https://overpass-turbo.eu/>, consultato in data 22/12/2024

III-Dati sperimentali utilizzati

interrogando specifici dataset, i cui elementi sono perlopiù raccolti tramite la tecnica *crowdsourcing*, ovvero attraverso l'elaborazione e la conservazione di dati forniti quotidianamente da volontari, in forma anonima e aggregata, con la finalità di permettere la consultazione delle opzioni di mobilità in tempo reale [20]. A seconda del modo di trasporto, sono diverse le informazioni necessarie e gli strumenti per ottenerle.

Per quanto riguarda le distanze temporali in auto, Qgis mette a disposizione il *plugin* ORS Tools, attraverso cui si implementano le funzionalità del sito Openrouteservice (Figura 19). Tra i servizi che offre, quello di maggior interesse per gli scopi di questa tesi è *Time-Distance Matrix*, attraverso cui si ottengono le distanze, temporali o spaziali, tra due insiemi di località (origini e destinazioni), disponibili proprio grazie alla raccolta *crowdsourcing* succitata [21]. L'interrogazione del plugin può essere effettuata specificando il modo di trasporto (a eccezione del trasporto pubblico) e personalizzando il percorso imponendo vincoli su determinati tipi di strade o percorsi (Figura 20).

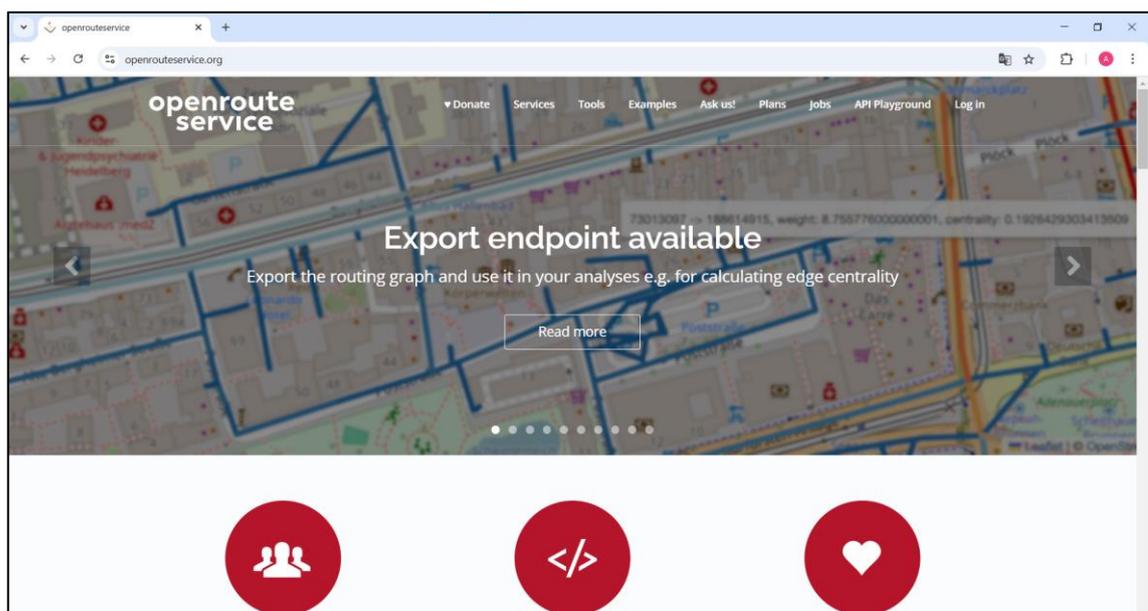


Figura 19 – Sito Openrouteservice (Fonte: [22])

Per quanto riguarda il trasporto pubblico, le informazioni di interesse sono consultabili sulle apposite piattaforme, tra cui Google Maps e Moovit. Queste piattaforme raccolgono informazioni ufficiali dalle amministrazioni locali e dagli operatori di trasporto pubblico [23], in maniera attiva o passiva (vale a dire richiedendo attivamente i dati alle compagnie di trasporto o raccogliendo le comunicazioni volontarie delle

[20] Da: <https://moovit.com/it/on-demand/on-demand-glossary/>, consultato in data 06/02/2025

[21] Da: <https://openrouteservice.org/services/>, consultato in data 06/02/2025

[22] Da: <https://openrouteservice.org/>, consultato in data 06/02/2025

[23] Da: <https://moovit.com/it/about-us-it/>, consultato in data 06/02/2025

compagnie di trasporto stesse, come Google [24] o di privati cittadini). Queste informazioni, che consistono in dati su tragitti, fermate, orari delle linee e modifiche di percorso, sono raccolte in file **GTFS**, acronimo corrispondente a **General Transit Feed Specification**. Questo formato permette di trasformare i dati delle aziende di trasporto in informazioni digitali accessibili sulle principali piattaforme come, a esempio, Google Maps e Moovit.

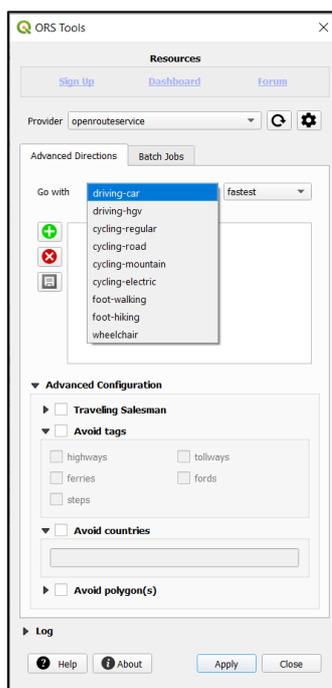


Figura 20 – Finestra ORS Tools (Qgis)

III.3 Descrizione del procedimento adottato

Nelle seguenti sezioni viene descritta la metodologia seguita per la raccolta e l'organizzazione dei dati propedeutici al calcolo delle misure di accessibilità. In particolare, nella sezione III.3.1 vengono forniti dettagli sulla scelta dell'area di studio sulla base dei dati disponibili e sull'uso, applicato al caso in esame, degli strumenti GIS, di cui al III.2, al termine del quale sono stati ottenuti i dati territoriali. Nella sezione III.3.2 vengono invece descritte le procedure per l'ottenimento dei dati sulla popolazione, e sul mercato del lavoro, i quali costituiscono la componente di uso del territorio descritta nel paragrafo II.1.2.2. Infine, nella sezione III.3.3 si riportano i dati, insieme ai metodi per ottenerli e alle relative problematiche, sulle distanze temporali tra ogni coppia di comune, per i modi di **trasporto auto** e altro modo (che include **trasporto pubblico** e **camminata**).

[24] Da: <https://developers.google.com/transit/gtfs?hl=it>, consultato in data 06/02/2025

III.3.1 Definizione dell'area di studio

L'area di studio in esame è la Regione Autonoma della Valle d'Aosta e le zone prese in considerazione coincidono con i suoi 74 comuni. Per motivi di reperibilità di dati, non sono state considerate le zone esterne. Nello specifico, non sono state prese in considerazione le limitrofe regioni francesi, su cui non sono disponibili dati, né i cantoni svizzeri, per i quali i dati sono parziali e di difficile ricostruzione [25]. Analogamente, anche i comuni italiani al di fuori della Regione sono stati esclusi dallo studio, poiché gran parte delle residenze e dei luoghi di lavoro risultano essere a una distanza tale da supporre un diverso domicilio, a maggior ragione per i comuni delle province limitrofe alla regione, per le quali stabilire entro quale distanza si sarebbe potuto intraprendere pendolarismo sarebbe stato oltremodo complicato.

Gli enti territoriali sono stati definiti sulla carta di Qgis (cfr. III.2) attraverso lo strumento QuickOSM (cfr. III.2). In particolare, alla chiave "admin_level" è stato dapprima abbinato il valore "4" per ottenere le regioni all'interno della finestra di visualizzazione (Figura 21), quindi è stato ripetuto il procedimento cercando "admin_level" e "8", questa volta imponendo la ricerca all'interno della regione precedentemente ottenuta. Al termine, il layer ottenuto è stato salvato come **Admin_level_8**.

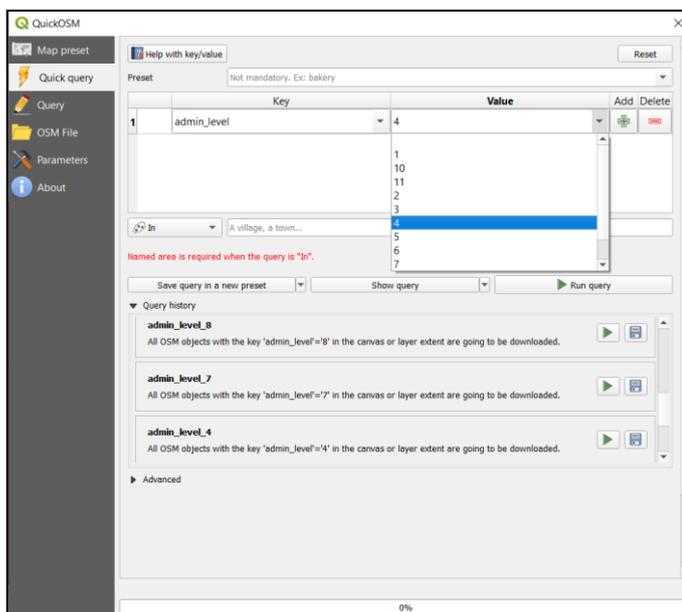


Figura 21 - Selezione livelli confini amministrativi

[25] Da: https://www.consiglio.vda.it/app/oggettidelconsiglio/dettaglio?pk_documento=46866&versione=R, consultato in data 11/01/2025

III-Dati sperimentali utilizzati

III.3.1.1 Georeferenziazione

Con l'obiettivo di ottenere dati su distanze spaziali e temporali, utili per la presente analisi, si è resa necessaria la georeferenziazione dei dati sulla popolazione e sulle attività lavorative. È stato quindi applicato lo strumento *Centroids*, del menu *Geometry tools* (Figura 22 e Figura 23), al layer **Admin_level_8** (cfr. sezione III.3.1), in modo da associare a ogni zona una coppia di coordinate.

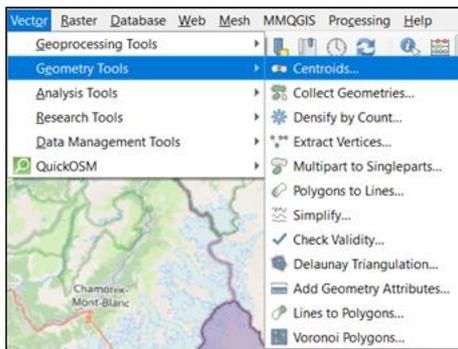


Figura 22 - Selezione Centroids

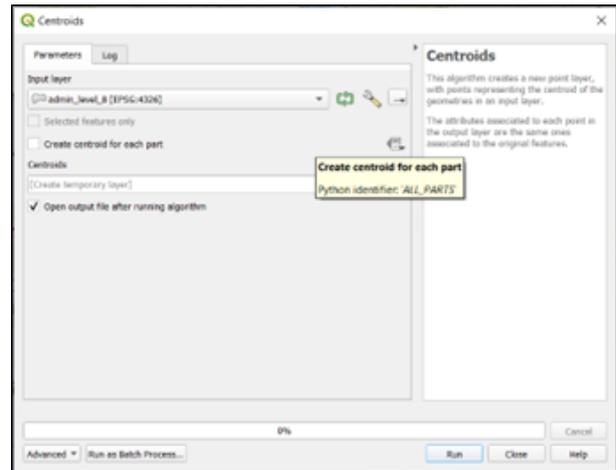


Figura 23 - Applicazione *Centroids* al layer delle sezioni

Successivamente, la posizione dei punti ottenuti è stata adattata manualmente in corrispondenza delle principali piazze o nei capoluoghi (Figura 24).

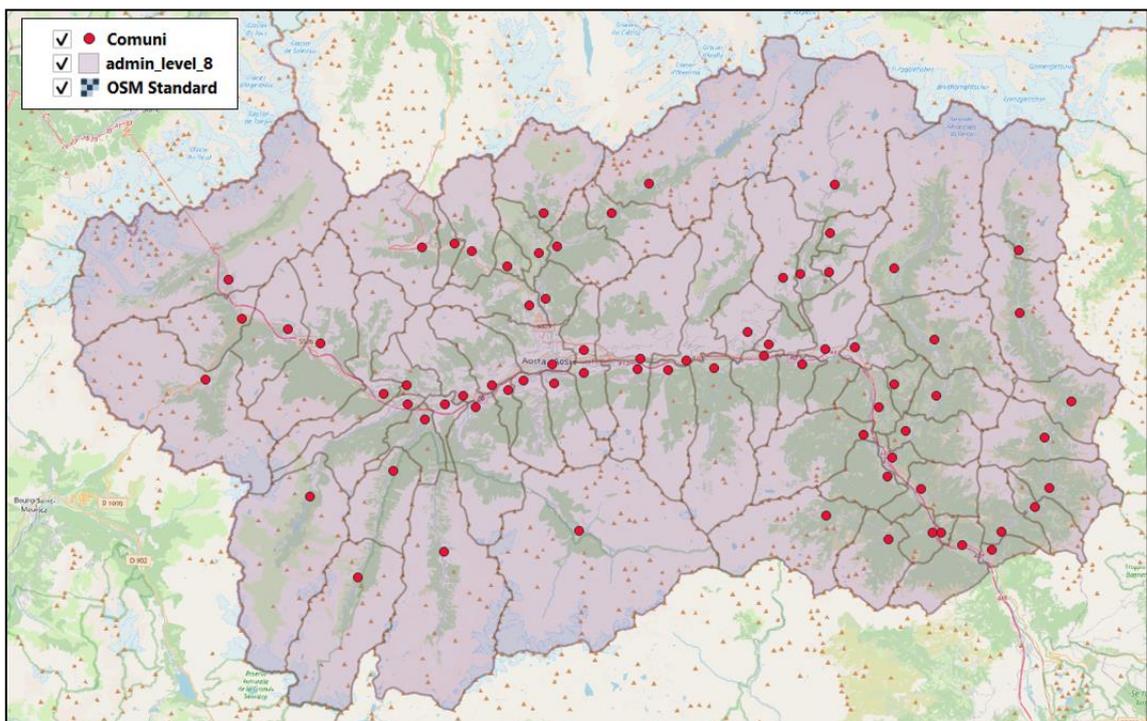


Figura 24 - Area di studio e zone

III-Dati sperimentali utilizzati

III.3.2 Dati statistici per le componenti di uso del territorio

Successivamente alla definizione delle zone, all'ottenimento delle coordinate dei punti rappresentativi di ciascuna zona e alla raffigurazione degli stessi, è stata assemblata la matrice di pendolarismo [26], utile ai fini dell'analisi dell'accessibilità.

Inizialmente, sulla base delle disponibilità descritte nelle sezioni III.1.2.1, III.1.2.2 e 39III.1.3, la ricerca era stata pensata per essere riferita all'anno 2021. Tuttavia, diverse problematiche legate ai dati sono state riscontrate.

Il primo problema è emerso durante l'interrogazione della banca dati IstatData, contestualmente alla ricerca del numero di occupati per ogni comune che avrebbe dovuto essere utilizzato come vettore delle attrazioni (cfr. II.2.2.2) e, dunque, come totale per righe della matrice P/A. In particolare, è stato impostato, quale indicatore, la voce *Numero di addetti*, per ogni attività economica di ogni Comune e di tutte le classi di addetti (Figura 25). Il numero dei totali però, che rappresentano i valori medi annui, era tale da ottenere delle attrazioni, per ogni zona, troppo diverse rispetto alle produzioni, con una differenza sui totali complessivi della matrice di oltre il 30%. Questa differenza, supportata dai numeri riportati per l'anno successivo (Figura 26), è stata interpretata come conseguenza delle misure restrittive, ancora in essere quell'anno, dovute alla pandemia da Covid-19.

Classe di addetti, settori economici (Ateco 2 cifre) - com.
Frequenza: Annuale, Indicatore: Numero addetti delle unità locali delle imprese attive (valori medi annui), Tempo: 2021

Classe di addetti	0-9	10-49	50-249	250 e più	Totale
Territorio					
Allein					
TOTALE	10,15	..	..	..	10,15
Costruzioni	1	..	..	..	1
Attività dei servizi di alloggio e di ristorazione	5,15	..	..	..	5,15
Attività finanziarie e assicurative	1	..	..	..	1
Attività immobiliari	1	..	..	..	1
Istruzione	1	..	..	..	1
Altre attività di servizi	1	..	..	..	1
Antey-Saint-André					
TOTALE	145,88	13,78	..	..	159,66
Attività manifatturiere	10,06	..	..	..	10,06
Costruzioni	8	..	..	..	8
Commercio all'ingrosso e al dettaglio, riparazione di autoveicoli e motocicli	21,59	..	..	..	21,59
Trasporto e magazzino	5,83	..	..	..	5,83
Attività dei servizi di alloggio e di ristorazione	70,37	13,78	..	..	84,15
Attività immobiliari	6	..	..	..	6
Attività professionali, scientifiche e tecniche	2	..	..	..	2

Figura 25 - Interrogazione IstatData numero addetti 2021 (Fonte: [27])

[26] Da: <https://www.istat.it/non-categorizzato/matrici-di-contiguita-distanza-e-pendolarismo/>, consultato in data 22/12/2024

III-Dati sperimentali utilizzati

Classe di addetti, settori economici (Ateco 2 cifre) - com.

Frequenza: Annuale, Indicatore: Numero addetti delle unità locali delle imprese attive (valori medi annui), Tempo: 2022

Classe di addetti	0-9	10-49	50-249	250 e più	Totale
Allein					
TOTALE	13,06	20,12	..	..	33,18
Costruzioni	1	..	..	..	1
Trasporto e magazzino	..	20,12	..	..	20,12
Attività dei servizi di alloggio e di ristorazione	6,08	..	..	..	6,08
Servizi di informazione e comunicazione	1,98	..	..	..	1,98
Attività immobiliari	1	..	..	..	1
Istruzione	2	..	..	..	2
Altre attività di servizi	1	..	..	..	1
Antey-Saint-André					
TOTALE	149,87	17,9	..	..	167,77
Attività manifatturiere	9,93	..	..	..	9,93
Costruzioni	8,84	..	..	..	8,84
Commercio all'ingrosso e al dettaglio, riparazione di autoveicoli e motocicli	19,89	..	..	..	19,89
Trasporto e magazzino	5	..	..	..	5
Attività dei servizi di alloggio e di ristorazione	82,14	17,9	..	..	100,04
Attività immobiliari	6	..	..	..	6

Figura 26 - Interrogazione IstatData numero addetti 2022 (Fonte: [28])

Inoltre, i microdati disponibili, di cui in Figura 16, permettono di stabilire, per qualsiasi anno, solo se l'intervistato, qualora fosse in età lavorativa e occupato, abbia il proprio impiego nello stesso comune o al di fuori. Pertanto, si è resa necessaria una richiesta al Contact Centre dell'Istat (Figura 27), a seguito della quale è stata fornita un'elaborazione specifica, risultato dell'integrazione dei dati del censimento permanente della popolazione con i segnali amministrativi (cfr. III.1.1) sulle persone residenti presso un comune e presenti stabilmente presso un altro per motivi di lavoro, riferita all'anno 2022.

[27] Da: https://esploradati.istat.it/databrowser/#/it/dw/categories/IT1,Z0900ENT,1.0/ENT_STRU/DICA_ASIAULP_TERRIFDATA/IT1,183_1163_DF_DICA_ASIAULP_TERRIFDATA_7,1,0, consultato in data 22/12/2024

[28] Da: <https://contact.istat.it/s/?language=it>, consultato in data 07/01/2025

III-Dati sperimentali utilizzati

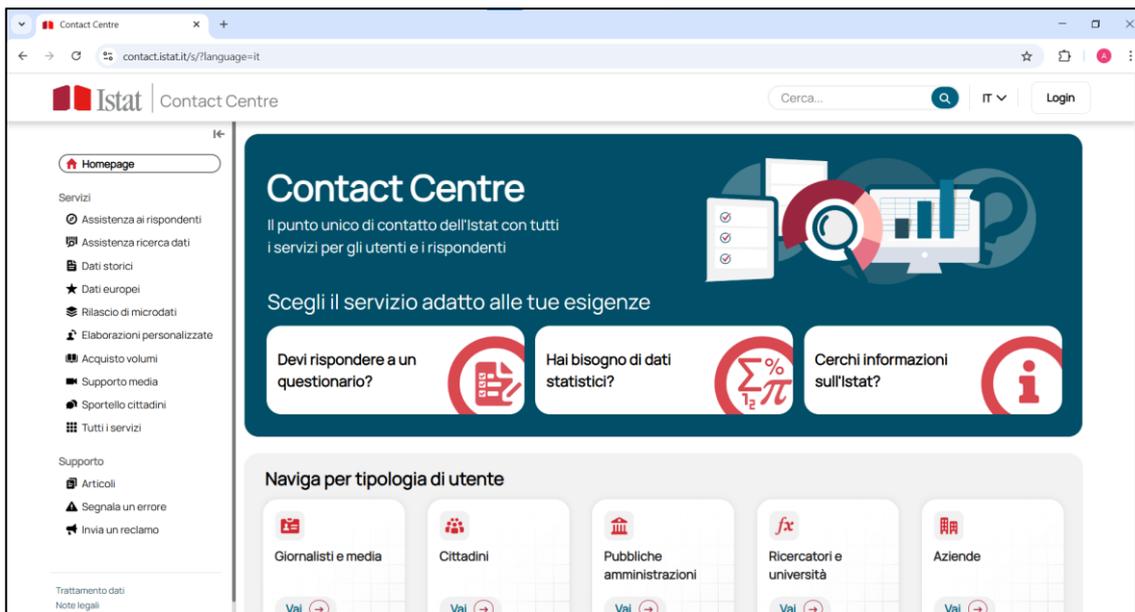


Figura 27 – Contact Centre Istat (Fonte: [28])

Il set di dati fornito su richiesta (Figura 28) descrive il numero di persone in mobilità tra ciascuna coppia di comuni, ovvero con aggregazione a livello comunale e non di nucleo familiare o di persona. Di conseguenza, non vi sono dettagli in merito alla condizione professionale, al reddito o alla classe ATECO.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
1	RES_LAV	REG_RES	DESC_REG_F	PROCOM_RI	DESC_PROCI	REG_LAV	DESC_REG_L	PROCOM_DESC	PRC_N_OCC												
2	1001 - 1001	1	Piemonte	1001	Agliè	1	Piemonte	1001	Agliè	481											
3	1001 - 1015	1	Piemonte	1001	Agliè	1	Piemonte	1015	Bairo	21											
4	1001 - 1017	1	Piemonte	1001	Agliè	1	Piemonte	1017	Baldissero	5											
5	1001 - 1020	1	Piemonte	1001	Agliè	1	Piemonte	1020	Banchette	2											
6	1001 - 1023	1	Piemonte	1001	Agliè	1	Piemonte	1023	Barone Ca	1											
7	1001 - 1027	1	Piemonte	1001	Agliè	1	Piemonte	1027	Bollengo	1											
8	1001 - 1028	1	Piemonte	1001	Agliè	1	Piemonte	1028	Borgaro Tr	3											
9	1001 - 1030	1	Piemonte	1001	Agliè	1	Piemonte	1030	Borghofran	3											
10	1001 - 1033	1	Piemonte	1001	Agliè	1	Piemonte	1033	Bosconerc	11											
11	1001 - 1034	1	Piemonte	1001	Agliè	1	Piemonte	1034	Brandizzo	1											
12	1001 - 1042	1	Piemonte	1001	Agliè	1	Piemonte	1042	Burolo	1											
13	1001 - 1043	1	Piemonte	1001	Agliè	1	Piemonte	1043	Busano	13											
14	1001 - 1045	1	Piemonte	1001	Agliè	1	Piemonte	1045	Buttigliera	1											
15	1001 - 1047	1	Piemonte	1001	Agliè	1	Piemonte	1047	Caluso	12											
16	1001 - 1050	1	Piemonte	1001	Agliè	1	Piemonte	1050	Candia Cai	1											
17	1001 - 1052	1	Piemonte	1001	Agliè	1	Piemonte	1052	Canischio	2											
18	1001 - 1066	1	Piemonte	1001	Agliè	1	Piemonte	1066	Castellana	33											
19	1001 - 1067	1	Piemonte	1001	Agliè	1	Piemonte	1067	Castelnuov	1											
20	1001 - 1068	1	Piemonte	1001	Agliè	1	Piemonte	1068	Castiglione	1											
21	1001 - 1082	1	Piemonte	1001	Agliè	1	Piemonte	1082	Chivasso	4											
22	1001 - 1090	1	Piemonte	1001	Agliè	1	Piemonte	1090	Collegno	1											
23	1001 - 1091	1	Piemonte	1001	Agliè	1	Piemonte	1091	Colleretto	1											
24	1001 - 1092	1	Piemonte	1001	Agliè	1	Piemonte	1092	Colleretto	6											
25	1001 - 1096	1	Piemonte	1001	Agliè	1	Piemonte	1096	Cucceglio	16											
26	1001 - 1098	1	Piemonte	1001	Agliè	1	Piemonte	1098	Cuogno	16											
27	1001 - 1101	1	Piemonte	1001	Agliè	1	Piemonte	1101	Favria	9											
28	1001 - 1102	1	Piemonte	1001	Agliè	1	Piemonte	1102	Felitto	5											

Figura 28 – Set di dati fornito: residenti presso un comune e presenti stabilmente presso un altro per motivi di lavoro, anno 2022

Di questi, sono stati selezionati solo quelli contemporaneamente provenienti e diretti in Valle d’Aosta, filtrando le colonne DESC_REG_RES e DES_REG_LAV contenenti Valle d’Aosta/Vallée d’Aoste. Questi, sono stati organizzati in una tabella pivot, in cui in corrispondenza delle righe sono stati posti i valori DESC_COM_RES, in corrispondenza delle colonne DESC_COM_LAV, quindi come valori la somma di N_OCC. In questo modo è stata ottenuta una riorganizzazione in forma tabellare dei dati numerici riportati sul quantitativo di persone residenti e impiegati nei vari comuni, che nel corso dell’analisi è stata considerata alla pari di una matrice di pendolarismo o dei

III-Dati sperimentali utilizzati

flussi. Inoltre, sono stati calcolati i totali per colonna e per riga della matrice ottenuta, in modo da ottenere, rispettivamente, il vettore della popolazione residente (in età da lavoro e occupata), identificato come $\{P_i\}$, e il vettore degli occupati $\{W_j\}$. La matrice ottenuta, di dimensioni 74x74, risulta schematicamente rappresentabile come nella Figura 29.

	Allein	Antey-St-A.	...	...	Verrès	Villeneuve	$\Sigma_j T_{ij}=P_i$
Allein	39	0	...	...	0	0	87
Antey-St-A.	0	107	...	...	3	0	217
...
...
Verrès	0	3	...	...	513	1	973
Villeneuve	0	0	...	...	0	293	563
$\Sigma_i T_{ij}=W_j$	44	175	...	...	1056	506	50900

Figura 29 – Estratto della matrice di pendolarismo ottenuta

III.3.3 Dati per le componenti di trasporto

III.3.3.1 Matrice dei costi

Dopo aver organizzato la matrice dei flussi e aver ottenuto i vettori della popolazione residente e degli occupati per ogni comune, è stata assemblata la matrice dei costi $[C_{ij}]$, utile al calcolo delle misure di accessibilità. Ogni elemento della matrice deve essere calcolato secondo l'Equazione (18) e per ogni modo di trasporto deve essere stimata una specifica matrice dei costi. Per poter ottenere il fattore di conversione tempo-denaro (cfr. II.3), di solito basato sul valore del tempo, è stata effettuata una seconda interrogazione della banca dati IstatData, consistita nella ricerca dei dati sulla retribuzione oraria lorda. In Figura 30 si riporta la schermata dell'interrogazione del dataset sugli attributi disponibili più adatti allo scopo, collocati nella categoria *Lavoro e retribuzioni*.

III-Dati sperimentali utilizzati

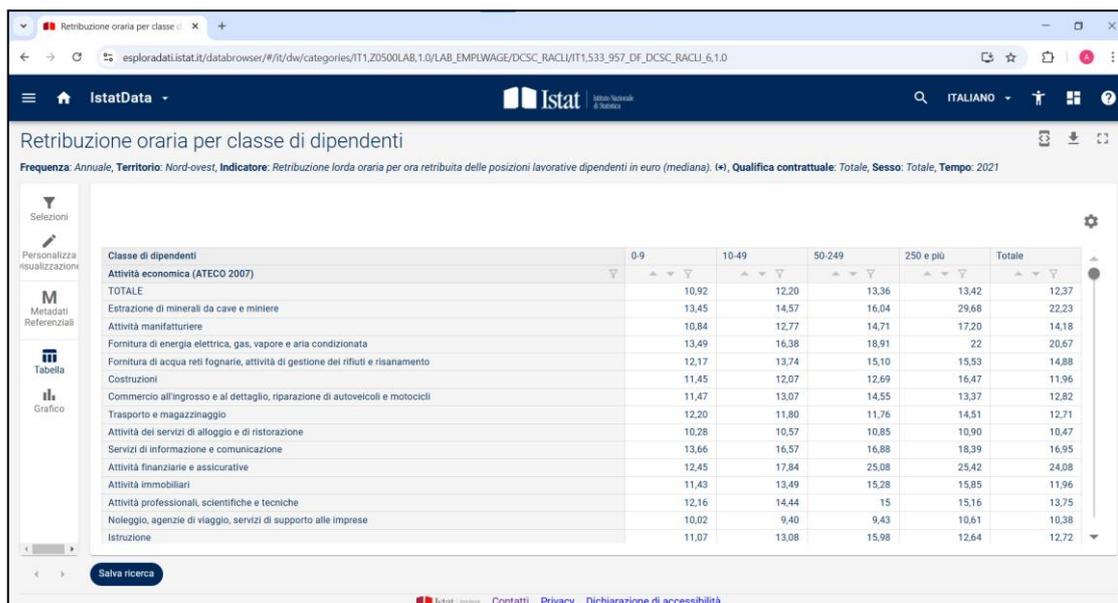


Figura 30 - Retribuzioni orarie lorde nel 2021 per divisione ATECO (Fonte: [29])

I dati a disposizione, però, sono disponibili solo con riferimento entro il 2021 e a un livello di aggregazione non comunale, ma di area geografica (ovvero Nord-Ovest, Nord-Est etc.). In questo caso, l'area geografica di interesse sarebbe il Nord-Ovest, comprensivo delle regioni Valle d'Aosta, Piemonte, Liguria e Lombardia.

Pur accettando l'approssimazione sull'area geografica o ammettendo una differenza minima tra le retribuzioni lorde del 2021 e del 2022, l'attribuzione di un fattore di conversione tempo-denaro a ogni comune sarebbe stato di difficile interpretazione: si sarebbero dovuti mediare i costi sul numero medio di dipendenti (uniche cifre a disposizione, cfr. III.1.3 e Figura 25) per le varie classi di addetti di ogni tipo di attività economica, intendendo quindi che ogni comune mediamente retribuirebbe *tot Euro* lordi l'ora. Per evitare questo problema, è stata presa in considerazione l'idea di imporre direttamente, come fattore di conversione, il valore "generale", corrispondente alla cella TOTALE-Totale (Figura 30). Il valore così estrapolato, pari a 12.37 €/h, è stato associato al parametro a_1 dell'Equazione (18). Però, poiché il fattore di conversione tempo-denaro risulta essere unico per tutte le zone, questo non influisce sulla stima della funzione d'impedenza. La matrice dei costi $[C_{ij}]$ presa in considerazione nella presente elaborazione coincide con la matrice dei tempi di spostamento, espressa in minuti. In definitiva:

$$C_{ij} = t_{ij}^v \quad (19)$$

[29] Da https://esploradati.istat.it/databrowser/#/it/dw/categories/IT1,Z0500LAB,1.0/LAB_EMPLWAGE/DCSC_RACLI/IT1,533_957_DF_DCSC_RACLI_6,1.0, consultato in data 04/12/2024

III.3.3.2 Matrice dei tempi

La variabile t_{ij}^v della stessa Equazione (19), corrispondente ai tempi di spostamento da i a j , è stata ottenuta con metodi diversi a seconda del modo di trasporto.

Spostamenti in auto

Per quanto riguarda gli **spostamenti in auto**, i tempi sono stati ricavati tramite il plug-in ORS Tools, che implementa in Qgis le funzionalità del servizio *openrouteservice* (Figura 31).

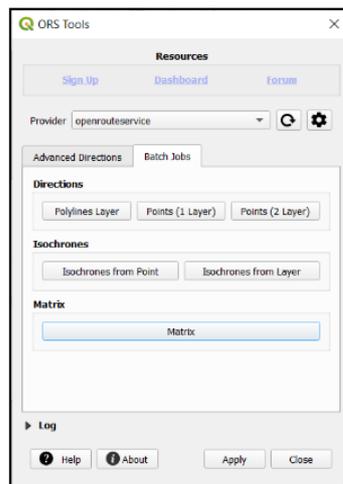


Figura 31 - Finestra ORS Tools (Qgis)

In Figura 32 si illustra l'applicazione del plug-in, attraverso cui sono state ottenute, le distanze temporali in ore. Queste sono state organizzate in una matrice in Excel, la quale è risultata asimmetrica e con diagonale nulla. Le differenze tra andata e ritorno, minime e dovute presumibilmente a scarti sulle stime, sono state corrette mediando ogni coppia di valori t_{ij}^v e t_{ji}^v .

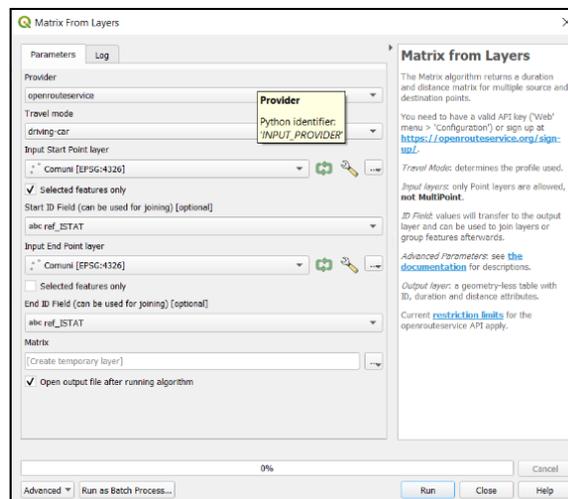


Figura 32 - Applicazione Matrix di ORS Tools (Qgis)

III-Dati sperimentali utilizzati

Per gli spostamenti intrazonali è stata considerata l'equazione proposta da Delice et Al. (2019) (cfr. II.3.1) relativa a tutti i modi di spostamento. Gli elementi della matrice $[C_{ij}]$ così ottenuta esprimono i tempi di spostamento in ore: sono stati convertiti in minuti, per facilità di interpretazione durante i calcoli.

Altri modi di trasporto

Per quanto riguarda gli altri modi di trasporto, la ricerca e l'organizzazione dei dati è stata più complessa. Alcuni dei file GTFS (cfr. III.2) di due delle tre compagnie di trasporto pubblico su strada operanti in Valle d'Aosta, ossia S.V.A.P. e V.I.T.A., non sembrano consultabili tramite Google, ma solo tramite Moovit (cfr. III.2), mentre i servizi di Arriva Italia in genere sono accessibili (quasi del tutto) da entrambe le fonti. La banca dati di Moovit non è però accessibile attraverso nessun plugin di Qgis. Di conseguenza, sono stati ricercati sull'app Moovit e registrati manualmente su Excel, al netto degli spostamenti intrazonali, 5;402 valori di spostamento. Inoltre, la ricerca ha comunque richiesto diverse integrazioni. Alcune tratte non erano consultabili neanche tramite Moovit (Figura 33), motivo per cui sono stati consultati gli orari disponibili online (Figura 34) e presi in considerazione le distanze temporali con la prima località di cui si hanno dati.

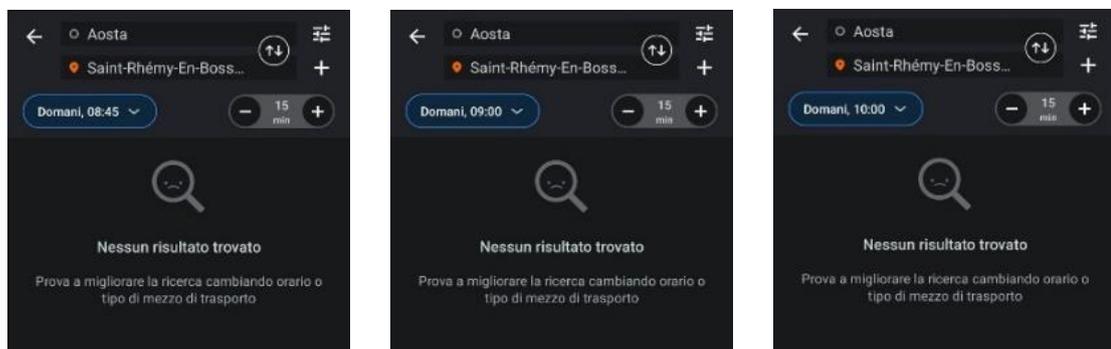


Figura 33 - Irreperibilità dati su Moovit

III-Dati sperimentali utilizzati

Linea Aosta/Saint-Rhémy-En-Bosses ANDATA		ORARIO IN VIGORE dal 30 Settembre 2024													
Aosta/Saint-Rhémy-En-Bosses															
Stagionalità corsa	FER	FER	SCO	FER	FER	SCO	SCO	FER	FER	FER	FER	FEST	FEST	FEST	FEST
Giorni di effettuazione	123456	123456	6	123456	123456	2345	1	123456	123456			78	78	78	78
NOTE:	C										E				
Aosta - Autostazione	8:00	11:00	11:35	13:35	14:05	14:05	16:00	16:30	17:30			8:00	10:15	14:05	16:30
Aosta - V.le Partigiani	8:03	11:03	11:38	13:38	14:08	14:08	16:03	16:33	17:33			8:03	10:18	14:08	16:33
Aosta - Viale Ginevra Osp. Reg.	8:06	11:06	11:41	13:41	14:11	14:11	16:06	16:36	17:36			8:06	10:21	14:11	16:36
Aosta - Via G.S. Bernardo - Ang. V. Betulle	8:08	11:08	11:43	13:43	14:13	14:13	16:08	16:38	17:38			8:08	10:23	14:13	16:38
Aosta - Signayes	8:11	11:11	11:46	13:46	14:16	14:16	16:11	16:41	17:41			8:11	10:26	14:16	16:41
Aosta - Ossan	8:12	11:12	11:47	13:47	14:17	14:17	16:12	16:42	17:42			8:12	10:27	14:17	16:42
Gignod - Variney Bivio	8:13	11:13	11:48	13:48	14:18	14:18	16:13	16:43	17:43			8:13	10:28	14:18	16:43
Gignod - Variney Scuole	I	I	11:51	I	I	14:21	16:16	I	I			I	I	I	I
Gignod - Arliod Valcartey Dir. Nord	8:16	11:16	11:55	13:51	14:21	14:25	16:20	16:46	17:46			8:16	10:31	14:21	16:46
Gignod - Plan Chambave	8:17	11:17	11:56	13:52	14:22	14:26	16:21	16:47	17:47			8:17	10:32	14:22	16:47
Gignod - Chambavaz	8:18	11:18	11:57	13:53	14:23	14:27	16:22	16:48	17:48			8:18	10:33	14:23	16:48
Gignod - Cré	8:19	11:19	11:58	13:54	14:24	14:28	16:23	16:49	17:49			8:19	10:34	14:24	16:49
Gignod - Capoluogo	8:21	11:21	12:00	13:56	14:26	14:30	16:25	16:51	17:51			8:21	10:36	14:26	16:51
Gignod - Bivio Planet	8:22	11:22	12:01	13:57	14:27	14:31	16:26	16:52	17:52			8:22	10:37	14:27	16:52
Gignod - Condemine	8:25	11:25	12:04	14:00	14:30	14:34	16:29	16:55	17:55			8:25	10:40	14:30	16:55
Gignod - La Clusaz	8:27	11:27	12:06	14:02	14:32	14:36	16:31	16:57	17:57			8:27	10:42	14:32	16:57
Etroubles - Chez Les Blancs	8:28	11:28	12:07	14:03	14:33	14:37	16:32	16:58	17:58			8:28	10:43	14:33	16:58
Etroubles - Echevennoz	8:29	11:29	12:08	14:04	14:34	14:38	16:33	16:59	17:59			8:29	10:44	14:34	16:59
Etroubles - Croix Blanche	8:31	11:31	12:10	14:06	14:36	14:40	16:35	17:01	18:01			8:31	10:46	14:36	17:01
Etroubles - Capoluogo	8:32	11:32	12:11	14:07	14:37	14:41	16:36	17:02	18:02			8:32	10:47	14:37	17:02
Saint-Oyen - Capoluogo	8:35	11:35	12:14	14:10	14:40	14:44	16:39	17:05	18:05			8:35	10:50	14:40	17:05
Saint-Rhémy-En-Bosses - Bivio Cerisey	8:38	11:38	12:17	14:13	14:43	14:47	16:42	17:08	18:08			8:38	10:53	14:43	17:08
Saint-Rhémy-En-Bosses - Bosses Bivio	8:39	11:39	12:18	14:14	14:44	14:48	16:43	17:09	18:09			8:39	10:54	14:44	17:09
Saint-Rhémy-En-Bosses - Bosses Capolinea	8:40	11:40	12:19	14:15	14:45	14:49	16:44	17:10	18:10			8:40	10:55	14:45	17:10

Figura 34 - Tabella orari Aosta-S.Rhémy En Bosses (Fonte:[30])

Poiché l'applicazione Moovit è concepita per la pianificazione degli spostamenti, gli orari ricavati sono riferiti all'anno corrente e non al 2022; tale differenza è stata ritenuta comunque accettabile, ipotizzando che ragionevolmente non vi siano differenze importanti, da un anno all'altro, nei tempi di spostamento tra le varie località.

Prendendo in considerazione le località sopra esposte, i comuni della valle del Gran San Bernardo risultano, su Moovit, non serviti o serviti solo in alcune fasce orarie. In questo caso, la prima località di cui sono disponibili dati è il comune di Gignod. Pertanto, considerando a esempio gli spostamenti attratti da queste località, ai tempi di raggiungimento del comune di Gignod (Gignod Capoluogo) è stata aggiunta la distanza temporale con il comune di Etroubles (Etroubles Capoluogo) per ottenere i tempi di arrivo dalle zone di produzione alla zona di attrazione Etroubles, ai quali è stata aggiunta la distanza temporale con il comune di Saint-Oyen per ottenere i tempi di arrivo a Saint-Oyen e così via. Il procedimento è stato ripetuto per il percorso inverso.

La matrice così ottenuta combina i tempi di spostamento tramite trasporto pubblico e i tempi di spostamento a piedi, in considerazione del fatto che da diverse località si accede al trasporto pubblico da comuni limitrofi in alcune fasce orarie o sempre (Figura 36 e Figura 39). Nel caso del comune di La Magdeleine, non raggiunta da alcun servizio [31] (Figura 35 e Figura 36), è stato ripetuto il procedimento descritto per le linee

[30] Da <https://arriva.it/app/uploads/sites/3/2022/06/000422-Aosta-Saint-Rhemy-En-Bosses.pdf>, consultato in data 07/02/2025

[31] Da: <https://www.lovevda.it/it/banca-dati/3/localita/valle-d-aosta/la-magdeleine/398>, consultato in data 07/02/2025

III-Dati sperimentali utilizzati

mancanti, ma in questo caso è stato aggiunto il tempo di spostamento a piedi dal comune limitrofo di Antey-Saint-André.

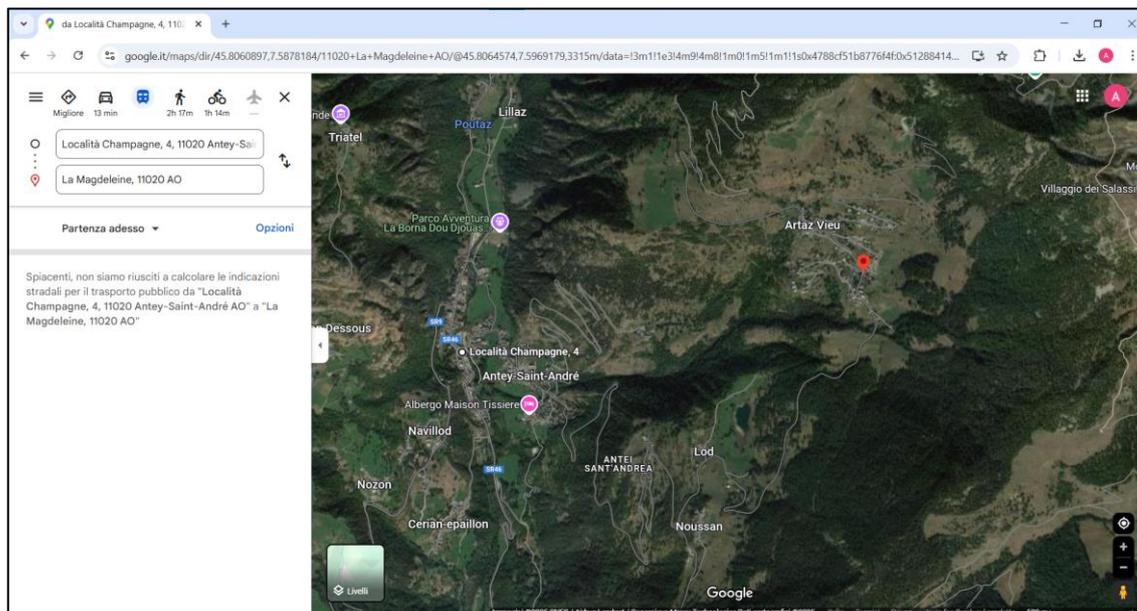


Figura 35 – Mancanza di accesso al trasporto pubblico dal comune di La Magdeleine (Google Maps)

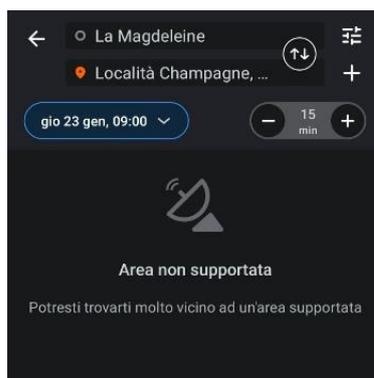


Figura 36 - Mancanza di accesso al trasporto pubblico dal comune di La Magdeleine (Moovit)

La ricerca è stata effettuata considerando diversi orari di effettuazione dello spostamento. In considerazione dell'argomento oggetto di analisi, ovvero l'accessibilità al lavoro, sono stati osservati i percorsi disponibili in un qualunque giorno tra lunedì e venerdì (feriale), in una finestra temporale di arrivo dalle 7:45 alle 10:00. È stato assegnato loro il valore arbitrario 99;999 a tutti i percorsi che non garantiscono l'arrivo a destinazione entro le ore 10:00, o che prevedono una partenza prima delle 6:00 (Figura 37). In un successivo momento, anche agli spostamenti che risultano più lunghi di 180 minuti, considerati fuori budget, è stato attribuito il valore 99;999. La soglia di 180 minuti, evidentemente alta, è stata scelta per garantire un numero di valori diversi da quello arbitrario sufficiente da permettere la stima del parametro della funzione d'impedenza.

III-Dati sperimentali utilizzati

Laddove l'esito dell'interrogazione fosse un insieme di più percorsi, la scelta è stata orientata al percorso che minimizzi il tempo di camminata, i cambi e i tempi (Figura 38) e, se riscontrabile, che parta dallo stesso comune di origine (Figura 39).

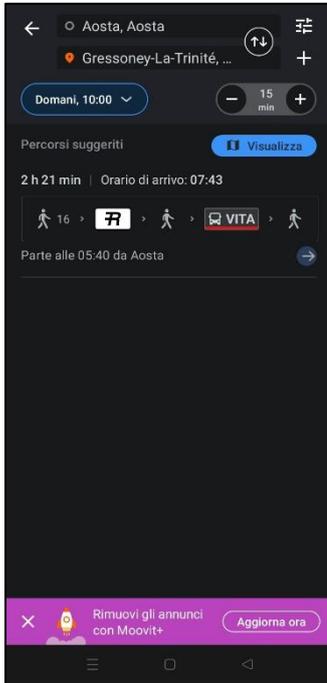


Figura 37 – Esempio di impossibilità di collegamento tra Aosta e Gressoney La Trinité: entro le ore 10:00 non ci sono mezzi che partano dopo le 5:40



Figura 38 – Elenco soluzioni collegamento tra località, con diverso numero di cambi e di spostamenti a piedi



Figura 39 - Accesso al TPL dallo stesso comune (prima e terza opzione) o da un comune limitrofo (seconda opzione)

Per quanto riguarda gli spostamenti intrazonali, è stata scelta l'equazione relativa agli spostamenti a piedi e non quella degli spostamenti con trasporto pubblico (cfr. 0). Questa scelta è dovuta al fatto che molti comuni dispongono di un solo arco (*link*, Figura 5) per il trasporto pubblico, con conseguente stima dei tempi di spostamento intrazonali pari a 27 minuti, valore valutato eccessivamente alto

Il risultato è una matrice con i tempi espressi in minuti con 929 valori su 5;476 al di sopra dei 180 minuti o al di fuori della finestra temporale di spostamento presa in esame.

IV Applicazione delle misure di accessibilità

Si illustrano, di seguito, i passaggi seguiti su Excel per la stima di ciascuna misura. I passaggi riportati sono gli stessi per entrambi i modi di trasporto considerati, auto e modo alternativo. Gli stessi sono esposti attraverso la notazione matriciale dell'algebra. Per ogni misura esposta, sono stati calcolati i valori medi relativi all'intero territorio regionale, per zona e per abitante (cfr. Equazioni (11)), analogamente a quanto svolto da Geurs e Ritsema van Eck ([2001](#)) (cfr. II.1.2.1).

IV.1 Misure *contour*

Per la stima delle misure *contour* sono state create le due matrici $[\delta_{ij}]$ (cfr. Equazione (2)), una per ogni soglia (45 e 60 minuti), per il conteggio delle attività raggiungibili come da II.1.2.1. Ogni cella della matrice di conteggio, infatti, contiene 0 se il rispettivo elemento della matrice delle distanze temporali supera la soglia imposta, mentre contiene 1 se non la supera. Moltiplicando la matrice di conteggio per il vettore dei posti occupati $\{W_j\}$ (o in alternativa delle attività economiche $\{L_j\}$) si ottiene per ogni zona di produzione il numero di posti (attività) raggiungibili entro il tempo stabilito. In Tabella 3 (cfr. V.1) si riportano i risultati, per le due soglie temporali, ottenute mediando sul quantitativo di zone i valori ottenuti per ogni riga. In Tabella 4, invece, sono riportate le medie sul quantitativo di persone occupate, ottenute da una somma di tutte le attività raggiungibili ponderata sul peso di popolazione di ciascuna zona di produzione. Si riportano, di seguito, i passaggi seguiti sul foglio di calcolo, validi per **entrambi i modi di trasporto**:

$$\{A_i\} = [\delta_{ij}] \cdot \{W_j\}^T = \sum_j D_j \delta(C_{ij}) \quad \blacksquare$$

$$\text{con } \delta_{ij} = \delta(C_{ij}) = \begin{cases} 1 & \text{se } C_{ij} \leq \text{soglia} \\ 0 & \text{se } C_{ij} > \text{soglia} \end{cases}$$

$$A = \text{media}(A_i) \qquad A = \sum_{i=1}^m A_i \cdot \frac{P_i}{P_{TOT}}$$

IV.2 Misure basate sulla legge di gravità

Come illustrato nella sezione II.20, si è reso necessario un ulteriore lavoro per la scelta della funzione di impedenza, nonché per la calibrazione del parametro da cui dipende. In accordo con quanto riportato da Hansen ([1959:74](#)), Handy e Niemeier ([1997:1180](#)) e

Geurs e van Wee (2004:133), la funzione d'impedenza scelta è quella esponenziale (cfr. Equazione (12) e II.2.2.1). Per tale ragione, non essendoci necessità di paragonare la somiglianza delle diverse forme funzionali con il comportamento osservato, l'unica analisi svolta ha interessato il parametro beta, con l'obiettivo di individuare il metodo di stima più adatto tra il modello di distribuzione degli spostamenti doppiamente vincolato e il modello *Half-Life* (o della mediana) di Ösht (cfr. II.2.2.3). Il confronto tra i due approcci è stato svolto contestualmente all'applicazione del metodo dei fattori di bilanciamento. Nello specifico, è stato scelto il metodo (e di conseguenza il parametro) che ha permesso di distribuire gli spostamenti T_{ij} in modo più efficiente. Di seguito, vengono illustrati i calcoli svolti per la stima della funzione d'impedenza e per l'applicazione delle varie misure di accessibilità da essa dipendenti.

IV.2.1 Funzione d'impedenza e fattori di bilanciamento

La stima della funzione d'impedenza è stata ripetuta per i due modi di trasporto (cfr. III.3.3), in ragione del fatto che i tempi di spostamento subiscono una sensibile variazione. Di conseguenza, anche il parametro β e i fattori di bilanciamento cambiano. I passaggi seguiti, invece, rimangono invariati. I calcoli sono stati svolti su Excel.

IV.2.1.1 Trasporto in auto

Per il trasporto in auto, un primo tentativo di stima è stato svolto a partire dalle indicazioni di Hansen (1959) (cfr. II.2.1), dove è stato assunto un valore di beta pari a 0.9. È stata calcolata dunque la funzione di costo $F(C_{ij})$, quindi è stata ricavata la distribuzione degli spostamenti T_{ij} . Successivamente, è stato poi applicato il metodo iterativo per l'individuazione dei valori di bilanciamento. Seguendo le indicazioni di Geurs e Ritsema van Eck (2001:57) (cfr. II.1.2.1) all'iterazione 0 è stato posto il termine b_j pari a 1 per tutte le zone ed è stato calcolato il vettore dei fattori $a_i = \frac{1}{\sum b_j \cdot W_j \cdot F(c_{ij})}$, in accordo con le Equazioni (6). Attraverso l'applicazione dell'Equazione (5) è stato calcolato il primo tentativo di distribuzione degli spostamenti $T_{ij} = a_i \cdot b_j \cdot P_i \cdot W_j \cdot F(c_{ij})$. Si riportano i passaggi del foglio di calcolo relativi alla prima iterazione:

$$\left\{ \sum_j W_j \cdot F(c_{ij}) \right\} = [F(c_{ij})] \cdot \{W_j\}^T$$

$$\{a_i\} = \{\sum_j W_j \cdot F(c_{ij})\}^{-1} \text{ e } \{b_j\} = \{1 \dots 1\}$$

$$[T_{ij}]^{(1)} = [\{a_i\} \cdot \{b_j\}] \odot [\{P_i\} \cdot \{W_j\}] \odot [F(c_{ij})]$$

Successivamente, a ogni n-esima iterazione, è stata bilanciata la distribuzione ottenuta $T_{ij}^{(n-1)}$, applicando alternatamente i parametri di bilanciamento $\{B_j\}$ -ponendo quindi il vincolo della distribuzione sulle occupazioni- e $\{A_i\}$ -vincolando la distribuzione sulle residenze. L'effetto del vincolo è che fa ottenere distribuzioni i cui totali per riga o per colonna (a iterazioni alternate) sono uguali ai rispettivi valori target ([Geurs e Ritsema van Eck, 2001:57](#)). I parametri di bilanciamento sono stati ottenuti dai rapporti dei valori target sui totali per righe o per colonne della distribuzione. Considerando, per esempio, l'iterazione n con distribuzione vincolata sulle residenze (produzioni) (II.1.2.1):

$$\{\widehat{W}_j\}^{(n)} = \sum_i [T_{ij}]^{(n)} \qquad \{\widehat{P}_i\}^{(n)} = \sum_j [T_{ij}]^{(n)} = \{P_i\}$$

per ogni elemento (Equazioni (8)):

$$\frac{W_j}{\widehat{W}_j} = \frac{W_j}{b_j^{(n-1)} \cdot W_j \cdot \sum_i a_i^{(n)} \cdot P_i \cdot F(c_{ij})} = \frac{b_j^{(n+1)}}{b_j^{(n-1)}} = B_j^{(n+1)} \qquad \frac{P_i}{\widehat{P}_i} = 1$$

quindi:

$$[T_{ij}]^{(n+1)} = \{B_j\}^{(n+1)} \odot [T_{ij}]^{(n)}$$

per ogni elemento:

$$T_{ij}^{(n+1)} = B_j^{(n+1)} \cdot T_{ij}^{(n)} = \frac{b_j^{(n+1)}}{b_j^{(n-1)}} \cdot b_j^{(n-1)} \cdot a_i^{(n)} \cdot P_i \cdot W_j \cdot F(c_{ij})$$

da cui risulterà:

$$\frac{W_j}{\widehat{W}_j} = 1 \qquad \frac{P_i}{\widehat{P}_i} = \frac{P_i}{a_i^{(n)} \cdot P_i \cdot \sum_j b_j \cdot W_j \cdot F(c_{ij})} = \frac{a_i^{(n+2)}}{a_i^{(n)}} = A_i^{(n+2)}$$

...

per un numero di iterazioni tale che ([Geurs e Ritsema van Eck, 2001:57](#)) (cfr. II.1.2.1):

$$\{\widehat{W}_j\}^{(n)} \simeq \{W_j\} \text{ (i.e. } \{B_j\}^{(n)} \rightarrow \{1, \dots, 1\}) \wedge \{\widehat{P}_i\}^{(n)} \simeq \{P_i\} \text{ (i.e. } \{A_i\}^{(n)} \rightarrow \{1, \dots, 1\}^T) \quad \blacksquare$$

Questo procedimento è stato arrestato alla 51^a iterazione, alla quale 13 su 74 occupazioni stimate W_j differivano ancora per più del 15%, con un massimo del 31%.

È stato quindi testato il modello *Half-Life*, o della mediana, proposto da Ösht et Al. (2016) (cfr. II.2.2.3). Tenendo conto che nella loro pubblicazione Geurs e Ritsema van Eck (2001:147) mostrano curve di decadimento funzioni dei tempi di spostamento in minuti, la mediana è stata calcolata sulle distanze temporali in minuti e non sulle distanze spaziali in chilometri (Ösht et Al., 2016:351). Sulla base di tale valore è stato stimato il parametro β applicando l'Equazione (16). Quindi, analogamente a quanto sopra descritto, è stato operato il procedimento iterativo di applicazione dei parametri di bilanciamento, che in questo caso già alla 7^a iterazione ha permesso di ottenere gli esatti valori target. Il valore del parametro stimato corrisponde a $\beta \approx 0.0161$, la forma ottenuta per la funzione d'impedenza, relativa agli spostamenti in auto, corrisponde quindi a:

$$F(C_{ij}) = e^{-0.0161 \cdot C_{ij}}$$

I valori dei fattori di bilanciamento sono stati ottenuti moltiplicando i parametri di tutte le iterazioni (Equazioni (7)):

$$\frac{b_j^{(n-n+1)}}{b_j^{(0)}} \cdot \dots \cdot \frac{b_j^{(n-1)}}{b_j^{(n-3)}} \cdot \frac{b_j^{(n+1)}}{b_j^{(n-1)}} = b_j^{(n+1)} \quad \blacksquare$$

dove $b_j^{(0)} = 1$ e $b_j^{(n+1)}$ è il fattore di bilanciamento da utilizzare della zona di attrazione j , utilizzato per il calcolo dell'accessibilità, secondo l'Equazione (8):

$$A_{bil,i} = \sum_j b_j \cdot W_j \cdot F(C_{ij})$$

Attraverso il calcolo dell'inverso del fattore di bilanciamento a_i , è possibile calcolare l'accessibilità per ogni i -esima zona in relazione valori di accessibilità potenziale: (cfr. Equazione (9)).

$$A_{bil,i} = \frac{1}{a_i} A_{acc.potenziale,i}$$

IV.2.1.2 Altri modi di trasporto

Per il modo di trasporto misto (trasporto pubblico e camminata, cfr. III.3.3) è stata ripetuta la procedura descritta per gli spostamenti in auto (cfr. IV.2.1.1). Nello specifico,

sono stati nuovamente stimati i parametri con entrambi i metodi, ovvero modello di gravità doppiamente vincolato (cfr. 0) e modello di Ösht (o della mediana) (cfr. II.2.2.3). Analogamente al caso degli spostamenti in auto, il modello della mediana ha permesso di stimare il parametro β con maggiore precisione in un numero di iterazioni decisamente inferiore: con l'applicazione del metodo della mediana, i fattori di bilanciamento sono stati ricavati con 12 iterazioni, contro le 51 operate attraverso il metodo doppiamente vincolato, e con differenze tra i valori target e i valori stimati alle iterazioni finali, ovvero tra le stime $\{\widehat{W}_j\}^{(n)}$ e $\{\widehat{P}_i\}^{(n)}$ e i rispettivi valori target $\{W_j\}$ e $\{P_i\}$, minori di un ordine di grandezza (RMSE medio di 0.002 vs 0.02).

Il valore del parametro stimato corrisponde a $\beta \approx 0.00737$ e la funzione d'impedenza, relativa agli spostamenti con trasporto pubblico o a piedi, ha quindi l'espressione:

$$F(C_{ij}) = e^{-0.00737 \cdot C_{ij}}$$

IV.2.2 Accessibilità potenziale

La misura dell'accessibilità potenziale è stata calcolata, per entrambi i modi di trasporto, con un procedimento analogo a quello sopraesposto. A partire dalla matrice dei costi, in cui i costi sono sempre le distanze temporali in minuti, è stata ricavata la matrice della funzione di decadimento $[F(c_{ij})]$. A questa è stato applicato il prodotto scalare con il vettore delle occupazioni $\{W_j\}^T$. Il risultato è il vettore $\{A_i\}$, in cui a ogni riga, ovvero a ogni zona di produzione, corrisponde la somma delle attività raggiungibili, questa volta ponderata sull'impedenza, in accordo con la definizione proposta nell'Equazione (3). Infatti, il prodotto scalare sotto riportato corrisponde per definizione alla sommatoria di cui all'Equazione (3), ovvero al conteggio delle attività di tutte le zone j raggiungibili dalla zona i tenendo conto dell'impedenza tra ciascuna coppia di zone.

La media sulle zone è riportata in Tabella 3, mentre la media per ogni lavoratore, ottenuta dalla somma ponderata sul peso di popolazione, è riportata in Tabella 4. Si illustrano, di seguito, i passaggi seguiti su Excel, consistite nell'applicazione dell'Equazione (3) e delle Equazioni (11).

$$\{A_i\} = [F(c_{ij})] \cdot \{W_j\}^T = \{\sum_j W_j \cdot F(c_{ij})\} \quad \blacksquare$$

$$A = \text{media}(A_i) \qquad A = \sum_{i=1}^m A_i \cdot \frac{P_i}{P_{TOT}}$$

IV.2.3 Indici di Joseph e Bantock

Gli indici di Joseph e Bantock per ogni zona di produzione sono stati calcolati a partire dal prodotto scalare $\{P_i\}^T \cdot [F(c_{ij})]$ che corrisponde al vettore somma $\sum_{i=1}^m P_i F(d_{ji})$ al denominatore dell'Equazione (4). Di questo vettore è stato calcolato il reciproco, moltiplicato poi, tramite prodotto di Hadamard, con il vettore dei posti occupati per ogni comune $\{W_j\}$, corrispondente del vettore dei medici di base $\{GP_j\}$, in modo da replicare la divisione dell'Equazione (4), $\frac{GP_j}{\sum_{i=1}^m P_i F(d_{ji})}$. Il prodotto scalare del vettore così ottenuto per la matrice della funzione dei costi, sempre con riferimento all'Equazione (4), ha portato all'ottenimento degli indici A_i per ogni zona di produzione, che mediati sui 74 comuni risultano pari al valore riportato in Tabella 3. La media per ogni lavoratore, analogamente a quanto descritto per le precedenti misure, è stata ottenuta attraverso la somma A_i pesata sul peso della popolazione di ogni zona ed è riportata in Tabella 4.

Di seguito si riportano i passaggi seguiti su Excel, con applicazione dell'Equazione (4) e delle Equazioni (11):

$$\{P_i\}^T \cdot [F(c_{ij})] = \sum_i P_i \cdot F(c_{ij})$$

$$\{W_j\} \odot \left\{ \frac{1}{\{P_i\}^T \cdot [F(c_{ij})]} \right\} = \left\{ \frac{W_j}{\{P_i\}^T \cdot [F(c_{ij})]} \right\}$$

$$\{A_i\} = [F(c_{ij})] \cdot \left\{ \frac{W_j}{\{P_i\}^T \cdot [F(c_{ij})]} \right\}^T = \left\{ \sum_{j=1}^n \left[\frac{W_j}{\sum_{i=1}^n P_i F(c_{ij})} \right] F(c_{ij}) \right\}$$

Per ogni elemento (confronto con Equazione (4)):

$$A_i = \sum_{j=1}^n \left[\frac{W_j}{\sum_{i=1}^n P_i F(c_{ij})} \right] F(c_{ij}) = \sum_{j=1}^n \left[\frac{GP_j}{\sum_{i=1}^m P_i F(d_{ji})} \right] F(d_{ij}) \quad \blacksquare$$

$$A = \text{media}(A_i) \qquad A = \sum_{i=1}^m A_i \cdot \frac{P_i}{P_{TOT}}$$

V Risultati: misure di accessibilità nei comuni valdostani

V.1 Accessibilità media e comuni più o meno accessibili secondo le diverse misure

Analogamente a quanto riportato nel capitolo 11, del report ([Geurs e Ritsema vanEck, 2001](#)), si espongono i risultati ottenuti per le diverse misure di accessibilità, per ogni modo di trasporto, focalizzandosi dapprima sui valori medi di accessibilità dell'intera area di studio, ovvero della Regione Autonoma Valle d'Aosta e individuando in seguito comuni valdostani più o meno accessibili.

In Tabella 3 e in Tabella 4 si riporta, per ogni misura e per entrambi i modi di trasporto (III.3.3), il valore medio di accessibilità dell'intera area.

Nello specifico, i valori elencati corrispondono alla quantificazione dei posti di lavoro (mediamente) raggiungibili entro un certo tempo (*Contour*, cfr. II.1.2.1 e IV.1), potenzialmente raggiungibili in funzione della distanza temporale (Acc. Potenziale, cfr. II.1.2.1 e IV.2.2), raggiungibili in base alla capacità di attrarre spostamenti (Fattori di bilanciamento, cfr. II.1.2.1 e IV.2.1). L'ultima riga delle tabelle è assegnata agli indici di Joseph e Bantock, i cui valori rappresentano il rapporto tra opportunità (occupazioni) e popolazione raggiunta dalle opportunità (cfr. II.1.2.1 e IV.2.3). In Tabella 3, le medie riportate sono state calcolate sul numero di zone (di comuni).

Tabella 3 - Accessibilità al lavoro, media per zona

	Autovettura	Altro modo
Contour 45 minuti	35222	13436
Contour 60 minuti	44776	20711
Accessibilità potenziale	29072	29313
Fattori di bilanciamento	29189	29647
Joseph e Bantock	0.88	0.87

Dall'osservazione dei valori soprariportati, si mette in evidenza innanzitutto che la differenza tra i numeri di occupazioni accessibili in auto in 45 e 60 minuti è del 27%. Questa differenza è decisamente inferiore al risultato ottenuto da Geurs e Ritsema van Eck ([2001:172](#)), i quali hanno ottenuto una differenza del 75%. Queste differenze sono attribuibili al campo di osservazione: la presente analisi prende in esame solo una regione, mentre la ricerca di Geurs e Ritsema van Eck ([2001](#)) l'intero territorio olandese. Un'ulteriore giustificazione di questo risultato si può trovare in considerazione della conformazione, nonché dell'estensione, della Regione Autonoma

Valle d'Aosta, e del numero relativamente basso di attività economiche diverse da quelle più comuni e uniformemente distribuite (dai servizi comunali agli impianti di risalita, per esempio).

Per quanto riguarda le altre misure, il numero di occupazioni raggiungibili, in auto, contate con la misura di accessibilità potenziale è più basso rispetto ai valori ottenuti con le misure *contour*, coerentemente con i risultati ottenuti da Geurs e Ritsema van Eck (2001:172). Anche in questo caso, però, la differenza ottenuta in quest'analisi non è drastica quanto quella ottenuta dai ricercatori olandesi: il rapporto ottenuto tra le misure Accessibilità potenziale e Contour45 è del 77% contro un 53% riportato nel report (Geurs e Ritsema van Eck, 2001:171). I ragionamenti esposti nel paragrafo II.1.2.1, le cui risultanze sono evidenziate in Figura 1 e la cui riproduzione relativa al caso in esame è rappresentata in Figura 40, permettono di interpretare tale risultato. Secondo la misura di accessibilità potenziale il 52% dei lavoratori (segmento della retta tratteggiata rossa al di sopra dell'intersezione con la curva blu) effettua spostamenti al di sotto dei 45 minuti, mentre a effettuare spostamenti al di sotto dei 60 minuti è il 62% dei lavoratori (segmento della retta tratteggiata gialla al di sopra dell'intersezione con la curva blu). Dunque, la differenza tra i due metodi è che la misura *contour* sovrastima le occupazioni a una distanza al di sotto della soglia temporale e sottostima quelle al di sopra della stessa soglia. In altre parole, con le misure *contour* si escludono, erroneamente, quelle occupazioni rappresentate dalle regioni di piano in cui le aree sottese alla curva d'impedenza e alla destra delle soglie stabilite (area gialla per le misure *contour*60, area rossa+area gialla per le misure *contour*45).

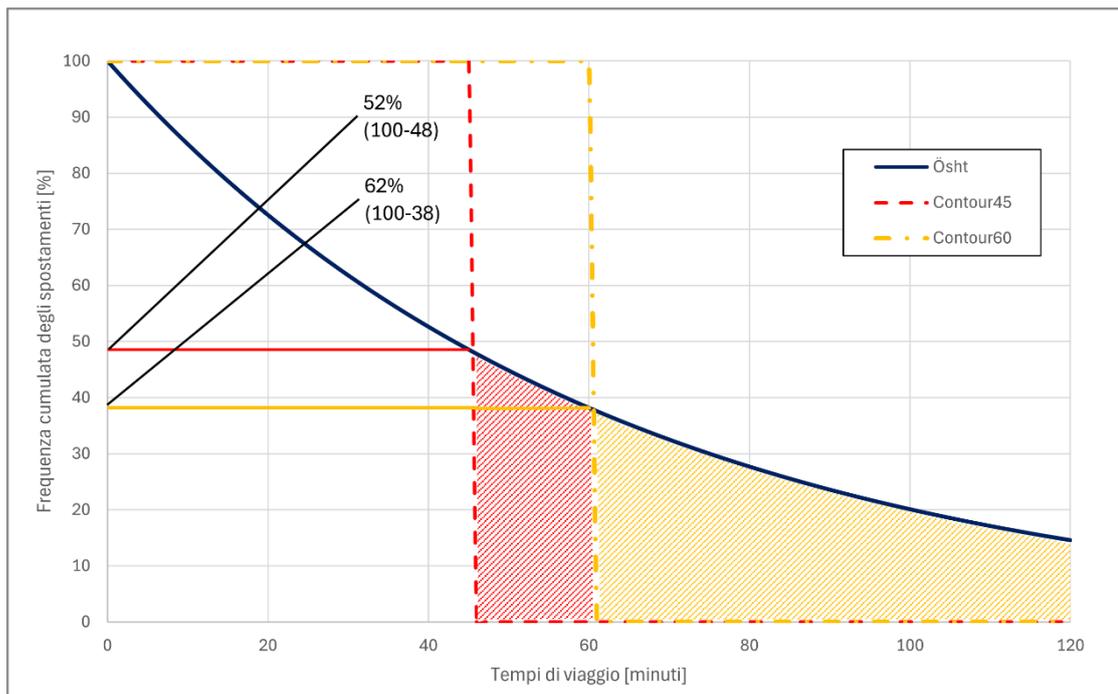


Figura 40 – Confronto funzione d'impedenza e funzioni soglia per misure *contour* (adattamento Figura 1)

Il metodo dei fattori di bilanciamento restituisce un numero simile a quello ottenuto con la misura di accessibilità potenziale. Contrariamente al risultato ottenuto da Geurs e Ritsema van Eck (2001:174), il livello di accessibilità in auto è leggermente più alto (0.4%). Nel caso dei due ricercatori (Geurs e Ritsema van Eck, 2001:176), le due misure, pur avendo simile distribuzione spaziale, differiscono a livello regionale laddove impattano maggiormente gli effetti della competizione: nell'Area Randstad le forze-lavoro sono in numero relativamente alto paragonato al numero potenziale di occupazioni, motivo per cui la misura tramite i fattori di bilanciamento risulta 20-25% più bassa rispetto alla misura di accessibilità potenziale. In analogia all'esposizione di Geurs e Ritsema van Eck (2001:177) si illustrano, in Figura 41, le distribuzioni spaziali delle due misure, le quali anche nel presente caso risultano simili nell'andamento. A livello comunale, però, non si riscontrano sostanziali differenze tra i valori di accessibilità potenziale e quelli di accessibilità ottenuti con i fattori di bilanciamento, anche se, come si evince dal grafico sottostante, nei comuni più accessibili, che sono anche quelli più popolosi, i valori delle misure di accessibilità potenziale superano quelle ottenute con i fattori di bilanciamento, per cui il livello di competizione risulta, anche se lievemente, alto.

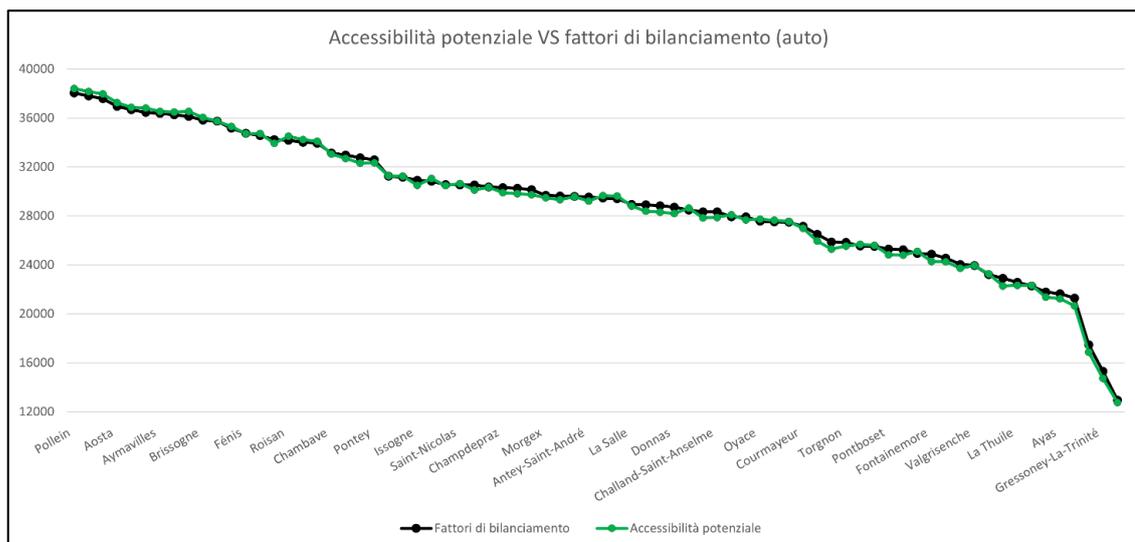


Figura 41 - Confronto distribuzioni misure accessibilità potenziale e fattori di bilanciamento

Infine, l'indice di Joseph e Bantock, esprime un rapporto tra offerta di lavoro e popolazione occupata inferiore all'unità, vale a dire meno di un posto di lavoro per ogni residente occupato ([Geurs e Ritsema vanEck, 2001:176](#)), evidenziando quindi un livello di competizione mediamente alto. Questo perché le aree dove si concentra la maggior parte dei residenti e anche quella dove si concentra la maggior parte dei posti di lavoro, motivo per cui il rapporto tra posti e popolazione tende a numeri bassi e fa alzare la media regionale della competizione.

In Tabella 4 si riportano i risultati, in analogia al report di Geurs e Ritsema van Eck ([2001:172](#), tabella 11.2 del report), i cui valori sono il risultato dell'applicazione della seconda delle Equazioni (11) alle misure illustrate in II.1.2.1 e in IV.2.1, IV.2.2 e IV.2.3.

Tabella 4 - Accessibilità al lavoro, media per lavoratore o abitante

	Autovettura	Altro modo
Contour45	42870	22938
Contour60	48427	29511
Accessibilità potenziale	33404	34082
Fattori di bilanciamento	33363	34044
Joseph e Bantock	1.00	1.00

Come per il territorio nederlandese nel 2001 ([Geurs e Ritema van Eck, 2001:172](#)), l'accessibilità media per lavoratore è più alta. Gli indici di Joseph e Bantock sono pari a 1.00 in quanto il set di dati di partenza fornito dall'Istat (III.3.2) è tale da ottenere totali della popolazione residente con un'occupazione e di posti occupati di uguale valore (pari a 50;900).

Si riportano, rispettivamente in Tabella 5 e in Tabella 6, i valori massimi e minimi ottenuti, per entrambi i modi di trasporto e i relativi comuni.

Relativamente ai valori massimi, si osserva che le variazioni all'interno di ciascun gruppo di misura *contour* sono più piccole se si considerano gli spostamenti in auto. In altre parole, dai 5 comuni più accessibili si può raggiungere, sostanzialmente, un quantitativo pressoché costante di posti di lavoro in auto, mentre attraverso il trasporto pubblico o a piedi si riscontrano delle variazioni più evidenti. Questa differenza tra i due modi di trasporto si annulla quando si osservano i valori di accessibilità dipendenti da una funzione d'impedenza. Ciò è dovuto in primo luogo al fatto che la funzione d'impedenza riequilibra il conteggio dei posti raggiunti, come evidenziato in Figura 1. Si deve anche considerare che i tempi di percorrenza attraverso i mezzi pubblici di una stessa tratta sono superiori, motivo per cui i valori delle misure *contour* fluttuano in maniera più evidente. Inoltre, si deve supporre che la differenza tra le curve di impedenza relative ai due modi di trasporto siano tali, almeno per i comuni più accessibili, da appianare le differenze tra i tempi di percorrenza succitate.

Tabella 5 - Valori di accessibilità massimi ottenuti

Misura	Autovettura			Altro modo		
	Ordine	Comune	Valore	Ordine	Comune	Valore
Contour45	1	Quart	49073	1	Nus	36844
	2	Nus	48609	2	Quart	35240
	3	Saint-Marcel	48524	3	Aosta	34922
	4	Fénis	48110	4	Châtillon	31868
	5	Pollein	48091	5	Sarre	30548
Contour60	1	Châtillon	50631	1	Nus	42433
	2	Brissogne, Fénis, Nus, Pollein, Quart, Saint-Christophe, Saint-Marcel	50362	2	Fénis	40902
	3	Verrès	50340	3	Chambave	39584
	4	Chambave	50326	4	Aosta	38712
	5	Aosta	50269	5	Quart	38664
Accessibilità potenziale	1	Pollein	38401	1	Aosta	39436
	2	Saint-Christophe	38152	2	Fénis	37947
	3	Gressan	37954	3	Quart	37927
	4	Aosta	37263	4	Sarre	37709
	5	Quart	36861	5	Nus	37393
Fattori di bilanciamento	1	Pollein	38044	1	Antey-Saint-André	40439

V-Risultati: misure di accessibilità nei comuni valdostani

	2	Saint-Christophe	37808	2	Aosta	39051
	3	Gressan	37576	3	Fénis	38186
	4	Aosta	36945	4	Quart	37828
	5	Quart	36670	5	Torgnon	37705
	1	Pollein	1.13	1	Antey-Saint-André	1.16
Joseph e Bantock	2	Saint-Christophe	1.13	2	Aosta	1.14
	3	Gressan	1.12	3	Fénis	1.12
	4	Aosta	1.1	4	Quart	1.11
	5	Jovençon	1.09	5	Nus	1.1

Anche i valori minimi delle misure *contour*, in Tabella 6, mostrano un'importante differenza tra l'accessibilità in auto e l'accessibilità con mezzi pubblici o a piedi. Nessuno dei 5 comuni meno accessibili permette di raggiungere un numero di posti sopra il migliaio. D'altra parte, a esclusione del comune di Chamois, non raggiungibile direttamente in auto, tutti i comuni della fascia di accessibilità più bassa permettono di raggiungere un quantitativo dell'ordine delle migliaia (quasi delle decine di migliaia). È da osservare come il quantitativo di posti accessibili in 45 minuti di auto non arrivi al 6% dei posti occupati in tutta la regione, segno che la condizione delle infrastrutture (componente di trasporto) che la ripartizione delle opportunità (componenti di uso del suolo) sono da prendere in esame più dettagliatamente.

Escludendo dall'osservazione i comuni di Chamois e La Magdeleine, in quanto casi particolari (cfr. III.3.3) si evidenzia come il servizio di trasporto pubblico risulti molto meno appetibile rispetto all'utilizzo dell'auto, al punto da rendere il secondo comune meno accessibile in auto (Gressoney-La-Trinité) non meno accessibile di altri con i mezzi pubblici o a piedi.

I risultati delle misure *contour60* mostrano una situazione simile. Per quanto riguarda il trasporto in auto, Chamois e i due Gressoney si confermano i meno accessibili. Seguono il comune di Gaby, confinante con Gressoney-Saint-Jean, e Ayas (testa dell'omonima valle). I risultati, quindi, si mantengono coerenti e intuitivi e mostrano che la maggior parte delle opportunità è ripartita a distanze maggiori dei 45 minuti dai suddetti comuni, che quindi risultano essere poco attrattivi (ovvero con poche attività) e particolarmente difficili da raggiungere dalle zone limitrofe. Per quanto riguarda il trasporto pubblico, si evidenzia come il valore dei comuni di La Magdeleine e Verrayes non cambi con la soglia temporale in quanto il tempo per raggiungere la prima fermata utile e i tempi di

spostamento con i mezzi pubblici sono tali che neanche con un incremento temporale del 33% (15 minuti in più rispetto ai 45) si riescono a raggiungere più opportunità.

L'introduzione della funzione d'impedenza non cambia i risultati rispetto a quelli ottenuti con la misura *contour60* per gli spostamenti in auto, pur assegnando agli stessi comuni dei valori diversi e decisamente maggiori per quanto riguarda Chamois. Dal punto di vista del trasporto pubblico e degli spostamenti a piedi, il comune di Valsavarenche, in testa all'omonima vallata, risulta essere particolarmente penalizzato, addirittura anche rispetto al comune di La Magdeleine. Paragonando questa situazione con quella descritta per la misura *contour60*, si può ipotizzare che ciò sia dovuto a un quantitativo di residenti occupati molto minore rispetto a La Magdeleine e La Thuile, che rientrano comunque tra i 5 comuni meno accessibili. In altre parole, l'interazione che i comuni (intesi come zone di produzione) hanno con tutti gli altri dipende esclusivamente dalle distanze temporali per le misure *contour*, mentre per l'accessibilità potenziale dipende non solo dall'inverso del quadrato delle distanze, ma anche dal quantitativo di residenti. Questo dimostra in maniera eloquente come il valore molto basso registrato a Valsavarenche sia attribuibile solo al numero di residenti.

La situazione fotografata dalle misure con i fattori di bilanciamento è particolarmente interessante: l'ordine dei comuni è uguale per entrambi i modi considerati. L'introduzione degli stessi fattori "fa raggiungere" più posti di lavoro ai comuni (zone di produzione) che meglio interagiscono con gli altri (zone di attrazione) e meno posti alle zone di produzione che interagiscono più debolmente con le zone di attrazione. La situazione generale di distribuzione delle opportunità e dei centri abitati, nonché delle infrastrutture e dei servizi di trasporto, è tale tra i comuni meno accessibili l'interazione non cambi a seconda del modo di trasporto, qualitativamente. Quantitativamente, invece, i numeri cambiano sensibilmente, soprattutto per Chamois a cui si attribuisce un valore di accessibilità 5 volte maggiore rispetto al trasporto pubblico, indice di un servizio di trasporto pubblico meno efficiente nella Valtournenche, dove è collocato.

Gli indici di Joseph e Bantock mostrano una situazione analoga a quella ottenuta con la misura di accessibilità potenziale, evidenziando per i comuni individuati un livello di competizione particolarmente elevato, nei quali si distribuiscono solo fino a 0.65 posti di lavoro per residente occupato che si sposta in auto e 0.58 posti per abitante che si sposta con i mezzi pubblici o a piedi.

Tabella 6 - Valori di accessibilità minimi ottenuti

Misura	Autovettura			Altro modo		
	Ordine	Comune	Valore	Ordine	Comune	Valore
Contour45	74	Chamois	82	74	La Magdeleine	26
	73	Gressoney-La-Trinité	2322	73	Verrayes	389
	72	Gressoney-Saint-Jean	2884	72	Allein	754
	71	La Thuile	9103	71	Ayas	807
	70	Champorcher	9661	70	Gressoney-La-Trinité	869
Contour60	74	Chamois	257	74	La Magdeleine	26
	73	Gressoney-La-Trinité	4978	73	Verrayes	389
	72	Gressoney-Saint-Jean	10121	72	Ayas	1119
	71	Gaby	19147	71	Gressoney-La-Trinité	2322
	70	Ayas	35948	70	Gressoney-Saint-Jean	2322
Accessibilità potenziale	74	Chamois	12746	74	Valsavarenche	2567
	73	Gressoney-La-Trinité	14742	73	La Magdeleine	10594
	72	Gressoney-Saint-Jean	16875	72	Gressoney-La-Trinité	18675
	71	Gaby	20663	71	La Thuile	18755
	70	Ayas	21230	70	Ayas	20253
Fattori di bilanciamento	74	Chamois	12941	74	Chamois	2474
	73	Gressoney-La-Trinité	15307	73	Gressoney-La-Trinité	16715
	72	Gressoney-Saint-Jean	17464	72	Gressoney-Saint-Jean	18245
	71	Gaby	21279	71	Gaby	18936
	70	Ayas	21630	70	Ayas	19710
Joseph e Bantock	74	Chamois	0.38	74	Valsavarenche	0.07
	73	Gressoney-La-Trinité	0.46	73	La Magdeleine	0.47
	72	Gressoney-Saint-Jean	0.52	72	La Thuile	0.53
	71	Gaby	0.64	71	Gressoney-La-Trinité	0.55
	70	Ayas	0.65	70	Ayas	0.58

Per evidenziare il ruolo della funzione d'impedenza e la differenza tra gli indici di Joseph e Bantock e una semplice divisione dei posti di lavoro raggiunti sul numero di residenti, si illustrano nel seguito i rapporti tra le misure *contour* e il quantitativo dei

residenti dei relativi comuni. In Tabella 7 sono riportati, per ogni modo e per ogni soglia temporale, i 5 rapporti maggiori, mentre in Tabella 8 i 5 rapporti minori.

I risultati si discostano nettamente rispetto a quelli ottenuti in precedenza. I comuni su cui si distribuiscono il maggior numero di posti, solo in base ai tempi di percorrenza, sono tutti comuni che nelle analisi precedenti risultavano tra i meno accessibili e che sono anche tra i meno popolosi. Questi risultati sono nuovamente attribuibili alle componenti di uso del territorio: i comuni interessati hanno un quantitativo di residenti talmente basso che i rapporti posti/lavoratori residenti aumenta esponenzialmente e in contrasto con gli indici di Joseph e Bantock, attraverso cui si evidenzia che nei paesi meno popolati la competizione è elevata e non bassa.

È interessante osservare che tra i comuni su cui si distribuiscono meno posti per abitante si trovano comuni che hanno effettivamente quantitativi simili di posti e di residenti occupati: Aosta è il comune più popoloso e la sua area è quella in cui si concentrano la maggior parte delle attività e degli accessi alle principali infrastrutture e alle linee di trasporto pubblico. Per i comuni di La Magdeleine e Verrayes valgono le considerazioni fatte precedentemente. La tendenza all'unità di questi rapporti è da attribuire al fatto che i comuni meglio serviti si trovano nell'area più densamente popolata e con una maggiore densità di posti di lavoro, in linea con i risultati e le considerazioni fatte per il territorio olandese nel 1995 ([Geurs e Ritsema van Eck, 2001:172](#)).

Tabella 7 – Rapporti massimi ottenuti

Misura	Autovettura			Altro modo		
	Ordine	Comune	Valore	Ordine	Comune	Valore
Contour45	1	Bard	997.10	1	Rhêmes-Saint-Georges	278.73
	2	Rhêmes-Notre-Dame	686.35	2	Saint-Oyen	246.97
	3	Ollomont	575.48	3	Bard	232.41
	4	Rhêmes-Saint-Georges	507.03	4	Saint-Denis	192.96
	5	Saint-Oyen	498.25	5	Avise	186.57
Contour60	1	Bard	1149.80	1	Saint-Oyen	343.62
	2	La Magdeleine	1035.52	2	Rhêmes-Saint-Georges	306.55
	3	Rhêmes-Notre-Dame	972.95	3	Bard	303.95
	4	Ollomont	708.90	4	Ollomont	267.12
	5	Pontboset	694.39	5	Saint-Denis	241.54

Tabella 8 – Rapporti minimi ottenuti

Misura	Autovettura			Altro modo		
	Ordine	Comune	Valore	Ordine	Comune	Valore
Contour45	74	Chamois	1.78	74	La Magdeleine	0.62
	73	Aosta	3.54	73	Verrayes	0.72
	72	Gressoney-Saint-Jean	9.65	72	Ayas	1.49
	71	Valtournenche	13.76	71	Valtournenche	1.65
	70	Ayas	18.53	70	Aosta	2.61
Contour60	74	Aosta	3.75	74	La Magdeleine	0.62
	73	Chamois	5.59	73	Verrayes	0.72
	72	Sarre	23.50	72	Ayas	2.07
	71	Quart	26.38	71	Aosta	2.89
	70	Saint-Vincent	28.47	70	Valtournenche	6.91

V.2 Distribuzioni territoriali dei valori di accessibilità

Si illustrano, di seguito, in accordo con quanto esposto nella sezione 11.3 del report ([Geurs e ritsema van Eck, 2001:175](#)), le mappe e i grafici relativi alla distribuzione comunale dell'accessibilità al lavoro per ogni misura calcolata. In ciascuna mappa le misure sono raggruppate in cinque classi, ottenute dalla suddivisione dei valori in ventesimi percentili. Pertanto, le rappresentazioni proposte mostrano una suddivisione in gruppi di comuni quantitativamente omogenei, pari al 20% del totale, e indicano quanto è accessibile ciascun gruppo in relazione alla distribuzione stessa dei valori di accessibilità. Nelle mappe viene rappresentato in rosso i comuni relativamente meno accessibili, in arancione quelli caratterizzati da un'accessibilità medio-bassa, in giallo i comuni mediamente accessibili, in verde chiaro i comuni con accessibilità relativamente medio-alta e in verde i comuni con accessibilità maggiore. I grafici abbinati descrivono, per ogni misura, la distribuzione cumulata di popolazione residente occupata raggiunta al variare dei posti occupati; a questa sono sovrapposte le suddivisioni fatte per le mappe, in modo da paragonare gruppi omogenei di comuni e quantitativi popolazione raggiunti. Dagli stessi grafici si evince che il 59% dei residenti occupati è concentrato nel 20% dei comuni (pari a 15).

Nella sezione V.2.1, sono descritte le misure relative al modo di trasporto in auto, mentre nella sezione V.2.2 quelle relative al modo trasporto pubblico e camminata.

V.2.1 Accessibilità in auto

V.2.1.1 Misure *contour*

In Figura 42 viene mostrata la mappa della distribuzione relativa alla misura *contour45*.

La ripartizione ottenuta è intuibile e di facile comprensione. Infatti, l'insieme dei comuni più accessibili, dai quali è raggiungibile un numero maggiore di posti di lavoro (tra i 46;105 e i 49;073, valore massimo su 50;900 registrati -III.3.2), è circoscritto all'area della valle centrale, cui si aggiungono i comuni di Châtillon e Saint-Vincent, coerentemente col fatto che le stesse aree dispongono di molti più accessi infrastrutturali (ferrovie e autostrada) e sono anche le parti più popolate della Regione. Secondo lo stesso ragionamento, si spiega perché i comuni meno accessibili, a eccezione di Chamois, sprovvista di collegamenti stradali, si trovano tutti in corrispondenza delle teste delle valli geomorfologicamente più lunghe e difficilmente accessibili (appunto il caso delle valli del Lys (Gressoney), di Champorcher, di Ayas e di La Thuile).

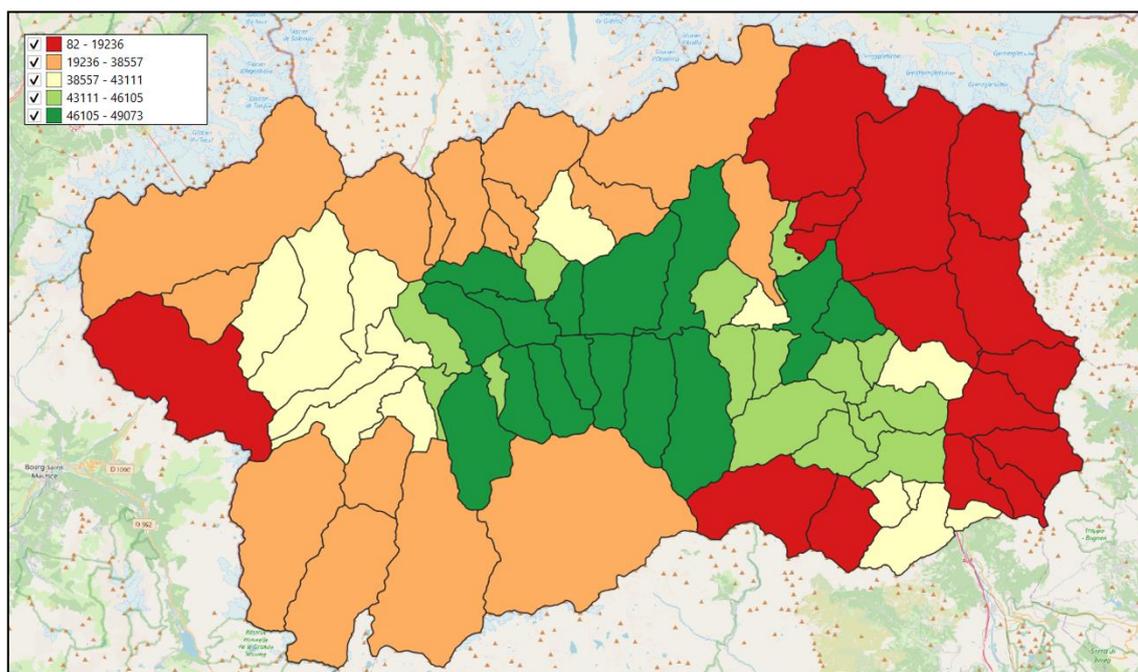


Figura 42 - Misura *Contour45*, accessibilità in auto

In Figura 43 viene mostrata la distribuzione cumulata del quantitativo di popolazione raggiunta al variare dei posti raggiunti. Si osserva come poco più della metà della popolazione (circa 30;000 lavoratori residenti su 50;900 registrati, pari al 59%) riesca ad accedere, entro 45 minuti di auto, ad almeno il 91% dei posti di lavoro occupati (46;105 su 50;900 registrati). Se si allarga l'osservazione alla fascia medio-alta, i quantitativi aumentano a poco meno di 40;000 residenti occupati (79%), distribuiti sul 40% dei comuni, che raggiungono almeno l'85% dei posti occupati (43;111). Si mette in

evidenza come la popolazione di residenti lavoratori raggiunta cresce rapidamente tra i valori più alti di posti occupati, segno che il servizio offerto dal trasporto pubblico locale serve in maniera sufficiente una buona percentuale di lavoratori.

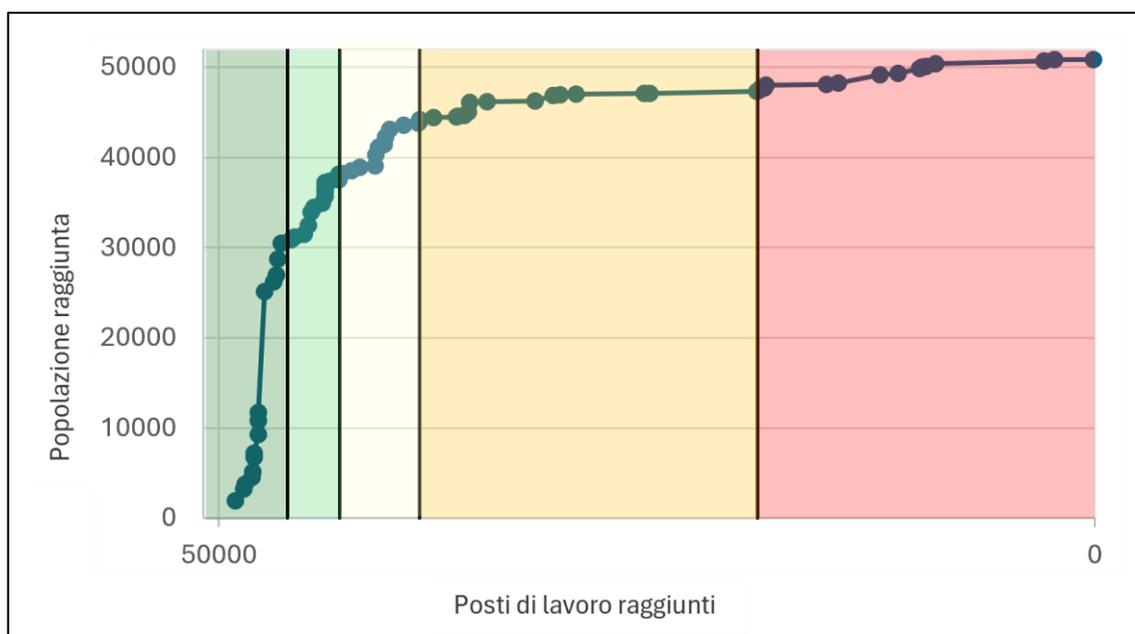


Figura 43 – Distribuzione cumulata della popolazione sull'accessibilità relativa alla misura *Contour45*

In Figura 44 è rappresentata la mappa della distribuzione territoriale dell'accessibilità relativa alla misura *contour60*. Si osserva come l'aggiunta di 15 minuti ai viaggi in auto comporti notevoli differenze. Tra queste, il fatto che l'aumento di 15 minuti permette di aumentare l'accessibilità a valori tali che dall'80% dei comuni si riesca ad accedere ad almeno l'85% dei posti di lavoro occupati (43;362), a cui si aggiunge una variazione minima dei valori ottenuti (3.3% sul 40% dei comuni e 7.1% sul 60% dei comuni). In altre parole, già ai comuni della fascia medio-bassa si attribuiscono valori di accessibilità pari almeno all'85% dei posti occupati, alla quale accedono 59 comuni su 74 (l'80% appunto).

Si evidenzia inoltre che la stessa aggiunta di 60 minuti al budget temporale consenta di avvicinarsi a valori più prossimi alla totalità dei posti occupati (50;631, pari al 99%) in corrispondenza del comune di Châtillon (Tabella 5). Intuitivamente, i comuni meno accessibili, a esclusione di Chamois per i motivi già menzionati, restano quelli in corrispondenza delle teste delle valli laterali, mentre quelli ad accessibilità maggiore restano circoscritti alla valle principale.

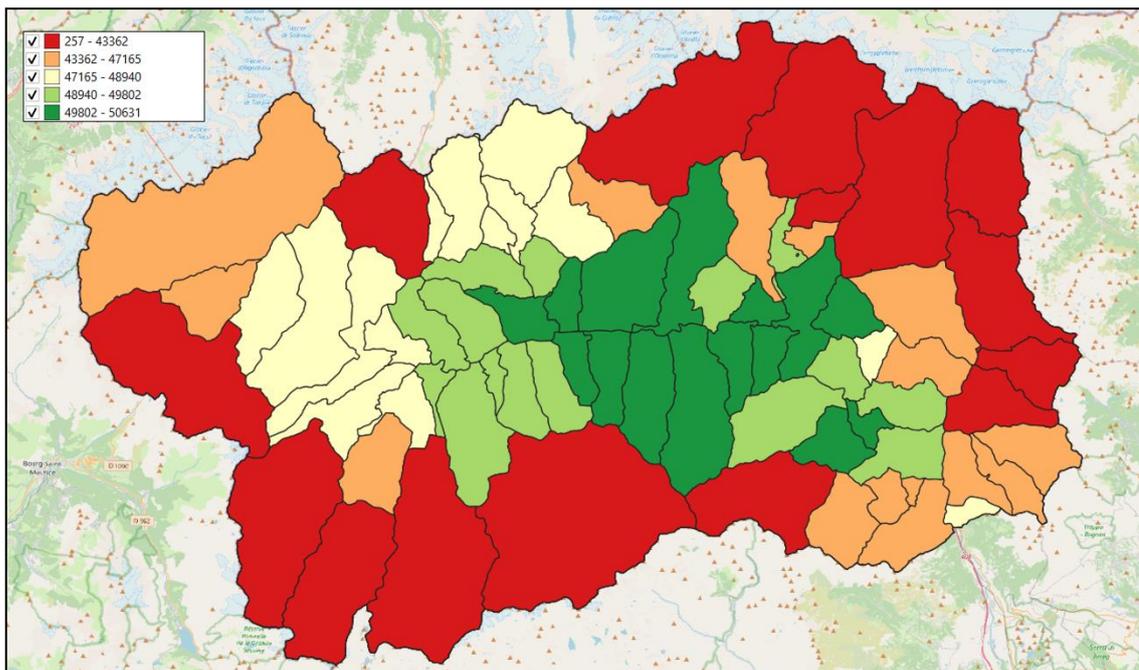


Figura 44 - Misura *Contour60*, accessibilità in auto

In Figura 45 si riporta la distribuzione cumulata del quantitativo di popolazione raggiunta per la misura *contour60*. Rispetto alla distribuzione relativa ai tempi di spostamento inferiori o uguali ai 45 minuti, si evidenzia una concentrazione ancora più marcata della popolazione per valori di accessibilità particolarmente alti, come d'altronde è già stato osservato per la distribuzione comunale. La curva cumulata mostra il raggiungimento 48,940 posti (96%) già da poco meno di 45,000 residenti occupati (88%). La curva mette in evidenza i comuni critici dal punto di vista infrastrutturale, mostrando nello specifico 4 comuni particolarmente in svantaggio rispetto agli altri ma che si posizionano sul plafond di popolazione raggiunta di 50,900, a conferma del fatto che i comuni meno popolati sono anche i meno serviti.

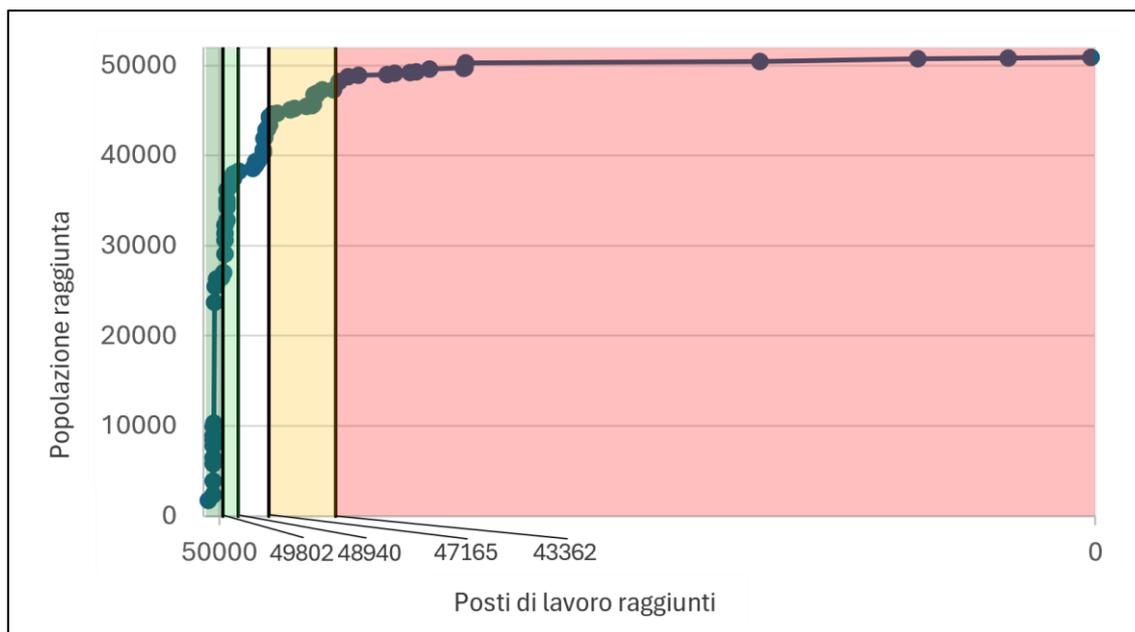


Figura 45 - Distribuzione cumulata della popolazione sull'accessibilità relativa alla misura *Contour60*

V.2.1.2 Misura di accessibilità potenziale

In Figura 46 viene presentata la mappa dell'accessibilità potenziale in auto. Rispetto ai risultati delle misure *contour*, i valori di accessibilità ottenuti in questo caso si rivelano concentrati tra i 12;746 di Chamois (Tabella 6) e i 38;401 di Pollein (Tabella 5). Quindi, la trasformazione di una soglia temporale in una funzione che attribuisca a qualunque comune un peso, seppur piccolo, avvicina i valori estremi e riequilibra le variazioni di accessibilità tra le diverse classi in cui sono suddivisi i comuni. Anche in questo caso la fascia di valori più alta si colloca nei comuni della valle centrale, nello specifico in un'area che si estende dalla cintura ovest di Aosta (Saint-Pierre e Aymavilles) ai comuni di Nus e Fénis. Ancora una volta i comuni meno accessibili, dai quali si accede a meno del 49% dei posti occupati (24;814) sono collocati nelle teste delle valli laterali o nelle valli più lontane dai principali centri, a conferma delle considerazioni fatte per le misure *contour*.

Inoltre, si osserva che tra le classi medio-bassa e medio-alta, vale a dire il 60% dei comuni, il quantitativo di posti raggiunti aumenti di circa il 19%. Questa importante convergenza verso un valore medio conferma quanto soprariportato riguardo all'attribuzione di un peso diverso da zero a tutti quei comuni la cui distanza fosse maggiore della soglia: dalle curve in Figura 40 si osserva come, a parità di tempo di spostamento considerato, la curva della funzione d'impedenza raccolga il 52% della popolazione a 45 minuti (contro il 100%) e il 62% a 60 minuti (contro il 100%). In altre

parole, con le due misure *contour* si sottostimano, rispettivamente, il 48% e il 38% degli spostamenti.

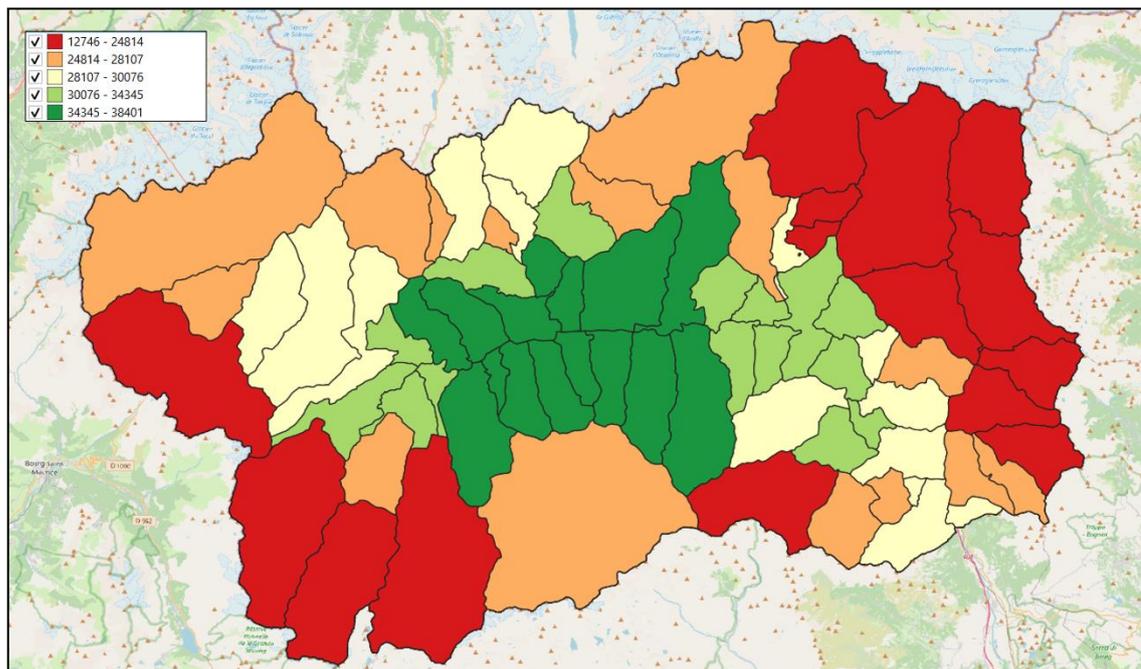


Figura 46 - Misura di accessibilità potenziale, in auto

La curva di popolazione raggiunta (Figura 47) fornisce ulteriori chiarimenti. Si conferma l'andamento descritto dalla mappa in Figura 46, ma si osserva che la popolazione occupata residente nel 20% dei comuni più accessibile risulta essere circa il 60% dei residenti occupati totali (poco meno di 30;000). Questa differenza mette in risalto la disparità tra la distribuzione a livello comunale e quella a livello individuale, nello specifico il fatto che il 20% di comuni più accessibile è popolato dal 60% della popolazione regionale, suggerendo una lettura delle mappe comunali più critico.

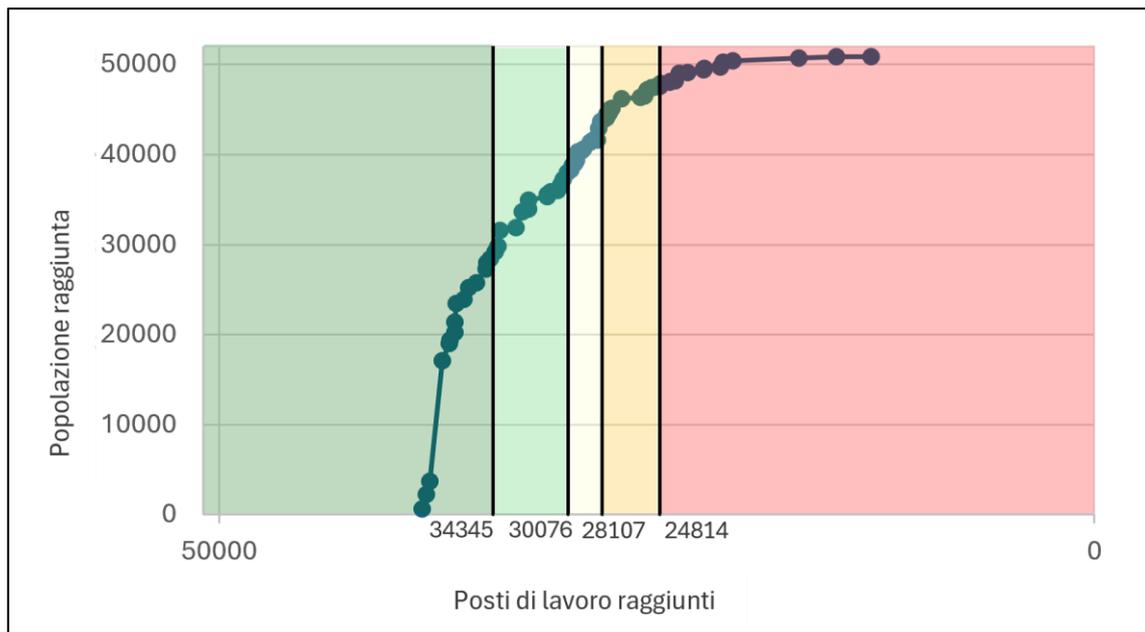


Figura 47 - Distribuzione cumulata della popolazione sui valori di accessibilità potenziale in auto

V.2.1.3 Misura di accessibilità tramite fattori di bilanciamento

Analogamente a quanto ottenuto da Geurs e Ritsema van Eck ([2001:176](#)), la distribuzione spaziale dell'accessibilità al lavoro relativa alla misura con i fattori di bilanciamento risulta simile alla distribuzione dell'accessibilità potenziale. L'unica differenza che si riscontra (Figura 48) è che all'insieme dei comuni con accessibilità maggiore si sostituisce il comune di Roisan, a nord di Aosta, con il comune di Châtillon. Ciò comporta che 1304 residenti occupati in più si aggiungono all'insieme dei residenti occupati (28;449, Figura 47) che accedono ad almeno il 67% dei posti occupati (34;345). Ciò significa che la distribuzione della popolazione occupata (Figura 49) per le due misure differisce in maniera quasi trascurabile. La definizione di fattore di bilanciamento (II.1.2.1) permette di stabilire se una zona è ben accessibile: considerando l'Equazione (9): una buona accessibilità è legata a un valore di $a_i < 1$ e l'effetto è una "dilatazione" del numero di posti raggiunti. Analogamente, considerando l'Equazione (8), una buona accessibilità è legata a un valore di $b_j > 1$ il cui effetto è aggiungere un ulteriore peso (II.1.2.1) alla quantificazione delle occupazioni raggiungibili, per tenere conto non solo della distanza temporale tra le due località (con la funzione d'impedenza) ma anche della loro interazione in termini di flussi attratti da tutte le zone j . Di conseguenza, è intuibile come, per ognuna delle località rappresentate in Figura 48, tutte le località attraggano le popolazioni di tutte le altre in maniera sostanzialmente bilanciata, a eccezione di Châtillon e Brusson, da cui i 74 comuni della Regione attraggono potenzialmente più spostamenti di quelli che il comune stesso

potrebbe generare, per lavoro, e dei comuni di Roisan e Bionaz, da cui i 74 comuni attraggono più spostamenti di quelli che il comune stesso potrebbe generare, per lavoro.

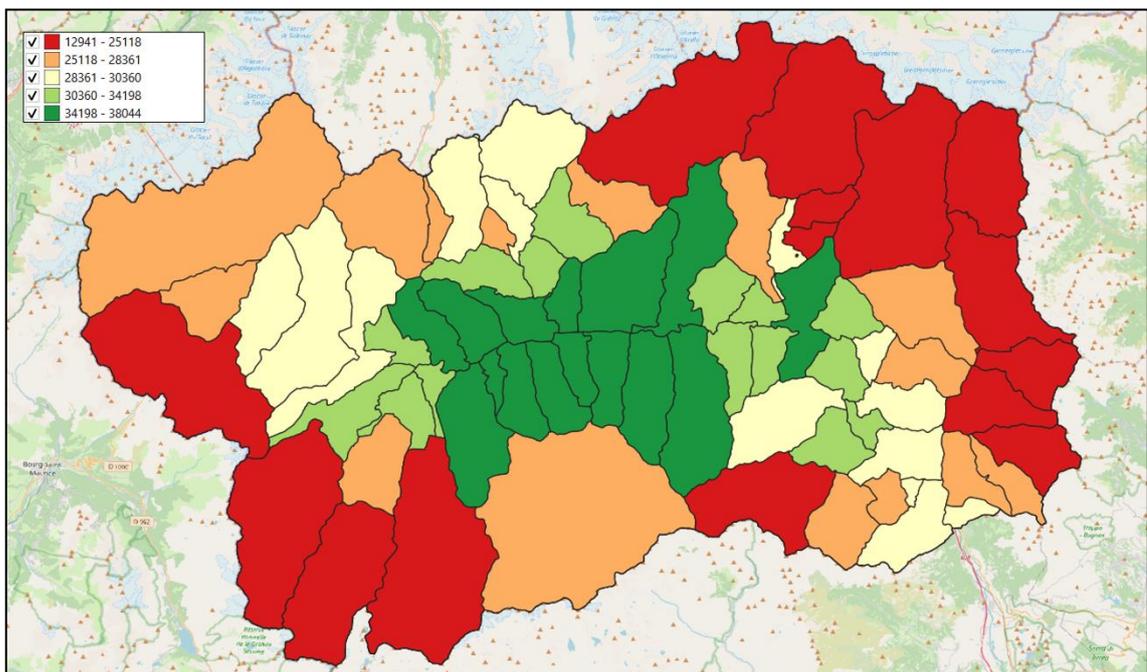


Figura 48 - Misura di accessibilità con fattori di bilanciamento, in auto

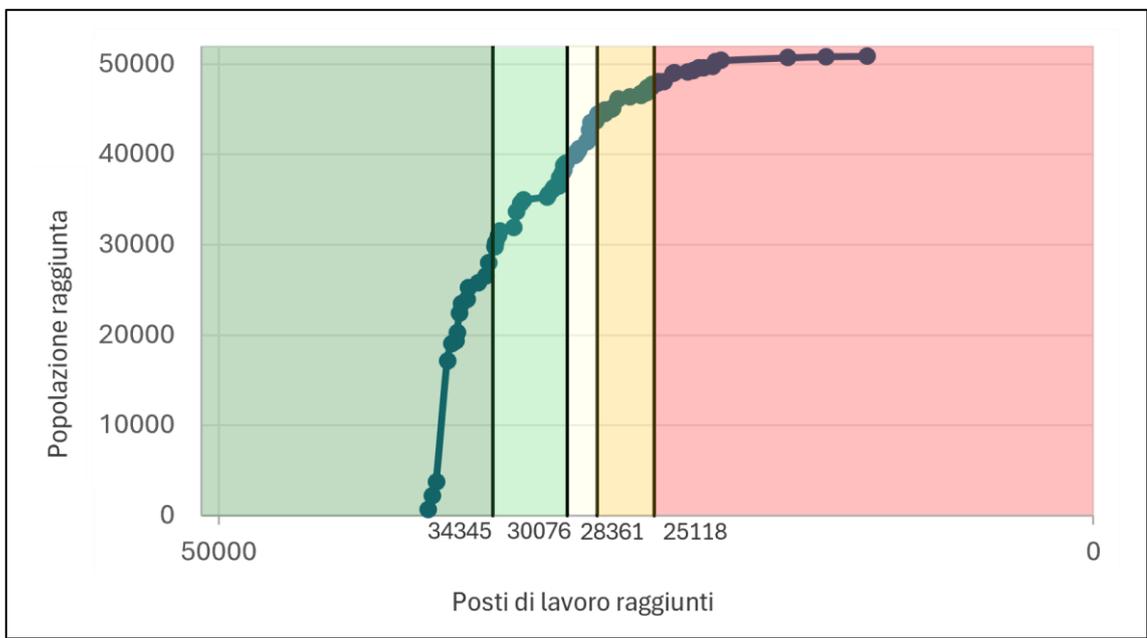


Figura 49 - Distribuzione cumulata della popolazione sui valori di accessibilità con fattori di bilanciamento in auto

V.2.1.4 Indici di Joseph e Bantock

La Figura 50 mostra la mappa dell'accessibilità secondo gli indici di Joseph e Bantock. Analogamente ai risultati ottenuti da geurs e Ritsema van Eck (2001:176), gli indici più alti sono relativi ai comuni della valle centrale, dove si contano 31;505 posti occupati e

29;753 residenti occupati (Figura 51). In questi comuni, quindi, i posti di lavoro occupati sono più della popolazione residente con un'occupazione (*job surplus*): il livello di competizione al lavoro, nell'area più densamente popolata, è relativamente basso, mentre sale decisamente negli stessi comuni in cui l'accessibilità potenziale risulta minima (dai 38 ai 74.6 posti di lavoro ogni 100 residenti occupati).

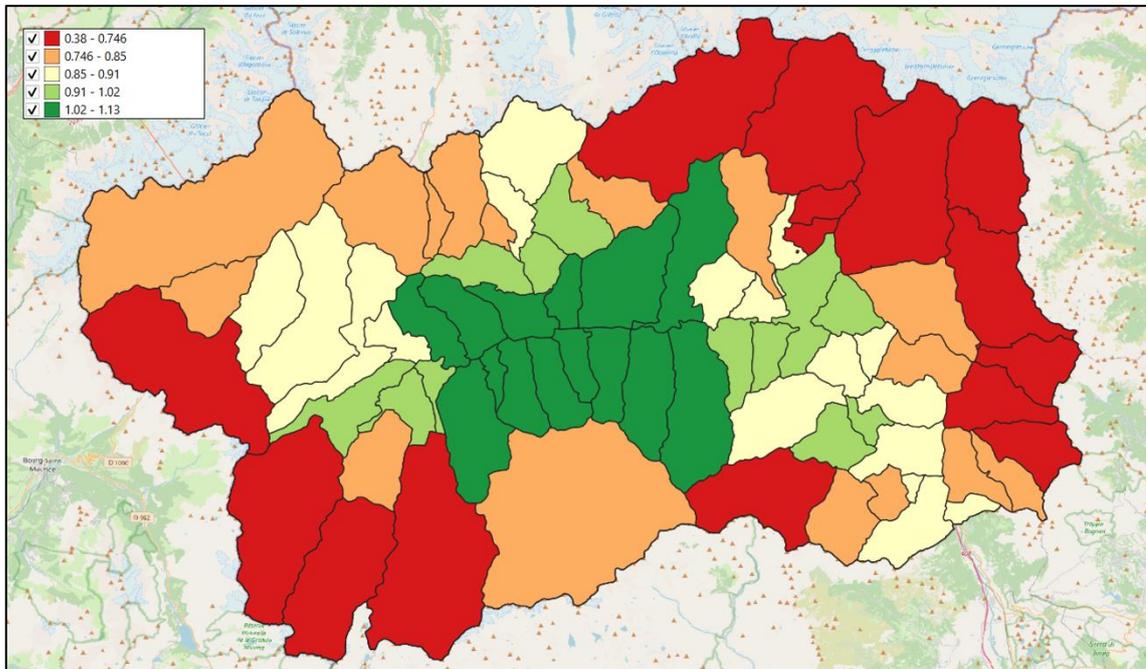


Figura 50 - Indice di accessibilità di Joseph e Bantock, in auto

In Figura 51, la distribuzione della popolazione residente occupata, al variare dell'indice, mostra come più della metà della popolazione (31;541 occupati), benefici di un livello di competizione relativamente basso, contando su almeno un posto di lavoro per ogni persona residente occupata. Questo risultato rappresenta un'ulteriore conferma delle considerazioni fatte nel paragrafo II.1.2.2: nell'area dove è concentrata la maggior parte delle opportunità (componente uso del territorio, in questo caso numero e collocazione dei posti di lavoro) e laddove le infrastrutture sono tali da consentire collegamenti più rapidi (componente di trasporto) l'accessibilità aumenta.

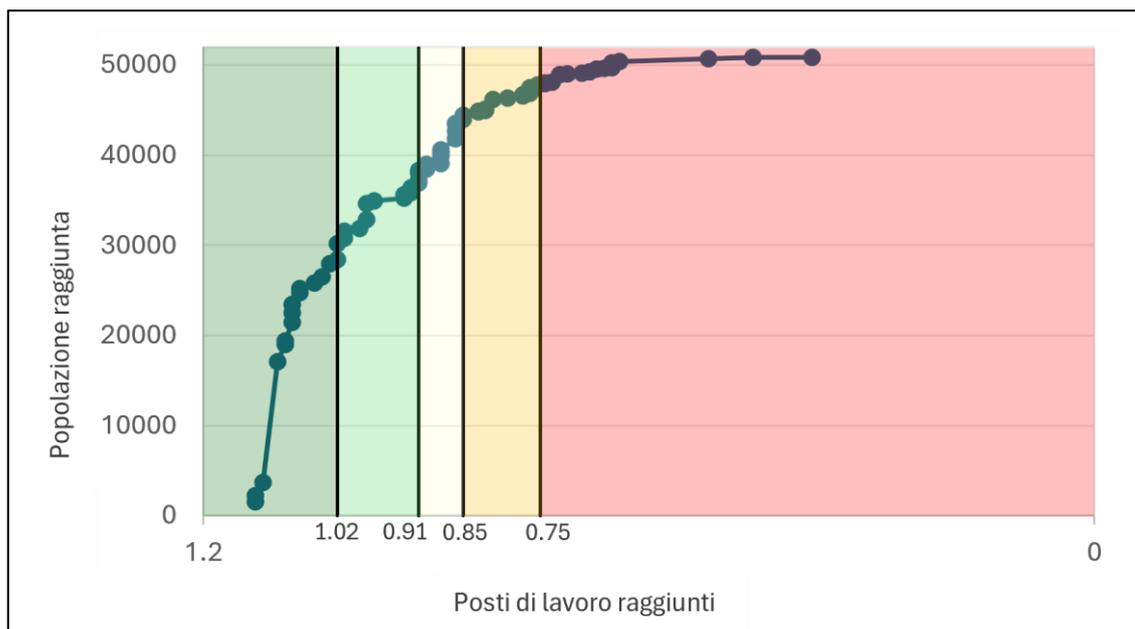


Figura 51 - Distribuzione cumulata della popolazione sull'accessibilità relativa agli indici di Joseph e Bantock

V.2.2 Accessibilità con altro modo di trasporto

V.2.2.1 Misure *contour*

La mappa mostrata in Figura 52 restituisce un quadro coerente con la situazione descritta per gli spostamenti in auto, seppur con qualche differenza. I comuni meno accessibili sono collocati nelle teste delle vallate o in zone sopraelevate e più difficilmente raggiungibili, tra cui Saint-Nicolas (ad accessibilità medio-bassa e contornata da comuni ad accessibilità medio-alta), Allein e Verrayes (ad accessibilità bassa in mezzo a comuni ad accessibilità medio-alta) e La Magdeleine (sprovvista di collegamenti al trasporto pubblico, III.3.3.2). Solo dal 20% dei comuni si raggiungono, con trasporto pubblico o a piedi, almeno il 48% dei posti di lavoro (24;672) entro 45 minuti. Questa situazione può essere attribuita alle lunghe distanze percorse dalle linee di trasporto, lungo le quali i mezzi pubblici sono soggette a molteplici fermate, e alle strade percorse, le quali attraversano i centri abitati, in cui la velocità di percorrenza è minore, e che si adattano alla conformazione del territorio di tipo montano. Si attribuisce l'accessibilità più alta ai comuni dai quali si raggiungono al 48% a un massimo del 72% (36;844) di posti di lavoro, contro il 96% (49;073) raggiungibili se lo spostamento fosse in auto.

La distribuzione sulla popolazione, rappresentata in Figura 53, conferma queste considerazioni, risultando concentrata su valori di accessibilità bassi, ovvero più a destra rispetto agli analoghi grafici presentati per i casi precedenti (V.2.1). Il 46% della

popolazione occupata (l'80% dei comuni) non riesce ad accedere, in 45 minuti di spostamento con i mezzi pubblici, alla metà dei posti di lavoro occupati (48%).

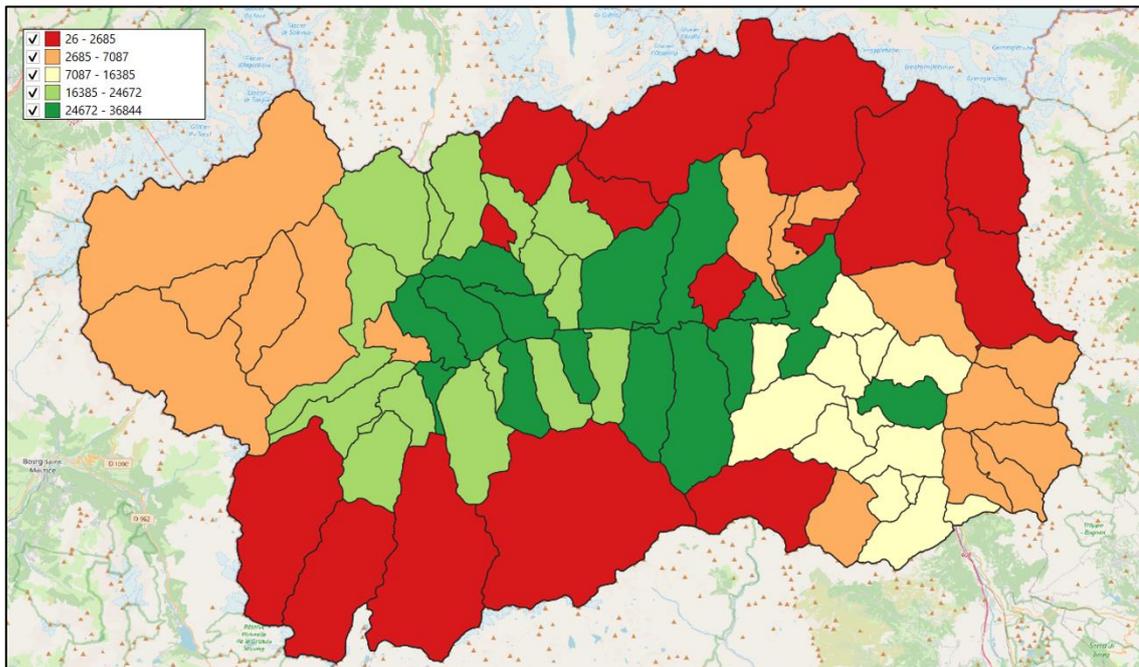


Figura 52 - Misura *Contour45*, accessibilità via trasporto pubblico o camminata

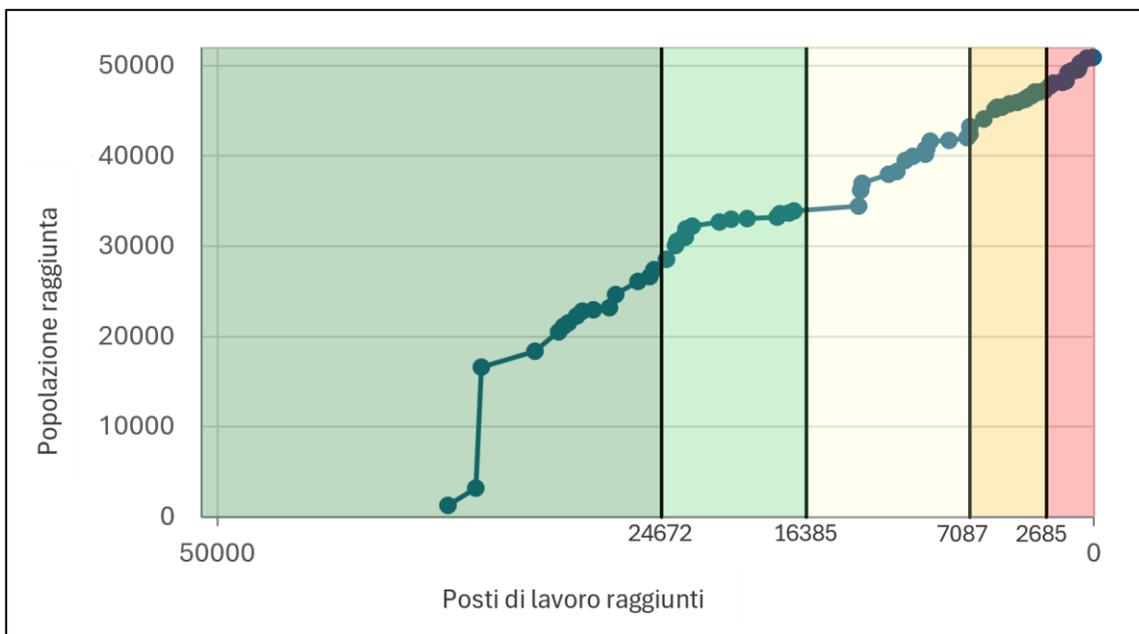


Figura 53 – Distribuzione cumulata della popolazione sull'accessibilità relativa alla misura *Contour45*

Considerando una soglia temporale di 60 minuti (Figura 54) la situazione cambia notevolmente. I valori di accessibilità sono distribuiti in maniera più equilibrata tra le varie classi, e sempre coerentemente con la situazione orografica e demografica. 36;844 (72%) vs 42;433 (83%) Questo risultato fa intuire un aspetto sull'uso del territorio: la maggior parte delle opportunità lavorative si concentra in determinate zone collocate

nella valle centrale. Inoltre, si può dedurre che buona parte delle occupazioni sono raggiungibili, tendenzialmente, tra i 45 e i 60 minuti. Inoltre, il posizionamento dei centroidi nei capoluoghi fa sì che alcuni comuni risultino meno accessibili seppur posizionati nelle zone più centrali, a causa della distanza dei principali centri abitati dalle maggiori infrastrutture: si vedano, per esempio, i comuni dell'*envers* (cintura sud di Aosta) come Charvensod e Gressan.

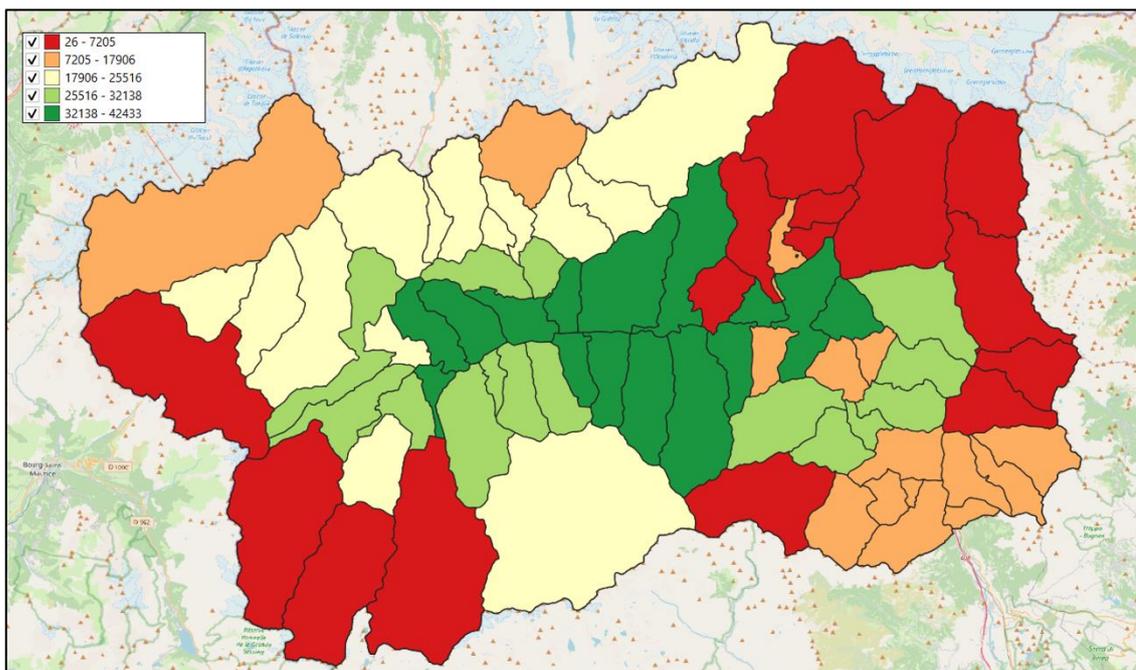


Figura 54 – Misura *Contour60*, accessibilità via trasporto pubblico o camminata

La curva di distribuzione della popolazione, mostrata in Figura 55, presenta un andamento che cresce più rapidamente per quantitativi di posti di lavoro maggiori di 25;579 (sopra il 50%) e si assesta per valori più bassi. Da ciò si deduce alla metà dei comuni più accessibili corrispondono i comuni più popolosi, meglio serviti, dove risiede il 73% degli occupati (37;175). Si può concludere che, almeno qualitativamente, l'offerta di trasporto pubblico risponde discretamente alla domanda.

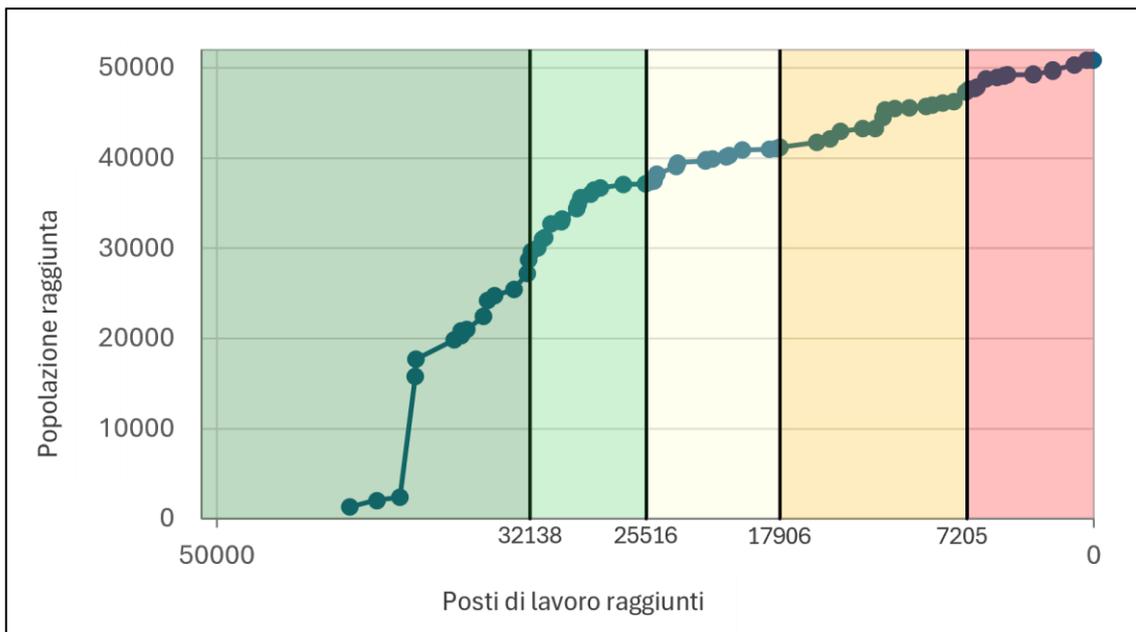


Figura 55 – Distribuzione cumulata della popolazione sull’accessibilità relativa alla misura *Contour60*

V.2.2.2 Misura di accessibilità potenziale

I valori di accessibilità potenziale risultano migliori rispetto a quelli ottenuti con le misure *contour*. L’80% dei comuni permette di accedere a un numero di posti di lavoro maggiore di 25;097, pari al 49%, contro i 7;025 contati con la misura *contour60* (Figura 55) pari a un aumento del 257%) Analogamente al caso del trasporto in auto (V.2.1.2), la ragione di questo aumento è da attribuire all’introduzione della funzione d’impedenza.

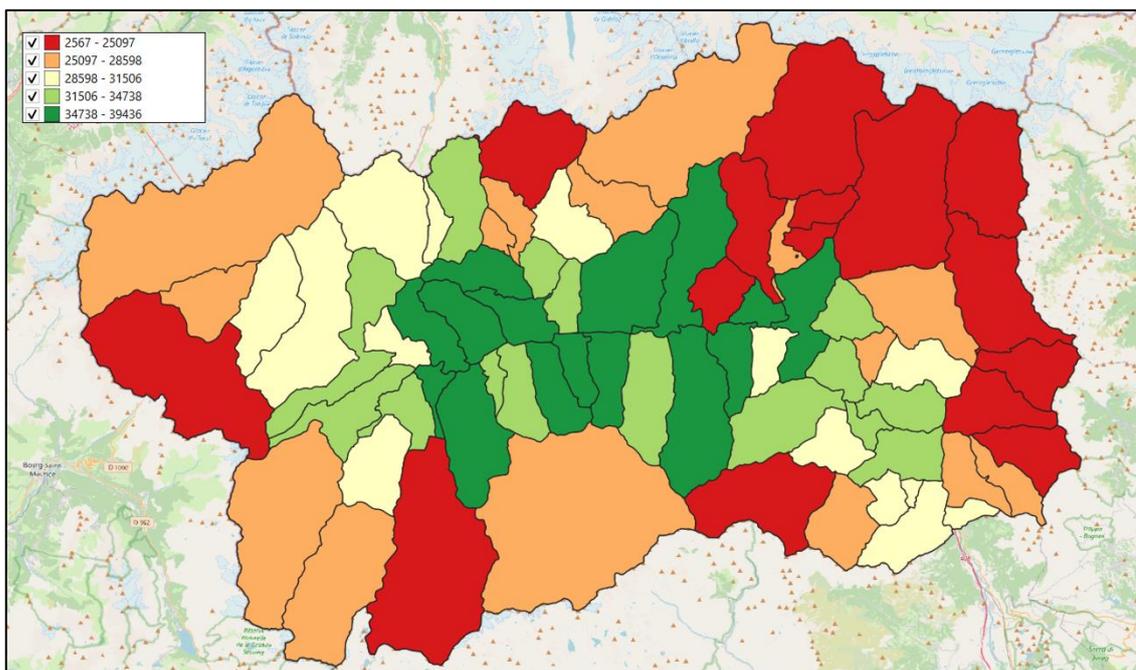


Figura 56 – Misura di accessibilità potenziale, via trasporto pubblico o camminata

In Figura 57, si riporta il confronto tra la curva d'impedenza stimata per il modo trasporto pubblico e camminata, analogo a quello in Figura 1. In effetti, si osserva che con la misura *contour60* si trascura il 64% dei potenziali spostamenti (con la misura *contour45* la quota sale al 72%). Questo spiega l'aumento considerevole di posti di lavoro raggiunti già dalle fasce di comuni meno accessibili.

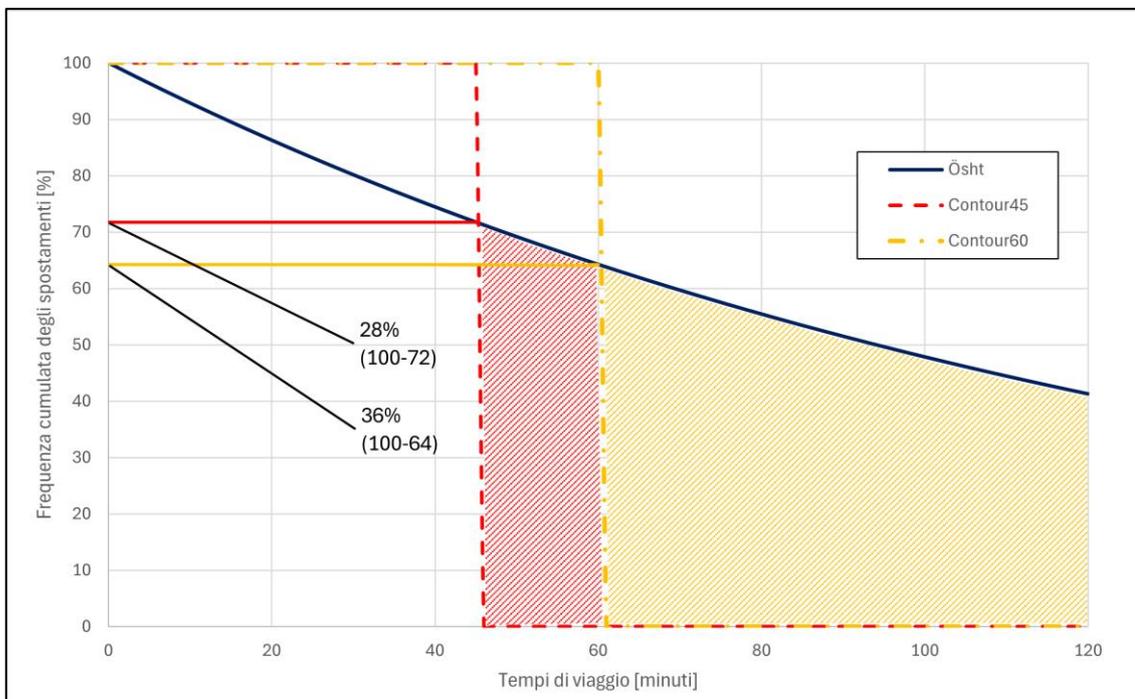


Figura 57 – Confronto funzione d'impedenza e funzioni soglia per misure *contour* (adattamento Figura 1)

Dalla distribuzione riportata in Figura 58 si osserva come la soglia di 25;097 posti di lavoro, circa la metà delle occupazioni registrate, sia raggiunta dalla quasi totalità della popolazione residente occupata. In altre parole, pesando le opportunità in funzione della distanza con le zone di produzione si può contare un'opportunità ogni due individui. Inoltre, si conferma l'andamento osservato per la misura *contour60*: per valori di accessibilità al di sopra dei 30;000 posti di lavoro (circa) la crescita è repentina, il che significa i comuni serviti meglio dal trasporto pubblico o tra i quali gli spostamenti a piedi sono più agevoli sono quelli più popolosi. Si osservano comunque due piccoli intervalli in cui questa crescita si riduce: sono dovuti a comuni con pochi residenti occupati (uno dei quali ne conta solo 148) ma tutti, come evidenziato anche dalla mappa in Figura 56, collocati nella valle centrale, dove si concentrano le più importanti attività economiche.

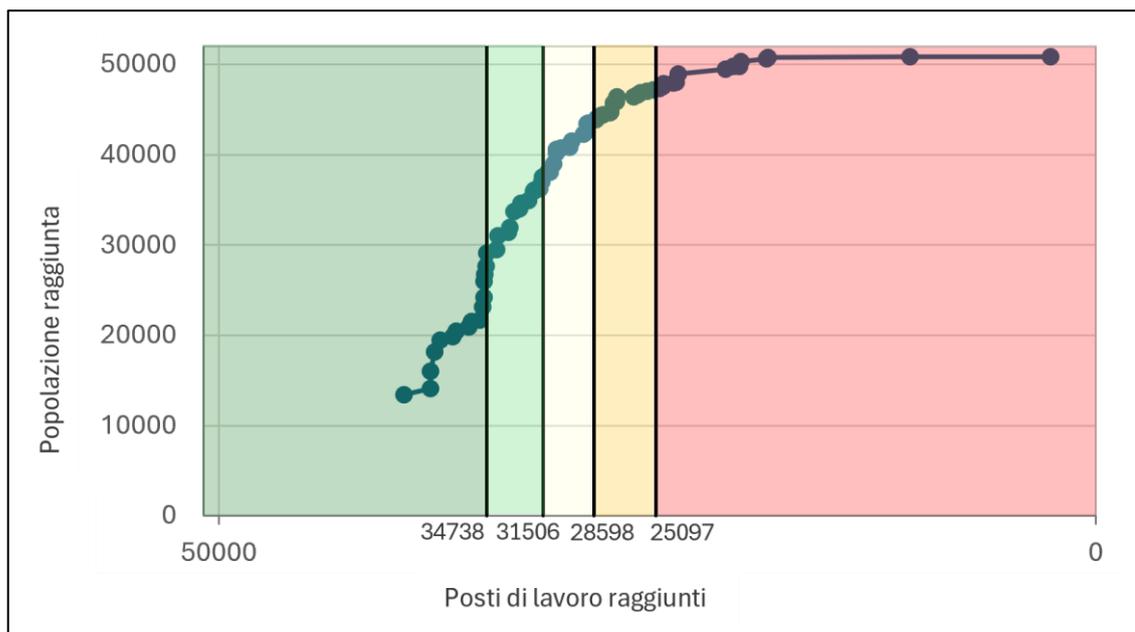


Figura 58 – Distribuzione cumulata della popolazione sui valori di accessibilità potenziale via trasporto pubblico o camminata

V.2.2.3 Misure di accessibilità tramite i fattori di bilanciamento

Anche per il modo trasporto pubblico e camminata non si riscontrano sostanziali differenze tra la situazione descritta attraverso le misure di accessibilità potenziale e quella descritta dalle misure di accessibilità tramite i fattori di bilanciamento. Dalla mappa in Figura 59, si osservano degli importanti aumenti di posti raggiunti in corrispondenza dei comuni di Torgnon, Antey Saint-André e Montjovet. I comuni menzionati sono collocati nei dintorni della zona dei comuni di Châtillon e Saint-Vincent: Antey-St-André e Torgnon sono situati in Valtournenche, mentre Montjovet è un limitrofo di Saint-Vincent, in direzione Torino. Questi due comuni, in effetti, sono due importanti poli di attrazione, dove si contano in totale 3;592 posti di lavoro suddivisi in 858 attività economiche. I fattori di bilanciamento a_i arrivano addirittura a valori intorno a 0.68 per i due comuni della Valtournenche, per i quali, dunque, i quantitativi di posti di lavoro **potenzialmente** accessibili viene incrementato del 147% ($\frac{1}{0.68}=1.47$, ndr.). Si potrebbe dunque dedurre che le linee di trasporto, nell'area descritta, sono tali da permettere un'interazione maggiore tra i comuni interessati da questi aumenti e le zone di attrazione menzionate.

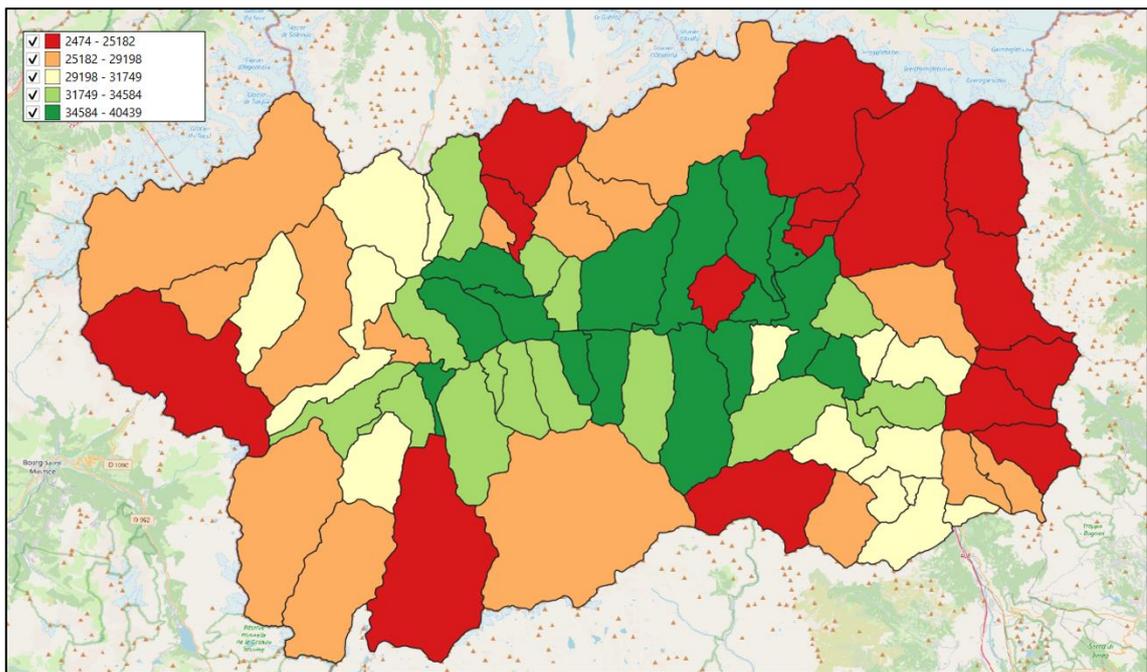


Figura 59 – Misura di accessibilità con fattori di bilanciamento, via trasporto pubblico o camminata

La distribuzione della popolazione occupata, relativa alla misura con i fattori di bilanciamento e presentata in Figura 60, riproduce lo stesso andamento osservato per la misura di accessibilità potenziale. La sola differenza si osserva nel valore di accessibilità maggiore, cui corrispondono solo 257 residenti occupati (comune di Antey-Saint-André).

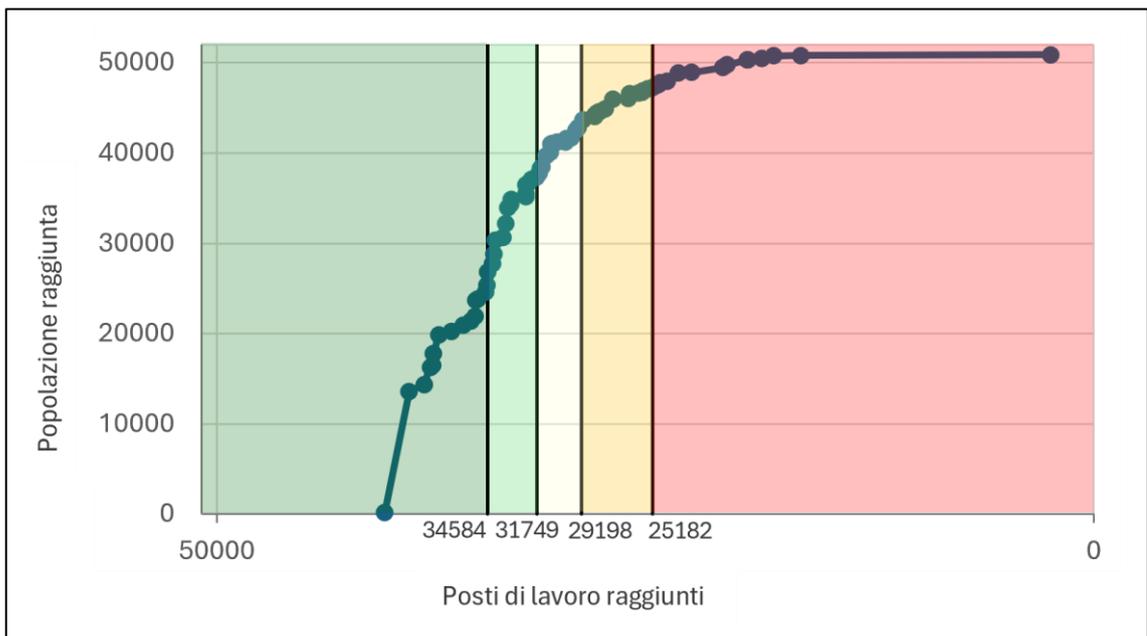


Figura 60 – Distribuzione cumulata della popolazione sui valori di accessibilità con fattori di bilanciamento via trasporto pubblico o camminata

V.2.2.4 Indici di Joseph e Bantock

In Figura 61 si illustra la mappa degli indici di Joseph e Bantock relativa al modo trasporto pubblico e camminata. Rispetto all'analoga mappa relativa al trasporto in auto, si osserva che l'insieme dei comuni dai quali si accede a un numero di posti di lavoro, in rapporto alla popolazione occupata residente, maggiore di uno si mantiene nella parte centrale e più densamente popolata ed estende la sua area al comune di Montjovet in direzione Torino e al comune di Villeneuve in direzione Courmayeur. Questo significa che 24;608 residenti con un'occupazione, pari al 48% dei residenti regionali occupati, hanno accesso, tramite trasporto pubblico o a piedi, a più di un'occupazione lavorativa a testa. In termini di componenti di accessibilità (II.1.2.2), ciò significa che la parte centrale, caratterizzata da un'elevata densità abitativa e occupazionale, presenta una buona distribuzione delle attività lavorative (componente di uso del territorio) e un buon servizio di trasporto pubblico (componente di trasporto).

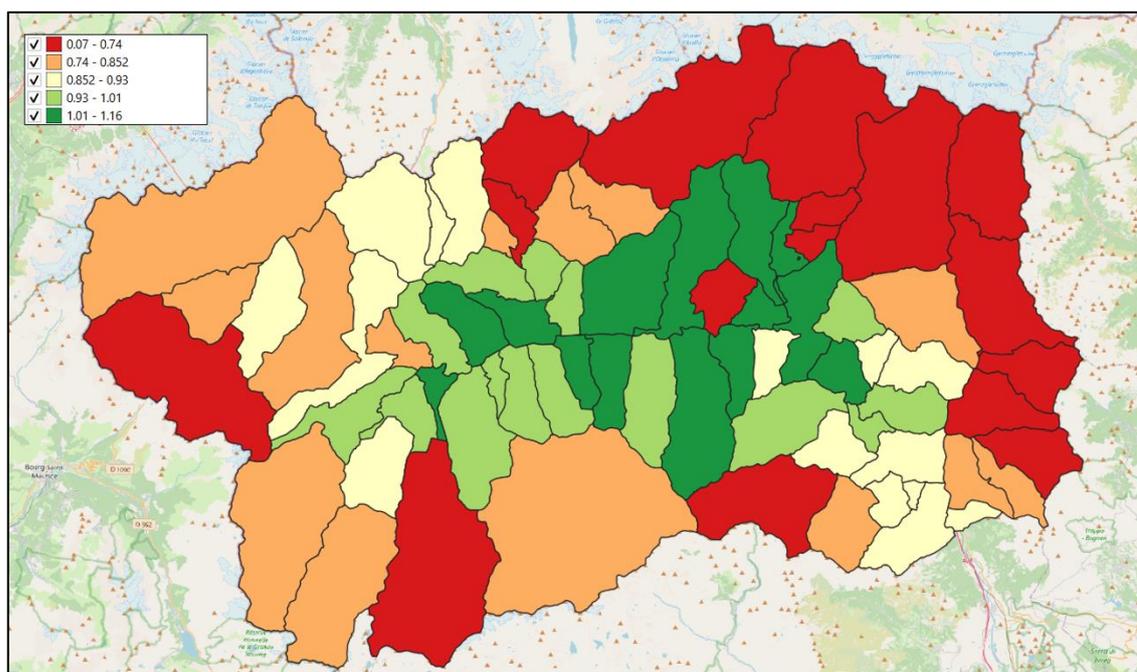


Figura 61 – Indice di accessibilità di Joseph e Bantock, via trasporto pubblico o camminata

La distribuzione della popolazione in Figura 62 conferma il ragionamento sopraesposto: circa 30;327 residenti con un'occupazione (su 50;900, dunque il 60% circa) accede ad almeno un posto di lavoro per abitante, mentre 49;776 occupati (98%), residenti in 68 comuni, accedono a 0.6 posti di lavoro ciascuno. Quindi, il livello di competizione al lavoro è mediamente alto se si prendono come riferimento i comuni, ma diminuisce verso valori più bilanciati se il riferimento è la popolazione residente con un'occupazione. Questo risultato conferma ulteriormente che il servizio di trasporto

pubblico è efficiente laddove c'è una potenziale domanda più importante, ma perde di efficienza nei comuni più remoti che costituiscono la parte di popolazione minore.

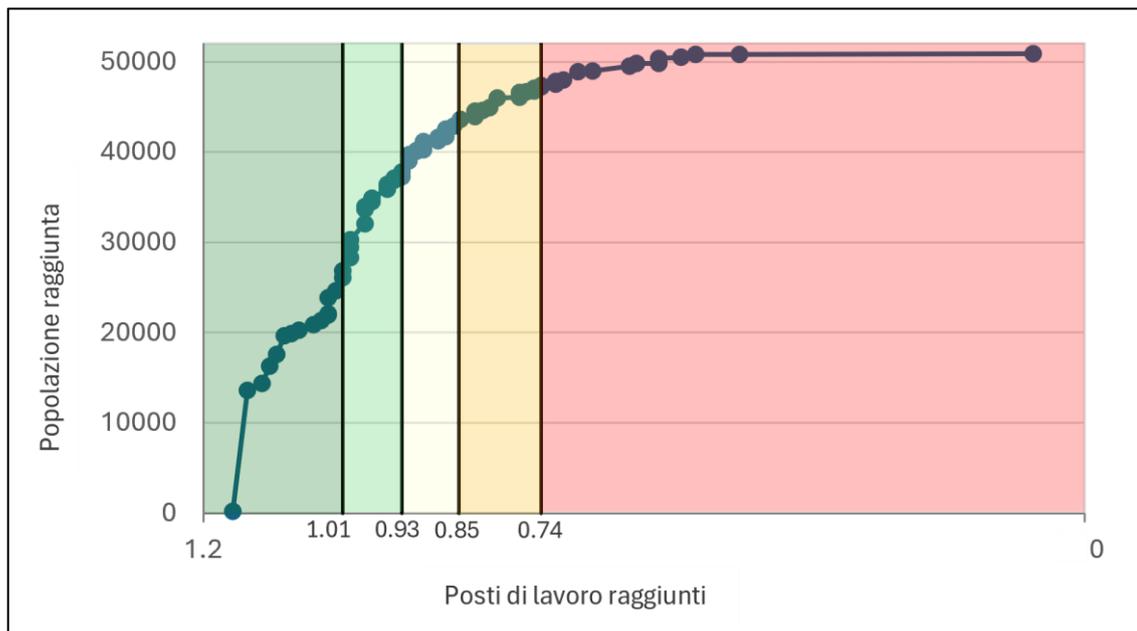


Figura 62 - Distribuzione cumulata della popolazione sull'accessibilità relativa agli indici di Joseph e Bantock

V.2.3 Confronto tra i due modi di trasporto

Si riportano ora le mappe raffiguranti le differenze tra i due modi di trasporto per ognuna delle misure analizzate. Le differenze assolute sono state calcolate tra l'accessibilità tramite trasporto pubblico e camminata e il trasporto in auto, mentre quelle percentuali corrispondono al rapporto tra le differenze assolute e i valori di accessibilità in auto. Come per le mappe sopraesposte, i valori ottenuti sono stati raggruppati in 5 insiemi di simile cardinalità.

In Figura 63 sono riportate le differenze assolute relative alla misura *contour45*. Si mette in evidenza il fatto che 4 classi su 5 sono caratterizzate da differenze negative, vale a dire che nell'80% di comuni (in realtà il 99%, l'unico valore positivo è registrato a Chamois) i quantitativi di posti raggiungibili in 45 minuti con i mezzi pubblici o a piedi è inferiore a quelli raggiungibili nello stesso tempo in auto, a conferma delle osservazioni fatte in precedenza sulle tratte delle linee di trasporto e sull'attraversamento dei centri abitati (V.2.2).

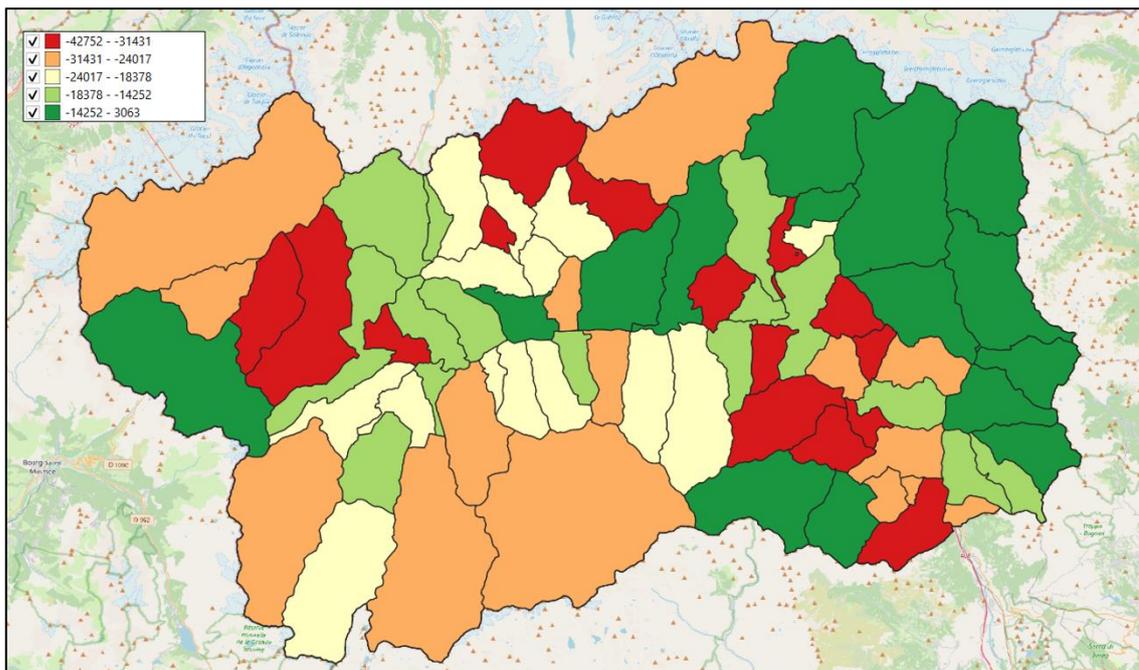


Figura 63 - Differenze assolute tra misure contour45

In Figura 64 sono rappresentate le differenze percentuali, dalle quali si evince che le zone che risultavano meno accessibili, per orografia o demografia, arrivano quasi a raddoppiare i quantitativi di posti accessibili in 45 minuti se gli spostamenti vengono effettuati in auto anziché con i mezzi pubblici. Questa situazione rappresenta un disincentivo all'utilizzo dei mezzi alternativi alle autovetture, seppur relativo a un quantitativo di residenti relativamente piccolo (4;329, pari all'8.5%).

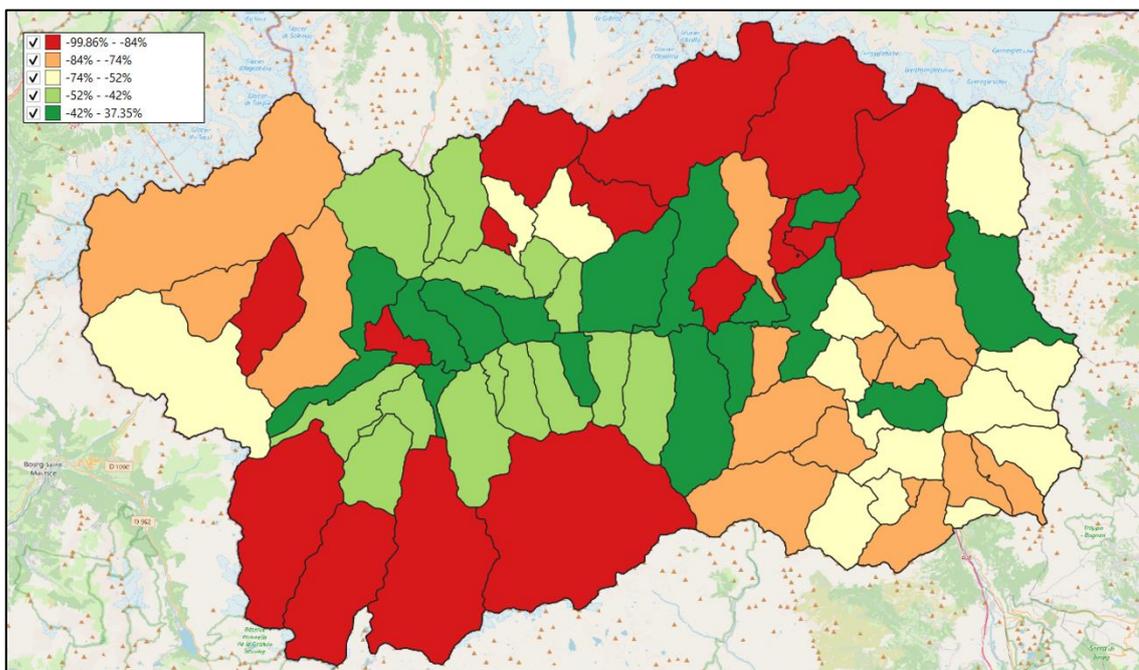


Figura 64 - Differenze percentuali tra misure contour45

Nella mappa in Figura 65 si leggono le differenze relative alla misura *contour60* sono più importanti rispetto a quelle relative alla misura *contour45*. Tra i comuni interessati dalle variazioni maggiori si osserva la presenza di alcuni tra quelli con accessibilità maggiore in auto, a parità di tempo. Ciò a integrazione delle considerazioni fatte in precedenza: il servizio di trasporto pubblico serve discretamente la maggioranza dei residenti lavoratori, ovvero i comuni più popolosi, ma dal punto di vista territoriale, a parità di soglia temporale, il confronto con le possibilità offerte dagli spostamenti in auto è eloquente e indicativo di un'offerta che necessita di miglioramenti.

È doveroso precisare che i tempi di spostamento (5;402 valori) sono stati ricavati manualmente e con strumenti basati su informazioni parziali (cfr. III.1.3 e III.3.3): pertanto le differenze descritte sono da considerarsi indicative. È altresì importante sottolineare che parte delle differenze maggiori corrispondono a comuni della zona di Pont-Saint-Martin, luogo al confine con la Regione Piemonte che non è stata presa in considerazione, comportando l'esclusione dei relativi occupati e dei posti di lavoro raggiunti.

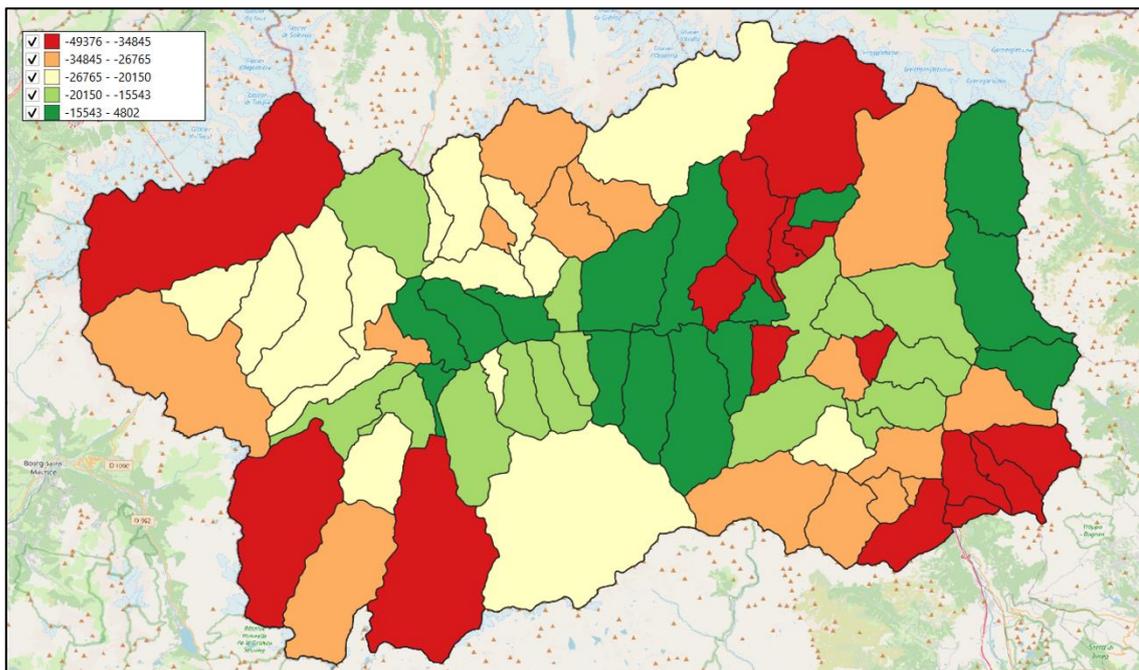


Figura 65 - Differenze assolute tra misure contour60

Le differenze percentuali in Figura 66 confermano le considerazioni sopraesposte: si evidenziano svantaggi lievi, fino al 43% di posti raggiungibili in meno, nella valle centrale, mentre si osserva che nelle teste delle valli laterali il quantitativo di posti raggiungibili quasi si azzerava se non si utilizza l'auto.

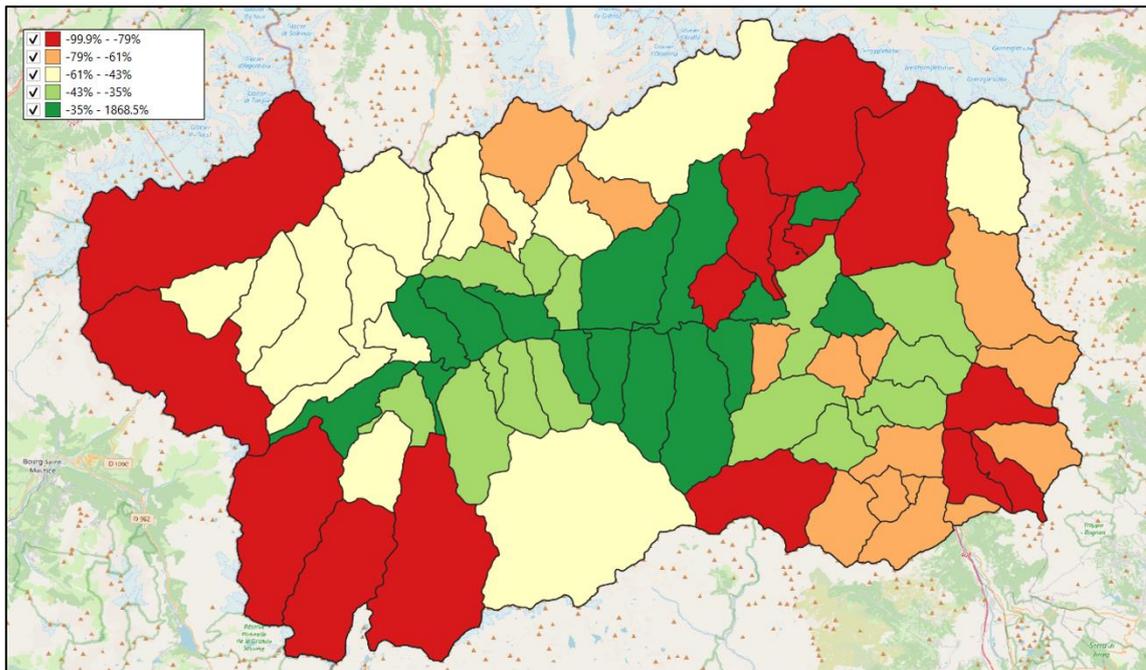


Figura 66 - Differenze percentuali tra misure Contour60

Si riportano di seguito le mappe delle differenze, tra i due modi di trasporto in esame, relative alle misure di accessibilità potenziale e di accessibilità con fattori di bilanciamento e agli indici di Joseph e Bantock. Si osserva che le mappe risultano simili tra loro, motivo per cui si è reso necessario un ulteriore approfondimento, consistito nell'analisi dei fattori di bilanciamento b_j e delle ripartizioni potenziale dei posti di lavoro sulla popolazione $\frac{W_j}{\sum_{i=1}^n P_i F(C_{ij})}$ (cfr. IV.2.3) relativi ai comuni interessati da variazioni estreme.

Da questa analisi è emerso che il considerevole miglioramento dell'accessibilità, dovuto all'utilizzo del trasporto pubblico o della camminata, per il comune di Torgnon è il risultato di una discrepanza tra il quantitativo di occupati nel comune di Torgnon (desunti -cfr. Figura 29- dai dati sugli spostamenti di cui al III.3.2 e alla Figura 28) e la stima degli stessi in base alla funzione d'impedenza. Nello specifico, la prima iterazione del processo di bilanciamento e distribuzione dei flussi (cfr. IV.2.1.2) si ottiene un valore di $b_j^{(1)}$ pari a 62.82. In altre parole, la disuguaglianza tra le previsioni date dall'impedenza e il valore target nello specifico caso è tale da dover dilatare di 63 volte i flussi perché ci sia una corrispondenza tra produzioni e attrazioni. La lettura delle mappe deve essere quindi fatta con la consapevolezza di questa anomalia, attribuibile al fatto che i dati sugli spostamenti per lavoro (III.3.2) non tengono conto del modo di trasporto scelto abitualmente. Un'evidenza analoga è stata osservata per il comune di La

Magdeleine, non raggiunto da alcun servizio di trasporto pubblico, per il quale il fattore di bilanciamento $b_j^{(1)}$ è pari a 12.7.

In generale si evidenziano aumenti, seppur bassi, nella maggior parte dei comuni (si arrivano a raggiungere fino a 7;568 posti in più (15% se paragonati a tutti i posti occupati). Al netto delle anomalie delle stime dei flussi succitate, si può attribuire questo miglioramento al servizio ferroviario (ora bus sostitutivo a causa dei lavori di elettrificazione) presente nella valle centrale e nella bassa valle, il quale garantisce tempi di percorrenza più rapidi dei normali bus di linea grazie al ridotto numero di fermate.

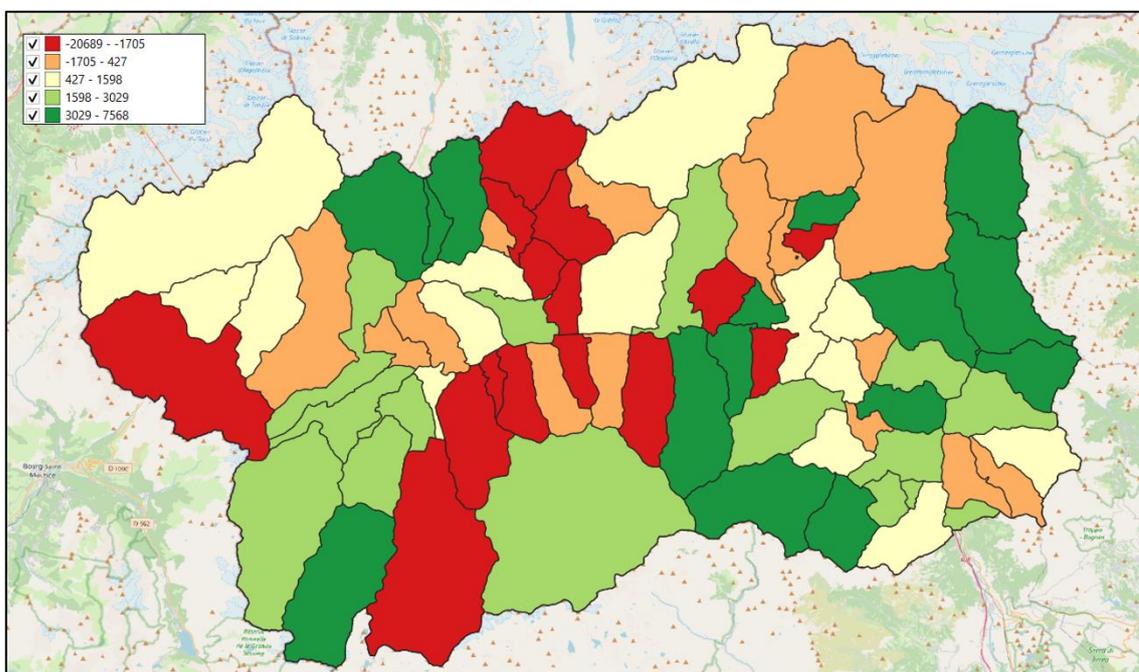


Figura 67 - Differenze assolute tra misure di accessibilità potenziale

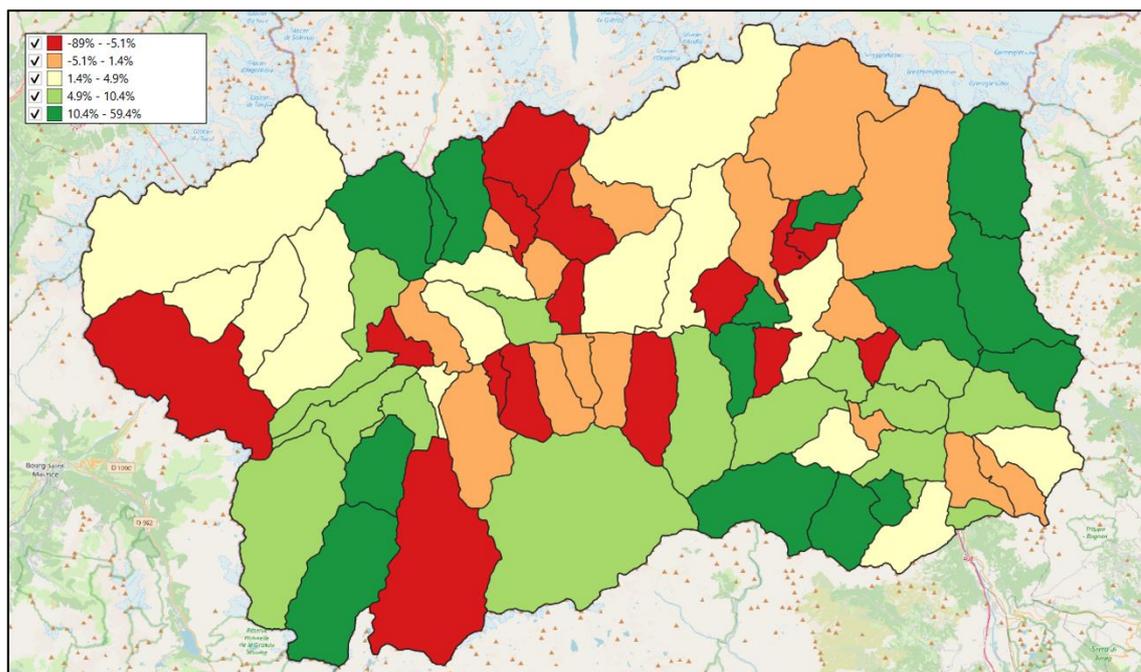


Figura 68 - Differenze percentuali tra misure di accessibilità potenziale

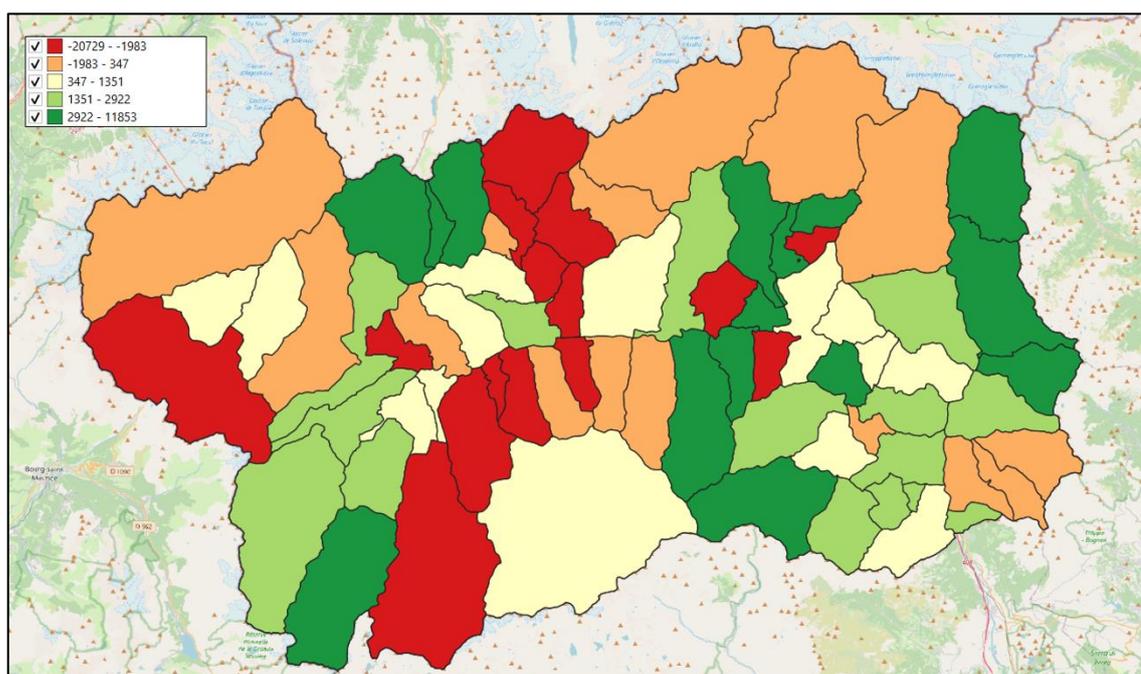


Figura 69 - Differenze assolute tra misure di accessibilità con fattori di bilanciamento

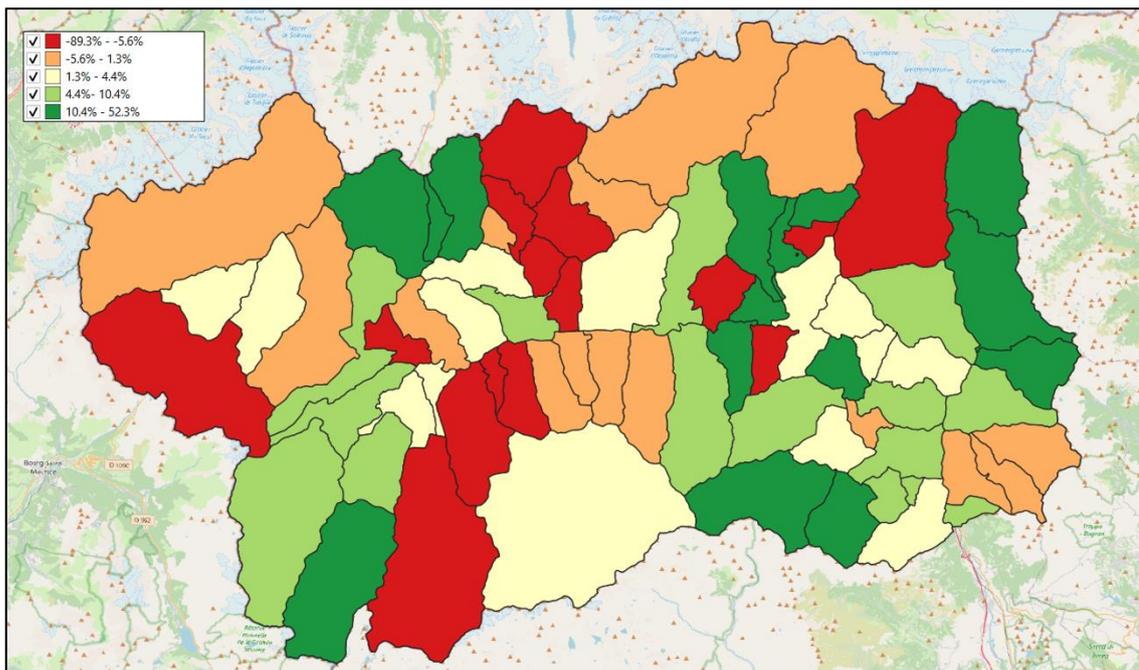


Figura 70 - Differenze percentuali tra misure di accessibilità con fattori di bilanciamento

In Figura 71 sono riportate le differenze assolute relative agli indici di Joseph e Bantock. Si osserva che tra i valori registrati per le due misure non ci sono grosse variazioni: l'80% dei comuni riporta differenze dell'ordine di grandezza del centesimo o più piccola e ripartite simmetricamente. Nei comuni dell'Alta Valle del Lys (Gressoney), in quelli della Valle del Gran San Bernardo e in altri in posizioni più o meno svantaggiose per caratteristiche orografiche, la distribuzione dei posti di lavoro sugli occupati migliora. Questo dato non può essere letto senza precisare che a eccezione dei comuni di Torgnon, Antey-Saint-André e Chamois (limitrofi tra loro) i miglioramenti massimi sono dell'ordine di 1 posto in più ogni 10 lavoratori, una differenza minima.

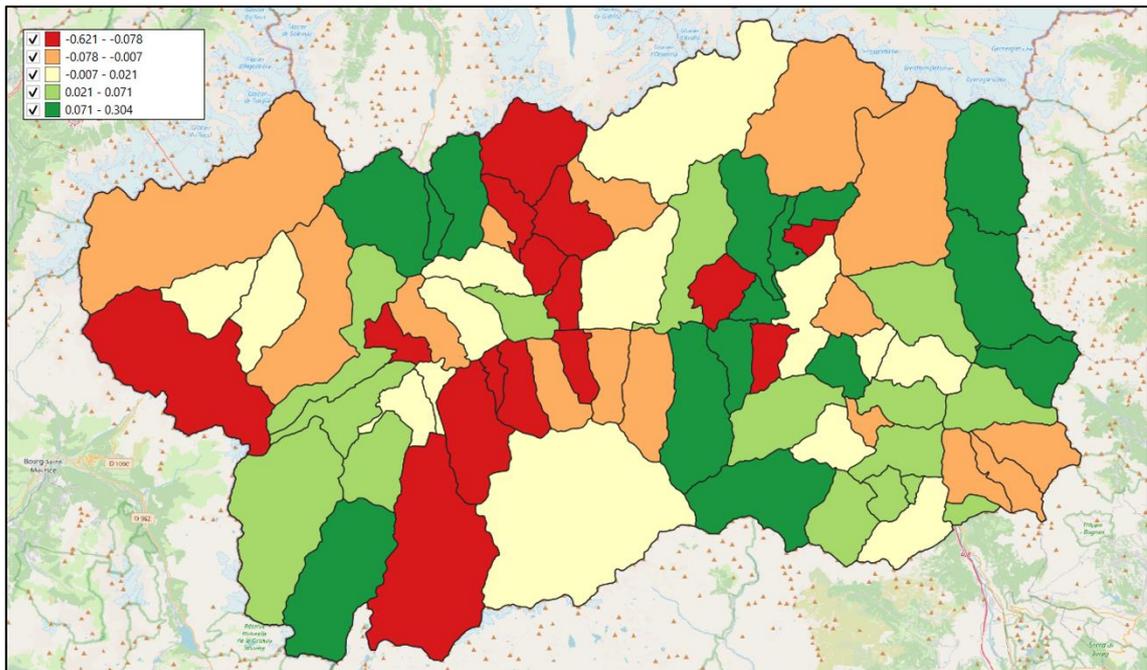


Figura 71 - Differenze assolute tra indici di Joseph e Bantock

VI Variazione dell'accessibilità a seguito della realizzazione del Metrobus

Sulla scorta dei risultati e delle misure sopra esposte, vengono proposte, di seguito, la presentazione e l'analisi del Piano Regionale dei Trasporti della Regione Autonoma Valle d'Aosta 2024-2035.

Il Piano Regionale dei Trasporti (PRT) è un documento di pianificazione strategica, a cadenza decennale, nei settori della mobilità delle persone e del trasporto e logistica delle merci. L'aggiornamento proposto per la Regione Autonoma Valle d'Aosta per il decennio 2024-2035 è contestualizzato nell'ambito del recepimento delle direttive europee (Regolamento CE 1060/2021) su richiesta del MIT. Ciò con il fine di raggiungere gli obiettivi strategici della Politica di Coesione Europea 2021 – 2027, tra cui lo sviluppo di una “rete TEN-T resiliente ai cambiamenti climatici, intelligente, sicura, sostenibile e intermodale” il cui accesso deve essere migliorato tramite il rafforzamento della mobilità locale, regionale e nazionale, più precisamente, per esempio, incentivando la diversione modale e riducendo il traffico motorizzato.

Diversi degli interventi previsti nel piano hanno un impatto potenziale sulle misure di accessibilità territoriale presentate nel capitolo precedente.

Per quanto riguarda gli interventi destinati al traffico motorizzato, viene avanzata l'ipotesi di un miglioramento della capacità di deflusso tra Châtillon e il Piemonte [32] attraverso la realizzazione di una variante tra Bard e Arnad e l'attivazione di una terza corsia dinamica tra Quincinetto e Montjovet. A questo si aggiunge un riequilibrio dei flussi dalla S.S.26 al Raccordo Autostradale Valdostano (A5 Aosta-Monte Bianco), possibile grazie all'applicazione di una manovra tariffaria e all'attivazione completa degli svincoli di Entrèves, Courmayeur e Morgex, con conseguente redistribuzione di fino a 800 veicoli al giorno (327 in direzione T1, 426 in direzione Aosta) dalla strada statale all'autostrada [33].

Per quanto attiene il trasporto pubblico, invece, viene proposta una riorganizzazione degli orari, tramite l'individuazione di punti di interscambio “rendez-vous” in cui la diversione modale viene incentivata, sostanzialmente, riducendo i tempi di attesa e

[32] Da: https://www.regione.vda.it/territorio/allegati/progetti_via_2423_2_PRT_RELAZIONE_GENERALE_AGG.PDF, pagina 21

[33] Da: https://www.regione.vda.it/territorio/allegati/progetti_via_2423_2_PRT_RELAZIONE_GENERALE_AGG.PDF, pagina 35

aumentando la frequenza dei servizi [34]. Questa riorganizzazione è supportata dall'integrazione in un unico sistema tariffario delle diverse linee dei diversi mezzi di trasporto [35]. Nello specifico viene prevista la conversione della stazione ferroviaria di Aosta in un "hub di interscambio modale" in cui confluiscono:

- la nuova ferrovia elettrificata, il cui apporto al miglioramento dell'accessibilità non sarà dato dall'elettificazione ("NON apporterà benefici apprezzabili sui tempi di percorrenza" [36]), ma da diversi interventi di **raddoppio selettivo** (Montjovet, Chambave e Quart) per l'efficientamento delle manovre d'incrocio (rendendo l'incrocio "dinamico", con conseguente risparmio sul tempo di fermata e miglioramento della capacità di assorbire i ritardi (Figura 72);

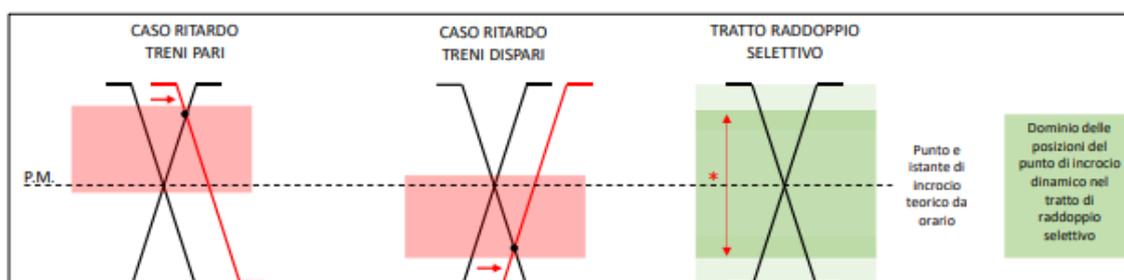


Figura 72 – Schema benefici raddoppio selettivo [37]

- Linea **Bus Rapid Transit (BRT) Aosta - Pré-Saint-Didier**, i cui vantaggi sono: aumento della capacità, della frequenza e della velocità del trasporto pubblico grazie alle corsie preferenziali e un numero ridotto di fermate (rispetto al bus) e disimpegno del normale traffico veicolare grazie alle corsie preferenziali;
- Parcheggio d'interscambio accessibile dall'autostrada con nuova uscita dedicata, facilitando l'**interscambio con ferrovia e BRT** e dirottando le linee bus commerciali al di fuori dell'area urbana (Figura 73)

[34] Da: https://www.regione.vda.it/territorio/allegati/progetti_via_2423_2_PRT_RELAZIONE_GENERALE_AGG.PDF, pagina 45

[35] Da: https://www.regione.vda.it/territorio/allegati/progetti_via_2423_2_PRT_RELAZIONE_GENERALE_AGG.PDF, pagina 59

[36] Da: https://www.regione.vda.it/territorio/allegati/progetti_via_2423_2_PRT_RELAZIONE_GENERALE_AGG.PDF, pagina 115

[37] Da: https://www.regione.vda.it/territorio/allegati/progetti_via_2423_2_PRT_RELAZIONE_GENERALE_AGG.PDF, pagina 44

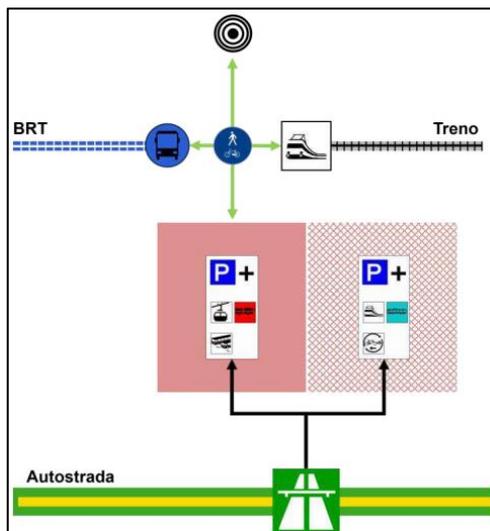


Figura 73 - Schema funzioni di interscambio Hub di Aosta [38]

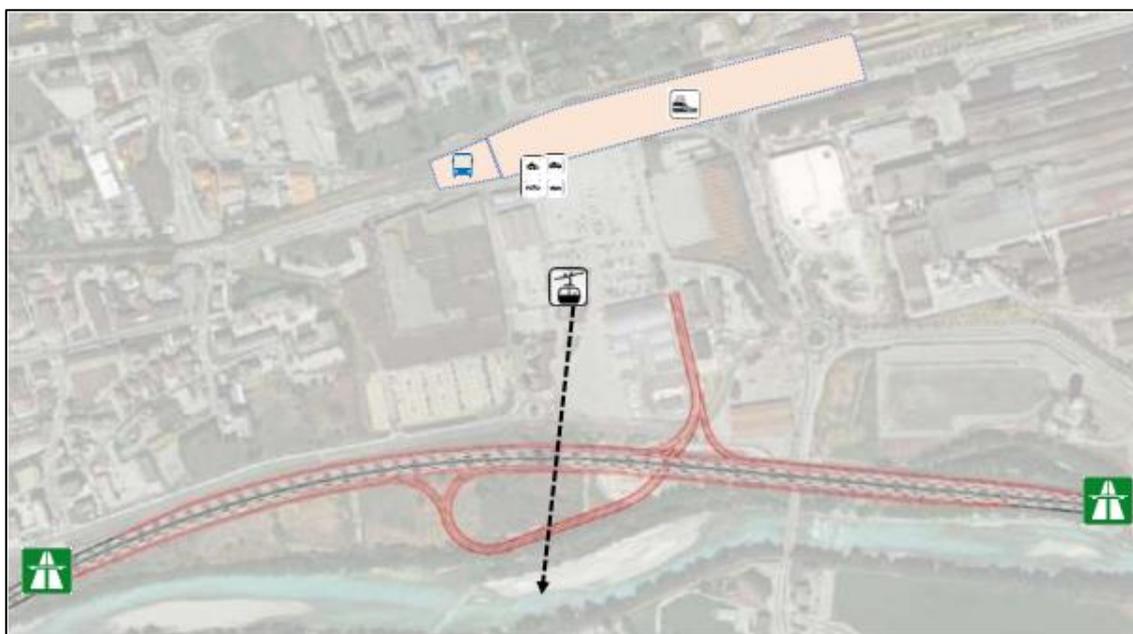


Figura 74 – Schema funzionale esemplificativo della connessione tra l'Hub intermodale di Aosta e la viabilità autostradale [39]

Nel corso dello svolgimento della presente tesi, l'attenzione è stata rivolta al contributo fornito dalla sola introduzione del BRT da Aosta ad Entrèves (Courmayeur), che rappresenterebbe un ripristino (con potenziamento e prolungamento) della vecchia linea ferroviaria Aosta – Pré-Saint-Didier, inattiva dal dicembre 2015 [40].

[38] Da https://www.regione.vda.it/territorio/allegati/progetti_via_2423_2_PRT_RELAZIONE_GENERALE_AGG.PDF, pagina 31

[39] Da https://www.regione.vda.it/territorio/allegati/progetti_via_2423_2_PRT_RELAZIONE_GENERALE_AGG.PDF, pagina 31

[40] Da: <https://www.gazzettamatin.com/gazzettamatin/2015/12/15/trasporti-24-dicembre-stop-aosta-pre-saint-didier/>, consultato in data 11/02/2025

A tale scopo, sono state ripetute le misure e le procedure adottate per il calcolo dell'accessibilità nella Regione, tramite trasporto pubblico e camminata, nel 2022. Nello specifico, è stata fatta una previsione della popolazione occupata e dei posti di lavoro per ogni comune nel 2035 (termine del Piano), quindi sono stati corretti i valori della matrice dei costi generalizzati $[C_{ij}]$ (cfr. III.3.3) relativi agli spostamenti da o verso i comuni interessati dall'intervento.

VI.1 Dati di ingresso

VI.1.1 Previsioni della popolazione occupata e dei posti di lavoro

La previsione del numero di residenti occupati e di posti di lavoro relativi all'anno 2035 è stata svolta con l'ausilio dei dati messi a disposizione dall'Istat nelle banche dati dedicate (cfr. III.1.3). Le uniche proiezioni disponibili per il 2035 sono riferite all'intera regione Valle d'Aosta o al solo comune di Aosta [41]. Pertanto, è stato scelto di risalire al quantitativo di residenti occupati attraverso una stima a regressione lineare con cui è stato possibile stimare il quantitativo di persone residenti per ogni comune, il tasso di residenti occupati e, quindi, il quantitativo effettivo di residenti occupati. Nonostante il metodo possa risultare semplice, il valore ottenuto si discosta di soli 30 individui (63;064 previsti dall'Istat [42] contro i 63;034 stimati).

È stata dunque consultata la serie storica sulla popolazione residente, i cui elementi sono aggregati a livello comunale e con riferimento temporale decennale nell'intervallo dal 1951 al 2011 e annuale (cfr. III.1.1) nell'intervallo 2018-2023.

[41] Da: <https://demo.istat.it/app/?i=PPC>, consultato in data 21/02/2025

[42] Ibidem

VI-Variazione dell'accessibilità a seguito della realizzazione del Metrobus

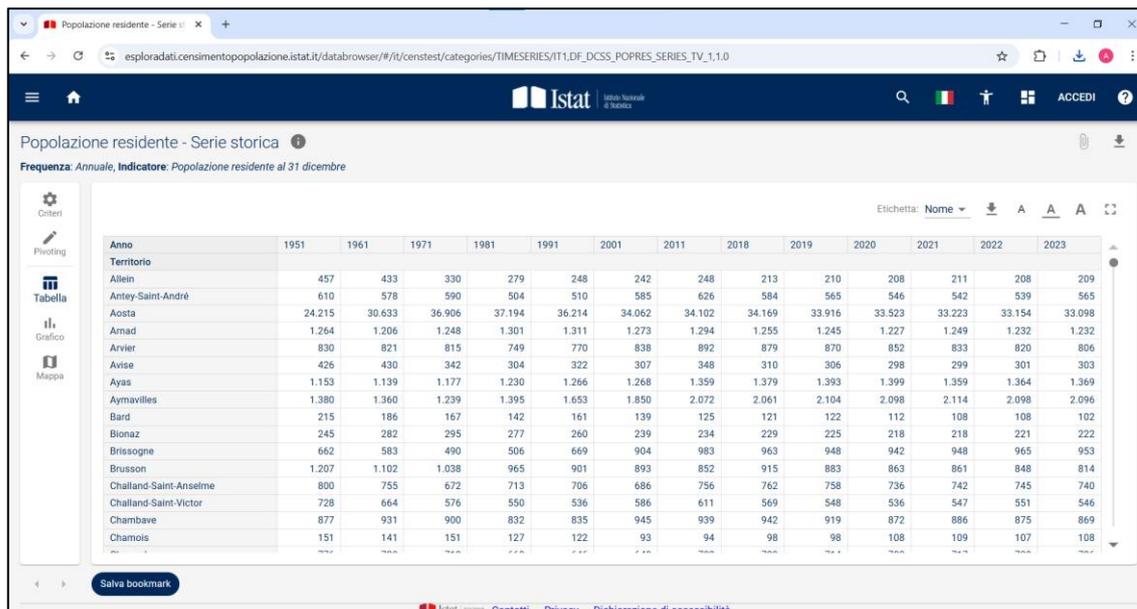


Figura 75 – Popolazione residente per comune e per anno (Fonte: [43])

A questa prima ricerca è seguita una seconda relativa alle persone residenti occupate, per i quali è disponibile un set di dati aggregato a livello comunale relativo agli anni 2018, 2019, 2021 e 2022.

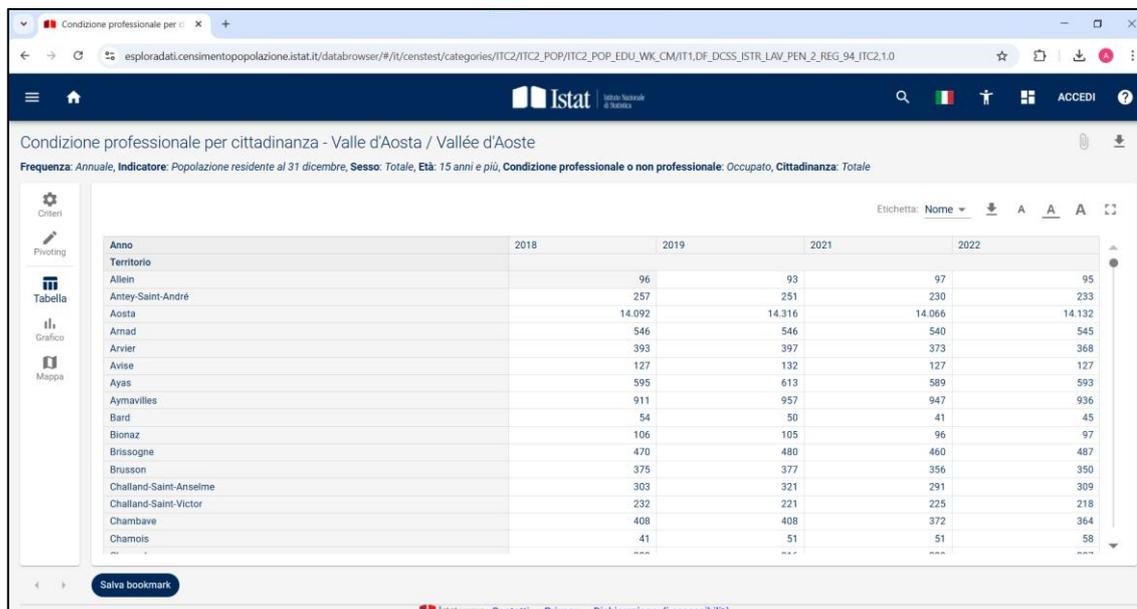


Figura 76 – Popolazione residente occupata per comune e per anno (Fonte: [44])

Analogamente, è stata svolta una ricerca per valutare il quantitativo di posti occupati. La ricostruzione a partire dai dati sul censimento dell'industria e dei servizi (cfr. III.1.2.2)

[43] Da: https://esploradati.censimentopopolazione.istat.it/databrowser/#/it/censtest/categories/TIMESERIES/IT1,DF_DCSS_POPRES_SERIES_TV_1,1,0, consultato in data 21/02/2025

[44] Da: https://esploradati.censimentopopolazione.istat.it/databrowser/#/it/censtest/categories/ITC2/ITC2_POP/ITC2_POP_EDU_WK_CM/IT1,DF_DCSS_ISTR_LAV_PEN_2_REG_94_ITC2,1,0, consultato in data 21/02/2025

VI-Variazione dell'accessibilità a seguito della realizzazione del Metrobus

restituiva dei quantitativi difforni da quelli ottenuti per la popolazione (con differenze tra i totali di popolazione occupata e posti occupati del 13%). Per il set Posizioni lavorative alle dipendenze (Figura 77) si hanno a disposizione dati con riferimento trimestrale a partire dall'anno 2010. Nonostante il livello di aggregazione degli stessi sia nazionale, il loro utilizzo ha permesso di ottenere risultati più ragionevoli: la differenza tra i totali scende al 5%. Per semplicità di calcolo, è stato imposto che i totali degli spostamenti si eguagliassero, in analogia al set del 2022. L'imposizione è stata applicata scalando i valori ottenuti in base alla quota parte di posti occupati per ogni comune nel 2022, ammettendo che questa possa rimanere costante. In questo modo, l'errore che si commette è del 5% per ciascun comune.

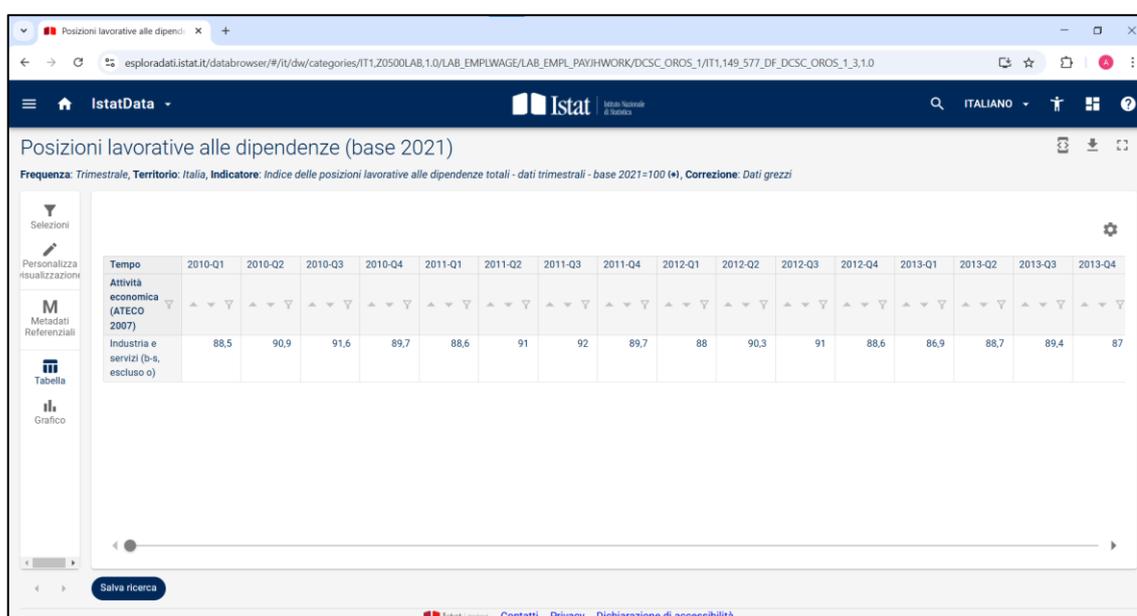


Figura 77 – Andamento temporale delle posizioni lavorative (Fonte: [45])

VI.1.2 Nuovi tempi di spostamento

A partire dai dati sulle prestazioni, i tempi di spostamento relativi ai tratti serviti dal servizio BRT sono stati calcolati tenendo conto del tracciato proposto nel Piano, alla sezione 5.2, di cui è stata ricavata la lunghezza attraverso Qgis (Figura 78), e delle caratteristiche prestazionali di un veicolo BRT, tra cui un valore di accelerazione (e decelerazione) pari a 1 m/s^2 , una velocità massima di 70 km/h [46] e un tempo di sosta a ogni fermata pari a 15 secondi [47].

[45] Da: https://esploradati.istat.it/databrowser/#/it/dw/categories/IT1.Z0500LAB.1.0/LAB_EMPLWAGE/LAB_EMPL_PAYJHWORK/DCSC_OROS_1/IT1.149_577_DF_DCSC_OROS_1_3.1.0, consultato in data 21/02/2025

[46] Da: <https://www.pmrimini.it/metromare/>, consultato in data 11/02/2025

[47] Da: <https://www.volvobuses.com/it/city-and-intercity/bus-rapid-transit.html>, consultato in data 11/02/2025

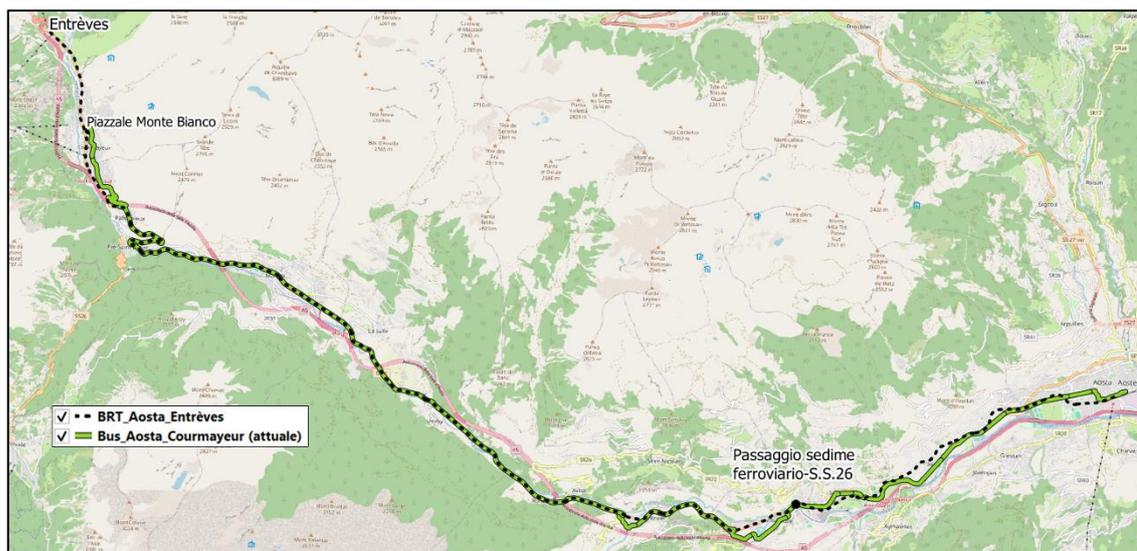


Figura 78 – Confronto percorsi linea BRT e linea bus attuale

Inoltre, l'integrazione dei tempi di spostamento tramite BRT è stata effettuata tenendo conto di una sola fermata per ogni comune servito e trascurando gli effettivi tempi di interscambio, di cui si hanno dati parziali e solamente qualitativi.

Pertanto, i risultati ottenuti sono da considerarsi approssimati e puramente indicativi dell'effetto dell'introduzione del servizio metrobus sulla linea Aosta-Entrèves.

VI.2 Risultati

Si illustrano ora i risultati ottenuti.

Si evidenzia innanzitutto che la nuova linea BRT, per come illustrata nel Piano ([48] e Figura 78), garantirebbe rispetto alla linea bus attualmente in esercizio un aumento della velocità commerciale da 39 km/h a 55 km/h, permettendo di raggiungere Courmayeur in meno di 40 minuti (contro i 60 necessari attualmente).

Le mappe relative al confronto tra le misure *contour* sono organizzate in maniera differente rispetto alle altre: per 42 comuni è stato stimato un aumento dei posti raggiungibili in 45 minuti del 23.84%, in altri due un aumento del 24% circa. La collocazione geografica nella parte orientale della Regione in cui si osserva questo numero elevato di comuni caratterizzato dallo stesso incremento di accessibilità è coerente con la “perturbazione” apportata dalla sostituzione della linea bus con il BRT in quanto il cambiamento impatterebbe principalmente i comuni evidenziati in Figura 80. I valori negativi rappresentati sono da attribuire a fattori demografici: infatti, le

[48] Da: https://www.regione.vda.it/territorio/allegati/progetti_via_2423_2_PRT_RELAZIONE_GENERALE_AGG.PDF, pagina 51

VI-Variazione dell'accessibilità a seguito della realizzazione del Metrobus

misure *contour* dipendono esclusivamente dai tempi di spostamento. Poiché questi sono stati mantenuti costanti o migliorati (laddove nel percorso si prevede l'utilizzo del BRT), l'unica ragione per cui l'accessibilità dovrebbe diminuire è una redistribuzione delle attività lavorative o della popolazione. Si osserva infine un aumento particolarmente marcato (735%) in corrispondenza del comune di Saint-Nicolas. Questo aumento, come già precedentemente osservato deve essere contestualizzato all'analisi svolta, caratterizzata da assunzioni e approssimazioni e dall'esclusione dei tempi di attesa per l'interscambio on la linea BRT o con gli altri servizi di trasporto pubblico.

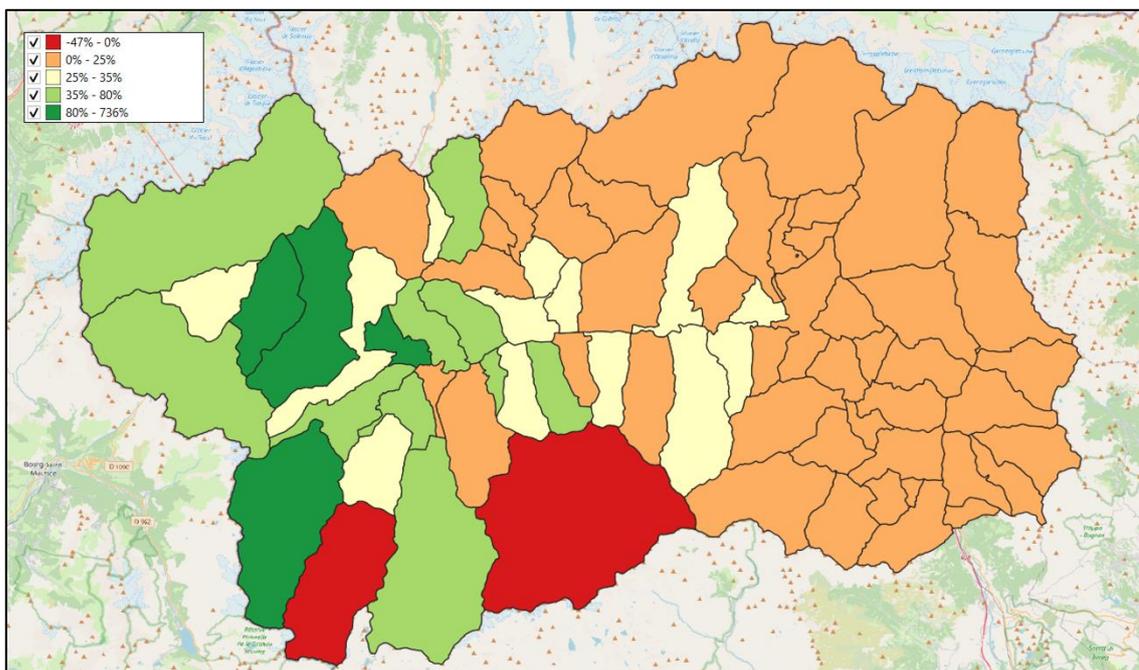


Figura 79 - Confronto tra scenario 2035 e situazione 2022, relativo alla misura *contour45* tramite trasporto pubblico e camminata

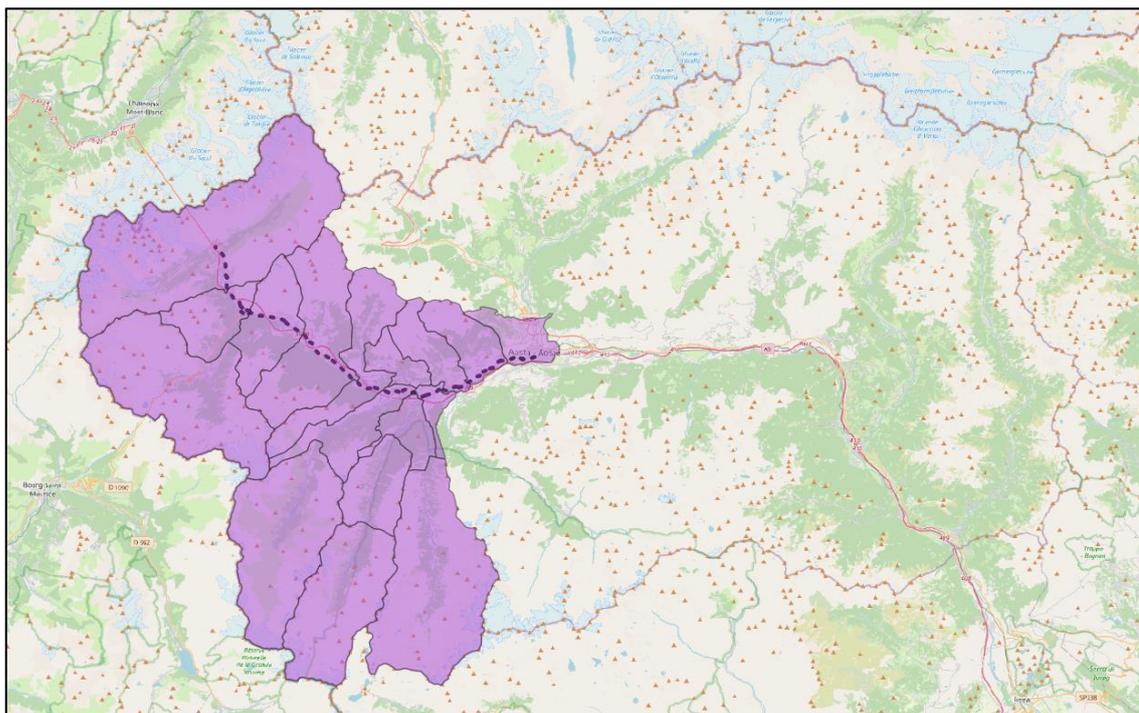


Figura 80 - Comuni serviti direttamente o indirettamente dalla nuova linea BRT (linea tratteggiata)

La mappa in Figura 81 risulta essere più intuitiva. Si osservano solo aumenti di accessibilità, in particolare quelli più significativi (sopra al 45%) sono sempre collocati nella zona servita (Figura 80). Si nota inoltre una redistribuzione dei comuni tra le classi più equilibrata, anche se ancora la maggioranza (34 comuni su 74, il 46%) è caratterizzata da variazioni comprese tra il 23 e il 25%. L'aumento del 639% (legenda in Figura 81) è sempre relativo al comune di Saint-Nicolas, per il quale valgono le considerazioni sopraesposte.

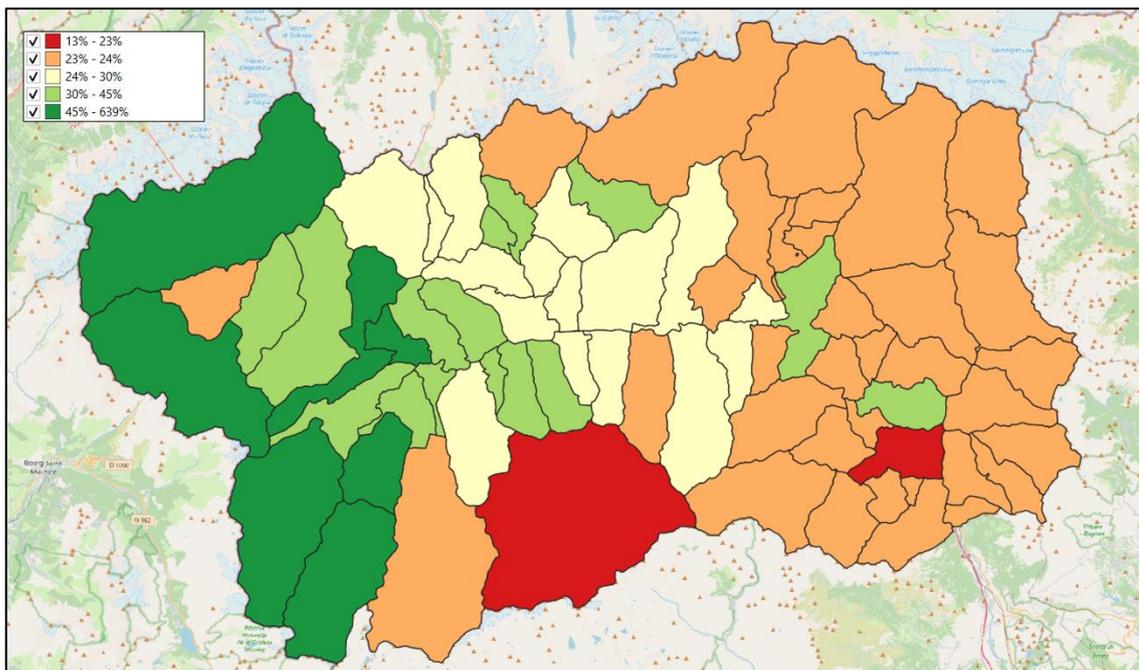


Figura 81 - Confronto tra scenario 2035 e situazione 2022, relativo alla misura contour60 tramite trasporto pubblico e camminata

In Figura 82, raffigurante la mappa relativa alla misura di accessibilità potenziale, si osserva che l'introduzione della funzione d'impedenza permette di suddividere nuovamente i valori ottenuti per gruppi omogenei di comuni (20%). Inoltre, si stimano aumenti massimi contenuti al di sotto del raddoppio, quindi più ragionevoli. Questo riequilibrio può essere interpretato come conseguenza degli errori di stima dei posti di lavoro raggiunti dovuti alla non attribuzione di un peso a ciascuna attività intercettata, con conseguente sovrastima (o sottostima) delle attività raggiungibili (o non) entro la soglia temporale. Si mette inoltre in evidenza che per l'80% dei comuni gli incrementi sono concentrati tra il 19 e il 25%.

VI-Variazione dell'accessibilità a seguito della realizzazione del Metrobus

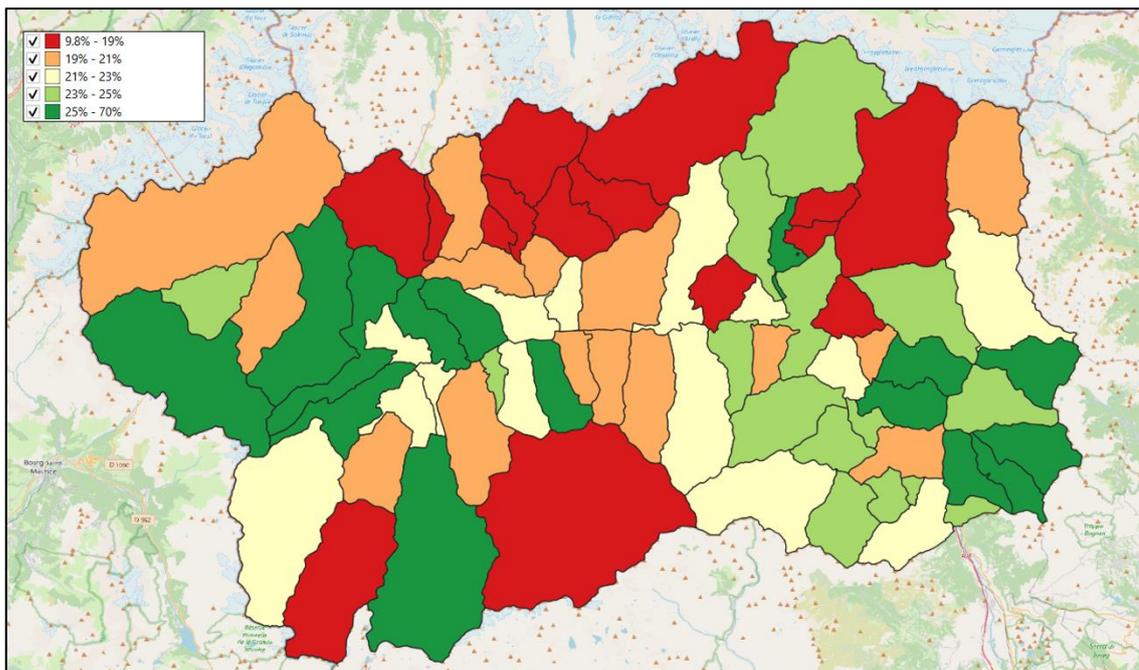


Figura 82 - Confronto tra scenario 2035 e situazione 2022, relativo alla misura di accessibilità potenziale tramite trasporto pubblico e camminata

In Figura 83 è riportata la mappa relativa alla misura tramite fattori di bilanciamento. A differenza dei casi precedenti, vi sono delle differenze rispetto ai risultati ottenuti con la misura di accessibilità potenziale. Gli incrementi maggiori si osservano, principalmente nei comuni serviti dal BRT (Figura 80), a dimostrazione del significato fisico del fattore di bilanciamento: grazie al servizio migliore, le attività lavorative del territorio sono in grado di attrarre più spostamenti (cioè lavoratori) in maniera importante.

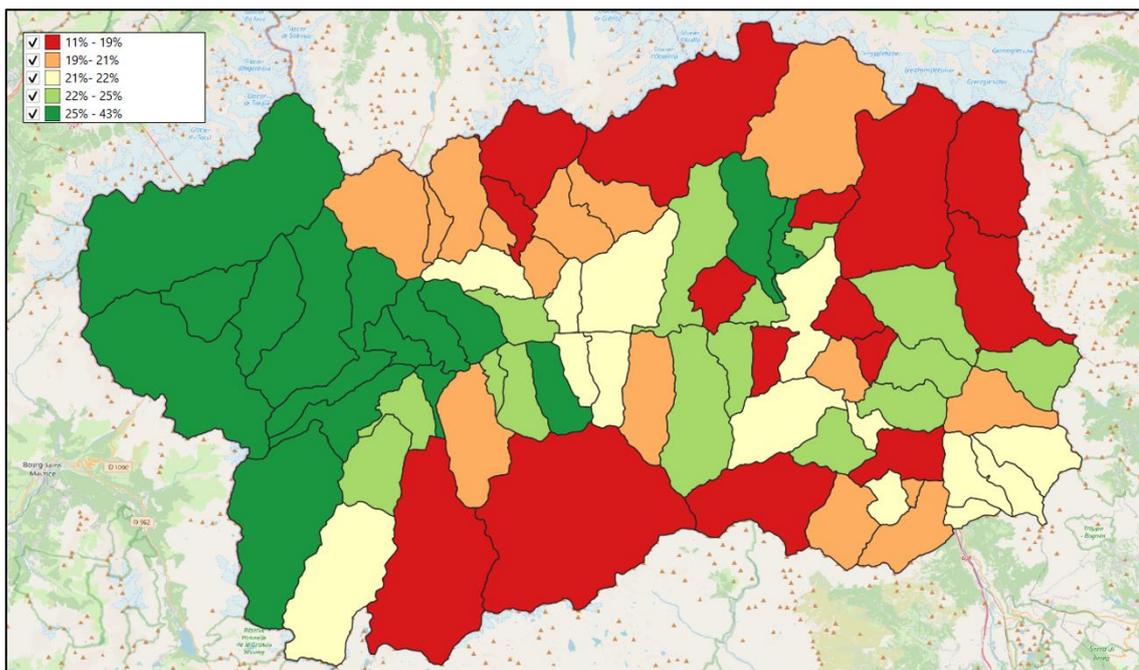


Figura 83 - Confronto tra scenario 2035 e situazione 2022, relativo alla misura di accessibilità attraverso i fattori di bilanciamento tramite trasporto pubblico e camminata

VI-Variazione dell'accessibilità a seguito della realizzazione del Metrobus

In Figura 84 è riportata la mappa che confronta gli indici di Joseph e Bantock tra il 2035 e il 2022. I valori estremi sono relativamente bassi: variano da una diminuzione di circa 8 posti di lavoro disponibili ogni 100 residenti lavoratori a un aumento di 16 posti disponibili ogni 100 residenti lavoratori. Nello specifico, dei cambiamenti quasi nulli (± 1 posti per cento lavoratori) sono apprezzabili in comuni da Aosta (inclusa) verso est, i quali si stima conteranno 38;829 residenti con un'occupazione (circa il 62%). Contemporaneamente, si prevede che diversi comuni dell'area servita dal servizio BRT perdano dei posti da distribuire per ciascun lavoratore residente, seppur in rapporti relativamente bassi. Anche questo dato, seppur controintuitivo, può essere giustificato da variazioni demografiche indipendenti dai servizi di trasporto.

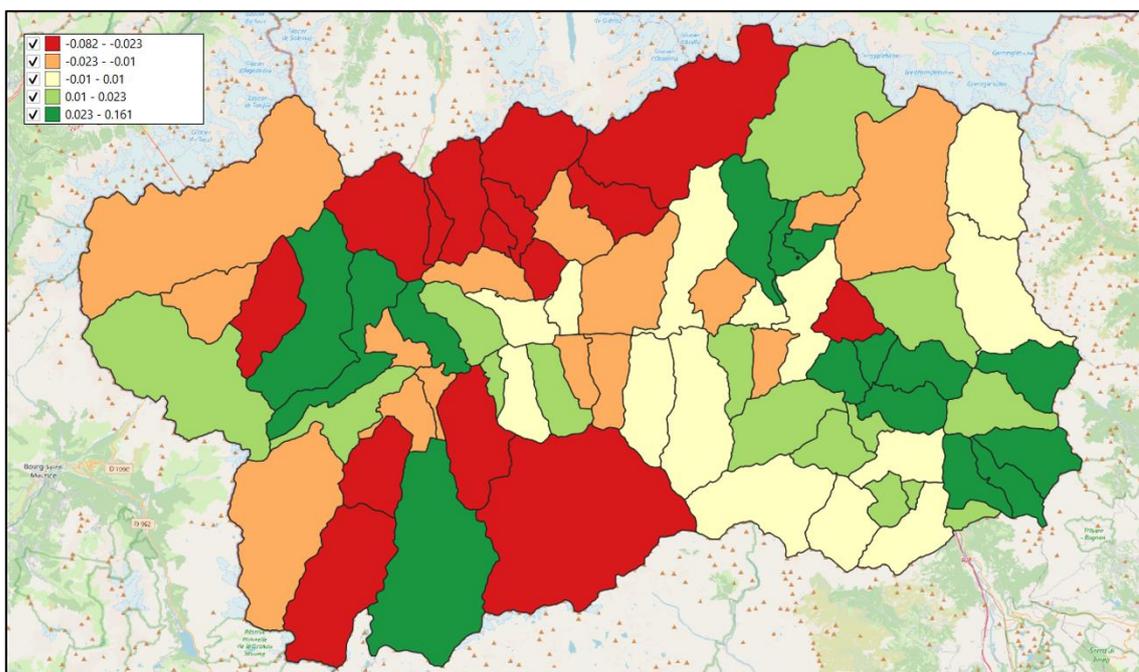


Figura 84 - Confronto tra scenario 2035 e situazione 2022, relativo agli indici di Joseph e Bantock tramite trasporto pubblico e camminata

VII Conclusioni

La presente tesi ha come scopo, insieme all'analisi dell'accessibilità al lavoro in Valle d'Aosta, quello di confermare la validità delle misure descritte e dei procedimenti per ottenerle, esposte dai nederlandesi Geurs e Ritsema van Eck, a distanza di oltre vent'anni e con riferimento a un contesto geografico differente.

Grazie alla disponibilità della banca dati Istat, nonché del suo Contact Centre, è stato possibile accedere ai dati inerenti alla popolazione e al mercato del lavoro, essenziali per poter descrivere la situazione dell'accessibilità al lavoro della Regione Autonoma Valle d'Aosta. Dall'abbinamento di questi dati, che descrivono l'uso del territorio, alle distanze temporali tra ogni coppia di comuni, relative all'uso privato dell'auto o al trasporto pubblico e allo spostamento a piedi, sono state ottenute le variabili indipendenti con cui è stato possibile stimare le diverse misure dell'accessibilità. A ognuna di queste, è stato attribuito il relativo riferimento geografico tramite il software Qgis, con cui è stato possibile mapparle, interpretarle e fornire un riscontro in merito non solo allo stato delle cose nel 2022 in Valle d'Aosta, ma anche sull'applicabilità di modelli e di metodi descritti in un report del 2001.

La mancanza di un'efficace comunicazione, da parte delle compagnie di trasporto pubblico su strada, con le principali piattaforme di mobilità ha complicato notevolmente la raccolta dati relativa alle distanze temporali tra ogni coppia di comuni. Inoltre, al momento attuale, non sono disponibili plugin per Qgis che permettano di automatizzare il calcolo delle distanze temporali tra ogni coppia di comuni, riferite al trasporto pubblico, in maniera efficiente e totalmente gratuita. D'altro canto, sono disponibili, e sono stati utilizzati, plugin con cui è possibile estrarre automaticamente le matrici delle distanze, temporali e spaziali, oltre ai percorsi tra ogni coppia di località, con la possibilità di adattare l'interrogazione alle specifiche esigenze, ma solo per gli spostamenti in auto.

L'occasione è stata quella per esaminare la letteratura disponibile inerente all'argomento dell'accessibilità e alle grandezze propedeutiche per la sua stima, tra cui la funzione d'impedenza, grandezza che abbina alla quantificazione delle opportunità informazioni utili sulla loro distribuzione territoriale e sulla qualità dei loro collegamenti.

La ricerca, i calcoli e l'analisi dei risultati hanno inoltre permesso di validare i metodi esposti nel report e di verificare la situazione attuale nel territorio regionale: è stata stabilita l'attendibilità dei valori ottenuti attraverso un'esaminazione e un confronto con

la realtà che descrivono, entro ragionevoli margini di intuizione e interpretazione. I risultati permettono di descrivere le prestazioni delle infrastrutture e dei trasporti, nonché delle politiche sull'uso del territorio, e di analizzare con maggior consapevolezza gli interventi proposti nel Piano Regionale dei Trasporti 2024-2035. In particolare, si osserva come l'implementazione di un servizio Metrobus, attraverso la messa in servizio di veicoli Bus Rapid Transit nell'alta Valle, permetta, al netto delle variazioni demografiche, di migliorare il servizio di trasporto pubblico locale dell'area coinvolta aumentandone la velocità commerciale.

Il procedimento illustrato in questo elaborato si presta a molteplici repliche in diversi ambiti. Per esempio, considerando come scopo dello spostamento l'accesso all'istruzione (e avendo cura di cambiare la popolazione osservata) o ai servizi essenziali, in modo da stabilire se questi siano accessibili o ben ripartiti sulla popolazione e nel territorio. Si può estendere la metodologia descritta anche ad altri territori o a situazioni particolari, per esempio per valutare l'impatto della chiusura parziale o totale di un'importante tratta stradale o ferroviaria sull'accesso alle opportunità.

VIII Riferimenti

Amine, Hafid Mohamed, & Nechniche, Hocine

2013 Geomatics Techniques for Urban Transport Planning. *International Journal of Transport and Vehicle Engineering*, 7(3), 593-596.

Delice, Yavuz & Özen, Halit & Amirnazmiafshar, Ehsan

2019 Estimation of the Intrazonal Travel Time of Different Modes for the Home-Based School Trips Using Regression Model. *European Journal of Engineering Science and Technology*. 2. 49-58.

de Dios Ortúzar, Juan, & Willumsen, Luis G.

2011 *Modelling Transport*, John Wiley & Sons Ltd (4^a ed., 2011, John Wiley & Sons Ltd)

Geurs, Karst T., & Ritsema van Eck, Jan R.

2001 Accessibility measures: Review and applications. Evaluation of accessibility impacts of land – use transportation scenarios, and related social and economic impact, *RIVM rapport 408505006*, Utrecht, Utrecht University

Geurs, Karst T., & van Wee, Bert

2004 Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions. *Journal of Transport geography*, 12(2), 127-140.

Handy, Susan, & Niemeier, Deb A.

1997 Measuring accessibility: an exploration of issues and alternatives. *Environment and planning A*, 29(7), 1175-1194

Hansen, Walter G.

1959 How Accessibility Shapes Land Use. *Journal of the American Institute of Planners*, 25(2), 73–76

Levine, Jonathan

2020 A century of evolution of the accessibility concept. *Transportation research part D: transport and environment*, 2020, 83, 102309

Nechniche, Hocine, & Brahim Kouider

2000 Vectorial Road Data Structuring According To A Conceptual Model - Case Of The R_Road Project (Réseau Routier Algérien Digitalisé). *International Archives Of Photogrammetry And Remote Sensing*, Vol. XXXIII, Part B4.

Ösht J., Lyhagen J., & Reggiani A.

2016 A new way of determining distance decay parameters in spatial interaction models with application to job accessibility analysis in Sweden. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 16(2), 344-363.