

# Sistemi di trasporto speciali per piccole città: esperienze europee

Andrea Spinosa

Un luogo può sfuggire la percezione di inaccessibilità grazie alla presenza di un treno, un tram oppure una semplice scala mobile: più il trasporto è inclusivo, maggiore sarà la percezione di accessibilità che ne risulterà. Poiché la declinazione più importante per l'accessibilità è quella di essere "per tutti", è importante sottolineare la funzione abilitante dell'infrastruttura: un modo per inquadrare – e apprezzare - la poliedricità del concetto di accessibilità come risposta a esigenze spaziali, ergonomiche, sociali. A questo articolato quadro esigenziale il mercato cerca di dare risposta con prodotti che sovente richiamano – quantomeno nominalmente - l'innovazione e la sostenibilità: ferrovie a cremagliera, funicolari, ascensori urbani e tapis-roulant. L'articolo cerca di ricostruire una panoramica delle più recenti esperienze di maggiore interesse in termini di efficienza funzionale ed efficacia applicativa di queste tecnologie.

## Il trasporto per tutti

La vera innovazione nella pianificazione dei trasporti è non tanto di tipo tecnologico quanto di paradigmi. L'obiettivo non è più lo spostamento in sé quanto il superamento stesso del concetto di uniformità e standard. Proseguendo in questo parallelismo sociale e territoriale, si potrebbe dire che proprio riconoscendo ed enfatizzando le differenze si arricchisce l'immagine della norma. La normalità diventa pluralità di differenze, non uniformità fissa definita attraverso standard, medie e misurazioni statistiche. La normalità si frammenta in una pluralità di modi di agire, di pensare, di "funzionare".

Una carrozzina che trova un marciapiede senza scivolo ha il suo corrispettivo in un trasporto pubblico carente e poco efficace che non pone alternative al ricorso al mezzo privato. Al contrario uno spazio pubblico fruibile da tutti trova il suo corrispettivo in un trasporto pubblico attraente, affidabile e accessibile a tutti. Ed ecco che le infrastrutture di trasporto trovano nel tessuto sociale il corrispettivo (un rapporto quasi sempre omesso quando non del tutto trascurato) delle interazioni che stabiliscono con il territorio:

- passaggio dalla sfiducia del non avere alternative alla fiducia di potersi muovere da soli in libertà;
- passaggio dalla staticità dell'ineluttabilità alla dinamicità della possibilità di avere una scelta.

Un luogo inaccessibile sarà sempre lontano e remoto; un luogo accessibile sarà sempre in grado di cogliere le opportunità di un mondo in sempre più rapida trasformazione. Per una Città come per un Borgo, la vera declinazione dell'essere "smart" è tutta nella capacità di garantire la massima inclusione sociale al proprio territorio. È in questa inclusione che ritroviamo i classici quattro fattori dell'accessibilità, le quattro lenti che discriminano lontananza o vicinanza, accessibilità o inaccessibilità, abilità o disabilità:

- geografica: in senso orizzontale, quando c'è una discontinuità di mezzo, oppure verticale, quando c'è una differenza di quota altimetrica;
- sociale: quando l'accessibilità è preclusa ad una determinata classe (d'età, di reddito, ecc.);
- percettiva: quando un luogo appare distante perché degradato e poco rassicurante;
- economica: quando è il costo – percepito - dello spostamento a rendere un luogo distante.

Tralasciare anche uno solo di questi aspetti per concentrarsi sugli altri o, peggio, affidare alla sola tecnologia la risoluzione del problema dell'accessibilità porterà al fallimento, anche se si è armati delle migliori intenzioni.

## La riscoperta delle ferrovie locali

In Germania la ferrovia della **valle dello Schönbuch**<sup>1</sup> che collega la città pedemontana di Böblingen al centro montano di Dettenhausen rappresenta un modello in termini di ripristino e miglioramento della capacità di attrazione di una linea ferroviaria locale. La Schönbuchtal (con il suo famoso parco nella Foresta Nera) è situata nel quadrante sudoccidentale della regione di Stoccarda, la capitale dell'industria automobilistica tedesca. Nel corso della seconda metà del Novecento la valle ha subito una rapida urbanizzazione principalmente in seguito al riflusso di de-urbanizzazione dell'agglomerato consolidato di Stoccarda. Alla Grande Stoccarda si sono affiancati otto centri metropolitani secondari: uno di questi è Böblingen che con la vicina Sindelfingen (sede della Daimler-Chrysler) forma una conurbazione di 120.000 abitanti. La maggior parte di questi centri sono collegati al centro di Stoccarda tramite la S-Bahn<sup>2</sup>: ma la Schönbuchtal ne resta esclusa.

La valle nel complesso ospita circa 72.000 abitanti suddivisi in 12 comuni. I centri situati in prossimità della vecchia linea ferroviaria hanno una popolazione compresa tra 5.000 e 12.000 abitanti. Data l'attrattività del cluster urbano di Böblingen-Sindelfingen, la grande maggioranza degli spostamenti avvengono verso queste due città situate allo sbocco della valle, mentre una parte minore hanno come destinazione Stoccarda. Dato l'isolamento della valle nel contesto della rete di trasporto di massa, il tasso di motorizzazione locale è piuttosto elevato: 610 autovetture per 1.000 abitanti nel 2003 contro le 390 delle zone servite dalla S-Bahn. Il servizio passeggeri sulla linea di Schönbuch è stato abbandonato nel dicembre 1966, dopo 52 anni di servizio. Nel 1988, Deutsche Bahn (DB) annuncia l'intenzione di sospendere anche il traffico merci. Le autorità locali, sotto la forte spinta della cittadinanza, si mobilitano contro la chiusura definitiva della linea: nel 1989 la Provincia di Böblingen avanza finalmente la proposta di ripristinare un servizio passeggeri per 2.500 passeggeri/giorno, il 25% in più rispetto al servizio di trasporto con corriere. In accordo con la Provincia di Tübingen viene istituito un *Consorzio di iniziativa locale di diritto pubblico*<sup>3</sup>: i due enti acquistano la sede ferroviaria nel 1993 al prezzo simbolico di 1 marco. DB, che considera la linea un ramo secco, avalla l'operazione senza fornire alcun sostegno finanziario per la riapertura della linea.

Il risultato: il progetto è stato approvato su una stima di 2.500 passeggeri/giorno rispetto ai 2.000 raccolti dalle corriere regionali. Dopo otto mesi di servizio il carico era di 4.300 passeggeri. Nel 2013 la linea ha raggiunto gli 11.200 passeggeri giornalieri (+448%). A fronte di un tale aumento di domanda si è reso necessario l'acquisto di nuovo materiale rotabile e l'allungamento delle banchine di fermata per consentire il servizio con rotabili accoppiati.

La riapertura della linea ferroviaria nella valle della Schönbuch è interessante per diversi motivi: dimostra che è possibile, sulla base di una iniziativa locale, acquisire un'infrastruttura ferroviaria dismessa per creare un'offerta attraente attraverso un modesto investimento in grado di creare una notevole sinergia su un piccolo territorio. Senza questo effetto attribuibile senza ombra di dubbio al nuovo servizio, la valle avrebbe proseguito nella fase di spopolamento e periferizzazione iniziata dagli anni Ottanta, con perdita di valori dei terreni e fenomeni di degrado tipici delle regioni metropolitane "remote". Al contrario si è registrata un'inversione di tendenza con una ripresa della crescita della popolazione (+17% in 6 anni) e la riqualificazione dei comuni dell'alta Schönbuchtal, i più penalizzati rispetto ai processi circadiani della regione. Nel 2015, con l'utenza feriale salita a 12.200 passeggeri è stata approvata l'elettrificazione della linea e la realizzazione di un sistema di segnalamento che permetta di portare la frequenza dei treni a 10'.

---

<sup>1</sup> Si veda. <https://www.schoenbuchbahn.de/Lde/start.html>. Alla pagina seguente ci sono i rapporti più recenti sui lavori di elettrificazione della linea: <https://www.schoenbuchbahn.de/Lde/start/Gutachten+zur+Zukunft.html>

<sup>2</sup> S-Bahn è la ferrovia veloce, che nelle grandi aree metropolitane tedesche completa la rete del trasporto di massa della U-Bahn (metropolitana). Seppure con uno standard di servizio nettamente superiori è paragonabile alla RER francese o alle "linee S" attivate a Milano e Torino.

<sup>3</sup> Così come previsto dal diritto tedesco.

### **Percorsi meccanizzati: scale mobili, tapis-roulant e ascensori inclinati**

**Potenza**<sup>4</sup> con i suoi 819 m di altitudine è il capoluogo più alto dell'Italia peninsulare. Sorge lungo una dorsale appenninica alla sinistra del fiume Basento ed è racchiusa da un arco montuoso assai suggestivo, le Dolomiti Lucane, in cui la natura ancora incontaminata è anche un'attrattiva turistica. Ma Potenza, con i suoi 70.000 abitanti, mantiene le dimensioni di un borgo nel centro antico, arroccato nella parte alta della città. Un borgo che da pochi anni è tornato raggiungibile anche con il mezzo pubblico grazie ad una complessa struttura meccanizzata di scale mobili denominata "Santa Lucia". Si tratta di 26 rampe, per uno sviluppo di 600 metri, che si percorrono in circa 15 minuti e collegano la parte bassa, occupata da numerosi uffici e scuole ed abitata dall'80% dei residenti, con il Centro storico all'altezza di una delle porte più antiche, Portasalza. Complessivamente la città ha oggi un sistema di scale mobili che si estende per 1.380 m con una capacità di trasporto complessivo di 18.000 persone/ora. La città di Tokyo, prima al mondo per scale mobili urbane, ha un sistema di poco superiore (1.540 m). Le scale del percorso "Santa Lucia" si aggiungono ad altri impianti precedenti come la scala mobile "Prima" (viale Marconi-piazza Vittorio Emanuele, di 430 metri, inaugurata nel 1994), la scala mobile di Via Armellini-Via Due Torri, lunga 147,3 metri, inaugurata nel 2008 e la scala mobile Basento, 150 metri, che collega la stazione di Potenza Centro con il Mobility Center, nato come centro direzionale della città.

Il caso di Potenza è paradigmatico tanto dei primati costruttivi quanto delle difficoltà di garantire una qualità quotidiana dell'esercizio di questi impianti: a quasi venticinque anni dall'apertura della prima scala si registrano problemi di infiltrazioni e disservizi. In un classico caso di "sindrome del vetro rotto" l'Amministrazione adduce un problema di scarsa frequentazione, che nei fatti è dettato più dalla carenza manutentiva che dall'effettiva utilità delle opere. In questo non è un fatto secondario la recente dichiarazione di dissesto finanziario delle casse comunali, con la decisione di affidare in gestione gli impianti ettometrici. Dal 2015 è stato introdotto un biglietto di 25 centesimi a passeggero; al momento i tre impianti maggiori restano dei non-luoghi e molti ne lamentano il degrado: da una domanda potenziale di 15.000 passeggeri giornalieri, mediamente non si raggiungono i 2.000 passaggi.

Maggiore successo in termini di qualità manutentiva e conservazione è quello dei tre sistemi meccanizzati di **Spoletto**<sup>5</sup>. Per la cittadina umbra Kenzo Tange, nel 1987, immaginò una completa pedonalizzazione del centro storico con la previsione di tre percorsi attrezzati con tapis roulant che funzionassero come una "metropolitana" distribuendo i flussi pedonali sull'acropoli. Nel 2007 viene attivato l'asse parcheggio "SpoletoSfera" (da 350 posti), Piazza della Libertà-Teatro Romano; nel 2010 quello parcheggio "Via del tiro a segno", Duomo-Rocca Albornoziana; nel 2014 è la volta del percorso parcheggio "Posterna" (456 posti) - Piazza Campello. Quest'ultimo rappresenta l'arteria principale di tutto il progetto "Mobilità alternativa" di Spoleto: dal piano inferiore del "Posterna" partono infatti due percorsi meccanizzati distinti. Il primo consta di una galleria artificiale di 600 metri, in leggera pendenza, scavata ad una profondità di 25 metri con uscite: Teatro Nuovo, piazza Pianciani, via Saffi (palazzo Comunale), piazza Campello (Rocca Albornoziana, Ponte delle Torri). Il secondo percorso consta di una serie di scale mobili che raggiungono piazza Moretti, nella zona della Torre dell'Olio e del teatro e centro congressuale di San Nicolò e del Museo Caradante.

Accanto a questi sistemi lineari, una famiglia di sistemi ettometrici puntuali che ha riscosso un discreto successo come risposta all'accessibilità dei centri storici minori è quella degli ascensori inclinati: paradigmatici sono gli impianti di **Todi**, dal parcheggio di Porta Orvietana a Viale della Vittoria, e di **Frosinone**, dalla Città Bassa a piazzale Vittorio Veneto. Altro impianto molto interessante è quello realizzato dalla Regione Valle d'Aosta nel 2006 nell'ambito del progetto di apertura al pubblico del **Forte di Bard**<sup>6</sup>.

---

<sup>4</sup> La pagina ufficiale dedicata alle scale mobili urbane: <http://www.comune.potenza.it/?p=388>

<sup>5</sup> Per una dettagliata descrizione dei percorsi si veda <http://www.prolocospoleto.it/piantina-spoletto.pdf>

<sup>6</sup> <https://www.fortedibard.it/gallery-fotografica/>

## Cremagliere e funicolari

Le ferrovie tradizionali trovano un limite fisiologico nella pendenza del 35 per mille, limite che si alza al 120 per mille con le tramvie e in genere con i veicoli ferroviari leggeri (quindi con un ridotto carico massimo per asse). Per pendenze superiori è necessario ricorrere ad un ammortamento oppure ad un vero e proprio traino. Nel primo caso, la cremagliera, al centro del binario si inserisce una terza rotaia a dentiera (con denti a profilo trapezio) sulla quale si incastra un pignone con lo scopo di aumentare la presa durante la marcia con pendenze che possono arrivare fino al 300 per mille (impianto del Cordovado, in Brasile). Ma la scienza delle costruzioni ferroviarie è in grado di risolvere problemi tecnici ben più complessi e, quando non esistano possibilità di scelta di tracciati di minore acclività, si ricorre al traino di una fune agganciata ad un apposito argano motore posto alla stazione di monte. Con una funicolare si può arrivare a toccare pendenze del 48 per cento (Monte Pilato, Svizzera) e, addirittura, del 62 per cento come accadeva sulla prima funicolare del Vesuvio (in servizio dal 1880 al 1906).

Molti sono gli impianti storici riqualificati con l'introduzione di vetture di ultima generazione e spesso "brandizzate" come i tram urbani: tra le cremagliere, in **Catalogna** per esempio, vale la pena citare la linea della Valle del Nuria<sup>7</sup> o quella di Montserrat<sup>8</sup>. Una più recente realizzazione è la linea tranviaria a dentiera del **Puy-de-Dôme**: la Panoramique des Dômes<sup>9</sup>, inaugurata nel 2012, unisce con un percorso di 5,2 km un grande parcheggio per autobus ad una speciale piattaforma panoramica a 1.414 metri di altezza realizzata sul vulcano più famoso di Francia.

Le funicolari sono uno storico vanto dell'ingegneria ferroviaria italiana: gli impianti di **Genova**<sup>10</sup> e **Napoli** sono tra i più importanti al mondo e, nel caso della funicolare Centrale di Napoli, tra quelli più trafficati<sup>11</sup>.

L'isolamento di **Orvieto**<sup>12</sup> è quello di tanti centri medievali: un centro storico racchiuso come uno scrigno in cima ad un'acropoli che trova nell'inaccessibilità la sua ragione natia. La funicolare collega la stazione ferroviaria – sulla linea "lenta" Roma-Firenze – con il centro storico superando circa 580 m di sviluppo con un dislivello di 157 m. L'ultimo tratto (l'arrivo è a Piazza Cahen) è costituito da una galleria lunga 123 metri scavata nella rocca tufacea. Anche per questo motivo la funicolare è di tipo "va e vieni" a singolo binario, con un raddoppio a metà percorso per permettere l'incrocio delle due vetture che si avvicinano in salita e discesa. L'impianto odierno è nato sulle ceneri del precedente impianto a contrappeso d'acqua (come la funicolare S. Anna di Genova). Orvieto ha 20.806 abitanti dei quali 8.738 risiedono nell'acropoli. In media il centro è visitato da 2.800 turisti al giorno (semestre estivo): 12.983 sono gli spostamenti giornalieri da/verso la rupe. Con 741.000 passeggeri all'anno e circa 2.180 passeggeri giornalieri la funicolare assorbe il 17% degli spostamenti: questi numeri confermano la lungimiranza di Wladimiro Giulietti, sindaco dal 1975 al 1980, che vedeva nella funicolare la pietra angolare per avviare la completa pedonalizzazione del centro cittadino.

L'impianto di **Mondovì**<sup>13</sup> ha una storia molto simile a quella di Orvieto: il primo impianto, a contrappeso d'acqua, è inaugurato il 12 ottobre 1886. Nell'estate del 1888 venne acquisito dalla Società Monregalese per opere pubbliche costituitasi allo scopo a Mondovì. L'esercizio subisce varie sospensioni nel tempo per problemi di manutenzione o di modifica fino alla trasformazione a trazione elettrica avvenuta il 23 dicembre 1926. A causa del calo di utenza, ma soprattutto per la inderogabilità di costosi lavori per adeguarsi alle nuove normative di sicurezza, venne chiusa provvisoriamente a partire dal 24 dicembre 1975. La ricostruzione iniziata nel 1998 si conclude

<sup>7</sup> <https://www.valldenuria.cat/es/verano/cremallera/>

<sup>8</sup> <https://www.cremallerademontserrat.cat/home/>

<sup>9</sup> <https://www.panoramiquedesdomes.fr/>

<sup>10</sup> Si veda alla pagina ufficiale: <https://www.amt.genova.it/amt/trasporto-multimodale/funicolari/>. Recentemente è stata predisposta anche una pubblicazione:

<https://www.amt.genova.it/amt/wp-content/uploads/2018/12/DepliantSulTettodellaCitta.pdf>

<sup>11</sup> I passeggeri per giorno feriale al 2018 sono stati: 27.630 per la funicolare centrale; 13.000 per la funicolare di Chiaia; 11.470 per la funicolare di Montesanto; 3.285 per la funicolare di Mergellina (fonte ANM Spa).

<sup>12</sup> <https://www.orvietoviva.com/funicolare-e-bus-orvieto/>

<sup>13</sup> <http://www.comune.mondovi.cn.it/vivere-la-citta/turismo/conoscere-mondovi/breo/funicolare/>

con l'inaugurazione, il 16 dicembre 2006, di uno degli impianti più moderni d'Europa. La funicolare di Mondovì misura 544 m e supera un dislivello di 137 m: rappresenta il principale accesso al Centro storico. Gli spostamenti urbani quotidiani sono 14.960: di questi 1.980 (13%) si svolgono con la funicolare.

Un ottimo esempio di rilancio di un impianto storico è rappresentato dalla funicolare di **Lugano**<sup>14</sup>, che unisce il borgo antico sulle rive del Ceresio alla stazione ferroviaria.

La Hungerburgbahn<sup>15</sup> di **Innsbruck**, aperta nel 2007, è invece una delle più interessanti tra le nuove realizzazioni. Con un percorso di 1.843 metri supera un dislivello di 290 metri: sono presenti 4 fermate di elevata qualità formale e spaziale, progettate da Zaha Hadid. Qui è risolto in maniera tanto ingegnosa quanto elegante uno dei problemi tipici delle funicolari: trattandosi di impianti inclinati, le fermate sono gradonate con una accessibilità necessariamente ridotta. Le vetture della Hungerburgbahn sono costituite da una scocca entro la quale sono montate 5 sezioni basculanti che seguono l'inclinazione della livelletta. In piano sono perfettamente allineate in posizione orizzontale e questo permette una piena accessibilità a raso di tutti gli spazi interni.

### **I people-mover di Laon e Perugia. Due impianti paradigmatici**

Scale mobili, funicolari: la moderna evoluzione di questi due sistemi ha prodotto un sistema a cavo con frequenza continua proprio come un tapis-roulant. È il minimetrò di Perugia che ha un precedente meno noto ma non meno interessante: si tratta del *Poma 2000*<sup>16</sup> di Laon, un sistema di trasporto leggero su pneumatici a guida automatica tipo people-mover. Inaugurato nel 1989, il *Poma* permetteva di raggiungere la città alta di **Laon** – Dipartimento dell'Aisne nel nordest della Francia – dalla stazione ferroviaria. Laon, che è un comune di 28.360 abitanti, ha un'area urbana che comprende 7 comuni e 35.930 abitanti.

Anche Laon, come molte altre città europee, nella seconda metà del Novecento ha visto la scomparsa del tram per i più moderni ed economici autobus. Il servizio, ridotto negli anni Ottanta a sole 6 linee ha visto scendere l'utenza ben al di sotto del 10% degli spostamenti totali. Così è dal 1971 che si fa strada l'idea di ripristinare un servizio tranviario, ma di tipo innovativo: nel 1972 la società Pomagalski, di Grenoble, propone un sistema sperimentale a fune per il collegamento del Centro storico con la città bassa. Il *Poma* appare come la soluzione ideale per numerose ragioni: è un sistema automatico, e questo garantisce ridotti costi di esercizio, e allo stesso tempo ha elevate frequenze di servizio. Il 4 febbraio 1989, il servizio è aperto al pubblico. La frequenza del nuovo servizio è di un passaggio ogni 2'. La durata del viaggio è di 3,5' contro i 9' della vecchia tranvia. Oltre ai due terminali c'era una sola stazione intermedia. Nel 1990 il *Poma* trasporta 867.700 passeggeri, 1.520.000 nel 2004: il nuovo sistema vince la nostalgia del vecchio tram e convince la cittadinanza al punto da diventare un vero e proprio *landmark*, almeno quanto la celebre cattedrale gotica. Un successo almeno fino all'arrivo a fine vita dell'impianto: per i 20 anni di esercizio viene completamente rinnovato ad un costo di 9,6 milioni di euro. Ma in vista dei 30 anni di esercizio si rendono necessari ulteriori interventi di manutenzione straordinaria per 4 milioni di euro. L'Amministrazione, già esitante sul milione di euro per la manutenzione ordinaria annuale, il 27 luglio 2016 vota per la chiusura e lo smantellamento dell'impianto (ad un costo di 2,9 milioni di euro). Al di là delle considerazioni meramente politiche il sistema aveva visto un forte calo dei passeggeri fino a 550.000 del 2014. Un calo dovuto alla diminuzione dei residenti del centro storico ma anche a una politica sempre più recalcitrante verso la chiusura del Centro alle auto.

Evoluzione del sistema di Laon, rimasto a tutti gli effetti un prototipo, è il Minimetro di **Perugia**. Si tratta di un impianto estremamente più articolato: inaugurato nel 2008, si sviluppa per circa 4 km con 5 fermate oltre ai due capolinea. Si tratta anche in questo caso di un APM (*Automated People Mover*) con trazione a fune e cabine che adottano un sistema di aggancio durante la trazione e sgancio in stazione. La tecnologia funiviaria è derivata dalle funicolari classiche mentre dai moderni people-mover (come quello dell'ospedale San Raffaele di Milano e del

<sup>14</sup> <https://www.ticino.ch/it/commons/details/Funicolare-Lugano-Stazione-FFS/92040.html>

<sup>15</sup> <https://nordkette.com/de/home.html>

<sup>16</sup> Si veda la pagina: [https://fr.wikipedia.org/wiki/Poma\\_2000\\_de\\_Laon](https://fr.wikipedia.org/wiki/Poma_2000_de_Laon)

satellite dell'aeroporto di Fiumicino) sono mutate le ruote su pneumatici (rispetto alle funicolari classiche che adottano la trazione su ferro). 18 cabine viaggiano – equidistanziate - agganciandosi alla fune traente che impone loro un moto costante regolato a seconda delle necessità dal centro di controllo (più lento durante le ore di morbida e più veloce durante le ore di punta) che nei 7 metri al secondo trova la sua velocità ideale. In prossimità delle stazioni il veicolo si sgancia dalla fune attraverso l'apertura idraulica delle ganasce della morsa di serraggio e viene rallentato dall'attrito esercitato da una fascia di pneumatici di cui sono rivestite le pulegge fissate ai lati dell'imbocco di banchina.

Le banchine presentano delle porte di protezione, in corrispondenza delle quali sosta il veicolo. Dopo la salita e discesa dei passeggeri la cabina viene accelerata tramite una seconda serie di pulegge ad asse verticale disposte ai lati dell'uscita della banchina chiamate "travi di sincronizzazione". Queste pulegge – come quelle di frenata - agiscono per attrito sui pattini posti lateralmente sulle vetture consentendo di gestirle indipendentemente dal moto costante della fune che nelle stazioni passa sotto le travi di sincronizzazione. Ai capolinea delle piattaforme girevoli invertono il senso di marcia dei veicoli inserendoli nella via di corso di ritorno.

Come quello di Laon, anche il sistema perugino è stato oggetto di critiche circa la sostenibilità dei costi di esercizio e manutenzione. Il costo annuale di esercizio del Minimetro è di 3,82 milioni di euro per 4.831.200 posti e 19,3 milioni di posti/km a fronte di 348 passaggi per giorno feriale (stimando una capacità di 20 posti per cabina) e 288 nei fine settimana. Per ricambi e manutenzione tra il 2014 e il 2016 sono stati spesi circa 519 mila euro l'anno. Se ne ricava un costo di esercizio e manutenzione pari a 0,277 euro per posto km (5,54 euro per vettura km). Un valore da confrontare con il costo operativo lordo di 3,50-3,80 euro per vettura/km di un autobus da 12 metri: a parità di posti offerti (85) il Minimetro avrebbe un costo di 23,5 euro per vettura km. Un costo che va oltre il guadagno economico di un servizio elettrico a guida vincolata in sede propria e che ammonisce sull'importanza di coniugare l'efficienza tecnologica con l'efficacia dell'inserimento urbano e della riorganizzazione di tutto il sistema della mobilità al contorno. Sui sistemi ettometrici (cioè quelli di breve raggio) resta poi un fattore del quale è bene tenere sempre conto: l'apertura o meno alla possibilità di accedere a pezzi di ricambio commerciali. Nel caso di sistemi chiusi (cioè protetti da brevetto) è palese che si debba tenere in conto una maggiorazione delle spese di manutenzione ordinaria e straordinaria.

C'è un terzo caso paradigmatico di applicazione dei sistemi people-mover: è il *Sistema Automático de Transporte Urbano*<sup>17</sup> (SATU) realizzato nel 2004 nel comune metropolitano di Oeiras, a 15 km da Lisbona. La prima misurava 1.150 metri a via unica con incroci alle fermate (3). Il piano SATU prevedeva uno sviluppo di 25 km con una rete di *Personal Rapid Transit*<sup>18</sup>: dopo la realizzazione della prima tratta per una spesa di 23 milioni di euro, nonostante l'elevata densità territoriale<sup>19</sup>, il sistema non ha mai riscontrato il favore dell'utenza con un flusso medio di soli 512 passeggeri per giorno feriale. Nel 2015 l'esercizio è stato sospeso ma recentemente in occasione delle elezioni amministrative, si è troncato a parlare di un rilancio del progetto.

### **Sistemi sospesi: nuovi orizzonti per le cabinovie**

Una funivia è un mezzo di trasporto in cui delle cabine risultano sospese ad una fune e vengono trainate da un'altra fune. Si tratta di impianti nati per la capacità di superare dislivelli anche notevoli, che stanno trovando interessanti applicazioni come mezzo di sorvolo di aree urbane complesse. La transizione dall'impiego rurale a quello urbano avviene in Sudamerica a partire

<sup>17</sup> <https://www.publico.pt/2018/06/03/local/reportagem/fim-da-linha-para-o-satu-1832900>

<sup>18</sup> Trasporto Personale Automatico è un sistema di trasporto pubblico con una offerta a richiesta, idealmente con fermate a richiesta non predefinite, che usa piccoli veicoli indipendenti su una rete di linee a corsia protetta e guidata. L'idea ha trovato la sua prima – e paradigmatica, per certi versi – applicazione nel *Morgantown Personal Rapid Transit*, realizzato nel 1975 per unire i tre campus della West Virginia University (WVU) al centro di Morgantown. Ha rischiato di essere smantellato nei primi anni Duemila per un forte degradamento del servizio (affidabilità inferiore al 50%) ma è poi stato completamente ristrutturato riaperto nel 2018. Si sviluppa per 5,8 km e ha una frequentazione giornaliera media di 16.000 passeggeri. Per maggiori informazioni si consulti la pagina ufficiale sul portale della WVU: <https://transportation.wvu.edu/prt>

<sup>19</sup> Con 3.936 ab/km<sup>2</sup> (2018, Ine) Oeiras è uno dei comuni con la densità più elevata in Portogallo.

dagli anni Novanta. Caracas<sup>20</sup>, Medellin<sup>21</sup> e poi La Paz<sup>22</sup> realizzano ciascuna diverse linee utilizzando la tecnologia MGD (*Monocable Gondola Detachable*): un impianto cosiddetto a monofune – di sospensione e traente – in cui le cabine possono sganciarsi una volta arrivate in stazione. La tecnica dell'ammorsamento automatico permette l'imbarco e sbarco dei passeggeri con grande comfort e sicurezza a velocità ridottissima nelle stazioni che in marcia raggiunge i 6,0 m/s. In questo modo, a seconda della capacità della cabina, si possono raggiungere portate anche di 3.600 persone/ora.

Il primo impianto europeo di tipo moderno si realizza nel 2007 con la teleferica del Parc de Montjuïc<sup>23</sup> di **Barcellona**. Nel 2012 in occasione della XXX Olimpiade, dopo una gestazione quantomeno accidentata, a **Londra** viene aperto l'impianto della Emirates Air line<sup>24</sup>, che con un percorso di 1.100 metri unisce la penisola di Greenwich ai Royal Docks. A fronte di un costo di 51,2 milioni di euro, i numeri della linea non sono esaltanti: troppo costosa (3,40 sterline con la Oyster card) e poco utile per i pendolari, troppo economica per un servizio turistico, la Emirates line trasporta meno di 5.000 persone al giorno (1,5 milioni di passeggeri all'anno) a fronte di una capacità di progetto di 2.500 passeggeri/ora.

A **Coblenza**<sup>25</sup> la funivia torna ad una valenza prevalentemente turistica: l'impianto alla confluenza di Reno e Mosella è realizzato a scopo dimostrativo da Doppelmayr-Garaventa per l'Esposizione Vivaistica Mondiale del 2011. Unisce il lungoreno e la Basilica Kastorkirche con la collina della Fortezza. Destino analogo per l'ultima arrivata, la funivia di **Berlino**<sup>26</sup>: impianto dimostrativo realizzato stavolta dalla Leitner AG per unire la stazione Neue Grottkauer Straße della linea U5 alla collina di Kienberg, che ospiterà la Fiera Mondiale del Giardinaggio del 2017 (IGA).

Ma il fermento intorno agli impianti a fune riguarda tanto il presente quanto l'immediato futuro. Quattro impianti sono in avanzata fase di studio in Svizzera: **Sion**<sup>27</sup> (Gare–Piste de l'Ours); **Fribourg** (Gare–sortie autoroutiere); **Morges**<sup>28</sup> (Gare–Tolochenaz) e **Ginevra**<sup>29</sup> (Plan-les-Ouates–aéroport de Coirtrin). In Germania il progetto più avanzato è quella di **Wuppertal**<sup>30</sup>, città già celebre per la *Schwebebahn*, la ferrovia sospesa. Dopo l'apertura dell'aerotram sul porto di **Brest**<sup>31</sup> (19 novembre 2016), tre impianti sono allo studio in Francia: Grenoble<sup>32</sup> (Sassenage), Tolosa<sup>33</sup> (*Téleo* per il policlinico di Rangueil) e soprattutto **Parigi**. Il Câble A-Téléval<sup>34</sup> è il nome dato alla linea Créteil-Villeneuve-Saint-Georges via Limeil-Brévannes ed è il primo progetto funiviario lanciato nella città metropolitana di Parigi in una delle *banlieue* più problematiche. A questa serie di progetti in corso si aggiunge la linea Battistini–Casalotti, nella periferia occidentale della città di **Roma**<sup>35</sup>.

Come si vede, al momento il campo di applicazione delle funivie sembrano essere le grandi città piuttosto che i piccoli centri. Se gli impianti dimostrativi come Coblenza o Berlino, oppure quelli

---

<sup>20</sup> Si veda l'ottimo reportage di Steven Dale: <http://gondolaproject.com/tag/caracas/>

<sup>21</sup> <http://gondolaproject.com/medellin/>

<sup>22</sup> Si veda il portale ufficiale della rete con ottime immagini e dati aggiornati: <http://www.miteleferico.bo/>

<sup>23</sup> <https://www.telefericdemontjuic.cat/ca/la-ruta-del-teleferic>

<sup>24</sup> <https://www.emiratesairline.co.uk/>

<sup>25</sup> <https://www.seilbahn-koblenz.de/homepage.html>

<sup>26</sup> <https://www.seilbahn.berlin/de/berlin-von-oben-erleben/oeffnungszeiten-preise.html>

<sup>27</sup> <https://www.htr.ch/story/sitten-beantragt-konzession-fuer-gondelbahn-22885.html>

<sup>28</sup> <https://www.24heures.ch/val-de-romandie/la-cote/telepherique-urbain-s-envolera-sitot-ciel-morgien/story/24623011>

<sup>29</sup> <https://www.rts.ch/info/regions/geneve/9222964-des-etudiants-de-l-epfl-planchent-sur-une-telecabine-urbaine-a-geneve.html>

<sup>30</sup> <http://www.seilbahn2025.de/projekt-seilbahn.html>

<sup>31</sup> <https://www.bibus.fr/fr/se-deplacer/tram-bus-telepherique/telepherique-ligne-c>

<sup>32</sup> <https://france3-regions.francetvinfo.fr/auvergne-rhone-alpes/isere/grenoble/bientot-telepherique-urbain-grenoble-modele-medellin-1653282.html>

<sup>33</sup> <https://www.tisseo-collectivites.fr/projets/teleo>

<sup>34</sup> <http://www.cable-a-televa.fr/>

<sup>35</sup> Il progetto è descritto alla pagina seguente:

<http://www.romametropolitane.it/articolo.asp?CodMenu=10721&CodArt=10740>

rurali o inseriti in aree turistiche hanno un costo di realizzazione relativamente contenuto (10-12.000 euro al metro) quelli inseriti in aree edificate hanno costi maggiori per espropri, diritti di sorvolo, servitù ma anche opere accessorie per garantire una adeguata accessibilità alle stazioni. Spesso altrettanto sottovalutati sono i costi di esercizio per posto-km offerto: se questi restano bassi se paragonati ad altri sistemi di trasporto a impianto fisso, non lo sono le manutenzioni, che in genere rappresentano oltre la metà del budget per i costi operativi.

## Conclusioni

Per qualsiasi tecnologia di trasporto collettivo in sede propria – sia una scala mobile o una ferrovia - è necessario adottare e mantenere un approccio olistico: non esiste “la” soluzione ma “una” soluzione imprescindibile dal contesto in cui la si realizza. Perché anche la scelta più efficiente può creare delle diseconomie se impiegata in maniera non efficace. Analizzando in dettaglio la casistica presentata nell’articolo è possibile desumere una legge generale per la stima della produttività di un sistema di trasporto collettivo in sede propria (TCSP). Data una area urbana di superficie  $S_U$  (in  $\text{km}^2$ ) con un centro storico di superficie  $S_C$  si immagini di realizzare una nuova linea di TCSP di lunghezza  $\lambda$  (in km) con un numero  $s$  di fermate o punti di accesso (per sistemi lineari tipo tapis roulant) entro il perimetro del centro storico. Si consideri poi i seguenti fattori che descrivono l’accessibilità complessiva del sistema:

- $\alpha = [1,0]$  se il centro storico è zona a traffico limitato (1=sì; 0=no)
- $\beta = [1,0]$  se la nuova linea è attivamente integrata con percorsi ciclopedonali (1=sì; 0=no)
- $\gamma$  esprime (in percentuale) il grado di accessibilità alla nuova linea (100% totale; 75% se sono presenti ascensori e dispositivi ad accesso diretto; 50% se sono presenti ascensori e dispositivi attivabili su richiesta; 40% se sono presenti barriere di moderata estensione; 25% se sono presenti barriere di elevata estensione; 0% se l’intera struttura non è servita da alcun presidio atto a superare eventuali dislivelli).

Sulla direttrice di progetto esiste una domanda complessiva di spostamento  $D$ . Il nuovo sistema di TCSP ha un bacino di captazione esprimibile la somma del rapporto tra una fascia di 500 metri per lato e l’estensione dell’area urbana (bacino indiretto) più il rapporto tra la somma di un’area circolare di 500 metri per lato per ciascun punto di accesso o fermata e l’estensione del centro storico (bacino diretto):

$$\phi = \lambda \cdot S_U^{-1} + (3,14 \cdot 0,5^2 \cdot s) \cdot S_C^{-1}$$

Della domanda complessiva  $D$  di spostamenti il nuovo sistema di TCSP ne assorbirà una quota  $q$  esprimibile come estensione del bacino  $\phi$  amplificato per i fattori di accessibilità:

$$q = \phi \cdot (1 + \alpha \cdot 0,52 + \beta \cdot 0,25 + \gamma \cdot 0,13)$$

I fattori di accessibilità  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$  generano una amplificazione compresa entro il campo  $[0, 190\%]$ . Una delle proprietà forse meno evidenti di sistema di trasporto a impianto fisso è quella di aumentare la resilienza intrinseca di un’area urbana, piccola o grande che sia. Una rete di trasporto ben sviluppata garantisce una ripartizione modale equilibrata: le persone - e talvolta le merci - possono viaggiare su vettori collettivi e non solo su mezzi privati. Una rete siffatta sostiene lo sviluppo urbano inducendo la densificazione degli spazi e quindi un migliore utilizzo dei suoli:

progettazione urbana → gestione della mobilità → ottimizzazione delle risorse pubbliche

Un ciclo che si chiude con una maggiore disponibilità di risorse per la collettività, ovvero per la realizzazione di nuovi progetti di inclusione sociale e arricchimento dei servizi locali.



## **Bibliografia essenziale**

Bauman Z., Bordoni, 2015, Stato di crisi, Einaudi, Torino

Monardo B., Spinosa A., 2014, "Accessibility planning per nuove strategie di rigenerazione insediativa" in Ricci M., Battisti A., Monardo B. (a cura di), I Borghi della Salute, Altralinea Ed. Firenze

Ewing R., Bartholomew K., 2013, Pedestrian - and Transit - Oriented Design, Urban Land Institute; Revised ed. edition

Cerema, 2011, Ministère de l'Écologie, de Développement durable, des Transports et du Logement, "Les plans d'accessibilité de la voirie et des espaces publics. Analyse et retour d'expériences", Ed. CERTU, Lyon (<https://www.cerema.fr/fr/centre-ressources/boutique/plans-accessibilite-voirie-espaces-publics-pave>)

Litman T. A., 2008, Evaluating Accessibility for Transportation Planning. Measuring People's Ability to Reach Desired Goods and Activities, Victoria Transport Policy Institute, Victoria (Canada) (<https://trid.trb.org/view/859513>)

Ditmar H., Ohland G., 2003, The New Transit Town: Best Practices In Transit-Oriented Development, Island Press

Bauman Z., 2000, Liquid Modernity, Polity Press, Cambridge

Dupuy G., 1991, L'urbanisme des réseaux. Théories et méthodes, Colin, Paris

## **Didascalie immagini**

1. Unità diesel in doppia composizione RS1 sulla Schönbuchbahn (foto Filipp Müntst)
2. Orvieto, funicolare (foto Khunta)
3. Mondovì, funicolare (foto Michelangelo Musso)
4. Potenza, ponte Attrezzato e scala mobile Santa Lucia (foto Caterina Policaro)
5. Cabina del Poma di Laon, sistema dismesso nel 2016 (foto Jean-Henri Manara)
6. Minimetro© di Perugia (foto Brady Dorman)
7. Nuove vetture tramviarie di Blackpool (foto Bombardier)
8. Hungerburgbahn, nuovo funicolare di Innsbruck (foto Bloodua)
9. Quali pendenze massime per ciascuna tecnologia di trasporto
10. Tabella riepilogativa dei costi indicativi di ciascuna tecnologia idonea a risolvere problemi di accessibilità geografica
11. Teleferica di Funchal, Madeira (foto Ekaterina Pokrovsky)
12. Funicolare di Viseu, Portogallo. L'impianto, inaugurato il 25 settembre 2009, unisce la Feira de S. Mateus al Sé, la Cattedrale della città, con un percorso a raso separato dagli spazi pedonali da recinzioni leggere (foto Ruben Rebelo)

Figura 1



Figura 2



Figura 3



Figura 4



Figura 5



Figura 6



Figura 7



Figura 8



Figura 9

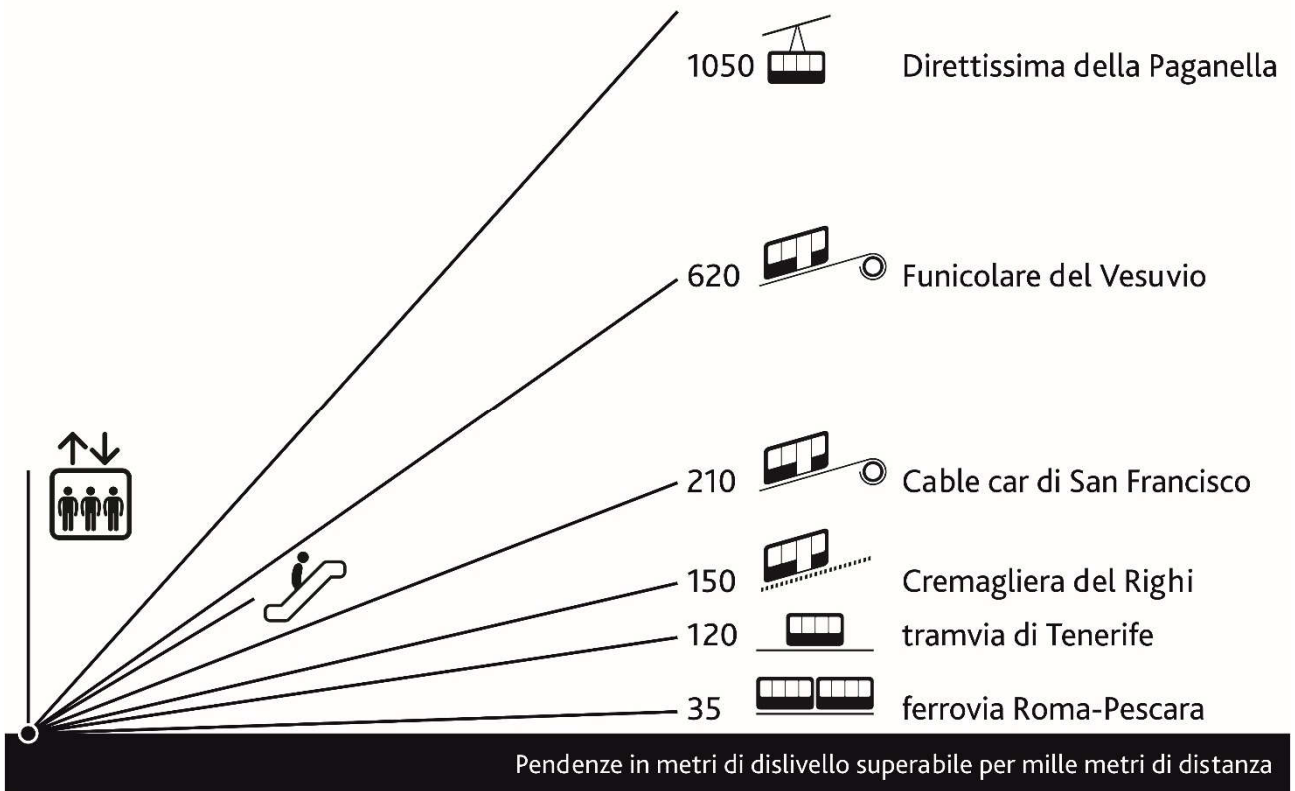













Figura 10

Tecnologia	Capacità massima (posti totali)			Caratteristiche				Costi	
	Oraria (per direzione)	Giornaliera (totale per entrambe le direzioni su un servizio 6:00-23:00)	Sviluppo caratteristico (metri)	Pendenza massima (per mille)	Distanza caratteristica tra le fermate intermedie (in metri)	Vita media dell'impianto (in anni)	Dimensione media dei veicoli (posti totali offerti)	Costo di costruzione e acquisto veicoli (in euro per metro di sviluppo)	Costo operativo lordo per anno di vita utile (in euro per milione di posti km anno offerti)
Servizio bus su strada (in aree rurali)	640	15.000	1.500-20.000	100	300-500	15	80	20-50	100.000-250.000
 Ferrovia locale	3.200	90.000	5.000-30.000	35	500-2.500	35	400	8.000-15.000	7.500-20.000
 Tramvia locale	1.600	45.000	5.000-20.000	100	300-1.500	35	200	7.500-12.000	15.000-30.000
 Cremagliera	1.600	45.000	2.500-15.000	200	300-1.500	30	200	10.000-20.000	12.000-35.000
 Funicolare	4.800	135.000	500-5.000	600	150-500	30	200	15.000-25.000	25.000-70.000
 Minimetro	2.000	55.000	1.000-10.000	600	150-500	25	50	20.000-35.000	40.000-120.000
 Aerotram	4.000	135.000	500-3.000	800	300-1.500	25	200	35.000-55.000	5.000-10.000
 Cabinovia	3.000	100.000	500-5.000	1.000 (45°)	200-1.500	25	20	15.000-25.000	2.500-5.000
 Ascensore inclinato	2.000	55.000	50-2.000	6.000 (80°)	50-1.000	15	50	25.000-35.000	30.000-70.000
 Ascensore verticale	1.200	30.000	10-200	90°	5-50	10	20	15.000-25.000	35.000-80.000
 Tapis roulant*	12.000	400.000	500-2.000	80	100-500	10	2,0 posti/m <sup>2</sup>	2.500-5.000	10.000-15.000
 Scala mobile*	9.000	300.000	50-3.000	2.800 (70°)	100-500	10	1,5 posti/m <sup>2</sup>	7.500-10.000	15.000-20.000

\* Larghezza 250 cm

Figura 11





Figura 12



Figura 13

