
LA STIMA DEI BENEFICI AMBIENTALI ASSOCIATI A INTERVENTI DI MOBILITA' SOSTENIBILE: METODOLOGIE E RISULTATI

Nell'ambito delle attività del Piano di Rafforzamento Amministrativo del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti è stata redatta la presente nota di sintesi, estratta dal QUADERNO omonimo di ISPRA¹ pubblicato lo scorso gennaio con il numero 26/2023. Il presente articolo è il terzo di tre derivati dal documento citato.

La mobilità dolce

Studi recenti indicano che la maggior parte degli attuali sforzi della politica dei trasporti si concentra su strategie di "miglioramento" come l'aumento dell'efficienza dei veicoli e del risparmio di carburante, o su strategie per evitare/ridurre gli spostamenti, in cui i chilometri percorsi dai veicoli vengano ridotti o spostati su modalità di trasporto sostenibili (che non emettono CO₂ o a basse emissioni di CO₂). Lo sviluppo del *Trasporto Non Motorizzato* (NMT) è una strategia fondamentale per ridurre le emissioni di CO₂. Camminare e andare in bicicletta ("*active travel*") potrebbe sostituire almeno in parte gli spostamenti motorizzati e ridurre le emissioni di CO₂. Nel Regno Unito, ad esempio, circa un quinto delle emissioni di CO₂ e dei consumi energetici per i trasporti è conseguenza di spostamenti in auto, inferiori a 8 chilometri, che potrebbero essere fatti a piedi o in bicicletta.

Il NMT, in particolare la bicicletta, ha un grande potenziale perché: (a) è un modo di trasporto economico e può essere un'opzione possibile anche per i meno abbienti; (b) i costi di investimento per le infrastrutture sono bassi; (c) nelle aree urbane congestionate, la bicicletta potrebbe far risparmiare tempo; (d) è una modalità di trasporto a emissioni zero; (e) è un'attività aerobica che apporta benefici fisici, come perdita di peso e miglioramento della forma cardiovascolare, e benefici psicologici, contribuendo al benessere e alla salute degli esseri umani.

Ma non è così semplice attribuire un "valore climatico" alla bicicletta. Le biciclette convenzionali sono veicoli a zero emissioni solo in fase operativa. Infatti, la produzione, distribuzione e preparazione degli alimenti necessari per la propulsione umana richiedono energia che determina emissioni significative, che, insieme alle emissioni legate al LCA della costruzione e della manutenzione delle piste ciclabili, vanno considerate nel calcolo dei benefici ambientali di questa modalità di trasporto. Utilizzando i dati dell'*Europe Cycling Federation study* per quantificare le emissioni di CO₂, in bicicletta vi è un'emissione di 21 g CO₂ per km, mentre con autovettura e con autobus le emissioni sono di 271 g e 101 g per km.

Non è poi scontato che la diffusione del NMT evolva, senza delle opportune politiche di indirizzo: all'inizio degli anni '80, in India, il NMT rappresentava circa il 40-60% del totale degli spostamenti; dagli anni '90, l'utilizzo della bicicletta si è ridotto al 10-30% **Tiwari et al.** (2015).

Matute et al. (2016) nel loro studio applicato su alcune città degli USA hanno cercato di comprendere la propensione a cambiare modalità di spostamento a favore della bicicletta e in quali condizioni tale spostamento può portare ad una maggiore riduzione dei gas serra e di inquinanti

¹ L'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, insieme alle 21 Agenzie Regionali (ARPA) e Provinciali (APPA) per la protezione dell'ambiente fa parte del Sistema Nazionale a rete per la Protezione dell'Ambiente (SNPA), istituito con Legge 132/16

atmosferici. Lo studio indica che un aumento del 10% nell'offerta di corsie ciclabili è associato a un incremento di spostamenti in bicicletta del 3,1% per 10.000 abitanti, associato ad un incremento del livello di spostamenti in bicicletta pari al 2,5%. Sebbene il ciclismo non produca emissioni di gas di scarico nella fase operativa, richiede energia umana, che richiede calorie alimentari. È stato stimato che un chilometro percorso in bicicletta da un utente che segue una dieta media americana richiede una produzione di alimenti che contribuisce all'emissione di 42 g di CO₂ eq circa. Al contrario, un chilometro di viaggio in un veicolo a motore produce circa 153 g di CO₂ eq dai gas di scarico e 59 g di CO₂ eq per la produzione di energia.

Quasi tutte le piste ciclabili hanno mostrato un aumento del numero di ciclisti, ma sulla base della valutazione del ciclo di vita non tutti i progetti di piste ciclabili producono riduzioni nette nelle emissioni di gas a effetto serra. I progetti che richiedono per la costruzione di infrastrutture minori investimenti di emissioni di gas serra e quelli che attirano un maggior numero di nuovi ciclisti, distogliendoli dall'utilizzo del veicolo motorizzato, porteranno a una riduzione significativa delle emissioni di gas serra durante il ciclo di vita. Mentre i nuovi ciclisti, che non avrebbero effettuato spostamenti né in bicicletta né con altre modalità, prima degli interventi progettuali, produrrebbero invece un aumento netto delle emissioni di gas serra.

Rudolph (2014) nel suo studio esamina le politiche e le misure che promuovono l'uso del pedelec². Questo tipo di bicicletta permette al ciclista di pedalare con uno sforzo minore e contribuisce all'incremento della quota modale degli spostamenti in bicicletta nelle aree metropolitane collinari e degli spostamenti per distanze maggiori. Le vendite di pedelec sono in continuo aumento in Germania dal 2005, attestandosi nel 2012 a circa 400.000 unità, il che corrisponde a circa il 10% del numero totale di biciclette vendute. Nello scenario più ambizioso assunto nel modello applicato alla città di Wuppertal (nota per i suoi ripidi pendii) che prevede la promozione dei pedelec, il numero combinato di viaggi in bicicletta e pedelec rappresenterebbe una quota del 3,2% della ripartizione modale già nel 2020, superiore al totale combinato per le biciclette e pedelec nello scenario del BAU³ nel 2050. Entro il 2050 la quota degli spostamenti con biciclette e pedelec aumenterebbe al 17,4% di tutti i viaggi con partenza da e/o che terminano a Wuppertal.

Mrkajic et al. (2015) nel loro lavoro hanno analizzato i benefici locali e generali di un progetto che prevede l'implementazione di parcheggi per biciclette. Gli autori hanno analizzato il caso della città serba di Novi Sad e le infrastrutture per le biciclette sembrano avere un'importanza significativa soprattutto per i nuovi ciclisti, ma sono comunque di supporto anche per coloro che andavano in bici in precedenza. Incrementare le infrastrutture per i parcheggi fa parte delle azioni da mettere in atto per promuovere la mobilità ciclistica. Per incrementare il ciclismo urbano risulta utile sia implementare tali infrastrutture, sia promuovere la ciclabilità.

Tarulescu et al. (2017) hanno analizzato il sistema di trasporto stradale dell'area metropolitana di Brasov in Romania. Nello studio sono state analizzate le vie di comunicazione che collegano la città di Ghimbav alle principali aree di interesse circostanti. È stato realizzato un modello di previsione per stimare la diminuzione del consumo energetico e della quantità di CO₂ derivante dal trasporto su strada per la città di Ghimbav. Sono state prese in considerazione diverse misure di ottimizzazione: il rinnovo del parco veicoli, la costruzione di un raccordo anulare per deviare il traffico urbano, strade a scorrimento

² Bicicletta a pedalata assistita

³ Business as usual

veloce, la realizzazione di piste ciclabili, l'implementazione di un sistema di trasporto pubblico urbano. Per ogni misura è stato utilizzato un modello matematico per calcolare il consumo di energia e le emissioni di CO₂ dovute al settore dei trasporti su strada.

Lo studio si basa sulla diminuzione approssimativa dei volumi di traffico che si può ottenere creando piste ciclabili nella città di Ghimbav e sulle strade principali che la collegano a quelle limitrofe. Secondo i dati analizzati in questo studio per le piste ciclabili, il volume del traffico stradale diminuirebbe dell'8% dopo la costruzione di una pista ciclabile a Ghimbav. Dopo aver applicato questa riduzione percentuale, per il totale dei veicoli totale è stata stimata una possibile riduzione nei consumi energetici di 1.015,28 MWh e nelle emissioni di 260,82 tonnellate di CO₂.

La misura più efficace tra quelle descritte è stata l'implementazione di un sistema di trasporto pubblico "verde" per la città Ghimbav, che determinerebbe una riduzione del 19,7% dei consumi energetici e delle emissioni di CO₂. La realizzazione di piste ciclabili porterebbe una riduzione del consumo energetico e delle emissioni di CO₂ dell'11,2%, la strategia di rinnovamento del parco veicoli a una riduzione dei consumi energetici e delle emissioni di CO₂ del 5%. In definitiva, gli autori sottolineano che si potrebbe ottenere una sostanziale riduzione delle emissioni di CO₂, CO e PM se le misure prese in considerazione venissero implementate nell'area urbana di Ghimbav, accompagnata da una riduzione dei livelli di inquinamento atmosferico.

L'obiettivo dello studio di **Guariso e Malvestiti (2017)** è quello di valutare il livello di sostenibilità della mobilità ciclabile nell'area urbana di Milano. L'attenzione dei ricercatori è focalizzata sulla salute umana, cosicché i benefici della ciclabilità derivanti dall'attività fisica e gli effetti negativi dovuti all'inquinamento atmosferico vengono valutati e confrontati nel contesto urbano di una città di medie dimensioni e con un elevato livello di inquinamento.

Gli impatti della ciclabilità vengono valutati mediante la combinazione di due modelli, uno, "HEAT"⁴, che ne stima i benefici sulla salute e un altro, il modello "R-R" che valuta l'aumento nel livello di mortalità derivante dall'esposizione alle polveri sottili, che ne stima gli effetti negativi sanitari ed economici derivanti da un'aumentata esposizione all'inquinamento atmosferico. Nell'applicazione al caso di studio di Milano, gli autori hanno assunto che la bicicletta sia usata come un mezzo alternativo all'automobile, cosicché il modello è stato usato per studiare separatamente gli effetti dell'uso della bicicletta e delle autovetture private considerate come attività distinte rispetto allo scenario di riferimento "di riposo".

Al fine di valutare l'impatto della ciclabilità sulla mortalità, il numero di morti attribuibili all'uso dell'automobile è stato sottratto da quello attribuibile all'uso della bicicletta. Sono stati presi in considerazione quattro scenari differenti. Analizzando e confrontando gli output del modello HEAT e del modello R-R, si evince che i benefici derivanti dall'uso delle biciclette sono maggiori degli effetti negativi in tutti gli scenari considerati. In definitiva a Milano, nonostante l'elevata esposizione all'inquinamento atmosferico, gli effetti positivi dell'attività fisica, di chi va in bicicletta, superano ampiamente gli effetti negativi, e la mobilità ciclabile può essere considerata una modalità di spostamento vantaggiosa.

Lo scopo della ricerca di **Astegiano et al. (2019)** è quello di studiare l'impatto delle forme di mobilità attiva (pedonale e ciclabile, compreso l'uso delle biciclette elettriche), sulle quote di ripartizione modale e sull'emissione di gas serra in un contesto urbano. I risultati del modello mostrano la stima del probabile impatto generato dalla diffusione dell'uso delle biciclette elettriche: da un lato si riduce la quota modale delle autovetture e del trasporto pubblico e dall'altro si riscontrano effetti positivi per altre modalità

⁴ Health Economic Assessment Tool (HEAT), sviluppato dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) nel 2014

di trasporto attivo (ad esempio, le biciclette). Nello scenario, che prevede l'introduzione dei pedaggi, l'uso delle autovetture diminuisce a favore delle forme di mobilità attiva e del trasporto pubblico, mentre nello scenario baseline le biciclette elettriche assorbono una quota modale dal trasporto pubblico maggiore rispetto a quella assorbita dalle autovetture. Quindi, i risultati del modello indicano un possibile impatto positivo dell'uso delle biciclette elettriche nella riduzione della ripartizione modale delle modalità di trasporto motorizzato e tale riduzione risulta maggiore ipotizzando uno scenario che prevede l'introduzione di un sistema di pedaggi.

Philips et al. (2022) nel loro studio, hanno stimato la massima capacità di risparmio di CO₂ conseguente all'utilizzo di e-bike come modalità di spostamento sostitutiva dei viaggi in auto. Nello studio è stata utilizzata la microsimulazione spaziale (conosciuta anche come sintesi della popolazione) per generare una popolazione rappresentativa di individui. La capacità di viaggiare in e-bike è la distanza che una persona è fisicamente in grado di percorrere su base giornaliera, tenendo conto dello sforzo fisico del ciclista e dell'assistenza motoria che riceve.

La capacità di riduzione di CO₂ delle e-bike per persona è maggiore per i residenti delle aree rurali e più bassa per i residenti dei grandi centri urbani. Nelle zone rurali, le persone guidano un maggior numero di km all'anno rispetto agli abitanti delle città. Nelle aree urbane c'è una maggiore proporzione di viaggi brevi in auto a causa della relativa vicinanza delle attività. La lunghezza mediana del viaggio in auto nelle aree urbane è di 5 km, mentre nelle aree rurali è di 10 km. Questi sono entrambi inferiori alla stima della distanza massima media di viaggio in e-bike di 20 km (rispetto agli 11 km in bicicletta) della popolazione sintetica.

La micro-simulazione ha mostrato che la massima capacità totale di ridurre le emissioni di CO₂ delle auto usando le biciclette elettriche è di 24,4 milioni di tonnellate all'anno. Anche se la produzione di CO₂ della flotta automobilistica si ridurrà con l'elettrificazione, la progressione è lenta, ma l'adozione di massa delle biciclette elettriche potrebbe dare un significativo contributo alla riduzione della CO₂ nei trasporti, soprattutto nelle aree in cui gli spostamenti convenzionali (a piedi e in bicicletta) non si adattano ai modelli di viaggio e la fornitura di autobus è relativamente costosa.

Conclusioni

Gli spostamenti pedonali e ciclabili che implicano l'impiego della capacità fisica dell'uomo sono definiti come forme di mobilità dolce o mobilità attiva. Essa costituisce la modalità per eccellenza di mobilità urbana sostenibile per molteplici aspetti perché, a differenza del trasporto motorizzato privato, non comporta lo sfruttamento di risorse non rinnovabili, la produzione di emissioni inquinanti e di gas serra in atmosfera, ma piuttosto apporta dei benefici in termini di salute, di coesione sociale e di presidio del territorio. Anche l'Organizzazione Mondiale della Sanità (WHO, 2016) incentiva i cittadini alla mobilità attiva e sottolinea l'importanza della pianificazione urbanistica e delle politiche dei trasporti per migliorare l'accessibilità e la sicurezza degli spostamenti a piedi e in bicicletta.

I risultati presentati dagli studi considerati hanno indicato che le forme di mobilità attiva possono costituire un'alternativa valida alla mobilità motorizzata ricorrendo alla mobilità a piedi per coprire percorsi di breve durata, e alla bicicletta per distanze medio – lunghe. Alla mobilità attiva può corrispondere un risparmio sulle emissioni di anidride carbonica purché siano rispettate alcune condizioni.

La presenza di infrastrutture ciclabili e pedonali, ben ramificate nel tessuto urbano e collegate con i più importanti punti di interesse, può promuovere e favorire l'aumento dell'attività fisica della popolazione.

Infatti, la scelta della bicicletta è determinata da molte variabili interdipendenti che includono il grado di accessibilità ai luoghi, la struttura della rete di trasporto e la relativa attrattiva di alcuni fattori (accesso al trasporto pubblico, servizi di bike sharing, costi del parcheggio e del carburante, ecc.).

Le infrastrutture per le biciclette (velostazioni protette, rastrelliere, ecc.) hanno un'importanza significativa soprattutto per i nuovi ciclisti, ma sono di supporto anche per coloro che andavano in bici in precedenza. Incrementare le infrastrutture per i parcheggi fa parte delle azioni da mettere in atto per promuovere la mobilità ciclistica.

Le campagne di sensibilizzazione pubblica sono uno strumento indispensabile per mettere in evidenza gli aspetti positivi dell'uso della bicicletta, non solo come attività ricreativa, ma anche come possibile modalità di trasporto urbano. Le campagne pubbliche devono esaltare gli aspetti ambientali, economici e sanitari della mobilità dolce, mostrando in particolare il miglioramento in termini di sicurezza stradale legato a questa forma di trasporto. È opportuno reiterare le campagne di promozione e sensibilizzazione nel tempo al fine di garantire il mantenimento se non l'incremento del numero dei pedoni e dei ciclisti non solo a fini ludici e ricreativi ma anche per sostituire gli spostamenti motorizzati.

Sulla base di quanto riportato in letteratura, alcune variabili demografiche hanno un impatto significativo sull'uso della bicicletta: l'età, il sesso, la razza, il reddito, il livello di istruzione, lo stato occupazionale, il tipo di famiglia, la densità di popolazione e la densità di occupazione, ecc. In molti casi risulta indispensabile ricorrere anche ad un incentivo economico all'acquisto di biciclette sia tradizionali che a pedalata assistita per garantire un buon livello di utilizzo dei percorsi pedonali e ciclopeditoni.

Non trascurabili sono gli effetti negativi della mobilità dolce sulla salute umana legati ad una maggiore esposizione all'inquinamento atmosferico, acustico e agli incidenti stradali, in particolare quando si cammina o si va in bicicletta in zone particolarmente trafficate e/o inquinate. Spesso le metodologie utilizzate per valutare gli impatti emissivi delle varie forme di mobilità hanno considerato il ciclismo una modalità di trasporto a emissioni zero, supponendo che non ci siano nuove emissioni da un progetto per la costruzione di una pista ciclabile. Tuttavia, il ciclismo è una modalità a zero emissioni, ma solo in fase operativa. Infatti, le emissioni legate al LCA della costruzione e della manutenzione delle piste ciclabili, sommate a quelle necessarie per la produzione, distribuzione e preparazione degli alimenti necessari per fornire energia per poter pedalare, sono significative e vanno considerate nel calcolo dei benefici ambientali di questa modalità di trasporto.

Molti autori concordano che la maggior parte degli spostamenti brevi in automobile (sotto i 2 km) può essere considerato potenzialmente sostituibile da uno spostamento a piedi o in bicicletta. Tuttavia, sono ancora numerose le resistenze che inducono i cittadini ad utilizzare l'automobile per spostarsi su brevi distanze quali la necessità di rispettare vincoli temporali, la convenienza, la necessità di trasportare carichi pesanti, necessità di accompagnare altri passeggeri o i bambini a scuola, la carenza altre di modalità di trasporto accettabili e una maggiore sicurezza percepita.