

Monitoraggio del rumore da traffico transfrontaliero ed effetti correlati: l'esperienza di ARPA nel progetto iMonitraf!

Filippo Berlier¹, Christian Tibone¹, Enrico Carnuccio¹, Daniele Crea¹, Christian Tartin¹, Miro Salvagni², Arturo Merlino², Valerio Cipriani², Jacopo Fogola³, Stefano Masera³

¹ARPA Valle d'Aosta, località Grande Charrière, 44 - 11020 Saint-Christophe (AO),
f.berlier@arpa.vda.it, c.tibone@arpa.vda.it, enrico.carnuccio@fastwebnet.it

²ARPA Friuli Venezia Giulia, via Cairoli, 14 - 33057 Palmanova (UD),
miro.salvagni@arpa.fvg.it, arturo.merlino@arpa.fvg.it

³ARPA Piemonte, via Pio VII, 9 - 10135 Torino
jacopo.fogola@arpa.piemonte.it, stefano.masera@arpa.piemonte.it

RIASSUNTO

A partire dal mese di settembre 2009 sono iniziate le attività del progetto Interreg Spazio Alpino denominato "iMonitraf!" il cui partenariato percorre l'arco alpino da ovest ad est e coinvolge le regioni di: Rhône-Alpes, Piemonte, Valle d'Aosta, Cantoni Svizzeri Centrali, Canton Ticino, Tirolo, Alto Adige e Friuli Venezia Giulia. Per l'Italia partecipano anche le Agenzie Regionali per la Protezione dell'Ambiente della Valle d'Aosta, del Friuli Venezia Giulia e del Piemonte. Uno degli scopi del progetto iMonitraf! è lo sviluppo di strategie comuni per la gestione del traffico transalpino ed il contenimento dei suoi impatti nelle regioni di transito. In particolare, dal punto di vista dell'inquinamento acustico, l'obiettivo del lavoro è stato l'armonizzazione delle attuali metodologie di misura e la valutazione della popolazione esposta. L'impatto acustico prodotto dal traffico veicolare e ferroviario transfrontaliero è stato quantificato con i parametri L_{DEN} e L_{Night} attraverso monitoraggi e stime modellistiche mentre è stato utilizzato il concetto dell'Annoyance per la valutazione dell'eventuale possibile disturbo sulla popolazione. Il confronto tra i valori di L_{DEN} , con il calcolo del relativo grado di Annoyance, attuali e futuri, potrà essere utilizzato come metodo di verifica e previsione delle scelte strategiche e politiche adottate sui vari corridoi attraverso la predisposizione di scenari con differenti distribuzioni del traffico transfrontaliero.

1. INTRODUZIONE

1.1 IL PROGETTO iMONITRAF!

Negli ultimi anni l'incremento del traffico veicolare e ferroviario attraverso l'arco alpino ha avuto ripercussioni ed effetti negativi sull'ambiente e sulla qualità della vita delle popolazioni che abitano lungo i grandi corridoi di transito. Per far fronte a tali problematiche, le nazioni e le regioni interessate stanno valutando e mettendo in atto misure di regolamentazione del traffico transfrontaliero. Perché abbiano più efficacia, tali misure di sostenibilità dei trasporti dovrebbero essere sinergiche e trovare riscontro in termini di possibili ricadute sull'ambiente e sulla popolazione.

Il progetto iMonitraf! (<http://www.imonitraf.org>), iniziato nel mese di settembre 2009 e conclusosi nel mese di giugno 2012, è l'implementazione del precedente Monitraf che è stato effettuato nel triennio 2005-2008. In particolare, è stato riesaminato il set d'indicatori precedentemente individuato al fine di una semplificazione e di un più agevole reperimento dei dati e di porre una maggior attenzione all'impatto sull'ambiente e alla valutazione della popolazione residente lungo i corridoi transfrontalieri. Tra gli indicatori mantenuti, caratteristici di diversi temi che coinvolgono il sistema trasporti in Europa, vi sono: indicatori economici, come i prezzi dei carburanti e dei trafori, indicatori di base, come i dati sui flussi di traffico, indicatori ambientali, come parametri che misurano la qualità dell'aria e l'inquinamento acustico, indicatori sulla salute. iMonitraf! ha mantenuto come principale obiettivo la collaborazione degli stati nel trovare e mettere in pratica misure comuni condivise e che possano essere implementate anche in futuro tenendo conto delle specificità delle regioni alpine. All'interno del progetto è stata data grande importanza al dialogo con la parte politica e di governo delle singole regioni per far sì di aver maggiore attenzione da parte dei governi centrali delle nazioni e da parte dell'Europa. La messa in pratica di misure condivise nella gestione dei trasporti transfrontalieri comporta un sistema di controllo che si basa su metodologie di monitoraggio comuni: monitoraggio dei transiti, monitoraggio dei pedaggi e

dei costi, monitoraggio ambientale e di qualità della vita. Il Progetto, che interessa i corridoi del Fréjus, del Monte Bianco, del Gottardo, del Brennero e del Tarvisio coinvolge le seguenti regioni dello spazio alpino: Rhône-Alpes, Piemonte, Valle d'Aosta, Cantoni Svizzeri Centrali, Cantone Ticino, Tirolo, Alto Adige e Friuli Venezia Giulia (fig. 1).

1.2 INQUADRAMENTO DEL LAVORO ARPA IN iMONITRAF!

Il Progetto Interreg iMonitraf! è stato strutturato in sei work packages (WP) in funzione dei vari obiettivi e dei temi del progetto: i primi tre WP hanno avuto funzioni di tipo organizzativo e di coordinamento. Gli obiettivi di queste unità del progetto sono stati di creare una rete di rapporti a livello politico, istituire ed istituzionalizzare un sistema comune di monitoraggio degli indicatori dell'Alpine Crossing Exchange (ACE) individuati, agevolare ed incentivare lo scambio di conoscenze ed informazioni al fine di un'armonizzazione ed un'interpretazione comune delle misure da attuare.

Gli altri tre WP sono stati invece di natura più tecnica e trasportistica e si sono occupati di valutare, da un lato, una maggior competitività dei sistemi ferroviari nella direzione dell'Alpine Crossing Exchange e di altre misure di trasferimento (modal shift) del trasporto su rotaia, dall'altro, di proporre e analizzare scenari futuri di transito sui vari corridoi valutandone gli effetti in termini d'impatto sull'ambiente e sulla popolazione. A tal fine è necessario sviluppare strategie e azioni comuni per far fronte al continuo incremento di traffico transfrontaliero e per uno sviluppo regionale sostenibile.

Il ruolo delle ARPA è stato quello di popolare ed interpretare gli indicatori ed in particolare di omogeneizzare e rendere confrontabili i risultati dei monitoraggi e delle stime modellistiche sugli indicatori ambientali inerenti la qualità dell'aria ed il rumore.

In questo lavoro sarà trattato esclusivamente l'aspetto inerente l'impatto acustico prodotto dal rumore delle differenti distribuzioni del traffico sui corridoi transfrontalieri, con riferimento allo scenario attuale e a quelli futuri elaborati dagli altri WP coinvolti (WP4 e WP6). Le valutazioni effettuate nello studio hanno avuto l'obiettivo di sviluppare metodologie di monitoraggio comuni e di quantificare il possibile disturbo della popolazione (Licitra et al., 2010).

2. IL MONITORAGGIO DEL RUMORE

La raccolta di dati di rumore rilevati lungo i corridoi era già iniziata con il progetto Monitraf, ma, considerata la ridotta presenza di partner tecnici al suo interno, essa aveva avuto un limitato riscontro. Nella prosecuzione del progetto attraverso iMonitraf!, grazie anche alla partecipazione diretta di un numero maggiore di ARPA, è stato possibile concordare l'effettuazione di campagne di monitoraggio acustico.

I monitoraggi e le analisi sui dati rilevati sono stati concentrati maggiormente sul rumore dovuto al traffico stradale e i dati presentati nei punti 2.1 e 2.3 sono relativi alle sole infrastrutture stradali. I risultati dei monitoraggi concernenti il rumore da traffico ferroviario sono stati considerati unicamente per lo sviluppo di un approccio modellistico comune.

Poiché i corridoi si trovano in differenti regioni di diverse nazioni, si sono rese necessarie delle linee guida comuni per rendere confrontabili le caratteristiche geometriche ed acustiche dei punti di misura e la metodologia di rilievo e di trattamento dei dati.

2.1 INDIVIDUAZIONE DI LINEE GUIDA COMUNI

Nella prima fase del progetto sono così state elaborate delle linee guida minime generali per rendere da subito maggiormente uniformi le campagne di misura sui differenti corridoi. In particolare, hanno partecipato con il loro contributo le tre ARPA italiane coinvolte nel progetto e il Dipartimento del Territorio della Repubblica e Cantone Ticino.

In sintesi, si richiedeva che i monitoraggi fossero condotti al fine della quantificazione del livello di emissione acustica della strada secondo le indicazioni riportate in tabella 1.

Tabella 1 – Caratteristiche dei monitoraggi del rumore stradale

Tipologia Rilievo	Durata	Altezza postazione dal piano strada	Distanza dal ciglio strada	Condizioni	Restituzione dei dati acquisiti in intervalli orari	Campionamento minimo	Eventi anomali
Dati rumore	7 giorni	4 m	10 m	Campo libero	Sì	A cura dei tecnici	A cura dei tecnici
Dati meteo	7 giorni	In prossimità della centralina fonometrica, per quanto possibile		/	Sì	Secondo le caratteristiche delle centraline	
Dati traffico	7 giorni			/	Sì		

Per avere un quantitativo di dati sufficienti per calcolare una media dell'anno, le linee guida chiedono ad ogni partner di effettuare almeno una campagna di misura settimanale per ogni stagione al fine della quantificazione di un livello medio annuale. Come si evince dalla tabella 1, in aggiunta ai livelli di rumore, devono anche essere raccolti dati relativi al traffico veicolare e alla meteorologia in prossimità del sito, al fine di invalidare i risultati di rilievi avvenuti in condizioni meteorologiche avverse, quali precipitazioni e presenza di vento ad una velocità uguale o superiore a 5 m/s.

In accordo con la Direttiva Europea 2002/49/EC, i livelli di rumore durante i vari periodi del giorno devono essere così considerati, per poter valutare il livello annuale medio sulle 24 ore:

- Day: 7.00 - 19.00
 - Evening: 19.00 - 23.00
 - Night: 23.00 - 7.00
- $$L_{DEN} = 10 \log \left(\frac{12}{24} \cdot 10^{\frac{L_{Aeq,D}}{10}} + \frac{4}{24} \cdot 10^{\frac{L_{Aeq,E}+5}{10}} + \frac{8}{24} \cdot 10^{\frac{L_{Aeq,N}+10}{10}} \right)$$

I livelli sono poi stati normalizzati a 10 m di distanza e a 4 m di altezza per ottenere un dato finale di ogni corridoio che ne permetta un confronto sull'emissione acustica.

Durante il progetto il Dipartimento del Territorio della Repubblica e Cantone Ticino ha affidato ad un team di esperti esterni la stesura di linee guida più approfondite che hanno tenuto conto anche dell'esperienza di monitoraggio pregressa e in atto (Bernasconi et al., 2007). Le linee guida finali, sottoposte alla revisione delle ARPA italiane, hanno individuato la metodologia per i rilievi di rumore da traffico veicolare da utilizzare nel caso di future misure in un contesto internazionale.

2.2 PUNTI DI MONITORAGGIO E RISULTATI

I punti di misura lungo i corridoi sono stati scelti dalle ARPA di Valle d'Aosta, Piemonte e Friuli Venezia Giulia e dal Dipartimento del Territorio della Repubblica e Cantone Ticino, in parte per avere una continuità con altri rilievi già effettuati in precedenza e in parte come integrazione degli stessi. In particolare i nuovi punti di misura, disposti lungo l'infrastruttura stradale principale, sono stati scelti in modo da individuare il più possibile tratti acusticamente omogenei per numero di veicoli, velocità di percorrenza, pendenza, manto stradale, ecc...

In figura 1 sono riportati per ciascun corridoio i punti di misura scelti.

Figura 1 – Area di studio



I livelli di rumore rilevati sono stati confrontati con i dati di traffico veicolare raccolti lungo i corridoi al fine di verificarne la correlazione. Considerata la vicinanza dei punti di misura all'infrastruttura stradale il livello di emissione acustica dovrebbe essere strettamente connesso al numero complessivo di veicoli transitanti sul corridoio (restituito da uno degli indicatori individuati nel progetto).

In figura 2 vengono riportati per ogni punto di misura individuato i risultati delle campagne fonometriche in termini di L_{DEN} medi annuali per gli anni 2010 e 2011, mentre in tabella 2 sono riportati i dati di traffico giornaliero medio (TGM), suddiviso per veicoli leggeri e veicoli pesanti, relativo all'anno 2010.

Commento ai dati:

- I livelli di L_{DEN} rilevati nell'anno 2010 sono in linea con i dati di traffico veicolare conteggiati presso le postazioni di rilievo fonometrico;

Figura 2 – Risultati delle campagne di monitoraggio

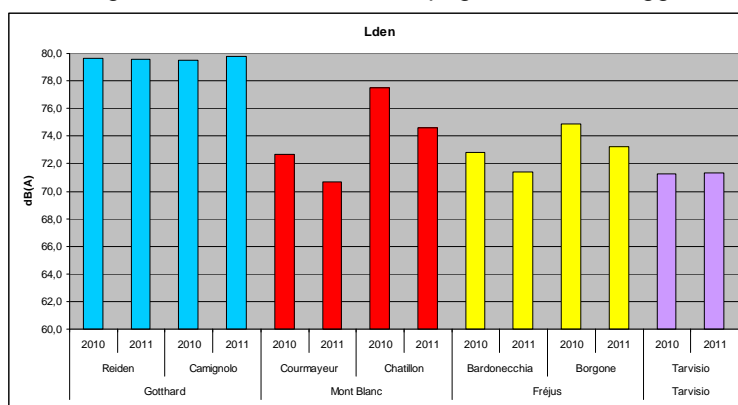


Tabella 2 – Traffico giornaliero medio relativo all'anno 2010

Corridoio	Punto di monitoraggio	TGM: veicoli leggeri	TGM: veicoli pesanti
Fréjus	Bardonecchia	2449	2058
	Borgone	10216	3334
Mont Blanc	Courmayeur	3336	1609
	Chatillon	14127	3231
Gotthard	Reiden	31681	4266
	Camignolo	41173	8387
Brenner	Brenner	17719	8105
Tarvisio	Tarvisio	8235	4319

- Le campagne di monitoraggio definiscono solo puntualmente il valore di L_{DEN} ;
- Si è riscontrata una mancanza di dati fonometrici per quanto riguarda i monitoraggi lungo il corridoio del Brennero.

3. GLI EFFETTI DEL RUMORE SULLA POPOLAZIONE: L'ANNOYANCE

La qualità della vita è un argomento sempre più presente nelle direttive europee che riguardano l'ambiente e gli abitanti che quell'ambiente lo vivono. Ne sono un esempio la Direttiva Europea 2002/49/EC, sul controllo e gestione del rumore ambientale e il rapporto del World Health Organization, Burden of disease from environmental noise - Quantification of healthy life years lost in Europe, edito nel 2011.

Sotto questo aspetto, tra gli indicatori sulla salute del progetto iMonitraf! si trova quello che valuta il possibile disturbo derivante dall'esposizione al rumore da traffico stradale e ferroviario sulla popolazione: l'Annoyance (Miedema et al., 2001-2004).

L'Annoyance rappresenta, quindi, il comune senso di stress o d'insoddisfazione nelle persone quando sono esposte a sorgenti di rumore derivante da sorgenti di traffico. E' espresso come percentuale di popolazione disturbata (Highly Annoyed people, %HA) attraverso relazioni che lo legano al parametro acustico L_{DEN} :

- per il traffico stradale:

$$\%HA = 9,868 \cdot 10^{-4}(L_{DEN} - 42)^3 - 1,436 \cdot 10^{-2}(L_{DEN} - 42)^2 + 0,512(L_{DEN} - 42)$$

- per il traffico ferroviario:

$$\%HA = 7,239 \cdot 10^{-4}(L_{DEN} - 42)^3 - 7,851 \cdot 10^{-3}(L_{DEN} - 42)^2 + 0,169(L_{DEN} - 42).$$

3.1 LA METODOLOGIA

Tenuto conto delle carenze evidenziate nella trattazione dei dati rilevati nei monitoraggi e considerato che il progetto iMonitraf! è anche indirizzato allo studio di differenti scenari futuri di traffico transfrontaliero, si è valutato di affiancare ai monitoraggi stessi un modello di calcolo semplificato.

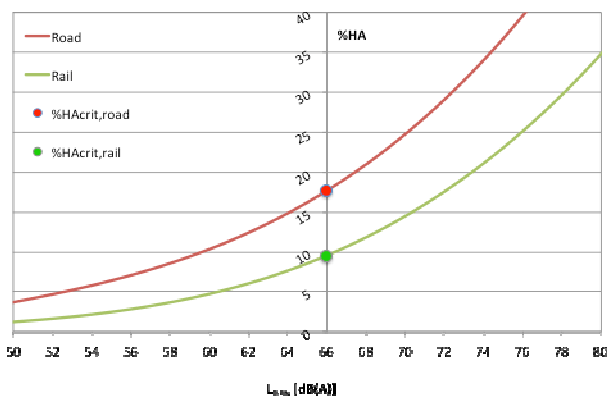
Le campagne di monitoraggio predisposte negli anni 2010 e 2011 sono state utilizzate nella taratura di un modello che correlasse il valore di L_{DEN} al traffico transfrontaliero (treni e auto). Per la distribuzione dei veicoli nell'arco della giornata sono state utilizzate per ciascun corridoio appropriate curve di modulazione. L'applicazione del modello di calcolo, seppur semplificato, ha permesso di ricavare dati di L_{DEN} su ogni corridoio interessato dal progetto per confrontare la situazione dello scenario attuale con quella di scenari futuri di traffico studiati nell'ambito del WP6.

Attraverso le indicazioni presenti nel rapporto finale del WHO è stato possibile definire il valore critico di $L_{DEN} = 66$ dB(A), secondo raccomandazioni da rispettare nei vari periodi della giornata:

- | | |
|---------------------------|----------|
| • Day (7.00 - 19.00) | 65 dB(A) |
| • Evening (19.00 - 23.00) | 65 dB(A) |
| • Night (23.00 - 7.00) | 55 dB(A) |

A tale valore per il rumore da traffico stradale ne corrisponde uno equivalente definito come soglia critica di Annoyance, pari a %HA=17,6, mentre per il traffico ferroviario tale valore corrisponde a 9,5%, come mostrato dal grafico di figura 3, essendo il traffico ferroviario meno disturbante rispetto a quello stradale.

Figura 3 - Valori critici di %HA, per traffico stradale e ferroviario



In riferimento a tali valori critici è stato possibile definire una fascia di larghezza costante lungo l'infrastruttura, autostrada e ferrovia, il buffer critico, all'interno della quale è possibile valutare la popolazione disturbata secondo le percentuali precedentemente individuate (fig. 4). L'estensione del buffer è stata calcolata secondo la seguente formula sperimentale, a partire da quella della propagazione del rumore in campo libero:

$$d_{crit} = \sqrt{(d_{rif}^2 + h_{rif}^2) \cdot 10^{\frac{(L_{DEN,rif} - L_{DEN,crit})}{5}} - h_{crit}^2}$$

ove d_{crit} e h_{crit} sono le distanze alle quale si raggiunge $L_{DEN,crit}$; $L_{DEN,rif}$ è il livello di pressione sonora ottenuto dalla campagna dei monitoraggi; d_{rif} e h_{rif} sono rispettivamente la distanza e l'altezza del microfono a seguito dell'armonizzazione delle misure.

3.2 LA STIMA DELLA POPOLAZIONE DISTURBATA

Applicando la metodologia sopra descritta è possibile definire la popolazione disturbata. Il primo passo consiste nell'individuazione della popolazione potenzialmente colpita, ossia di coloro i quali vivono all'interno della fascia critica (buffer), attraverso applicazioni GIS. Il dato finale è riferito alla popolazione residente nelle municipalità attraversate dal buffer.

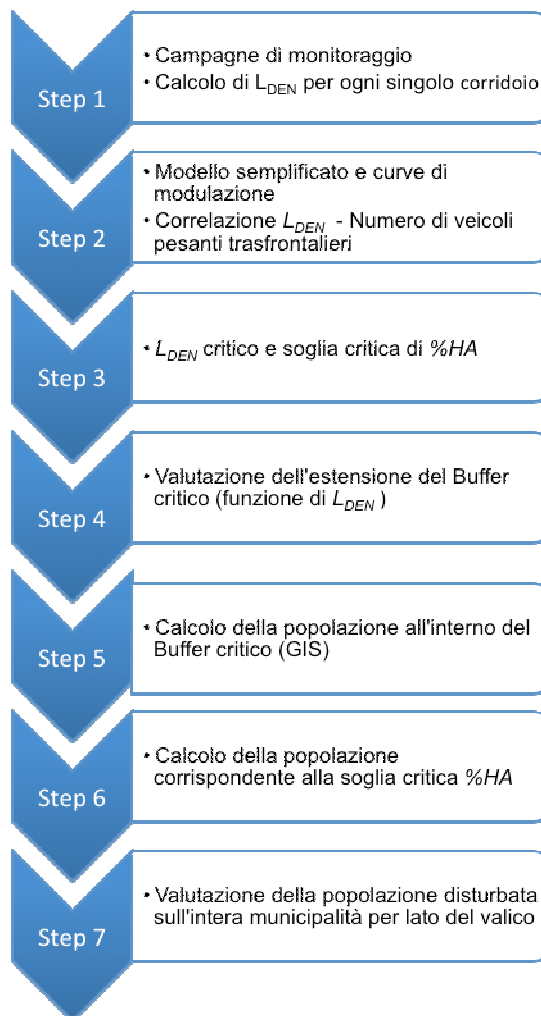
3.2.1 Lo scenario attuale

Lo scenario attuale, basato sui risultati delle campagne di monitoraggio, dà un'indicazione precisa della situazione attuale nei vari corridoi transalpini. I dati riportati in tabella 3 sono complessivi del disturbo generato sia dal traffico stradale che ferroviario sulla popolazione residente all'interno dei buffer. Tali valori sono espressi in termini percentuali riferiti agli abitanti totali delle municipalità attraversate dalle infrastrutture, per lato del valico e sull'intero corridoio.

Tabella 3 – Percentuali di popolazione molto disturbata (%HA)

Corridoio	Lato del valico	HA per municipalità	HA per municipalità per corridoio
Fréjus	Piemonte	0,47%	0,37%
	Rhône-Alpes	0,35%	
Mont Blanc	Valle d'Aosta	0,47%	0,41%
	Rhône-Alpes	0,38%	
Gotthard	Canton Ticino	1,15%	1,00%
	Zentralschweiz	0,84%	
Brenner	Trentino	1,04%	1,01%
	Tirol	0,97%	
Tarvisio	Friuli	0,48%	0,39%
	Kärnten	0,00%	

Figura 4 - Processo metodologico per la stima della popolazione disturbata



Per maggiore completezza, il grafico in figura 5 mostra nelle barre laterali il numero di abitanti altamente disturbati per lato del valico, mentre la barra centrale si riferisce al totale del corridoio.

3.2.2 Le previsioni di traffico e gli scenari futuri

Dei futuri scenari di traffico definiti dal WP6 e riferiti all'anno 2020 sono stati considerati lo scenario BAU (Business As Usual) e lo scenario ACE (Alpine Cross Exchange). Il primo prevede un trend del traffico e delle transazioni commerciali costante con lo stesso andamento negli anni, mentre il secondo comporta l'introduzione di una borsa dei transiti sul modello di quanto avviene già in Svizzera. Lo scenario BAT (Best Available Technology) non è stato preso in considerazione perché l'implementazione delle migliori tecnologie disponibili coinvolge solamente in parte gli aspetti legati all'inquinamento acustico. Rispetto alla situazione attuale, in entrambi gli scenari si è considerato il solo incremento o decremento dei veicoli pesanti sui differenti corridoi e del numero di treni considerato come previsione della variazione delle merci transfrontaliere, espresse in tonnellate. Sia il traffico veicolare leggero che il numero di treni passeggeri sono stati considerati invariati. In tabella 4, sono riportati i risultati dello studio in cui si può vedere come variano, rispetto alla situazione dell'anno 2010, i valori di L_{DEN} e di percentuale di Annoyance (%HA) al variare del traffico.

Figura 5 – Popolazione disturbata per ciascun corridoio e per lato del valico.

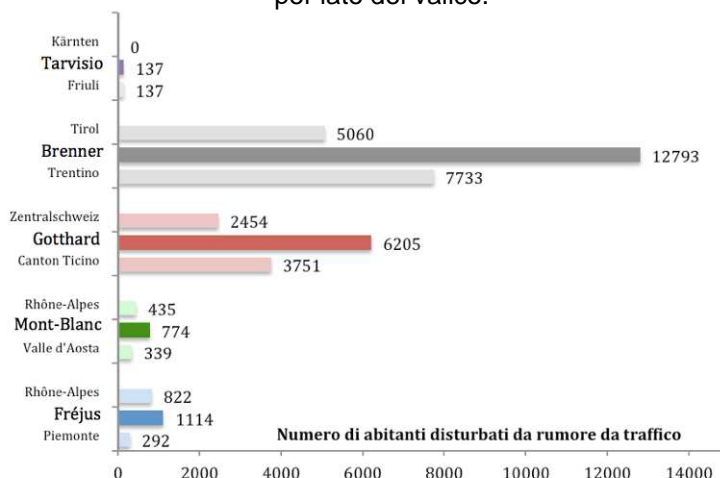


Tabella 4 – Popolazione disturbata negli scenari futuri

Corridoio	Scenario	Strada				Ferrovia				Strada + Ferrovia
		Buffer [m]	L _{DEN} [dB(A)]	TGM stimato	%HA	Buffer [m]	L _{DEN} [dB(A)]	TGM stimato	%HA	%HA
				Veicoli pesanti				Carico dei treni		
Fréjus	Attuale	48	72,5	2058	0,39	31	70,7	10	0,36	0,37
	BAU	+10	+0,8	+576	+0,07	0	0	0	0	+0,03
	ACE	-6	-0,6	-343	-0,05	+11	+1,3	+5	+0,14	+0,06
Mont Blanc	Attuale	46	72,3	1609	0,41	-	-	-	-	0,41
	BAU	+9	+0,8	+451	+0,08	-	-	-	-	+0,08
	ACE	+11	+1	+550	+0,10	-	-	-	-	+0,10
Gotthard	Attuale	98	75,6	2584	1,01	81	74,8	81	0,99	1,00
	BAU	+10	+0,4	+724	0,08	0	0	0	0	+0,05
	ACE	-15	-0,7	+1141	-0,16	+27	+1,2	+38	+0,36	+0,03
Brenner	Attuale	212	78,9	8105	1,54	52	72,8	96	0,46	1,01
	BAU	+39	+0,7	+2269	+0,30	0	0	0	+0,03	+0,32
	ACE	-52	-1,2	+3041	-0,32	+19	+1,4	+45	+0,16	-0,09
Tarvisio	Attuale	101	75,7	4319	1,29	17	68,2	60	0,14	0,39
	BAU	+20	+0,8	+1209	-0,10	0	0	0	0	+0,03
	ACE	+15	+0,6	+891	+0,19	+8	+1,6	+28	+0,07	+0,09

Variabilità di L_{DEN} e %HA negli scenari futuri considerati rispetto all'anno 2010 (in rosso gli incrementi che peggiorano lo stato di Annoyance, in verde le situazioni di miglioramento o di mantenimento)

4. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

La partecipazione ad iMonitraf!, oltre ai buoni risultati complessivi, ha fornito l'opportunità ai vari partner, ed in particolare alle Agenzie per la Protezione dell'Ambiente, di confrontare le proprie esperienze e di cooperare sia nelle attività di monitoraggio sul campo sia nelle attività organizzative e di analisi.

In merito a questo aspetto, sono emerse problematiche dovute all'eterogeneità dei partner coinvolti: le difficoltà emerse sin dall'inizio del progetto, ad esempio a raccogliere e rendere omogenei e confrontabili i dati, sono state superate attraverso la stesura di linee guida comuni per i monitoraggi e per la raccolta dei dati e lo sviluppo di una metodologia basata su strumenti modellistici semplificati per la valutazione di scenari di impatto.

In particolare per quest'ultimo aspetto la metodologia scelta, basata sul concetto di Annoyance, ha permesso di fornire un'indicazione sulla popolazione disturbata dal rumore sulla base di differenti scenari di traffico transfrontaliero. Per tali analisi sono state utilizzate relazioni che legano L_{DEN} al grado di disturbo, tuttavia esse sarebbero più rappresentative se ricavate sul territorio di applicazione (Licitra et al, 2010). La sensibilità al rumore è una caratteristica di ogni comunità, paese, stato; bisognerebbe pertanto considerare lo studio del territorio a livello sociale per valutare le reazioni individuali della popolazione esposta al rumore con la creazione di questionari mirati.

Dopo la conclusione del progetto sarà cura dei partner continuare la condivisione dei dati e l'aggiornamento del WebGIS sviluppato nell'ambito di iMonitraf!. Ulteriori approfondimenti operativi risulteranno dall'utilizzo delle linee guida e della metodologia di valutazione della popolazione esposta anche in contesti diversi da quello dei corridoi transfrontalieri, attraverso il confronto con studi modellistici più approfonditi per valutare la bontà delle stime effettuate. Inoltre, un aspetto affrontato solo in parte nel progetto iMonitraf! riguarda l'estensione del concetto di Annoyance anche nel periodo notturno con l'analisi della percentuale di popolazione disturbata durante il sonno, basato sull'indicatore L_{Night} .

BIBLIOGRAFIA

Bernasconi Angelo, Cereghetti Nerio e Realini Antonella, Osservatorio ambientale della Svizzera Italiana (OASI), *Procedure di controllo della qualità dei dati del rumore*, 31.05.2007

Miedema H. M. E., Oudshoorn C. G. M., *Annoyance from transportation noise: relationships with exposure metrics DNL and DENL and their confidence interval*, Environmental Health Perspect 109, 409-416, 2001

Miedema H. M. E., *Relationship between exposure to multiple noise sources and noise Annoyance*, JASA 116, 949-957, 2004

Licitra G., Nolli M., Brambilla G., *Valutazione dell'esposizione al rumore della popolazione: stato dell'arte, analisi critica, proposte operative*. Rapporto finale ISPRA 115/2010, 2010