



iMONITRAF! WP 5

Annoyance

Stato dell'arte

Applicazione iMonitraf!

Schede di sintesi

21/06/2012

ARPA VdA

Loc. Grande Charrière, 44

11020 - St. Christophe, Aosta (AO)

Enrico Carnuccio enrico.carnuccio@fastwebnet.it

Filippo Berlier f.berlier@arpa.vda.it

Christian Tibone c.tibone@arpa.vda.it

ARPA FVG

Via Cairoli, 14

33057 - Palmanova (UD)

Miro Salvagni miro.salvagni@arpa.fvg.it

Arturo Merlino arturo.merlino@arpa.fvg.it



INDICE

1 Annoyance: stato dell'arte	4
1.1 Calcolo del grado di disturbo: il metodo L_{DEN}	4
1.1.1 Highly Annoyed (%HA).....	4
1.1.2 Simply Annoyed (%A).....	5
1.1.3 Lightly annoyed (%LA).....	6
1.1.4 Osservazioni.....	6
1.2 Calcolo del grado di disturbo: il metodo L_{DN}	6
1.2.1 Highly Annoyed (%HA).....	6
1.2.2 Simply Annoyed (%A).....	7
1.2.3 Lightly annoyed (%LA).....	8
1.2.4 Osservazioni.....	8
1.3 Sleep disturbance: disturbo durante il periodo notturno (L_N).....	8
1.3.1 High Sleep Disturbed (%HSD).....	8
1.3.2 Sleep Disturbed (%SD).....	9
1.3.3 Lightly Sleep Disturbed (%LSD).....	10
1.3.4 Osservazioni.....	10
1.4 Disturbo da multiesposizione.....	10
1.5 Osservazioni generali.....	11
2 Annoyance: il caso iMonitraf!	12
2.1 Step 1: Le campagne di monitoraggio: valori puntuali di annoyance.....	12
2.2 Step 2: Il modello semplificato.....	13
2.2.1 Impostazioni per le simulazioni del traffico veicolare.....	14
2.2.2 Simulazione del traffico ferroviario.....	18
2.3 Step 3: Valori critici di %HA.....	20
2.4 Step 4: Stima dell'estensione del buffer critico.....	21
2.5 Step 5: Stima della popolazione che vive all'interno del buffer.....	22
2.6 Step 6 – Step 7: Stima della popolazione esposta.....	23
2.6.1 Scenario attuale.....	23
2.6.2 Gli scenari futuri.....	24
2.7 Osservazioni generali.....	24
3 Schede di sintesi	25
3.1 Il corridoio del Frejus.....	25
3.1.1 Lo scenario attuale (NOW).....	25
3.1.2 Lo scenario BAU/BAT.....	26
3.1.3 Lo scenario ACE.....	27
3.2 Il corridoio del Mont Blanc.....	28
3.2.1 Lo scenario attuale (NOW).....	28
3.2.2 Lo scenario BAU/BAT.....	29
3.2.3 Lo scenario ACE.....	30
3.3 Il corridoio del Gottardo.....	31
3.3.1 Lo scenario attuale (NOW).....	31
3.3.2 Lo scenario BAU/BAT.....	32
3.3.3 Lo scenario ACE.....	33
3.4 Il corridoio del Brennero.....	34
3.4.1 Lo scenario attuale (NOW).....	34
3.4.2 Lo scenario BAU/BAT.....	35
3.4.3 Lo scenario ACE.....	36

3.5	Il corridoio del Tarvisio	37
3.5.1	Lo scenario attuale (NOW)	37
3.5.2	Lo scenario BAU/BAT	38
3.5.3	Lo scenario ACE	39
4	Bibliografia.....	40

1 Annoyance: stato dell'arte

Recentemente, la comunità europea tende a preservare aree con una buona qualità sonora e a ridurre l'impatto del rumore sulla popolazione con la direttiva europea 2002/49/EC del 25 giugno sulla valutazione, gestione e riduzione del rumore ambientale.

Nel report finale del World Health Organization, l'effetto avverso del rumore è definito come ogni cambiamento nella morfologia o psicologia dell'organismo che si traduce nel danneggiamento di alcune capacità funzionali, o come un aumento di stress o ancora come sensibilità dell'organismo sia agli effetti dannosi del rumore che ad altri fattori ambientali. L'inquinamento da rumore include differenti effetti specifici come:

- Danneggiamento delle facoltà uditive
- Interferenze nel parlato e difficoltà di comunicazione
- Disturbo del sonno
- Effetti cardiovascolari
- Effetti sulla performance lavorativa, disturbi mentali e comportamentali
- Difficoltà nell'apprendimento nell'età scolastica
- Perdita di valore delle proprietà immobiliari
- Senso d'insoddisfazione negli abitanti spiegabile come una serie di cambiamenti nel comportamento delle persone esposte dovute ad un generale senso del disturbo (annoyance).

Partendo dall'ultimo punto, la prima parte di questo documento descrive lo stato dell'arte sull'annoyance mentre la seconda focalizza l'attenzione sull'applicazione del concetto di annoyance al caso in esame iMonitraf!. In questa direzione, viene perciò definita una metodologia per stimare l'impatto del rumore sulla popolazione dei corridoi d'interesse iMonitraf! producendo un modo di procedere generale per lo scenario corrente, partendo quindi dalle campagne di monitoraggio, e per gli scenari futuri, come parametro previsionale.

Esistono differenti metodi per valutare il grado di disturbo, il Environmental Noise Directive (2002) basato sugli studi di Miedema et al.^[1], suggerisce di valutare la percentuale di persone disturbate dal rumore in relazione alle differenti sorgenti sonore: strada, ferrovia e aereo.

1.1 Calcolo del grado di disturbo: il metodo L_{DEN} ^[1]

Le formulazioni sono curve cubiche sperimentali ricavate sulla base del parametro globale medio L_{DEN} ,

$$L_{DEN} = 10 \cdot \log \left[\left(\frac{12}{24} \right) \cdot 10^{\frac{L_D}{10}} + \left(\frac{4}{24} \right) \cdot 10^{\frac{L_E+5}{10}} + \left(\frac{8}{24} \right) \cdot 10^{\frac{L_N+10}{10}} \right]$$

In cui

- L_D è la pressione sonora ponderata A durante il periodo diurno (7.00-19.00)
- L_E è la pressione sonora ponderata A durante il periodo serale (19.00-23.00)
- L_N è la pressione sonora ponderata A durante il periodo notturno (23.00-7.00).

Questo studio analizza le percentuali di persone disturbate come %HA, molto disturbate, %A semplicemente disturbate e %LA, leggermente disturbate.

1.1.1 Highly Annoyed (%HA)

Quindi, la percentuale di persone molto disturbate è espresso in relazione a valore di L_{DEN} e al tipo di sorgente sonora, come segue:

- Per rumore da traffico aereo
 $\%HA = -9,199 \cdot 10^{-5} (L_{DEN} - 42)^3 + 3,932 \cdot 10^{-2} (L_{DEN} - 42)^2 + 0,294 (L_{DEN} - 42)$
- Per rumore da traffico strada
 $\%HA = 9,868 \cdot 10^{-4} (L_{DEN} - 42)^3 - 1,436 \cdot 10^{-2} (L_{DEN} - 42)^2 + 0,512 (L_{DEN} - 42)$
- Per rumore da traffico ferroviario
 $\%HA = 7,239 \cdot 10^{-4} (L_{DEN} - 42)^3 - 7,851 \cdot 10^{-3} (L_{DEN} - 42)^2 + 0,169 (L_{DEN} - 42)$

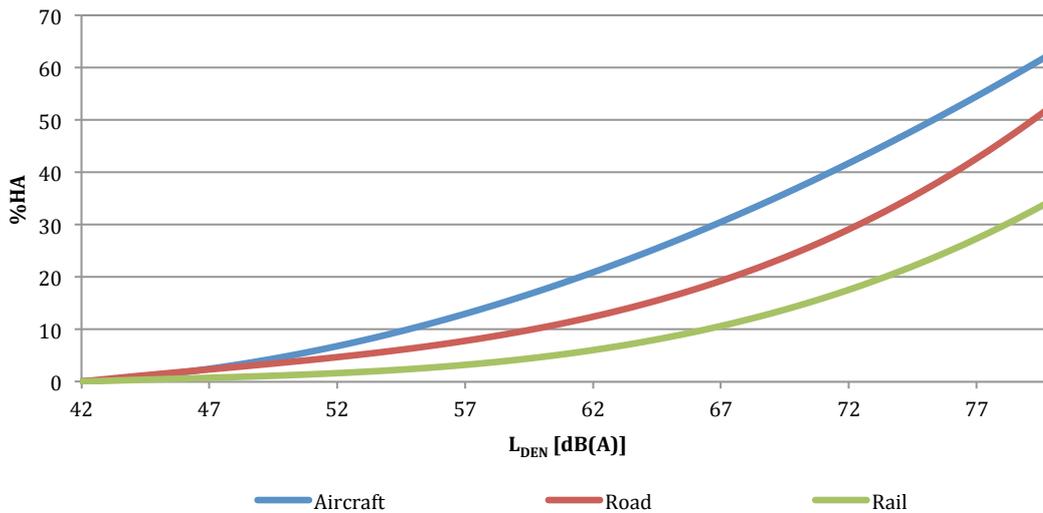


Grafico 1.1 – Curve %HA-L_{DEN} per tipologia di sorgente sonora di traffico.

Queste curve sono approssimazioni di dati sperimentali a partire da L_{DEN} = 42 dB(A), sotto questo valore, è possibile assumere che non sono persone disturbate dal rumore.

1.1.2 Simply Annoyed (%A)

Queste relazioni valutano le correlazioni tra L_{DEN} e le persone disturbate dal rumore, in rapporto alle differenti sorgenti sonore. Il valore di L_{DEN} = 37 dB(A) corrisponde alla percentuale nulla di persone disturbate. Quindi:

- Per rumore da traffico aereo

$$\%A = 8,558 \cdot 10^{-6}(L_{DEN} - 37)^3 + 1,777 \cdot 10^{-2}(L_{DEN} - 37)^2 + 0,1221(L_{DEN} - 37)$$
- Per rumore da traffico strada

$$\%A = 1,795 \cdot 10^{-4}(L_{DEN} - 37)^3 - 2,110 \cdot 10^{-2}(L_{DEN} - 37)^2 + 0,5353(L_{DEN} - 37)$$
- Per rumore da traffico ferroviario

$$\%A = 4,583 \cdot 10^{-4}(L_{DEN} - 37)^3 + 9,482 \cdot 10^{-3}(L_{DEN} - 37)^2 + 0,2129(L_{DEN} - 37)$$

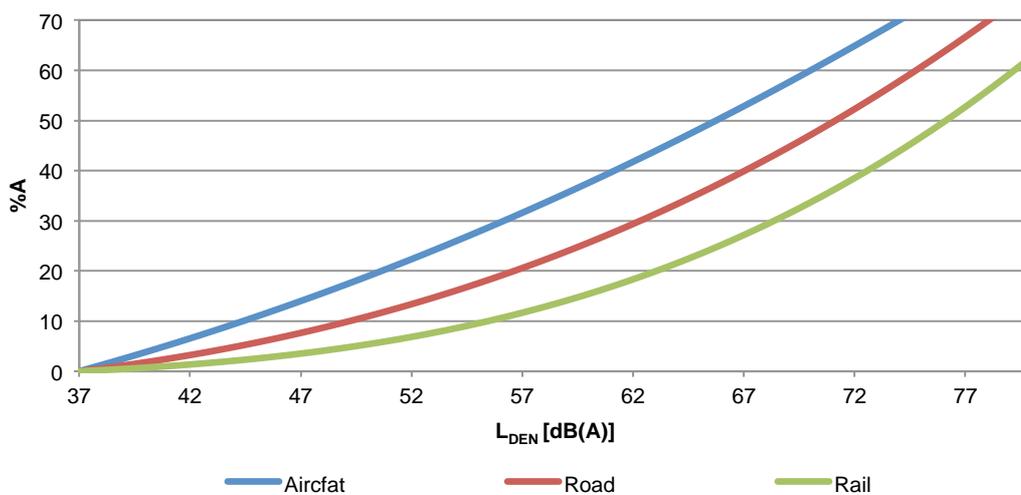


Grafico 1.2 — Curve %A-L_{DEN} per tipologia di sorgente sonora di traffico.

1.1.3 Lightly annoyed (%LA)

Questo studio analizza anche la percentuale di persone poco disturbate dal rumore. Il valore di $L_{DEN} = 32$ dB(A) corrisponde alla percentuale nulla di persone disturbate.

- Per rumore da traffico aereo
$$\%LA = -6,158 \cdot 10^{-4}(L_{DEN} - 32)^3 + 3,410 \cdot 10^{-2}(L_{DEN} - 32)^2 + 1,718(L_{DEN} - 32)$$
- Per rumore da traffico strada
$$\%LA = -6,235 \cdot 10^{-4}(L_{DEN} - 32)^3 + 5,509 \cdot 10^{-2}(L_{DEN} - 32)^2 + 0,6693(L_{DEN} - 32)$$
- Per rumore da traffico ferroviario
$$\%LA = -3,229 \cdot 10^{-4}(L_{DEN} - 32)^3 + 4,871 \cdot 10^{-2}(L_{DEN} - 32)^2 + 0,1673(L_{DEN} - 32)$$

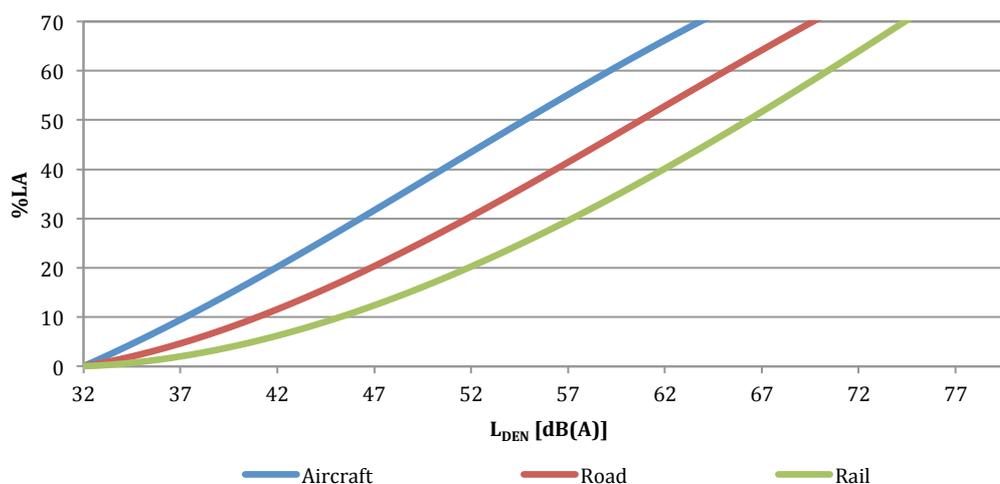


Grafico 1.3 - Curve %LA- L_{DEN} per tipologia di sorgente sonora di traffico.

1.1.4 Osservazioni

L_{DEN} non è un parametro indicato per stimare rumori non continui, come il rumore aereo.

In termini percentuali di persone disturbate, l'indicatore %HA è più restrittivo degli altri (%A e %LA) e per questo gli psicoacustici preferiscono lavorare con tale parametro che non con %A^[2]. Generalmente %HA stima con buona approssimazione la popolazione esposta, ma a bassi livelli di pressione sonora tende a sottostimarla^[3]. %LA è un parametro che potrebbe creare incomprensioni visto che restituisce grandi valori di popolazione esposta.

1.2 Calcolo del grado di disturbo: il metodo L_{DN} ^[1]

Il parametro L_{DN} è basato sul livello di pressione sonora L_{Aeq} dividendo il giorno in due parti, il periodo diurno (7-22) e il periodo notturno (22-7), espresso secondo la seguente formulazione:

$$L_{DN} = 10 \cdot \log \left[\left(\frac{15}{24} \right) \cdot 10^{\frac{L_D}{10}} + \left(\frac{9}{24} \right) \cdot 10^{\frac{L_N+10}{10}} \right]$$

In accordo con la metodologia seguita in precedenza, le curve sono ottenute su base sperimentale con una funzione polinomiale.

1.2.1 Highly Annoyed (%HA)

- Per rumore da traffico aereo
$$\%HA = -1,395 \cdot 10^{-4}(L_{DN} - 42)^3 + 4,081 \cdot 10^{-2}(L_{DN} - 42)^2 + 0,342(L_{DN} - 42)$$
- Per rumore da traffico strada

$$\%HA = 9,994 \cdot 10^{-4}(L_{DN} - 42)^3 - 1,523 \cdot 10^{-2}(L_{DN} - 42)^2 + 0,583(L_{DN} - 42)$$

- Per rumore da traffico ferroviario

$$\%HA = 7,158 \cdot 10^{-4}(L_{DN} - 42)^3 - 7,774 \cdot 10^{-3}(L_{DN} - 42)^2 + 0,163(L_{DN} - 42)$$

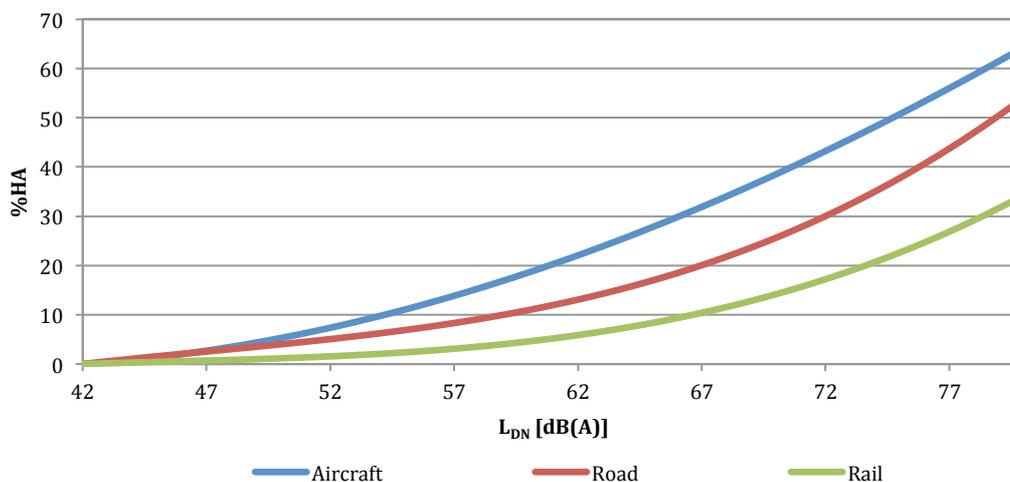


Grafico 1.4 – Curve %HA-L_{DN} per tipologia di sorgente sonora di traffico.

1.2.2 Simply Annoyed (%A)

- Per rumore da traffico aereo

$$\%A = 1,460 \cdot 10^{-5}(L_{DN} - 37)^3 + 1,511 \cdot 10^{-2}(L_{DN} - 37)^2 + 0,1346(L_{DN} - 37)$$

- Per rumore da traffico strada

$$\%A = 1,732 \cdot 10^{-4}(L_{DN} - 37)^3 + 2,079 \cdot 10^{-2}(L_{DN} - 37)^2 + 0,566(L_{DN} - 37)$$

- Per rumore da traffico ferroviario

$$\%A = 4,552 \cdot 10^{-4}(L_{DN} - 37)^3 + 9,400 \cdot 10^{-3}(L_{DN} - 37)^2 + 0,212(L_{DN} - 37)$$

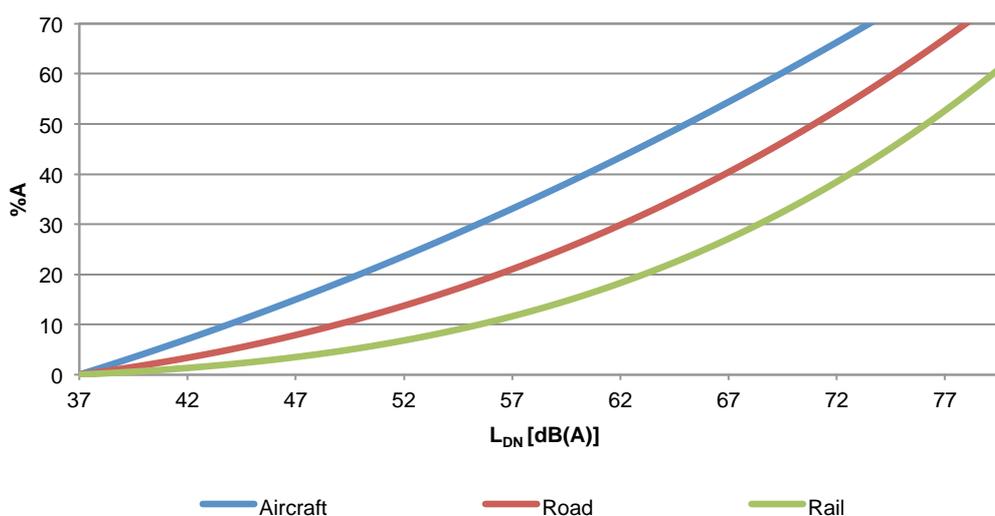


Grafico 1.5 – Curve %A-L_{DN} per tipologia di sorgente sonora di traffico.

1.2.3 Lightly annoyed (%LA)

- Per rumore da traffico aereo

$$\%LA = -5,741 \cdot 10^{-4}(L_{DN} - 32)^3 + 2,863 \cdot 10^{-2}(L_{DN} - 32)^2 + 1,912(L_{DN} - 32)$$

- Per rumore da traffico strada

$$\%LA = -6,188 \cdot 10^{-4}(L_{DN} - 32)^3 + 5,379 \cdot 10^{-2}(L_{DN} - 32)^2 + 0,723(L_{DN} - 32)$$

- Per rumore da traffico ferroviario

$$\%LA = -3,343 \cdot 10^{-4}(L_{DN} - 32)^3 + 4,918 \cdot 10^{-2}(L_{DN} - 32)^2 + 0,175(L_{DN} - 32)$$

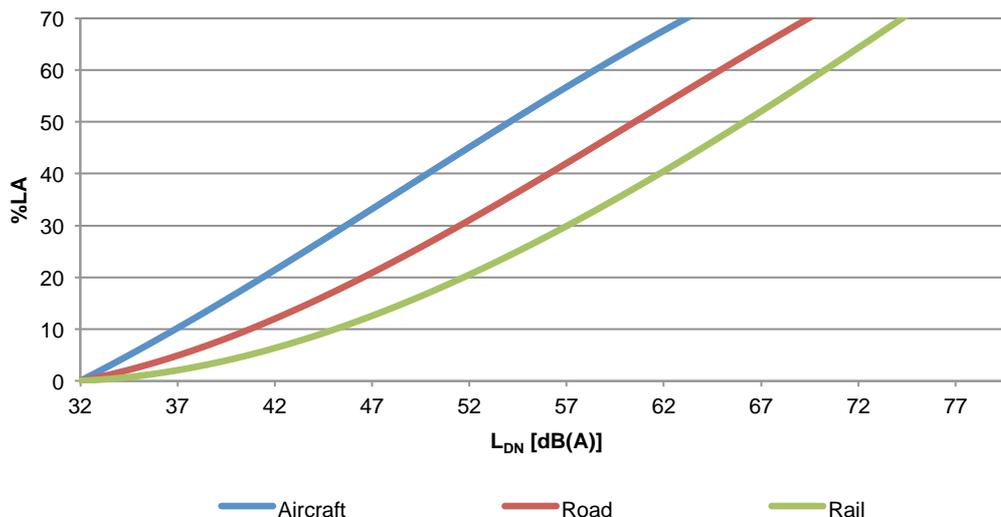


Grafico 1.6 - Curve %LA-L_{DN} per tipologia di sorgente sonora di traffico.

1.2.4 Osservazioni

Non esistono relazioni lineari tra L_{DN} e L_{DEN}. La differenza tra i due parametri dipende dallo schema temporale di esposizione al rumore. Le possibili differenze sono minime se si assume che il livello di rumore non aumenta durante il periodo serale e notturno, se L_{Aeq} (7.00-19.00) > L_{Aeq} (19.00-22.00) > L_{Aeq} (22.00-23.00) > L_{Aeq} (23.00-7.00). Questa ipotesi è valida per la maggior parte delle situazioni.

Sulla base delle previsioni derivate dallo schema temporale dei livelli di rumore, si può assumere^[1]

- Per il traffico aereo $L_{DEN} = L_{DN} + 0,6$
- Per il traffico stradale $L_{DEN} = L_{DN} + 0,2$
- Per il traffico ferroviario $L_{DEN} = L_{DN}$

1.3 Sleep disturbance: disturbo durante il periodo notturno (L_N)^[4]

Un altro modo di misurare il grado di disturbo consiste nella valutazione delle persone disturbate durante il sonno. Le formule sperimentali sono basate sul parametro L_N, il livello di pressione sonora durante il periodo notturno (23.00-7.00).

1.3.1 High Sleep Disturbed (%HSD)

La stima della percentuale delle persone seriamente disturbate durante il sonno (%HSD) è espressa dalle seguenti relazioni sperimentali:

- Per rumore da traffico aereo

$$\%HSD = 18,147 - 0,956L_N + 0,01482(L_N)^2$$

- Per rumore da traffico strada
 $\%HSD = 20,8 - 1,05L_N + 0,0146(L_N)^2$
- Per rumore da traffico ferroviario
 $\%HSD = 11,3 - 0,55L_N + 0,00759(L_N)^2$

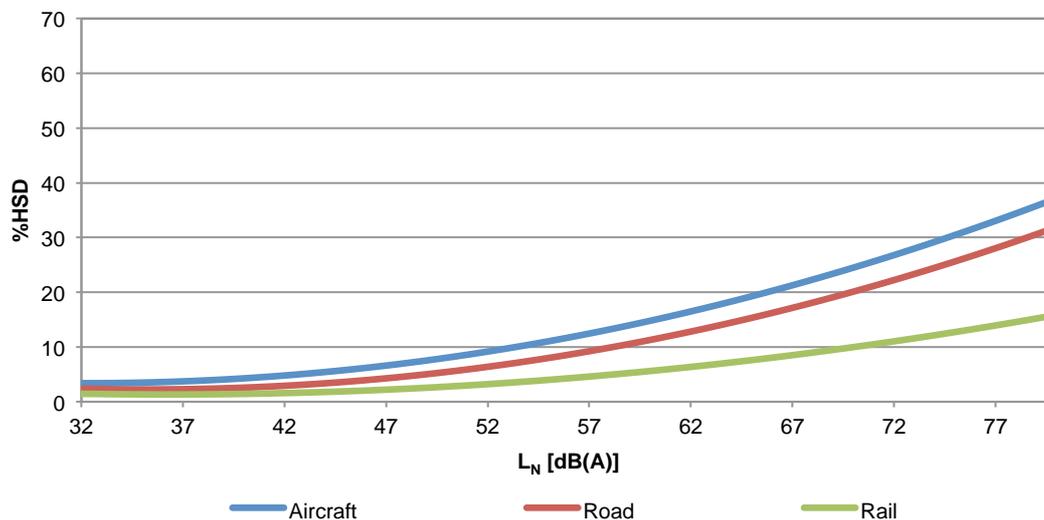


Grafico 1.7 - Curve %HSD- L_N per tipologia di sorgente sonora di traffico.

1.3.2 Sleep Disturbed (%SD)

- Per rumore da traffico aereo
 $\%SD = 13,714 - 0,807L_N + 0,01555(L_N)^2$
- Per rumore da traffico strada
 $\%SD = 13,8 - 0,85L_N + 0,0167(L_N)^2$
- Per rumore da traffico ferroviario
 $\%SD = 12,5 - 0,66L_N + 0,01121(L_N)^2$

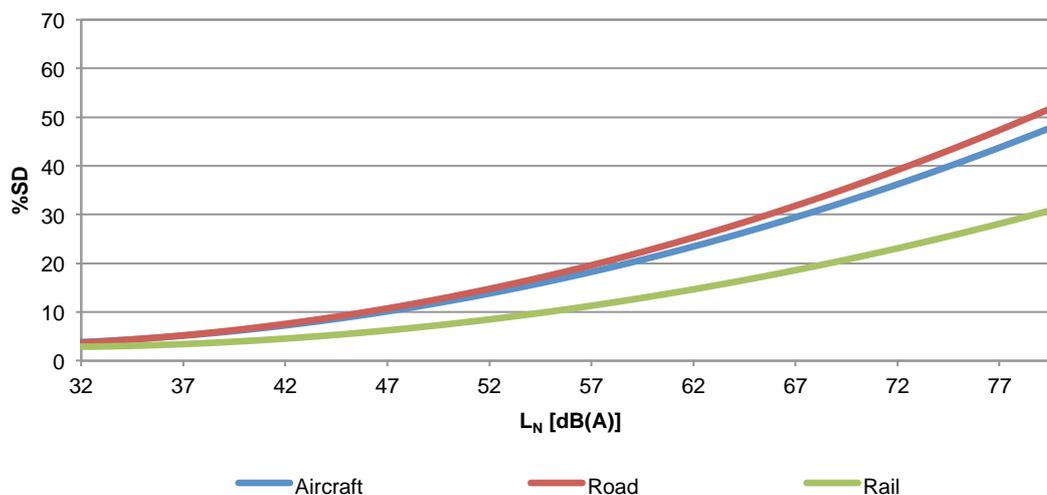


Grafico 1.8 - Curve %SD- L_N per tipologia di sorgente sonora di traffico.

1.3.3 Lightly Sleep Disturbed (%LSD)

- Per rumore da traffico aereo
$$\%LSD = 4,465 - 0,411L_N + 0,01395(L_N)^2$$
- Per rumore da traffico strada
$$\%LSD = -8,4 - 0,16L_N + 0,01081(L_N)^2$$
- Per rumore da traffico ferroviario
$$\%LSD = 4,7 - 0,31L_N + 0,01125(L_N)^2$$

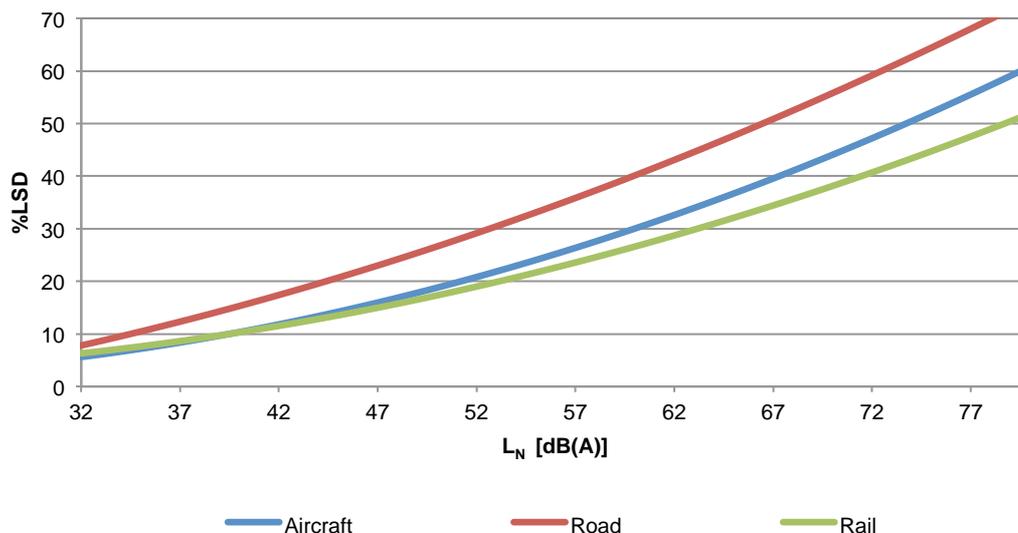


Grafico 1.9 - Curve %LSD- L_N per tipologia di sorgente sonora di traffico.

1.3.4 Osservazioni

L_N è un parametro basato su L_{Aeq} calcolato tra le 23.00 del periodo notturno le 7.00 del periodo diurno. Per cui sebbene sia più corretto di L_{DEN} durante il periodo notturno, non risulta abbastanza rappresentativo per eventi che producono la frammentazione microstrutturale del sonno, la sua riduzione o l'alterazione, come le basse frequenze o eventi impulsivi ad alta intensità.

Il WG del WHO Europe NNGL suggerisce agli stati membri di affinare tale indice sia con il numero di eventi che eccedono una certa soglia espressa in SEL sia dallo spettro di frequenza che caratterizza tali eventi.

1.4 Disturbo da multiesposizione^[5]

Per valutare il disturbo derivante dall'esposizione a sorgenti di rumore multiple, si applica il modello di *annoyance equivalente*.

Il *modello di annoyance equivalente* può essere visto come un'elaborazione dei modelli di somma energetica. Invece di sommare l'energia sonora direttamente dalle singole sorgenti, viene prima trasposto il rumore delle singole sorgenti in livelli di pressione sonora di disturbo equivalente (annoyance equivalente) di una sorgente presa come riferimento e quindi si procede alla somma di tali livelli.

Si considerino due sorgenti sonore differenti A e B , i livelli di pressione sonora di tali sorgenti sono rispettivamente L_A e L_B . Se viene scelta A come sorgente di riferimento, per calcolare l'annoyance totale del rumore, L_B viene trasformato nel livello di annoyance equivalente ad A , L'_B . Quindi L_A e L'_B possono essere sommati su base energetica fornendo L .

Il corrispondente valore di annoyance delle due sorgenti combinate è ricavato dalle relazioni di esposizione della sorgente A , con la pressione sonora L .

In linea di principio, la sorgente sonora di riferimento non è arbitraria. Tuttavia, la scelta della sorgente di riferimento non è importante se si considera una tra le sorgente sonore da traffico come riferimento, poichè le relazioni tra questo tipo sorgenti sono supposte lineari e con angoli di pendenza simili. Il livello di annoyance equivalente della sorgente di riferimento può essere approssimato con l'aggiunta di un delta (positivo o negativo) dipendente dalla sorgente al livello della sorgente considerata.

Il traffico stradale è scelto come sorgente di riferimento. Quindi, utilizzando le relazioni di esposizione – disturbo di questa sorgente, la valutazione del livello sonoro totale e la corrispondente percentuale di persone disturbate può essere ricavata nei seguenti step, con il parametro L_{DEN} o L_{DN} .

Calcolo con L_{DEN}

1. Valutazione di L_{DEN} per il traffico aereo, stradale e ferroviario (L_{air} , L_{road} , L_{rail})
2. Calcolo del livello di annoyance per il traffico aereo e ferroviario
 - a. $A_{air} = 2,17 \cdot L_{air} - 91,4$
 - b. $A_{rail} = 2,1 \cdot L_{rail} - 110,1$
3. Calcolo del livello equivalente al traffico stradale di annoyance per il traffico aereo e ferroviario
 - a. $L'_{air} = \frac{A_{air}+107}{2,22}$
 - b. $L'_{rail} = \frac{A_{rail}+107}{2,22}$
4. Calcolo del livello totale di rumore

$$L = 10 \cdot \log \left(10^{\frac{L'_{air}}{10}} + 10^{\frac{L'_{road}}{10}} + 10^{\frac{L'_{rail}}{10}} \right)$$
5. Calcolo di %HA, %A e %LA con le relazioni per il traffico stradale e L_{DEN} .

Calcolo con L_{DN}

1. Valutazione di L_{DN} per il traffico aereo, stradale e ferroviario (L_{air} , L_{road} , L_{rail})
2. Calcolo del livello di annoyance per il traffico aereo e ferroviario
 - a. $A_{air} = 2,16 \cdot L_{air} - 89,7$
 - b. $A_{rail} = 2,06 \cdot L_{rail} - 107,5$
3. Calcolo del livello equivalente al traffico stradale di annoyance per il traffico aereo e ferroviario
 - a. $L'_{air} = \frac{A_{air}+105,7}{2,21}$
 - b. $L'_{rail} = \frac{A_{rail}+105,7}{2,21}$
4. Calcolo del livello totale di rumore

$$L = 10 \cdot \log \left(10^{\frac{L'_{air}}{10}} + 10^{\frac{L'_{road}}{10}} + 10^{\frac{L'_{rail}}{10}} \right)$$
5. Calcolo di %HA, %A e %LA con le relazioni per il traffico stradale e L_{DN} .

1.5 Osservazioni generali

L_{DEN} , L_{DN} e L_N sono parametri medi che risultano dall'elaborazione de L_{Aeq} nei diversi periodi del giorno. In tal senso, la misura del rumore calcolca un valore rappresentativo di un determinato periodo di tempo che, in molti casi, non è rappresentativa degli eventi che possono creare disturbo alla popolazione. Questo metodo valuta la quantità di stress, o di insoddisfazione, che le persone sperimentano quando sono esposte al rumore da traffico, dando un'indicazione sulla popolazione potenzialmente esposta agli effetti nocivi delle sorgenti di traffico. E' necessario, quindi, usare cautela nell'applicazione di questo indicatore.

Tuttavia, la *Direttiva Europea 2002/49/EC* sul controllo e la gestione del rumore ambientale suggerisce la creazione di mappe di annoyance, o background informativi per ogni paese sull'esposizione al rumore e i suoi effetti sulla popolazione esposta, oggi giorno tali curve sono l'unico standard internazionale.

La sensibilità al rumore è un'espressione culturale e sociale, che quindi varia da paese a paese, da città a città. Queste curve dose-response potrebbero essere più rappresentative se ottenute in relazione al territorio di appli-

cazione. Quindi, la stima delle curve e il loro intervallo di applicazione può essere ulteriormente elaborato incorporando lo studio del sito come livello approfondito dell'analisi. A livello locale, potrebbero essere adottate misure sulla base delle reali risposte individuali all'esposizione al rumore, e quindi potrebbe essere necessario effettuare dei sondaggi.

2 Annoyance: il caso iMonitraf!

Nel progetto iMonitraf!, è stato creato un set di indicatori per caratterizzare le differenti matrici del sistema di trasporto. Tra questi, l'obiettivo dell'*Indicatore 12*, sull'ambiente e la salute, è stimare gli effetti del rumore da traffico sulla popolazione che vive vicino ai corridoi alpini che attraversano la frontiera.

Il parametro scelto per valutare l'impatto sulla popolazione è l'annoyance, poiché esprime la quantità di stress, o insoddisfazione, nella popolazione quando viene esposta a rumore da sorgenti di traffico.

Il calcolo dell'annoyance, infatti, è basato sul parametro fisico L_{DEN} , che permette di collegare l'annoyance ai valori ottenuti dalle campagne di monitoraggio. Per avere valori omogenei di ogni corridoio, i dati raccolti durante le campagne di monitoraggio sono collegati al relativo numero di veicoli.

Quindi per stimare la popolazione disturbata, la metodologia illustrata nel *Grafico 2.1* è stata sviluppata durante il progetto.

L'approccio basato sul modello semplificato è preferito a quello esclusivamente basato sulle campagne di monitoraggio perché i punti di misura forniscono un'indicazione puntuale del livello di L_{DEN} e, di conseguenza, il rispettivo valore di annoyance non è rappresentativo delle condizioni globali del corridoio. Oltre a ciò,

- Le campagne di monitoraggio non sono effettuate per il traffico ferroviario a causa di difficoltà tecniche.
- Si è riscontrata una significativa mancanza di dati di monitoraggio relativi al corridoio del Brennero.
- Gli scenari futuri sono basati su previsioni di traffico.

2.1 Step 1: Le campagne di monitoraggio: valori puntuali di annoyance

Dovuto a scelte di progetto, il disturbo è espresso come percentuale di *Highly Annoyed People (%HA)* in funzione delle formulazioni con base L_{DEN} come segue per le diverse sorgenti di traffico:

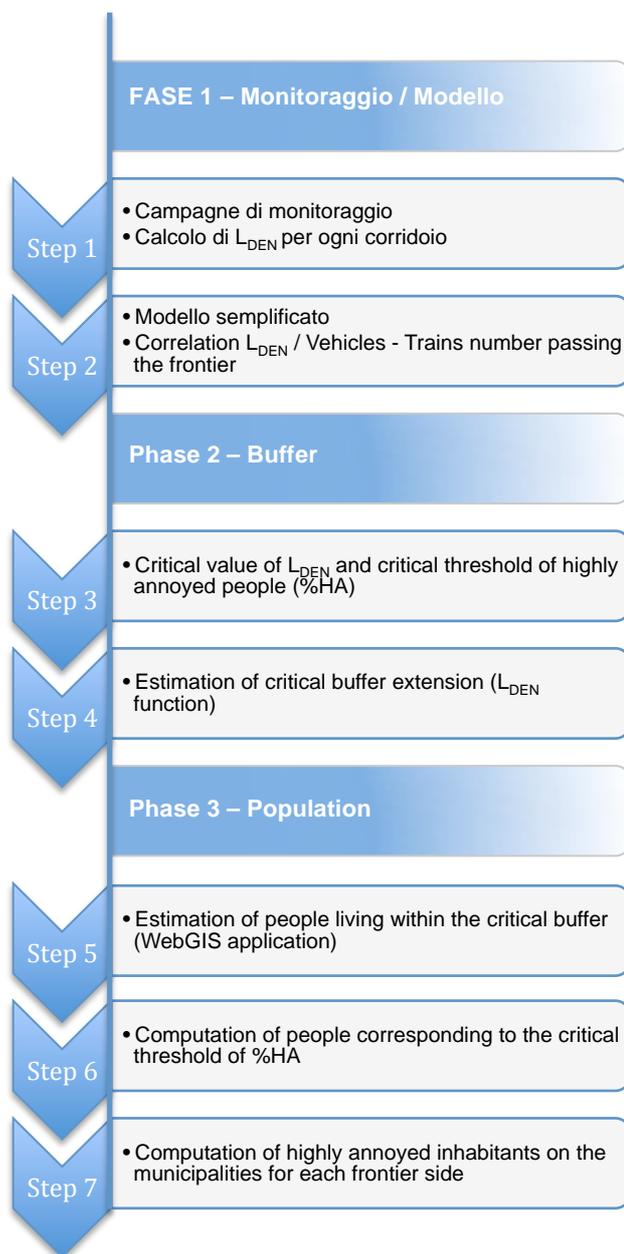


Grafico 2.1 – Metodologia per stimare la popolazione esposta partendo da L_{DEN} .

- Per traffico veicolare

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

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

In generale, il valore percentuale di popolazione disturbata derivante dalle campagne di monitoraggio da un'indicazione sulla popolazione potenzialmente esposta agli effetti del traffico in un determinato punto di misura, come mostrato nella *Tabella 2.1* e nel *Grafico 2.2*.

Corridor	Monitoring campaign	
	L _{DEN} [dB(A)]	Annoyance [%HA]
Fréjus - Bardonecchia	72,5	30,2
Montblanc - Courmayeur	72,3	29,8
Gotthard - Camignolo	75,6	38,4
Brenner - Vipiteno	78,9	49,1
Tarvisio	75,7	38,8

Tabella 2.1 – Livelli di monitoraggio di L_{DEN} collegati a valori di annoyance.

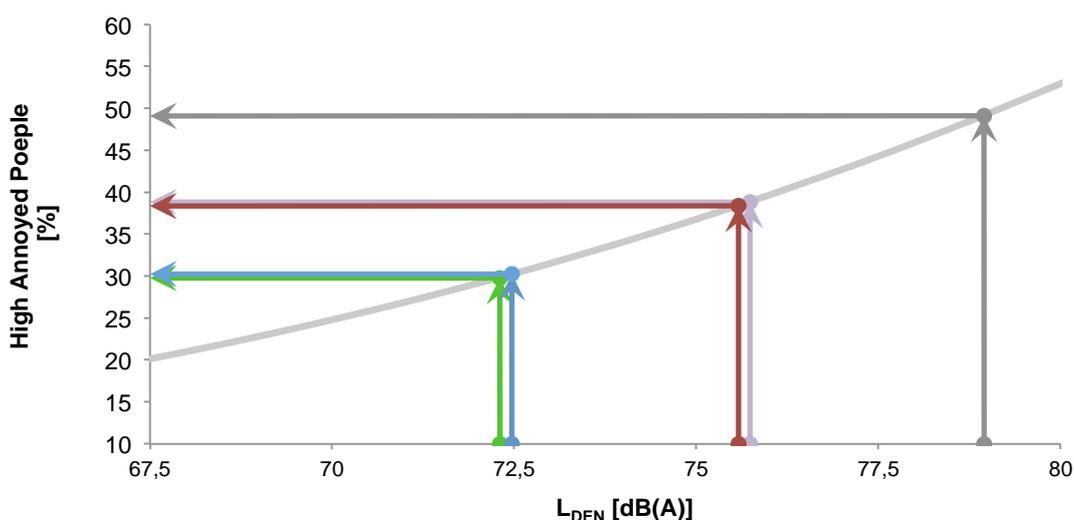


Grafico 2.2 – Correlazione tra L_{DEN} misurato e il rispettivo valore di %HA

I valori di L_{DEN} sono validati sulla base dell' **Indicatore 6**

2.2 Step 2: Il modello semplificato

Obiettivo dell' *Indicatore 12* è la valutazione degli effetti sulla salute derivanti dall'esposizione al rumore di traffico generato dal commercio internazionale, il traffico considerato perciò è quello transfrontaliero. Il modello è basato sul flusso di veicoli pesanti, per il traffico stradale, e sulle tonnellate spalmate in passaggi di treni merci, per il traffico ferroviario. Questi valori sono poi collegati a stime di L_{DEN}, costituendo così i dati di partenza. I valori ottenuti nelle campagne di monitoraggio sono utilizzati per la calibrazione del modello semplificato.

La metodologia proposta stimerà la dimensione del buffer critico partendo dai flussi di traffico per ogni corridoio e dai limiti di annoyance considerati.

A tale scopo viene impiegato l'algoritmo di calcolo *NMPB-Routes-96* in accordo con le leggi europee.

In questa sezione verrà presentato il modo in cui le simulazioni sono state impostate e come sono state ricavate le formule che legano i flussi di traffico ai livelli di rumore, da cui è poi calcolato il disturbo.

2.2.1 Impostazioni per le simulazioni del traffico veicolare

La simulazione è stata impostata considerando un tratto di strada rettilineo della lunghezza di *1km*, con due punti di misura posti entrambi sullo stesso lato della strada a 4 m di altezza dal terreno e alle distanze di 10 e 20 metri. Valgono inoltre:

- Il terreno, in tutto lo scenario, è piatto
- La larghezza della strada è di *30 m*
- La strada ha un'inclinazione dello 0%.
- La velocità è di *120 Km/h* per i veicoli leggeri di *80 Km/h* per i veicoli pesanti.

Le condizioni meteorologiche, sebbene non molto importanti alla distanza considerata, sono per il *50%* favorevoli e per il *50%* omogenee. Sono state eseguite simulazioni anche in altre condizioni, ma i risultati ottenuti sono molto simili.

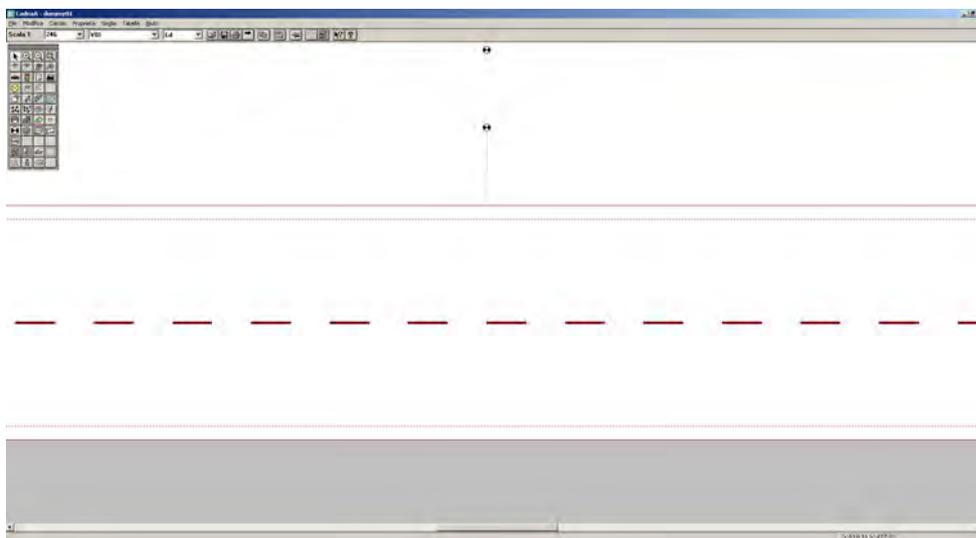


Figura 2.1 – Impostazioni per la simulazione del modello stradale.

Questo modello semplificato è stato utilizzato per ottenere tutti i valori di rumore da traffico.

L'utilizzo del modello prevede l'impostazione delle condizioni di traffico desiderate quali il numero di veicoli leggeri N_L e il numero di quelli pesanti N_H che circolano nel periodo di *24 ore*, per calcolare i corrispondenti livelli di rumore L_x .

Utilizzando questo modello per stimare i livelli sonori reali della strada, sono state effettuate alcune approssimazioni importanti:

- La geometria del territorio non è stata presa in considerazione.
- Si assume che non siano presenti ostacoli nel percorso di propagazione .
- Non è stata considerata la superficie del manto stradale.

Veicoli leggeri: grafici e formule

Per prima cosa, sono stati calcolati i livelli di traffico dei veicoli leggeri. Di conseguenza, è stata eseguita una simulazione per alcuni valori di N_L , ed è stato calcolato il corrispondente livello di rumore L_x e la relativa energia sonora $E = 10^{\frac{L_x}{10}}$.

I livelli sonori risultanti sono riportati nella *Figura 2.2*, mentre nella *Figura 2.3* vengono presentati i corrispondenti valori di energia sonora.

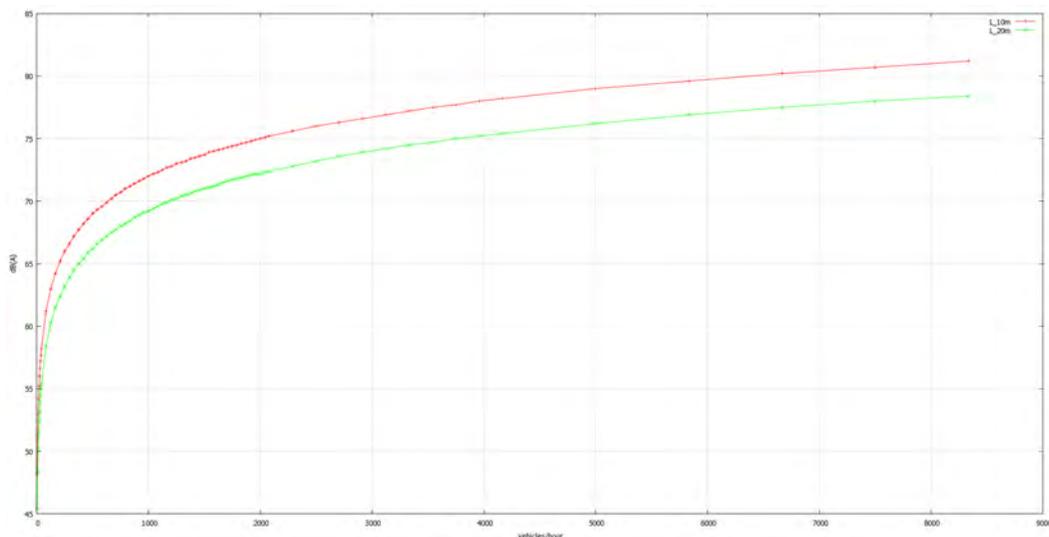


Figura 2.2 – Livelli sonori ottenuti variando il flusso di traffico dei veicoli leggeri alla distanza di 10 e 20 m dalla strada.

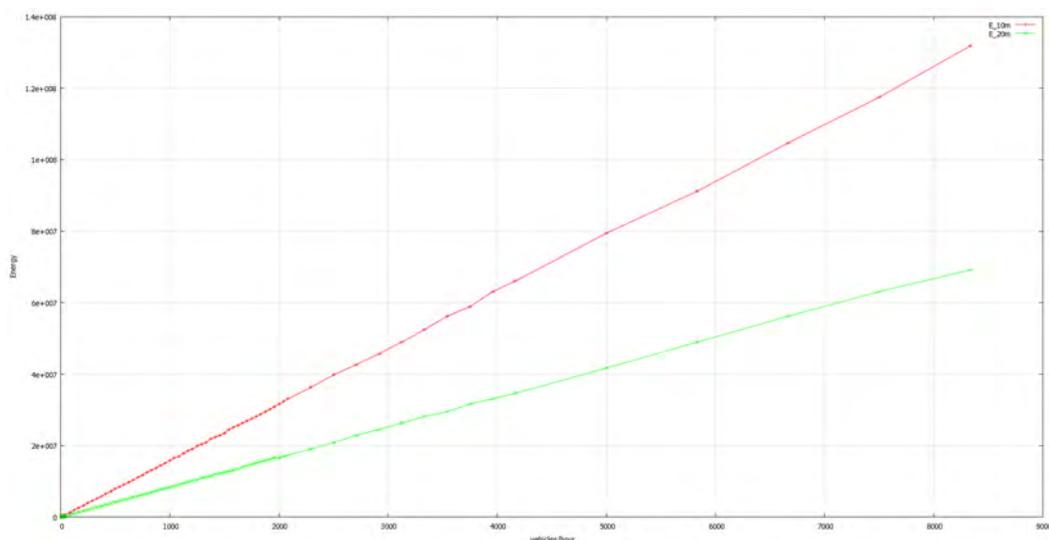


Figura 2.3 – Energia sonora ottenuti variando il flusso di traffico dei veicoli leggeri alla distanza di 10 e 20 m dalla strada.

Le fluttuazioni viste nei grafici delle figure soprastanti sono dovuti ad errori di arrotondamento: CadnaA mostra infatti i risultati con una sola cifra significativa.

Si procede calcolando la migliore retta di interpolazione (fitting line) per i livelli di energia $E = mN_L$ in cui

- E è l'energia sonora.
- N_L è il volume di traffico.
- m è un parametro.

A 10 m, risulta $m = 656.936$. Errore asintotico ± 0.4556 (0.06935%).

A 20 m, risulta $m = 349.246$. Errore asintotico ± 0.2767 (0.07923%).

Tracciando le rette di interpolazione così trovate sopra ai dati di partenza si nota come queste siano buone approssimazioni.

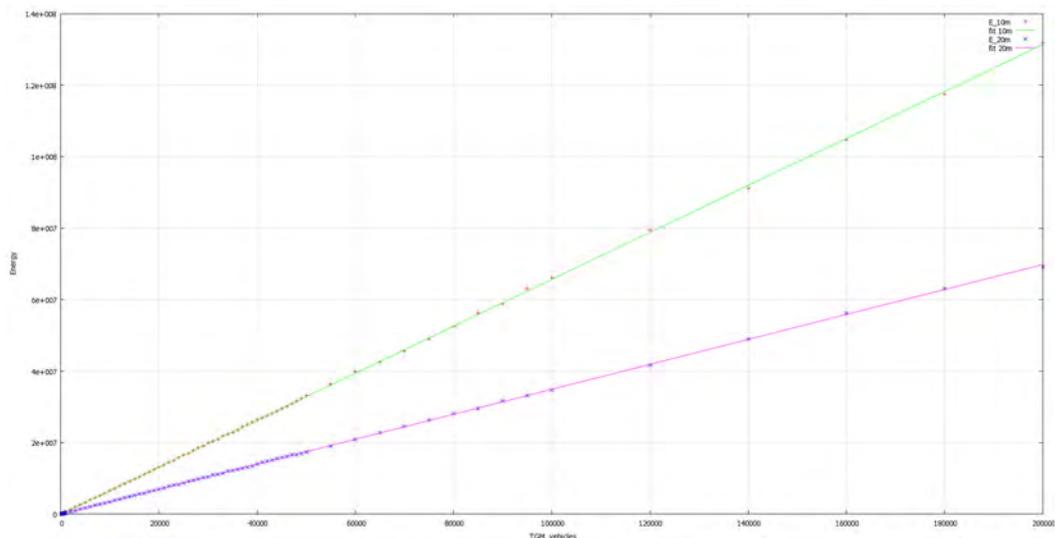


Figura 2.4 – Retta di interpolazione a 10 e 20 m e valori simulati.

Si può concludere che, in buona approssimazione, l'energia sonora simulata a 10 e 20 m di distanza dalla strada (e 4 m di altezza) per il volume di traffico dei soli veicoli leggeri N_L è :

$$E_{L,10m} = 656.936 \cdot N_L$$

$$E_{L,20m} = 349.2466 \cdot N_L$$

Per trovare il corrispondente livello sonoro è sufficiente utilizzare la seguente formula $L_x = 10 \log E_x$.

Veicoli pesanti: grafici e formule

I risultanti livelli sonori sono quindi riportati nella *Figura 2.5*, mentre nella *Figura 2.6* si mostra valore dell'energia sonora.

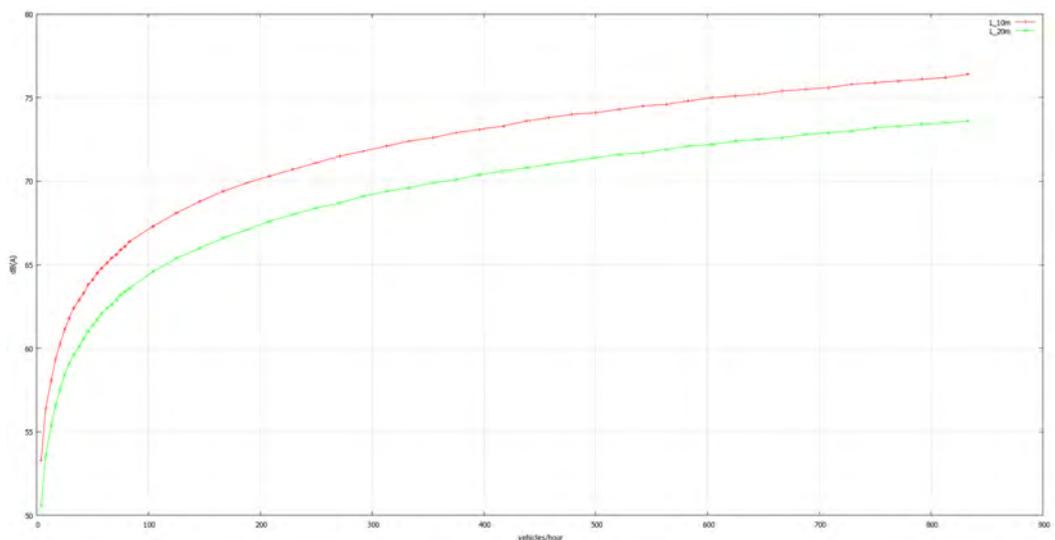


Figura 2.5 - Livelli sonori ottenuti variando il flusso di traffico dei veicoli pesanti alla distanza di 10 e 20 m dalla strada.

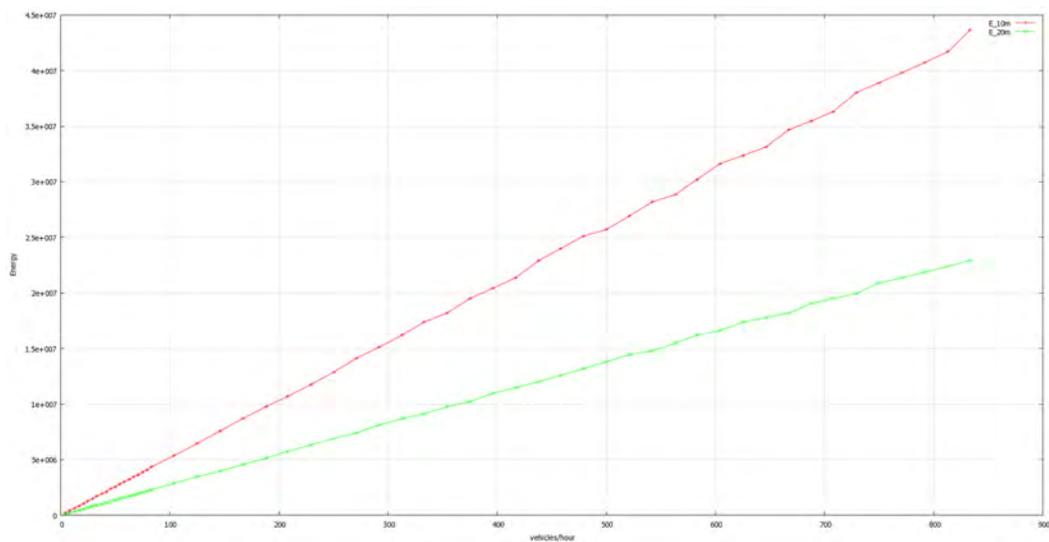


Figura 2.6 – Energia sonora ottenuta variando il flusso di traffico dei veicoli pesanti alla distanza di 10 e 20 m dalla strada.

La migliore retta interpolatrice $E = mN_H$ è trovata per :

A 10 m, si ottiene $m = 2157.11$. Errore asintotico ± 2.176 (0.1009%).

A 20 m, si ottiene $m = 1149.09$. Errore asintotico ± 0.9231 (0.08034%).

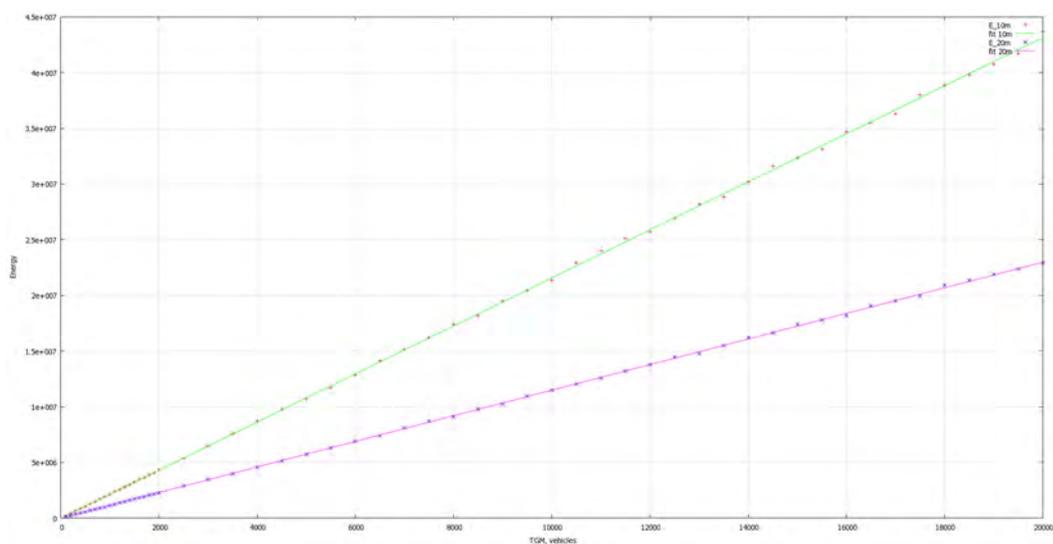


Figura 2.7 - Livelli energetici a 10 e 20 m, con retta di interpolazione.

In conclusione, per i veicoli pesanti risulta:

- $E_{H,10m} = 2157.11 \cdot N_H$
- $E_{H,20m} = 1149.09 \cdot N_H$

Tali relazioni verranno utilizzate nella definizione dell'energia sonora, e dei livelli per il traffico veicolare pesante.

Richiamando i precedenti risultati per i veicoli leggeri, si può anche affermare che, approssimativamente:

$$1 \text{ Veicolo pesante} = 3.3 \text{ Veicoli leggeri}$$

Quindi per ogni corridoio, il numero di veicoli transfrontalieri vengono riportati nella tabella sottostante con il relativo livello di L_{DEN} ottenuto per mezzo di curve di modulazione.

Corridor	ROAD	
	Estimated HVs Daily Traffic	$L_{DEN,rif}$ [dB(A)]
Fréjus	2058	72,5
Mont Blanc	1609	72,3
Gotthard	4319	75,6
Brenner	2584	78,9
Tarvisio	8105	75,7

Tabella 2.2 – Numero di veicoli pesanti che attraversano il valico e corrispondenti valori di L_{DEN} .

2.2.2 Simulazione del traffico ferroviario

La simulazione del modello per il traffico ferroviario è stata impostata come quella della strada: è stato creato un tratto di ferrovia rettilineo e due punti di misura sono stati posizionati a 10 e 20 m di distanza da esso.

Il terreno è stato simulato piano con inclinazione dello 0%.

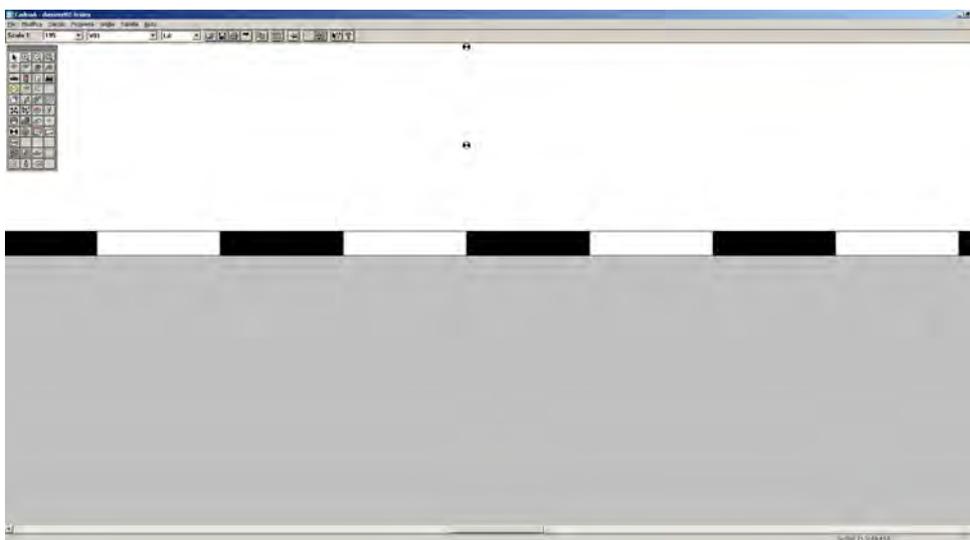


Figura 2.8 – Impostazioni del modello ferroviario.

Nella simulazione sono stati impostati i seguenti parametri:

- Numero di treni che transitano nel periodo di riferimento (24 ore) T .
- Lunghezza dei treni L .
- Velocità del treno (100 Km/h per tutte le simulazioni)

Dopo aver effettuato alcune prove, è stato osservato come le emissioni sono calcolate in funzione del prodotto LT (le emissioni sono proporzionali al numero di vagoni che viaggiano).

Si userà, quindi, il valore fisso di $L = 250 m$ variando il numero di treni nel periodo di riferimento. Quindi, se si volesse utilizzare un'altra *lunghezza tipica del treno* per un dato corridoio sarebbe sufficiente modificare il parametro T .

Si deve però notare che sarà necessario desumere il valore del prodotto LT dall' *Indicatore 3* di iMONITRAF! (peso totale della merce trasportata dal treno). Per far ciò, dovranno essere calcolati il numero di vagoni che compongono un treno tipico e quanto peso può trasportare ogni vagone, o, equivalentemente una *densità lineare (tonnellate/metro)* per ogni treno.

Anche per il traffico ferroviario il disturbo viene calcolato in relazione a L_{DEN} (e non al SEL come solitamente viene fatto quando si considera l'inquinamento acustico prodotto da convogli ferroviari).

Rumore del traffico ferroviario: risultati

I livelli sonori e l'energia sono riportati in *Figura 2.9* e *2.10*.

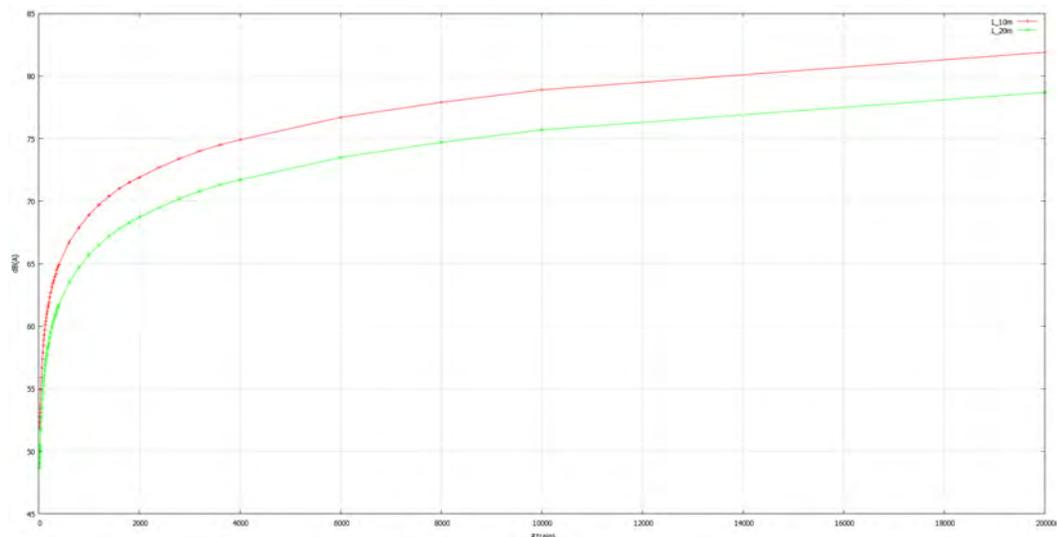


Figura 2.9 – Livello sonoro per numero di treni.

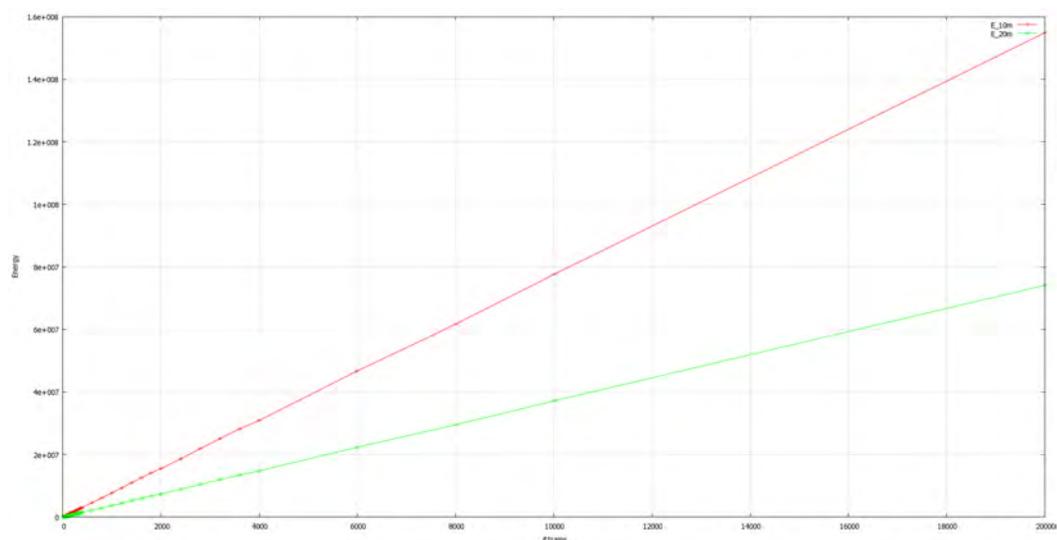


Figura 2.10 – Energia sonora per numero di treni.

Calcolando la migliore retta di interpolazione che lega l'energia sonora al numero di treni, si trova:

- $E = mN_{trains}$
- $m = 7751.26$
- Errore asintotico ± 8.046 (0.0519%)

Quindi si può concludere, approssimativamente, che

1 Treno = 11.8 Veicoli Leggeri

1 Treno = 3.6 Veicoli Pesanti

Le tonnellate transfrontaliere vengono perciò spalmate nei passaggi di treni merci nei vari periodi del giorno e il livello di L_{DEN} viene calcolato, come mostrato nella tabella sottostante.

Corridor	RAIL	
	Estimated Freight Trains Daily Traffic	$L_{DEN,rif}$ [dB(A)]
Fréjus	10	70,7
Mont Blanc	-	-
Gotthard	81	74,8
Brenner	96	72,8
Tarvisio	60	68,2

Tabella 2.3 – Numero di treni merci che attraversano la frontiera e rispettivi valori di L_{DEN} .

2.3 Step 3: Valori critici di %HA

In questo caso, le formulazioni di annoyance sono utilizzate per definire una soglia, all'interno della quale il disturbo eccede un certo limite espresso in funzione di un valore critico di L_{DEN} . Sulla base del *Guideline of the WHO, (Burden of disease from environmental noise - Quantification of healthy life years lost in Europe, 2011)*, i limiti fissati nelle differenti parti del giorno sono:

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

L_{DEN} è calcolato a partire dalla seguente formula

$$L_{DEN} = 10 \log \left(\frac{12}{24} \cdot 10^{\frac{L_{Aeq,D}}{10}} + \frac{4}{24} \cdot 10^{\frac{L_{Aeq,E}+5}{10}} + \frac{8}{24} \cdot 10^{\frac{L_{Aeq,N}+10}{10}} \right)$$

and $L_{DEN,crit} = 66\text{dB(A)}$. Questo valore corrisponde a $HA_{crit,road} = 17,6\%$, in termini di popolazione disturbata da traffico stradale e $HA_{crit,rail} = 9,5\%$ per il traffico ferroviario, come mostrato dal Grafico 2.2.

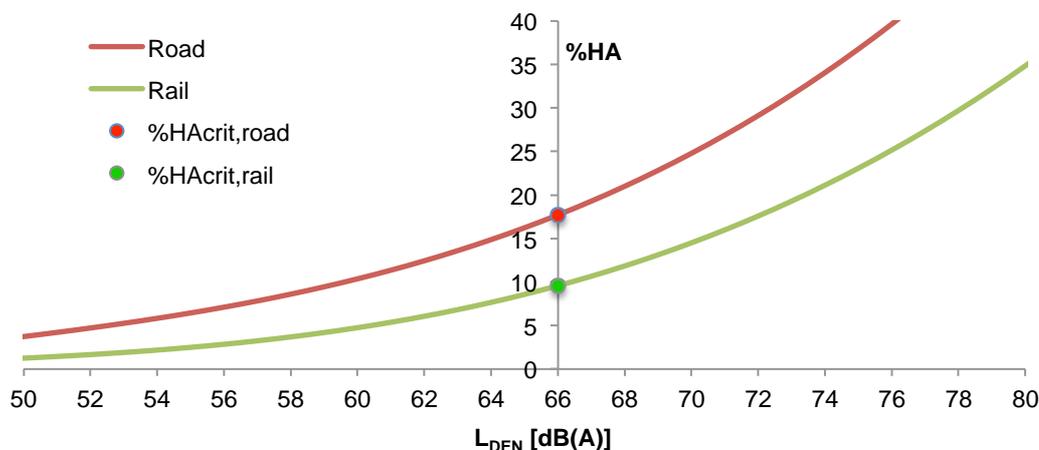


Grafico 2.2 – Valore critico di popolazione seriamente disturbata (%HA) corrispondente a $L_{DEN}=66\text{dB(A)}$.

2.4 Step 4: Stima dell'estensione del buffer critico

Per valutare quante persone sono disturbate dal rumore da traffico, viene definito un buffer come soglia critica. Partendo dai limiti calcolati nel precedente paragrafo, la distanza critica (d_{crit}) alla quale viene raggiunto $L_{DEN,crit}$ è calcolata dalla sorgente di traffico.

In questa sezione è descritto il processo per definire d_{crit} .

Si useranno le formule per 10 m di distanza dalla strada. Ad ogni altro punto il livello sonoro può essere definito applicando la formula di attenuazione standard della distanza.

1. Usando i tre flussi di traffico misurati al confine secondo quanto detto nello Step 2, (N_L , N_H), nei tre periodi del giorno (Day-Evening-Night):

Traffico stradale

- Si definisce il valore dell'energia sonora E_L per i veicoli leggeri $E_{L,10m} = 656.936 \cdot N_L$
- Si definisce il valore dell'energia sonora E_H per i veicoli pesanti $E_{H,10m} = 2157.11 \cdot N_H$
- Si calcola l'energia sonora totale $E_{TOT} = E_L + E_H$.
- Si calcola il livello sonoro per ogni periodo $L_x = 10 \text{Log}(E_{TOT})$

Traffico ferroviario

- Si calcola il livello sonoro per i vari periodi del giorno $L_x = 10 \text{Log}(7751.26N)$.

2. Tramite L_D , L_E , L_N si valuta il corrispondente valore di L_{DEN} :

$$L_{DEN} = 10 \log \left(\frac{12}{24} \cdot 10^{\frac{L_{Aeq,D}}{10}} + \frac{4}{24} \cdot 10^{\frac{L_{Aeq,E}+5}{10}} + \frac{8}{24} \cdot 10^{\frac{L_{Aeq,N}+10}{10}} \right)$$

(applicando opzionalmente una correzione ai livelli ottenuti. Ogni partner potrebbe applicare valori correttivi al corridoio di riferimento monitorato.)

3. Usando L_{DEN} , si calcolano i valori di annoyance attraverso le seguenti formule:

- 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

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

È possibile, così, definire la distanza alla quale il livello di L_{DEN} raggiunge 66 dB(A), equivalente ad un grado di annoyance %HA=17,6, per il traffico stradale e %HA= 9,5 per il traffico ferroviario. Usando la formula di attenuazione della distanza è possibile calcolare la dimensione del buffer, come segue:

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

in cui:

- h_{crit} e d_{crit} sono l'altezza e la distanza alla quale si raggiunge $L_{DEN,crit} = 66 \text{dB(A)}$.
- d_{rif} e h_{rif} sono rispettivamente, la distanza (10 m) e l'altezza (4 m) del microfono dopo l'armonizzazione.
- $L_{DEN,rif}$ è il livello di rumore di riferimento descritto nello Step 3 partendo dalle campagne di monitoraggio.

I risultati, riportati nella tabella sottostante, mostrano la dimensione del buffer per ogni corridoio.

Corridor	d_{crit} (Buffer) [m]	
	Road	Rail
Fréjus	47,6	31,5
Mont Blanc	45,8	-
Gotthard	97,6	81,2
Brenner	212,3	51,9
Tarvisio	101,3	17,3

Tabella 2.4 – Dimensione del buffer per strada e ferrovia di ogni corridoio.

2.5 Step 5: Stima della popolazione che vive all'interno del buffer

Usando la metodologia si è perciò in grado di determinare il numero di abitanti che vivono in luoghi esposti a livelli di rumore più alti di quelli desiderati. Attraverso applicazioni *WebGIS*, il numero di abitanti che vivono all'interno del buffer d_{crit} può essere perciò stimato per il rumore da traffico stradale e ferroviario.

Per il traffico stradale

Corridor	Side	Number of inhabitants	Total Number of inhabitants
Fréjus	Piemonte	342	2829
	Rhône-Alpes	2487	
Mont Blanc	Valle d'Aosta	1927	4401
	Rhône-Alpes	2474	
Gotthard	Canton Ticino	11577	21113
	Zentralschweiz	9536	
Brenner	Trentino	33445	56210
	Tirol	22765	
Tarvisio	Friuli	561	561
	Kärnten	0	

Tabella 2.5 – Abitanti residenti all'interno del buffer critico della strada.

Per il traffico ferroviario

Corridor	Side	Number of inhabitants	Total Number of inhabitants
Fréjus	Piemonte	2435	6476
	Rhône-Alpes	4041	
Mont Blanc	Valle d'Aosta	-	-
	Rhône-Alpes	-	
Gotthard	Canton Ticino	18032	26202
	Zentralschweiz	8170	
Brenner	Trentino	19437	30528
	Tirol	11091	
Tarvisio	Friuli	402	402
	Kärnten	0	

Tabella 2.6 - Abitanti residenti all'interno del buffer critico della ferrovia.

I dati relativi al numero di abitanti sono basati su dati forniti dall' *Eurostat - Population on 1 January by sex and age groups*.

2.6 Step 6 – Step 7: Stima della popolazione esposta

Con i dati degli abitanti che vivono all'interno del buffer, è possibile calcolare a questo punto il numero di persone seriamente disturbate riferite alla percentuale del 17,6% per il traffico stradale e 9,5% per il traffico ferroviario, per i due lati del valico, come mostrato nelle tabelle sottostanti.

2.6.1 Scenario attuale

Corridor	Side	High Annoyed People	
		N _{HA,ROAD}	N _{HA,RAIL}
Fréjus	Piemonte	60	231
	Rhône-Alpes	438	384
Montblanc	Valle d'Aosta	339	-
	Rhône-Alpes	435	-
Gotthard	Canton Ticino	2038	1713
	Zentralschweiz	1678	776
Brenner	Trentino	5886	1847
	Tirol	4007	1054
Tarvisio	Friuli	99	38
	Kärnten	0	0

Tabella 2.7 – Popolazione seriamente disturbata corrispondente alla soglia critica, nello scenario corrente.

Dovuto a scelte di progetto, la popolazione esposta dovrebbe essere espressa come valore percentuale. Quindi per ogni corridoio, la popolazione seriamente disturbata può essere relazionata alla popolazione totale che vive nelle municipalità (*Mun*) dell'intero corridoio ed espressa come valore percentuale per i due lati del valico e per l'intero corridoio.

Corridor	Side	ROAD		RAIL		ROAD + RAIL	
		N _{HA,ROAD} / Mun	N _{HA,ROAD} / Mun	N _{HA,RAIL} / Mun	N _{HA,RAIL} / Mun	N _{HA,RAIL+ROAD} / Mun	N _{HA,RAIL+ROAD} / Mun
Fréjus	Piemonte	0,30%	0,39%	0,56%	0,36%	0,47%	0,37%
	Rhône-Alpes	0,41%		0,30%		0,35%	
Mont Blanc	Valle d'Aosta	0,47%	0,41%	-	-	0,47%	0,41%
	Rhône-Alpes	0,38%		-		0,38%	
Gotthard	Canton Ticino	1,29%	1,01%	1,02%	0,99%	1,15%	1,00%
	Zentralschweiz	0,80%		0,93%		0,84%	
Brenner	Trentino	1,59%	1,54%	0,49%	0,46%	1,04%	1,01%
	Tirol	1,47%		0,42%		0,97%	
Tarvisio	Friuli	1,29%	1,29%	0,18%	0,14%	0,48%	0,39%
	Kärnten	0,00%		0,00%		0,00%	

Tabella 2.8 – Percentuale di popolazione seriamente disturbata relazionata agli abitanti totali delle municipalità che attraversano le infrastrutture, nello scenario corrente (il numero totale degli abitanti delle municipalità è riportato nella sezione 3. *Schede di sintesi*).

Si nota che per il traffico ferroviario la popolazione esposta è paragonabile a quella esposta al traffico stradale, infatti la ferrovia passa attraverso le città dove c'è una maggiore concentrazione abitativa rispetto alle zone rurali.

2.6.2 Gli scenari futuri

L' *Indicatore 12* è ottenuto in relazione al valore di L_{DEN} , legato ai flussi di traffico. In questa direzione, l'indicatore potrebbe essere usato per valutare l'impatto di futuri scenari e quindi utilizzato come parametro predittivo. Il disturbo negli scenari futuri è stimato sulla base di flussi di traffico calcolati dal *WP6*.

I risultati sono riportati in rosso quando aumentano rispetto allo scenario corrente (2010), in verde invece quando diminuiscono o rimangono costanti. La *Tabella 2.9* mostra queste fluttuazioni.

Corridor	Scenarios	ROAD				RAIL				RAIL+ROAD
		Buffer [m]	L_{DEN} [dB(A)]	Estimated Daily HVs	%HA	Buffer [m]	L_{DEN} [dB(A)]	Estimated Daily Freight Trains	%HA	%HA
Fréjus	NOW	47,6	72,5	2058	0,39	31,5	70,7	10	0,36	0,37
	BAU/BAT	+9,8	+0,8	+576	+0,08	0	0	0	0	+0,03
	ACE	-3,6	-0,3	-211	+0,04	+11,4	+1,3	+5	+0,14	+0,06
Mont Blanc	NOW	45,8	72,3	1609	0,41	NO railway crossing the frontier				0,41
	BAU/BAT	+9,3	+0,8	+451	+0,08					+0,08
	ACE	+0,7	+0,1	+34	+0,03					+0,03
Gotthard	NOW	97,6	75,6	4319	1,01	81,2	74,8	81	0,99	1,00
	BAU/BAT	+6,6	+0,3	+1209	+0,03	0	0	0	0	+0,02
	ACE	-16,7	-0,8	-318	-0,18	+27	+1,2	+38	+0,07	-0,08
Brenner	NOW	212,3	78,9	2584	1,54	51,9	72,8	96	0,46	1,01
	BAU/BAT	+38,5	+0,7	+490	+0,26	0	0	0	0	+0,14
	ACE	-13,5	-0,3	-1236	-0,12	+19,2	+1,4	+45	+0,16	+0,01
Tarvisio	NOW	101,3	75,7	8105	1,29	17,3	68,2	60	0,14	0,39
	BAU/BAT	+20,3	+0,8	+2269	-0,13	0	0	0	0	+0,02
	ACE	-5,3	-0,2	-797	-0,08	+16,4	+2,8	+59	+0,14	+0,09

Tabella 2.9 – Fluttuazioni dei parametri negli scenari BAU/BAT e ACE in relazione allo scenario attuale.

2.7 Osservazioni generali

Uno dei punti critici della metodologia proposta riguarda la raccolta dati. Tutti i problemi relativi al reperimento dei dati sono da attribuirsi alle istituzioni che forniscono i risultati delle campagne di monitoraggio (L_D , L_E , L_N and L_{DEN}) e i relativi numeri di veicoli.

Questa metodologia non considera il disturbo del sonno (**%HSD**) a causa di un diverso modo di intendere i veicoli pesanti e la circolazione degli stessi nel periodo notturno.

Ad ogni modo, il grado di disturbo durante la notte potrebbe essere valutato sulla base del parametro L_N come percentuale di persone serimante disturbate durante il sonno (*Highly Sleep Disturbed %HSD*), come descritto dalle seguenti relazioni:

- Per il traffico stradale

$$\%HSD = 20,8 - 1,05L_N + 0,0146(L_N)^2$$
- Per il traffico ferroviario

$$\%HSD = 11,3 - 0,55L_N + 0,00759(L_N)^2.$$

In questo caso, il limite è fissato a **55dB(A)**, al quale corrisponde **%HSD=8** per il traffico stradale **%HSD=4** per il traffico ferroviario.

Si noti che la procedura per definire la dimensione buffer e la popolazione esposta al rumore notturno è identica ad %HA.

3 Schede di sintesi

Per ogni corridoio viene presentata una scheda di sintesi per tutti gli scenari con un estratto della mappa, per una migliore comprensione del concetto di buffer.

3.1 Il corridoio del Frejus

3.1.1 Lo scenario attuale (NOW)

Strada

Dimensione del buffer (distanza dall'asse): **47,6m**

Popolazione all'interno del buffer: **2.829**

Abitanti totali delle municipalità lato Piemonte: **19.810**

Abitanti totali delle municipalità lato Rhône-Alpes: **107.737**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) dal traffico corrisponde a 17,6%: **498**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) riferita alle municipalità attraversate: **0,39%**

Ferrovia

Dimensione del buffer (distanza dall'asse): **31m**

Popolazione all'interno del buffer: **6.476**

Abitanti totali delle municipalità lato Piemonte: **41.664**

Abitanti totali delle municipalità lato Rhône-Alpes: **128.502**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) dal traffico corrisponde a 9,5%: **615**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) riferita alle municipalità attraversate: **0,36%**

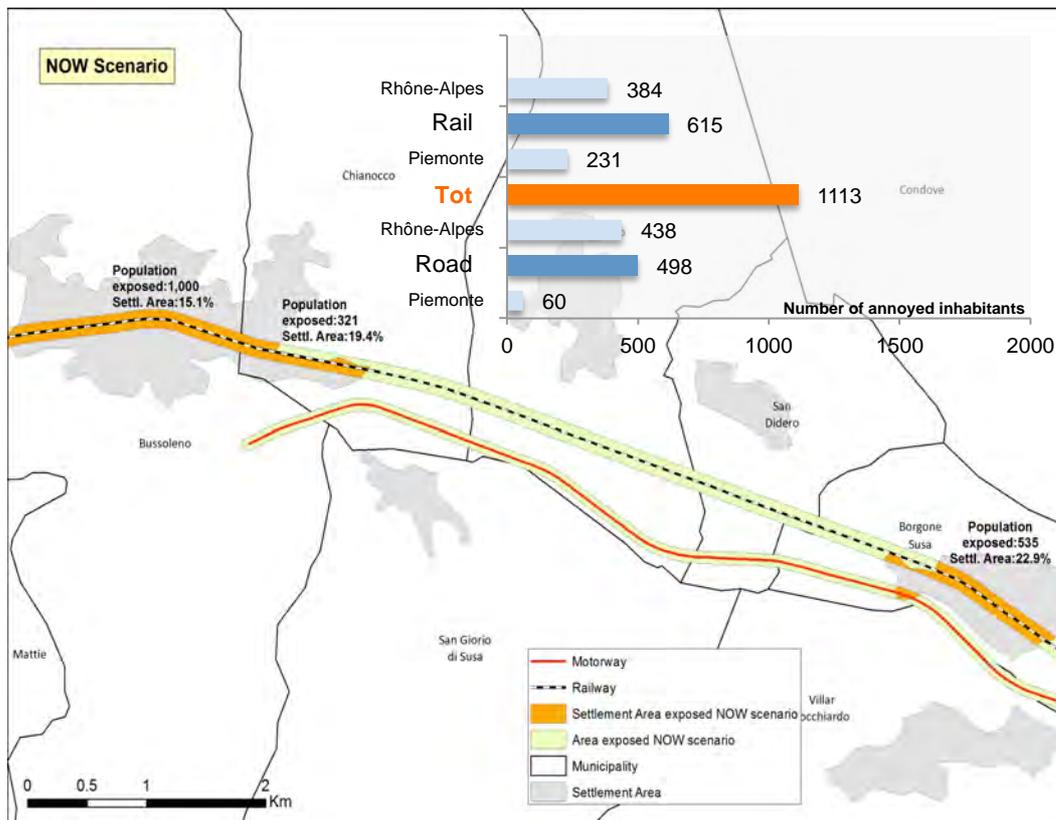
Strada+Ferrovia

Popolazione all'interno del buffer: **9.305**

Abitanti totali delle municipalità*: **297.713**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) dal rumore da traffico: **1.113**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) riferita alle municipalità attraversate: **0,37%**



3.1.2 Lo scenario BAU/BAT

Strada

Dimensione del del buffer (distanza dall'asse): **57,4m**

Popolazione all'interno del buffer: **3.374**

Abitanti totali delle municipalità lato Piemonte: **19.810**

Abitanti totali delle municipalità lato Rhône-Alpes: **107.737**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) dal traffico corrisponde a 17,6%: **594**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) riferita alle municipalità attraversate: **0,47%**

Ferrovia

Dimensione del del buffer (distanza dall'asse): **31,5m**

Popolazione all'interno del buffer: **6.476**

Abitanti totali delle municipalità Piemonte side: **41.664**

Abitanti totali delle municipalità lato Rhône-Alpes: **128.502**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) dal traffico corrisponde a 9,5%: **615**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) riferita alle municipalità attraversate: **0,36%**

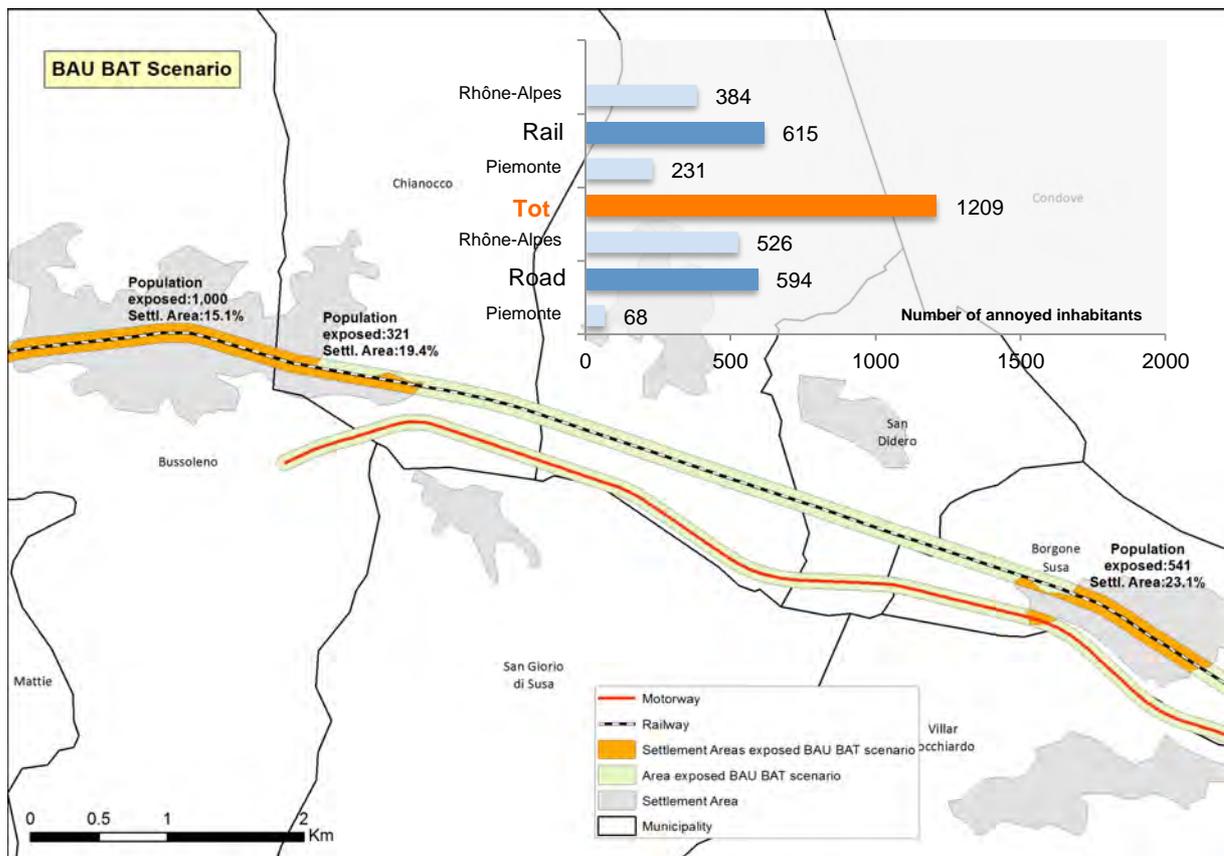
Rail+Road

Popolazione all'interno del buffers: **9.850**

Abitanti totali delle municipalità*: **297.713**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) dal rumore da traffico: **1.209**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) riferita alle municipalità attraversate: **0,41%**



3.1.3 Lo scenario ACE

Strada

Dimensione del del buffer (distanza dall'asse): **44m**

Popolazione all'interno del buffer: **2.563**

Abitanti totali delle municipalità lato Piemonte: **19.810**

Abitanti totali delle municipalità lato Rhône-Alpes: **107.737**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) dal traffico corrisponde a 17,6%: **451**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) riferita alle municipalità attraversate: **0,35%**

Ferrovia

Dimensione del del buffer (distanza dall'asse): **42,9m**

Popolazione all'interno del buffer: **6.476**

Abitanti totali delle municipalità lato Piemonte: **41.664**

Abitanti totali delle municipalità lato Rhône-Alpes: **128.502**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) dal traffico corrisponde a 9,5%: **852**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) riferita alle municipalità attraversate: **0,5%**

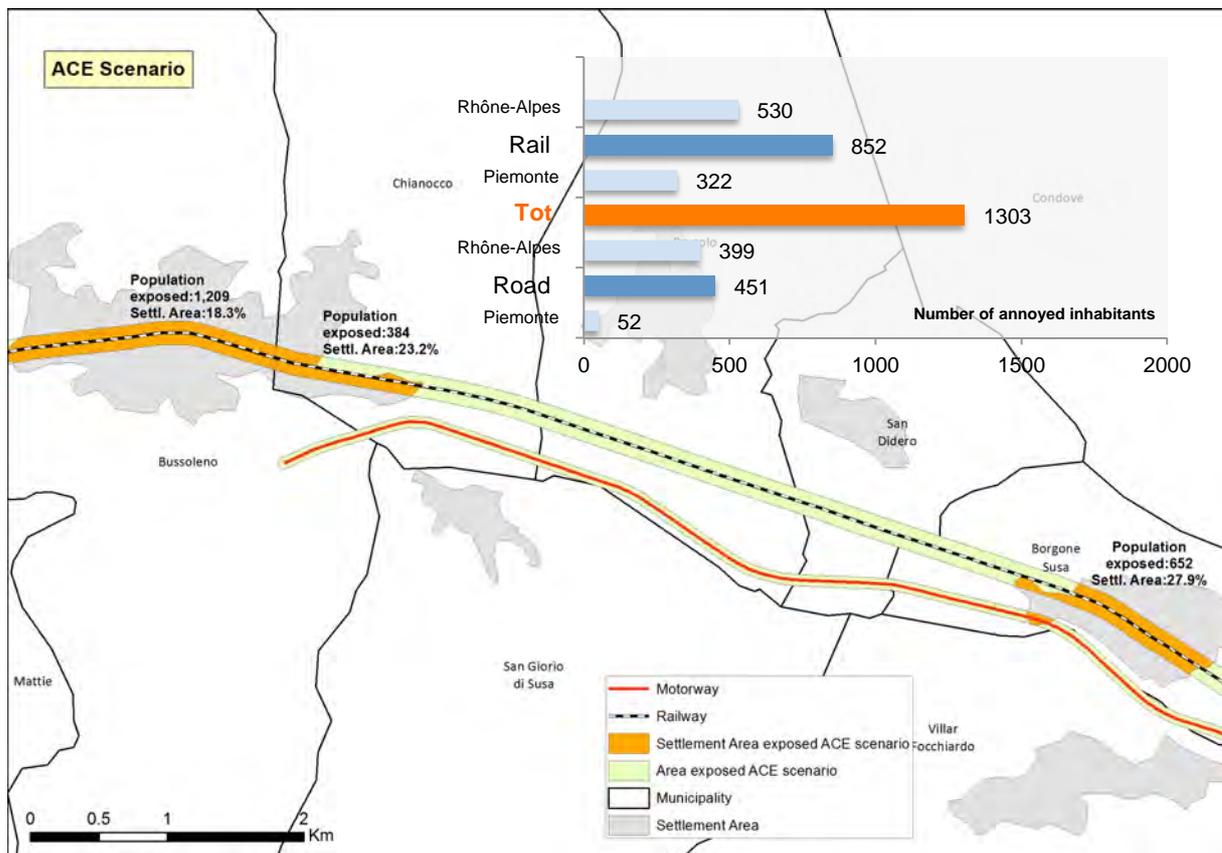
Rail+Road

Popolazione all'interno del buffers: **8.967**

Abitanti totali delle municipalità*: **297.713**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) dal rumore da traffico: **1.303**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) riferita alle municipalità attraversate: **0,44%**



3.2 Il corridoio del Mont Blanc

3.2.1 Lo scenario attuale (NOW)

Strada

Dimensione del buffer (distanza dall'asse): **45,8m**

Popolazione all'interno del buffer: **4.401**

Abitanti totali delle municipalità lato Valle d' Aosta: **71.993**

Abitanti totali delle municipalità lato Rhône-Alpes: **115.402**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) dal traffico corrisponde a 17,6%: **774**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) riferita alle municipalità attraversate: **0,41%**

Ferrovia

Dimensione del buffer (distanza dall'asse): -

Popolazione all'interno del buffer: -

Abitanti totali delle municipalità lato Valle d' Aosta: -

Abitanti totali delle municipalità lato Rhône-Alpes: -

Popolazione seriamente disturbata (%HA) dal traffico corrisponde a 9,5%: -

Popolazione seriamente disturbata (%HA) riferita alle municipalità attraversate: -

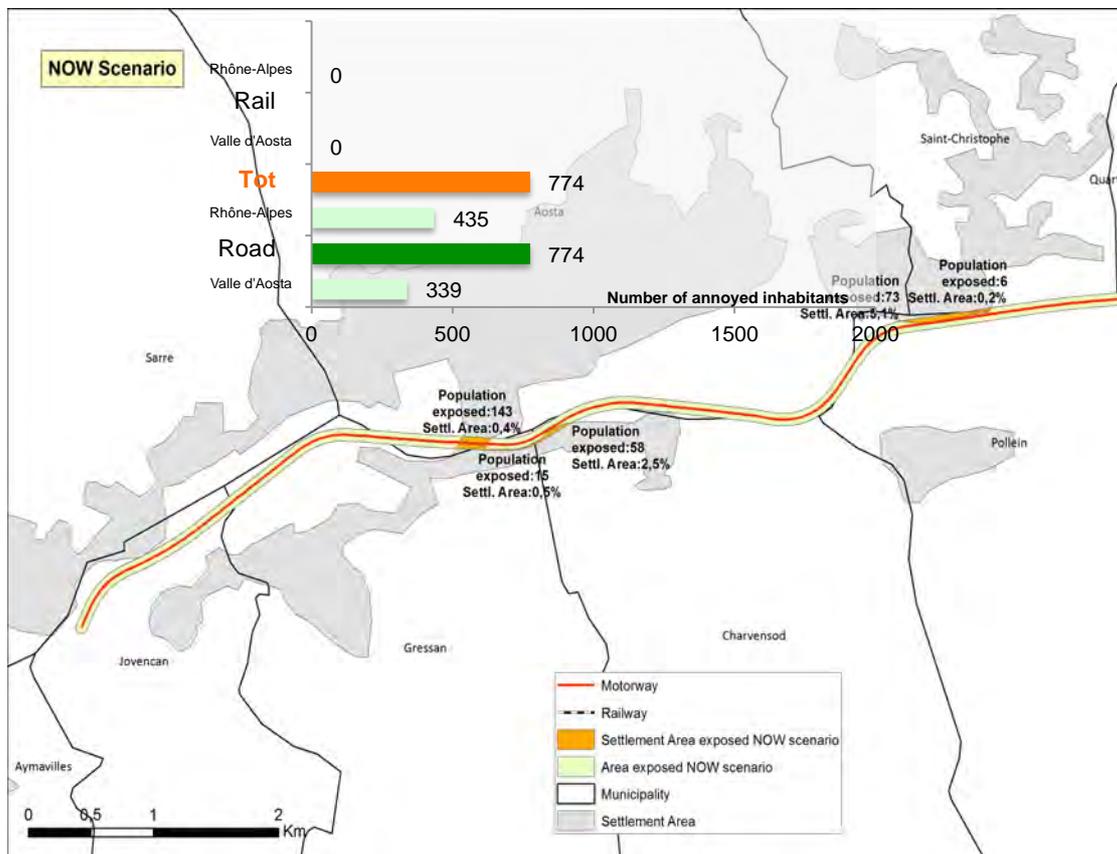
Strada+Ferrovia

Popolazione all'interno del buffer: **4.401**

Abitanti totali delle municipalità*: **187.395**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) dal rumore da traffico: **774**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) riferita alle municipalità attraversate: **0,41%**



3.2.2 Lo scenario BAU/BAT

Strada

Dimensione del del buffer (distanza dall'asse): **55,1m**

Popolazione all'interno del buffer: **5.247**

Abitanti totali delle municipalità lato Valle d' Aosta: **71.993**

Abitanti totali delle municipalità lato Rhôn-Alpes: **115.402**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) dal traffico corrisponde a 17,6%: **923**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) riferita alle municipalità attraversate: **0,49%**

Ferrovia

Dimensione del del buffer (distanza dall'asse): -

Popolazione all'interno del buffer: -

Abitanti totali delle municipalità lato Valle d' Aosta: -

Abitanti totali delle municipalità lato Rhôn-Alpes: -

Popolazione seriamente disturbata (%HA) dal traffico corrisponde a 9,5%: -

Popolazione seriamente disturbata (%HA) riferita alle municipalità attraversate: -

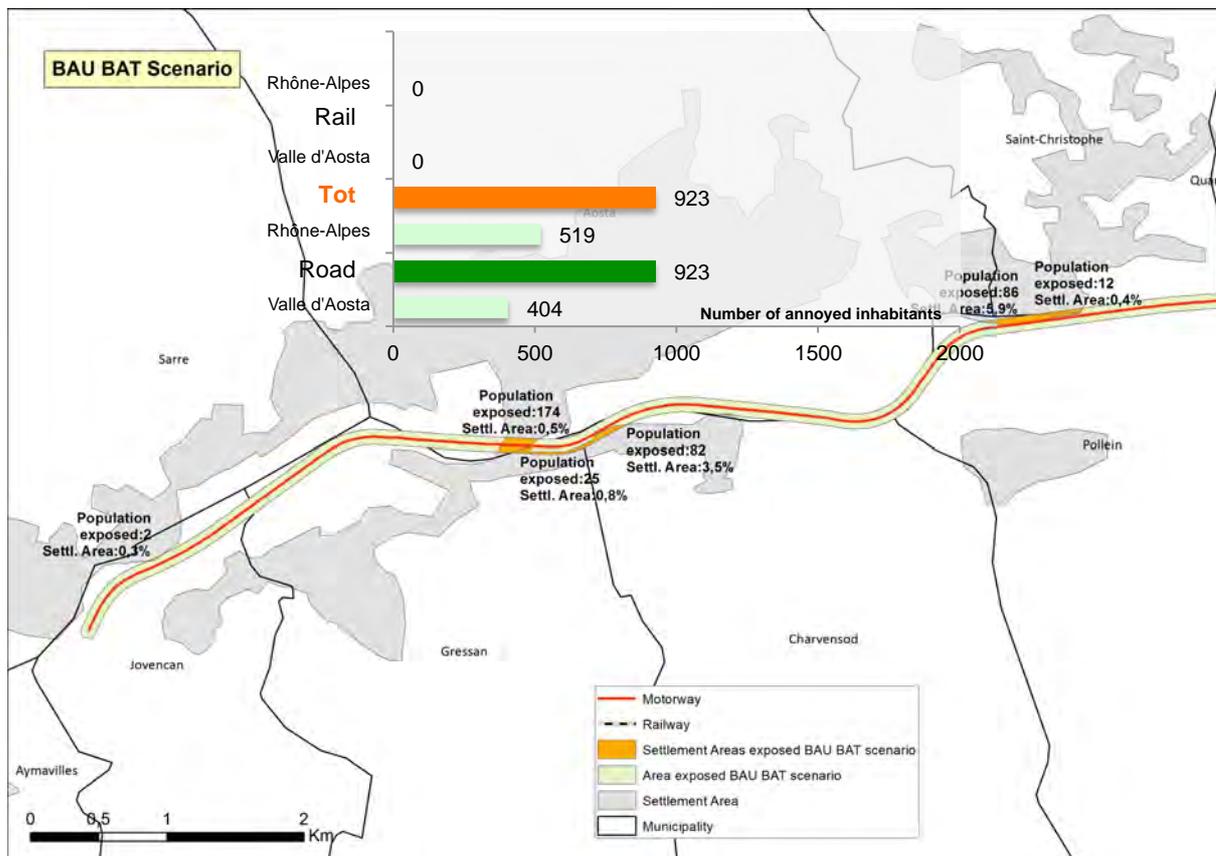
Strada+Ferrovia

Popolazione all'interno del buffer: **5.247**

Abitanti totali delle municipalità*: **187.395**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) dal rumore da traffico: **923**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) riferita alle municipalità attraversate: **0,49%**



3.2.3 Lo scenario ACE

Strada

Dimensione del del buffer (distanza dall'asse): **46,5m**

Popolazione all'interno del buffer: **4.480**

Abitanti totali delle municipalità lato Valle d' Aosta: **71.993**

Abitanti totali delle municipalità lato Rhôn-Alpes: **115.402**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) dal traffico corrisponde a 17,6%: **788**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) riferita alle municipalità attraversate: **0,45%**

Ferrovia

Dimensione del del buffer (distanza dall'asse): -

Popolazione all'interno del buffer: -

Abitanti totali delle municipalità lato Valle d' Aosta: -

Abitanti totali delle municipalità lato Rhôn-Alpes: -

Popolazione seriamente disturbata (%HA) dal traffico corrisponde a 9,5%: -

Popolazione seriamente disturbata (%HA) riferita alle municipalità attraversate: -

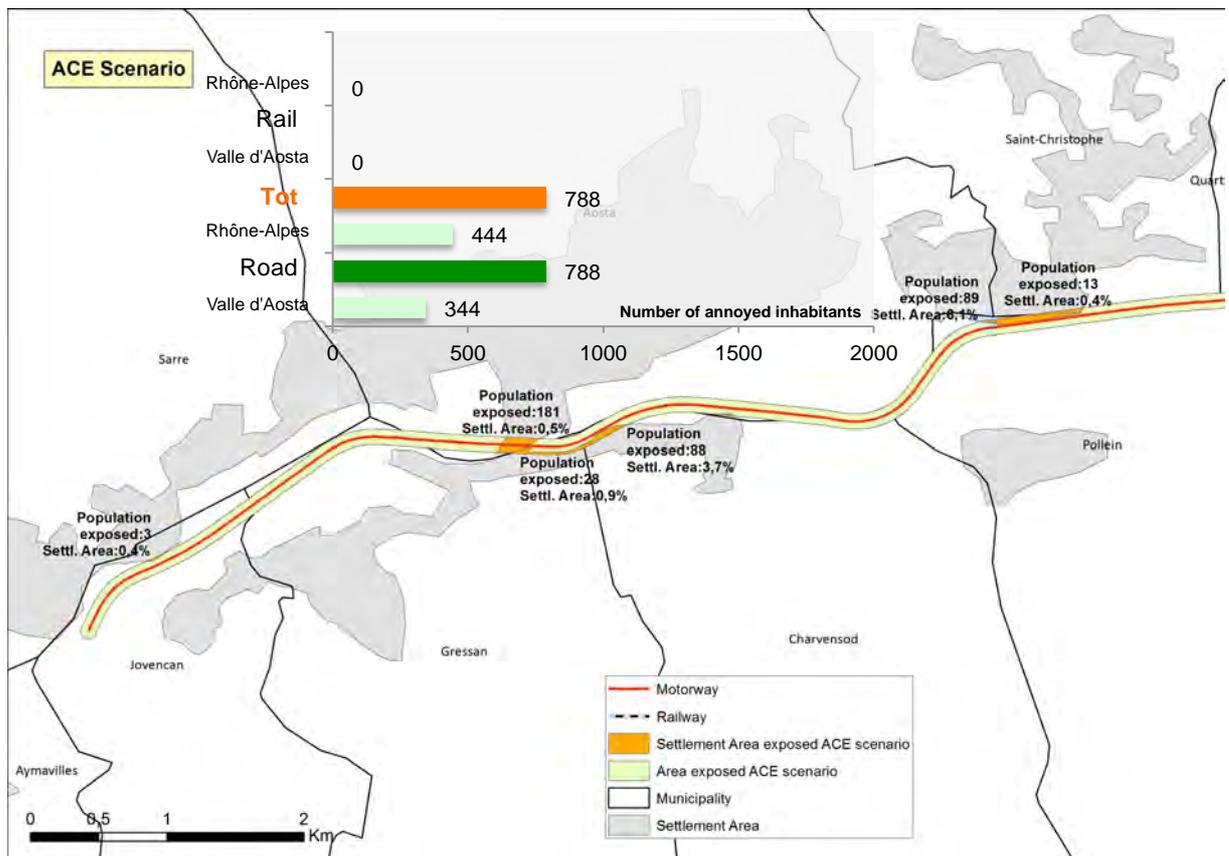
Strada+Ferrovia

Popolazione all'interno del buffer: **4.480**

Abitanti totali delle municipalità*: **187.395**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) dal rumore da traffico: **788**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) riferita alle municipalità attraversate: **0,45%**



3.3 Il corridoio del Gottardo

3.3.1 Lo scenario attuale (NOW)

Strada

Dimensione del buffer (distanza dall'asse): **97,6m**

Popolazione all'interno del buffer: **21.113**

Abitanti totali delle municipalità lato Canton Ticino: **157.967**

Abitanti totali delle municipalità lato Zentralschweiz: **210.084**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) dal traffico corrisponde a 17,6%: **3.716**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) riferita alle municipalità attraversate: **1,01%**

Ferrovia

Dimensione del buffer (distanza dall'asse): **81,2m**

Popolazione all'interno del buffer: **26.202**

Abitanti totali delle municipalità lato Canton Ticino: **167.160**

Abitanti totali delle municipalità lato Zentralschweiz: **83.088**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) dal traffico corrisponde a 9,5%: **615**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) riferita alle municipalità attraversate: **0,36%**

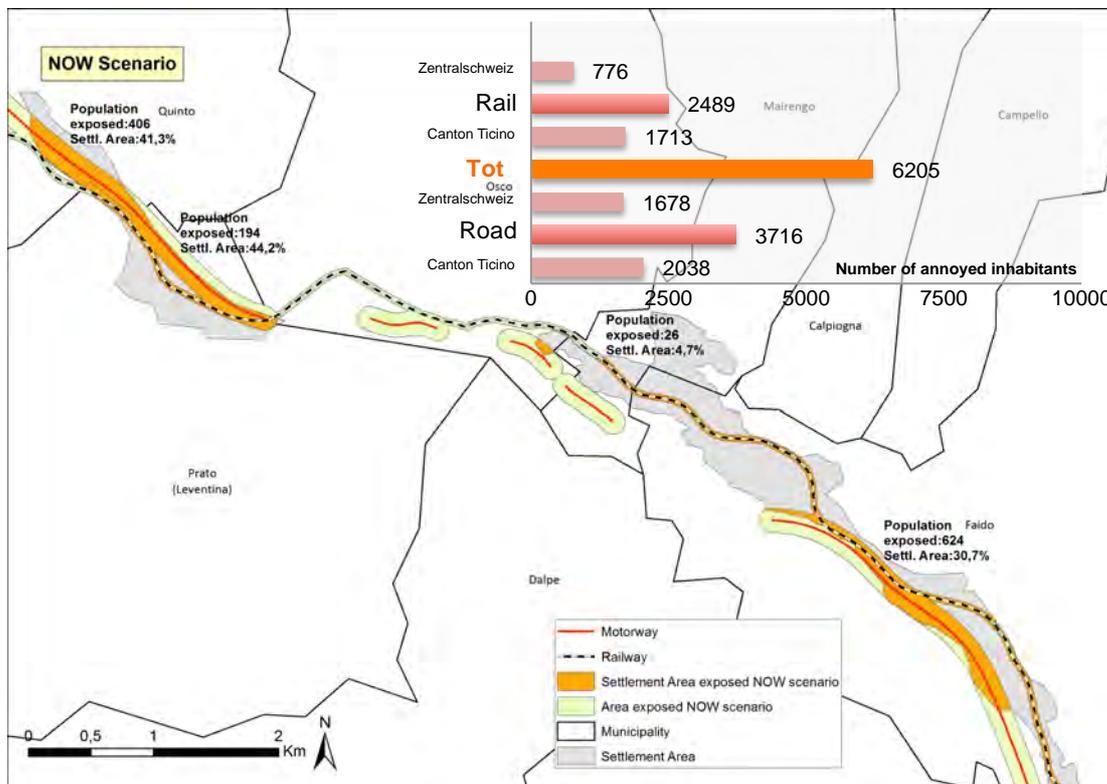
Strada+Ferrovia

Popolazione all'interno del buffer: **44.871**

Abitanti totali delle municipalità*: **618.299**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) dal rumore da traffico: **6.205**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) riferita alle municipalità attraversate: **1,00%**



3.3.2 Lo scenario BAU/BAT

Strada

Buffer size (distance from the axis): **104,3m**

Popolazione all'interno del buffer: **21.882**

Abitanti totali delle municipalità lato Canton Ticino: **157.967**

Abitanti totali delle municipalità lato Zentralschweiz: **210.084**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) dal traffico corrisponde a 17,6%: **3.851**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) riferita alle municipalità attraversate: **1,04%**

Ferrovia

Buffer size (distance from the axis): **81,2m**

Popolazione all'interno del buffer: **26.202**

Abitanti totali delle municipalità lato Canton Ticino: **167.160**

Abitanti totali delle municipalità lato Zentralschweiz: **83.088**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) dal traffico corrisponde a 9,5%: **2.489**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) riferita alle municipalità attraversate: **0,99%**

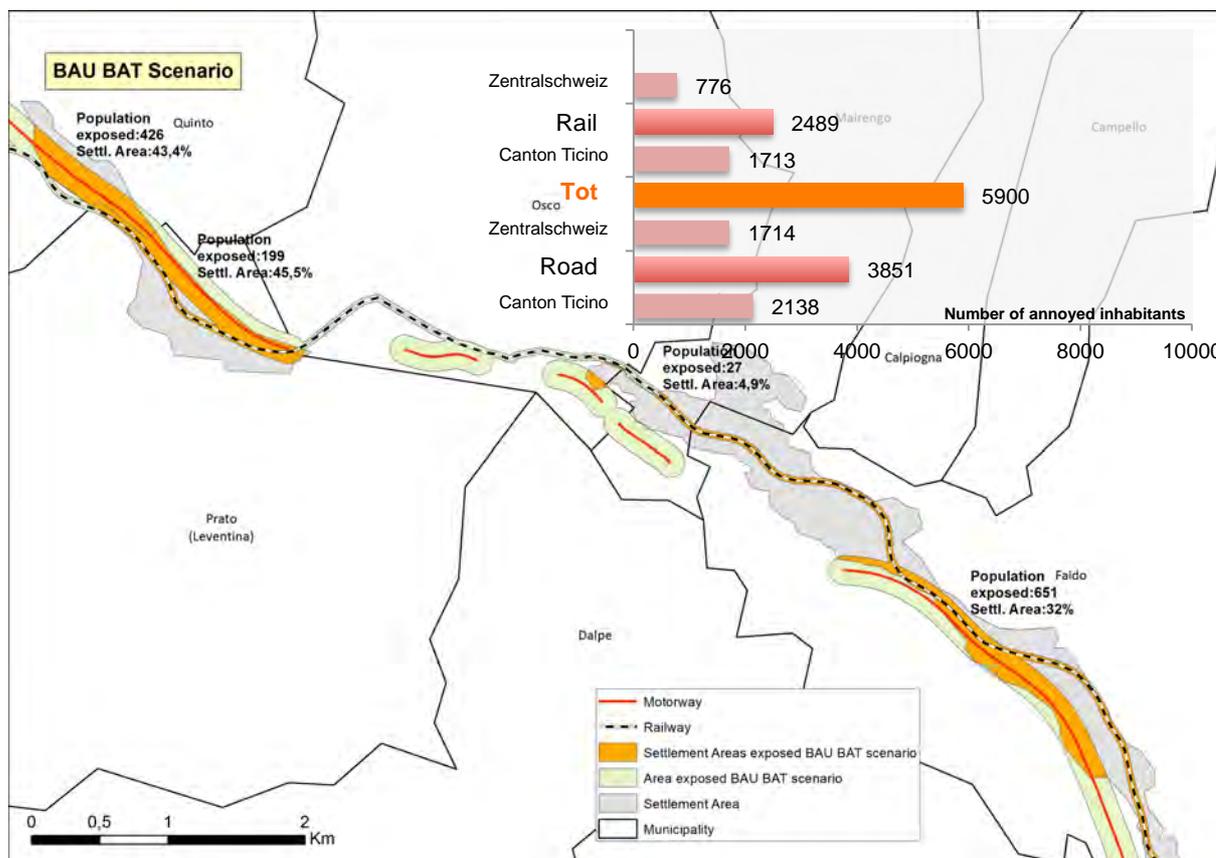
Strada+Ferrovia

Popolazione all'interno del buffer: **48.084**

Abitanti totali delle municipalità*: **618.299**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) dal rumore da traffico: **6.340**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) riferita alle municipalità attraversate: **1,02%**



3.3.3 Lo scenario ACE

Strada

Buffer size (distance from the axis): **80,9m**

Popolazione all'interno del buffer: **17.270**

Abitanti totali delle municipalità lato Canton Ticino: **157.967**

Abitanti totali delle municipalità lato Zentralschweiz: **210.084**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) dal traffico corrisponde a 17,6%: **3.040**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) riferita alle municipalità attraversate: **0,83%**

Ferrovia

Buffer size (distance from the axis): **108,3m**

Popolazione all'interno del buffer: **28.358**

Abitanti totali delle municipalità lato Canton Ticino: **167.160**

Abitanti totali delle municipalità lato Zentralschweiz: **83.088**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) dal traffico corrisponde a 9,5%: **2.694**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) riferita alle municipalità attraversate: **1,07%**

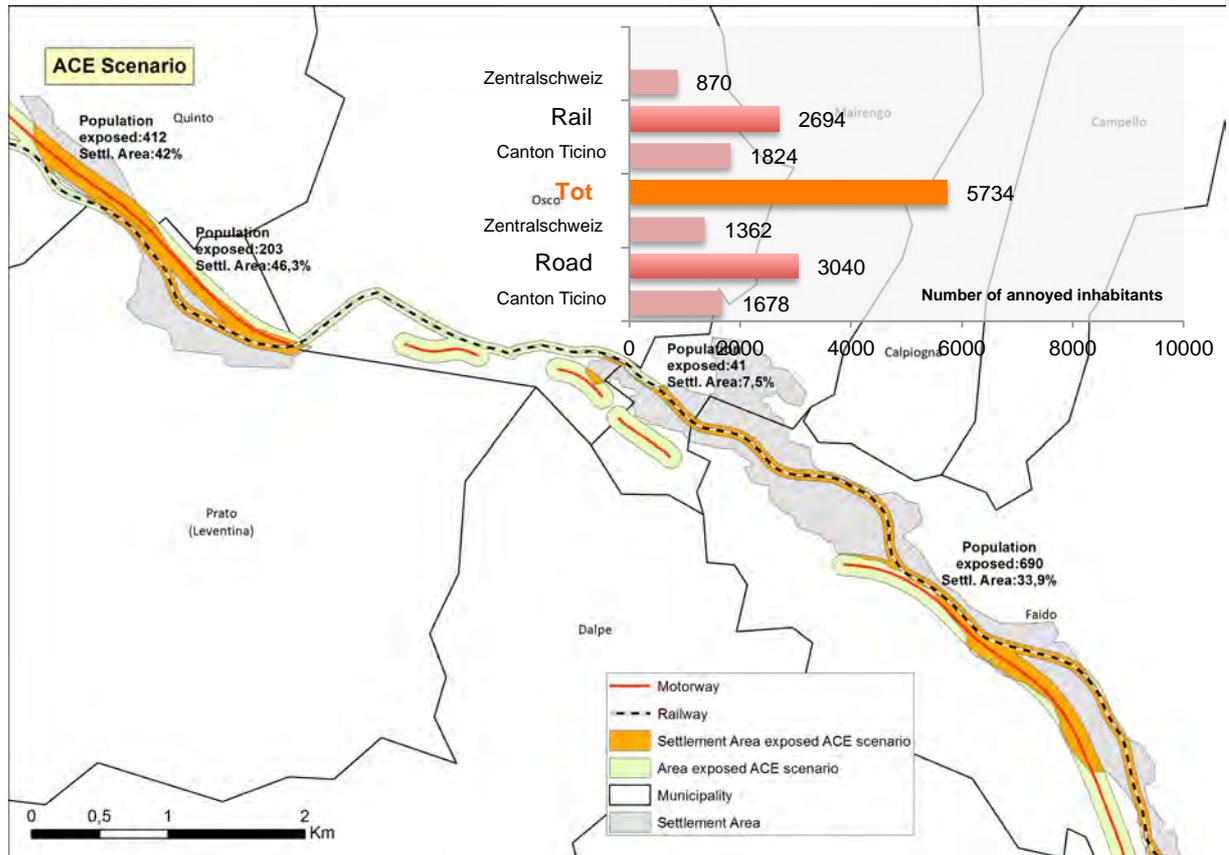
Strada+Ferrovia

Popolazione all'interno del buffer: **45.628**

Abitanti totali delle municipalità*: **618.299**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) dal rumore da traffico: **5.734**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) riferita alle municipalità attraversate: **0,93%**



3.4 Il corridoio del Brennero

3.4.1 Lo scenario attuale (NOW)

Strada

Dimensione del buffer (distanza dall'asse): **212,3m**

Popolazione all'interno del buffer: **56.210**

Abitanti totali delle municipalità lato Trentino: **371.329**

Abitanti totali delle municipalità lato Tirolo: **271.761**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) dal traffico corrisponde a 17,6%: **9.893**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) riferita alle municipalità attraversate: **1,54%**

Ferrovia

Dimensione del buffer (distanza dall'asse): **51,9m**

Popolazione all'interno del buffer: **30.528**

Abitanti totali delle municipalità lato Trentino: **375.611**

Abitanti totali delle municipalità lato Tirolo: **251.922**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) dal traffico corrisponde a 9,5%: **2.901**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) riferita alle municipalità attraversate: **0,46%**

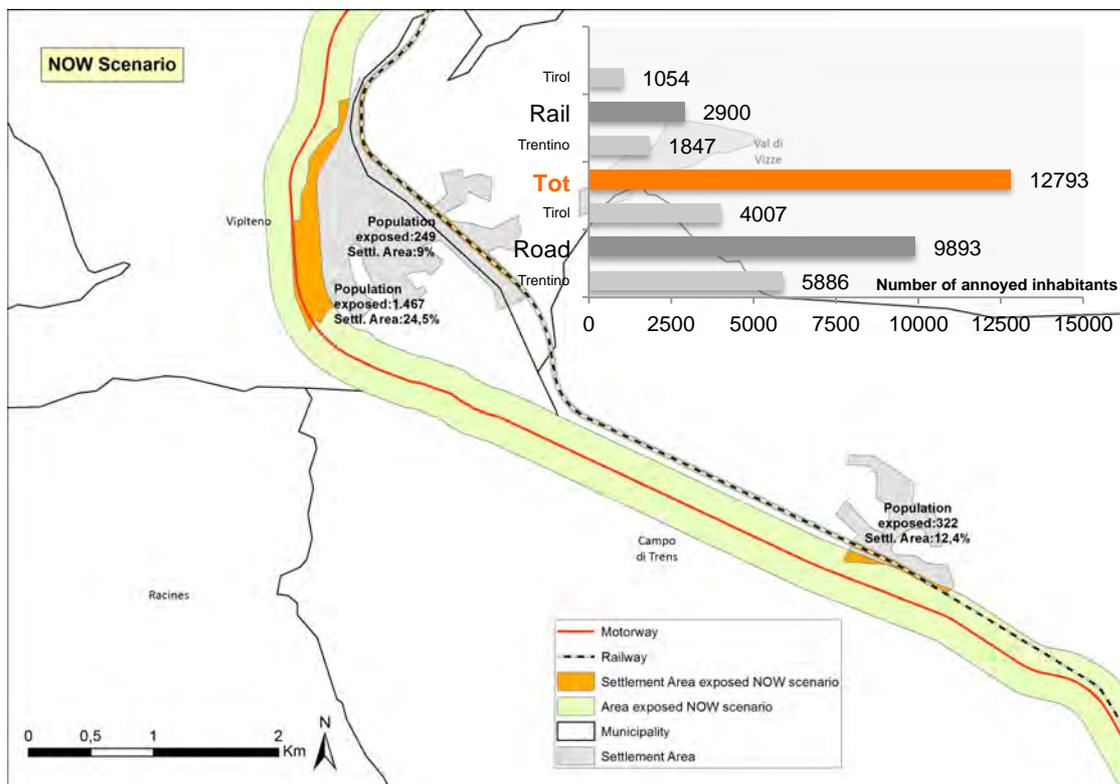
Strada+Ferrovia

Popolazione all'interno del buffer: **86.738**

Abitanti totali delle municipalità*: **1.270.623**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) dal rumore da traffico: **12.793**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) riferita alle municipalità attraversate: **1,01%**



3.4.2 Lo scenario BAU/BAT

Strada

Dimensione del del buffer (distanza dall'asse): **250,8m**

Popolazione all'interno del buffer: **67.121**

Abitanti totali delle municipalità lato Trentino: **371.329**

Abitanti totali delle municipalità lato Tirolo: **271.761**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) dal traffico corrisponde a 17,6%: **11.813**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) riferita alle municipalità attraversate: **1,8%**

Ferrovia

Dimensione del del buffer (distanza dall'asse): **51,9m**

Popolazione all'interno del buffer: **30.528**

Abitanti totali delle municipalità lato Trentino: **375.611**

Abitanti totali delle municipalità lato Tirolo: **251.922**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) dal traffico corrisponde a 9,5%: **2900**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) riferita alle municipalità attraversate: **0,46%**

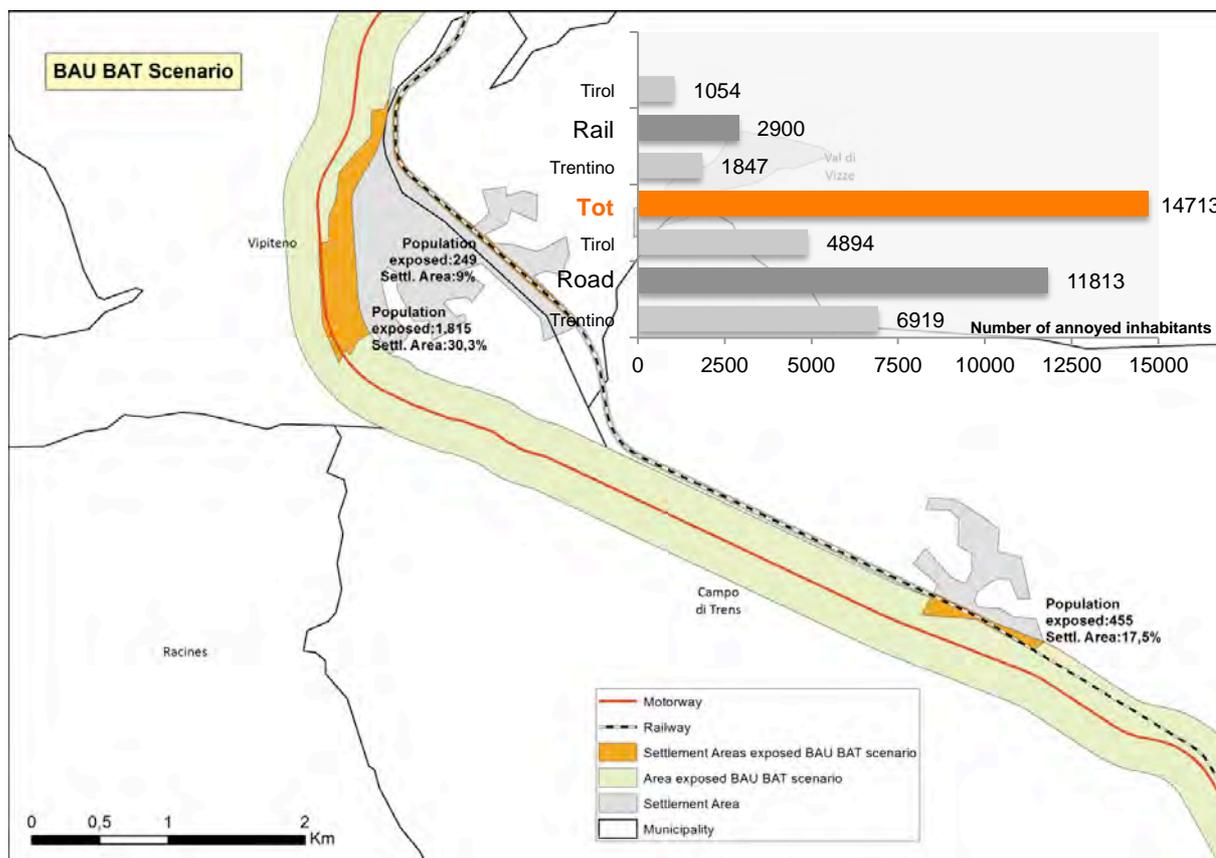
Strada+Ferrovia

Popolazione all'interno del buffer: **97.649**

Abitanti totali delle municipalità*: **1.270.623**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) dal rumore da traffico: **14.713**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) riferita alle municipalità attraversate: **1,15%**



3.4.3 Lo scenario ACE

Strada

Dimensione del del buffer (distanza dall'asse): **198,8m**

Popolazione all'interno del buffer: **51.042**

Abitanti totali delle municipalità Trentino: **371.329**

Abitanti totali delle municipalità Tirol: **271.761**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) dal traffico corrisponde a 17,6%: **8.983**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) riferita alle municipalità attraversate: **1,42%**

Ferrovia

Dimensione del del buffer (distanza dall'asse): **71,1m**

Popolazione all'interno del buffer: **41.285**

Abitanti totali delle municipalità lato Trentino: **375.611**

Abitanti totali delle municipalità lato Tirol: **251.922**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) dal traffico corrisponde a 9,5%: **3.922**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) riferita alle municipalità attraversate: **0,62%**

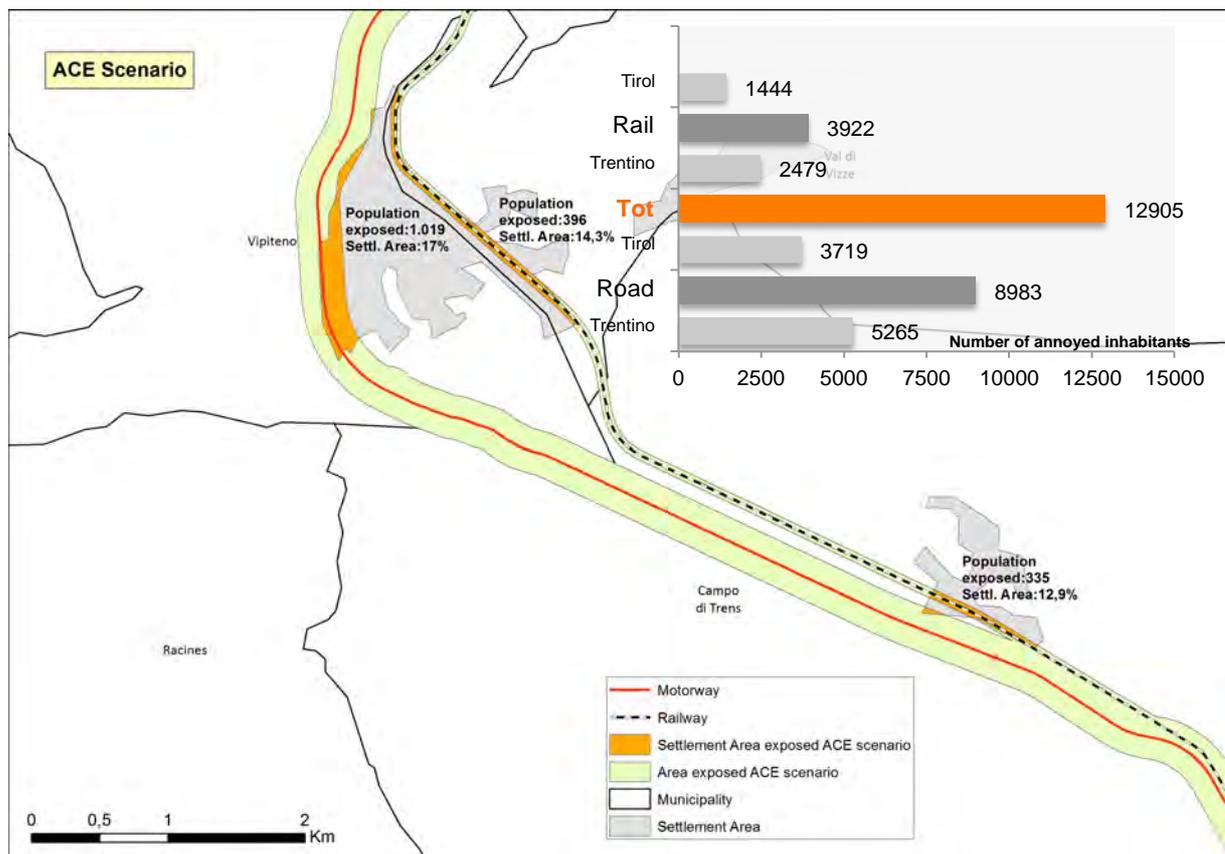
Strada+Ferrovia

Popolazione all'interno del buffer: **92.327**

Abitanti totali delle municipalità*: **1.270.623**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) dal rumore da traffico: **12.905**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) riferita alle municipalità attraversate: **1,02%**



3.5 Il corridoio del Tarvisio

3.5.1 Lo scenario attuale (NOW)

Strada

Dimensione del buffer (distanza dall'asse): **101,3m**

Popolazione all'interno del buffer: **561**

Abitanti totali delle municipalità lato Friuli: **7.669**

Abitanti totali delle municipalità lato Kärnten: **0**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) dal traffico corrisponde a 17,6%: **99**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) riferita alle municipalità attraversate: **1,29%**

Ferrovia

Dimensione del buffer (distanza dall'asse): **17,3m**

Popolazione all'interno del buffer: **402**

Abitanti totali delle municipalità lato Friuli: **20.751**

Abitanti totali delle municipalità lato Kärnten: **6.912**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) dal traffico corrisponde a 9,5%: **38**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) riferita alle municipalità attraversate: **0,14%**

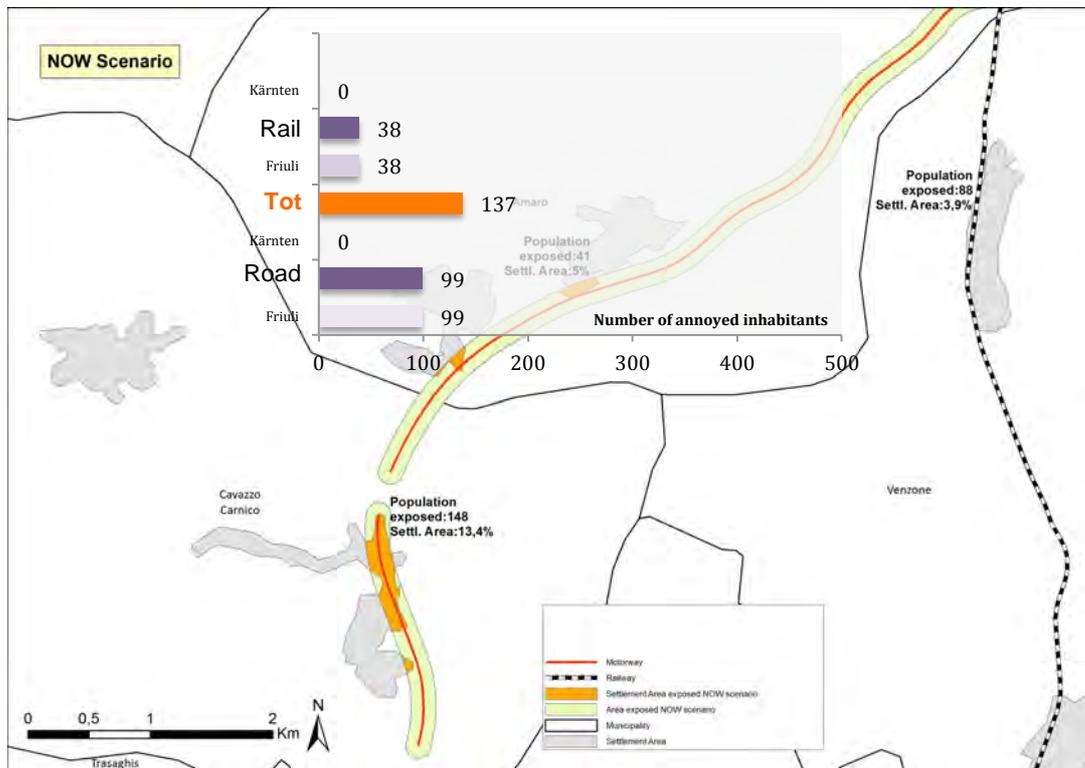
Strada+Ferrovia

Popolazione all'interno del buffer: **963**

Abitanti totali delle municipalità*: **35.332**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) dal rumore da traffico: **137**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) riferita alle municipalità attraversate: **0,39%**



3.5.2 Lo scenario BAU/BAT

Strada

Dimensione del del buffer (distanza dall'asse): **121,6m**

Popolazione all'interno del buffer: **662**

Abitanti totali delle municipalità lato Friuli: **7.669**

Abitanti totali delle municipalità lato Kärnten: **0**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) dal traffico corrisponde a 17,6%: **117**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) riferita alle municipalità attraversate: **1,16%**

Ferrovia

Dimensione del del buffer (distanza dall'asse): **17,3m**

Popolazione all'interno del buffer: **402**

Abitanti totali delle municipalità lato Friuli: **20.751**

Abitanti totali delle municipalità lato Kärnten: **6.912**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) dal traffico corrisponde a 9,5%: **38**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) riferita alle municipalità attraversate: **0,14%**

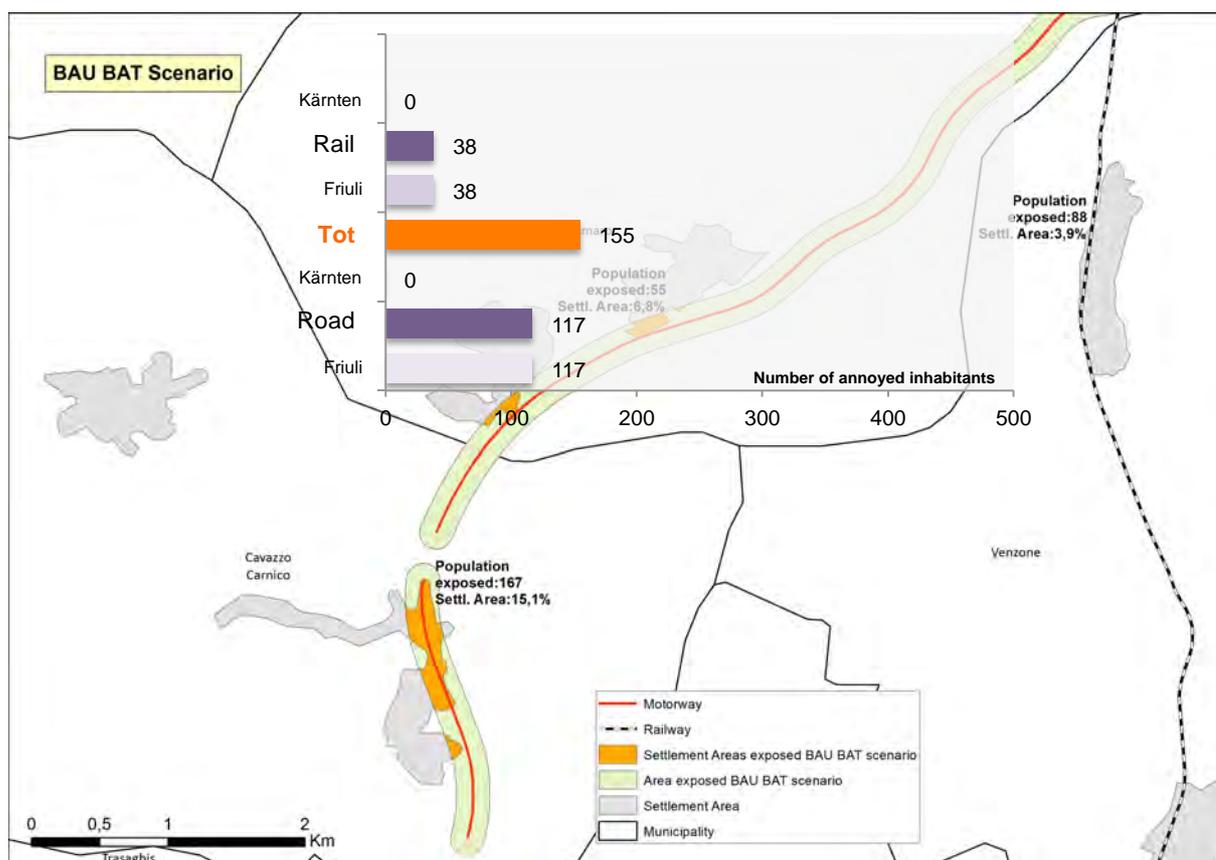
Strada+Ferrovia

Popolazione all'interno del buffer: **1.064**

Abitanti totali delle municipalità*: **35.332**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) dal rumore da traffico: **155**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) riferita alle municipalità attraversate: **0,41%**



3.5.3 Lo scenario ACE

Strada

Dimensione del del buffer (distanza dall'asse): **95,9m**

Popolazione all'interno del buffer: **524**
 Abitanti totali delle municipalità lato Friuli: **7.669**
 Abitanti totali delle municipalità lato Kärnten: **0**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) dal traffico corrisponde a 17,6%: **92**
 Popolazione seriamente disturbata (%HA) riferita alle municipalità attraversate: **1,2%**

Ferrovia

Dimensione del del buffer (distanza dall'asse): **33,7m**

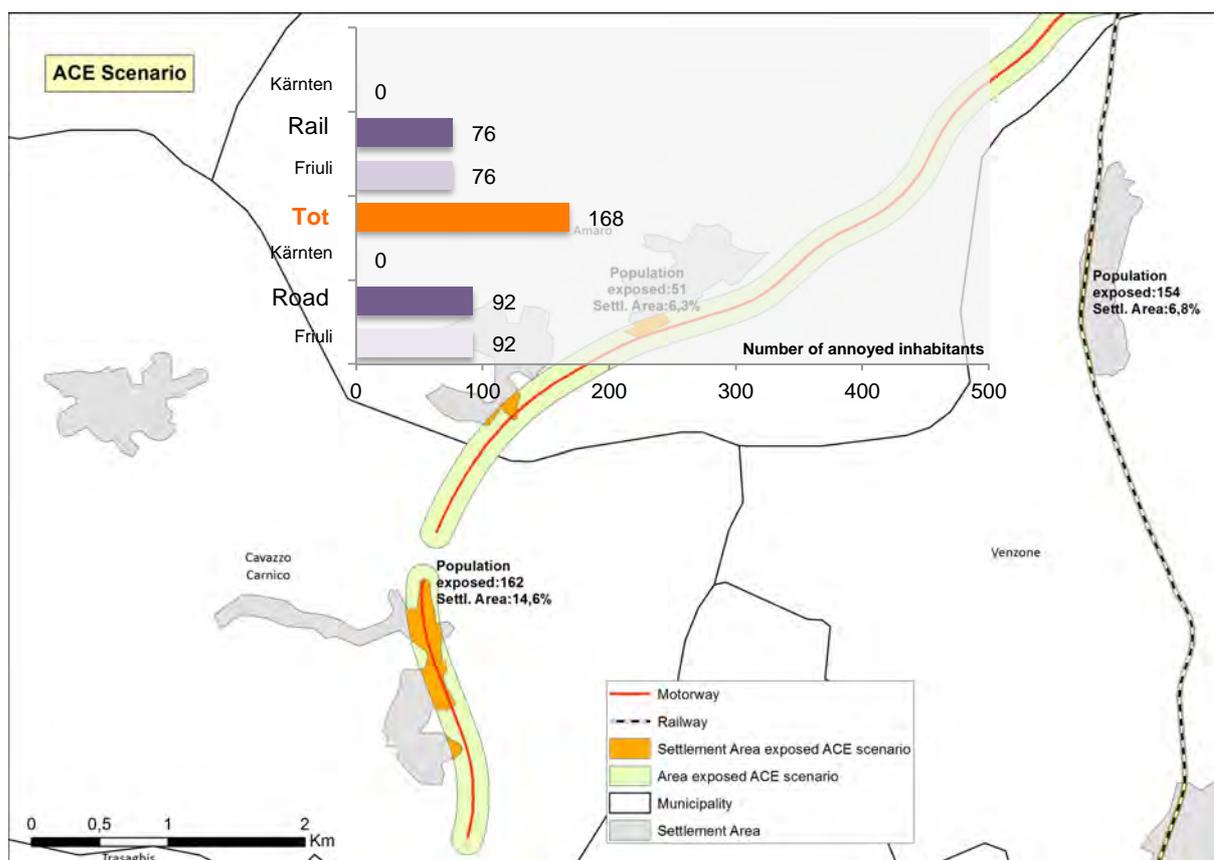
Popolazione all'interno del buffer: **802**
 Abitanti totali delle municipalità lato Friuli: **20.751**
 Abitanti totali delle municipalità lato Kärnten: **6.912**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) dal traffico corrisponde a 9,5%: **76**
 Popolazione seriamente disturbata (%HA) riferita alle municipalità attraversate: **0,28%**

Strada+Ferrovia

Popolazione all'interno del buffer: **1.326**
 Abitanti totali delle municipalità*: **35.332**

Popolazione seriamente disturbata (%HA) dal rumore da traffico: **168**
 Popolazione seriamente disturbata (%HA) riferita alle municipalità attraversate: **0,48%**



* Quando sia la strada che la ferrovia passano per le stesse municipalità, il numero totale degli abitanti residenti nelle municipalità è conteggiato due volte per definire lo stato globale di annoyance (Strada+ Ferrovia), una per definire gli abitanti esposti al rumore da traffico stradale e una per gli abitanti esposti a quello ferroviario.

Si nota che per il caso del Mont Blanc il numero totale di abitanti residenti nelle municipalità corrisponde a quello esposto al solo rumore da traffico stradale poiché non esiste una ferrovia che attraversa il confine, e quindi non ci sono effetti avversi del rumore sulla popolazione.

4 Bibliografia

- [1] 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 Perspectives* 109, 409-416, 2001
- [2] HEIMANN D., DE FRANCESCHI M., EMEIS, S., LERCHER P., SEIBERT P., (Eds.), 2007, *Air Pollution, Traffic Noise and Related Health Effects in the Alpine space - A guide for Authorities and Consultants*, ALPNAP comprehensive report. Università degli studi di Trento, Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, Trento, Italy, 335 pp.
- [3] 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
- [4] MIEDEMA, H.M.E, PASSCHIER-VERMEER, W, VOS, H. Elements for a position paper on night-time transportation noise and sleep disturbance, TNO-INRO, Delft, 2002
- [5] MIEDEMA, H. M. E., Relationship between exposure to multiple noise sources and noise annoyance, *JASA* 116, 949-957, 2004
- [6] EUROPEAN COMMISSION WORKING GROUP ON HEALTH AND SOCIO-ECONOMIC ASPECT, Position Paper on dose effect relationship for night time noise, November 2004.
- [7] WORLD HEALTH ORGANIZATION - REGIONAL OFFICE FOR EUROPE, JRC European Commission, Burden of disease from environmental noise - Quantification of healthy life years lost in Europe, 2011.
- [8] Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise, published 18.7.2002, L189/12-25.