

PREVISIONE E COSTO DELLA MITIGAZIONE DEL TRAFFICO: COMPARAZIONE TRA I MODELLI

Alessia Griginis (1), Raffaele Pisani (2), Chiara Devecchi (2), Paolo Onali (2), Stefano Sapienza (3)

- 1) Onleco, Torino
- 2) Studio Ingegneria Acustica Pisani, Rivoli (TO)
- 3) Libero Professionista

1. Premessa

L'impiego dei modelli per realtà complesse, quale ad esempio il tratto Nord del Rodoanel della città di San Paolo del Brasile, crea problemi per una corretta previsione e per l'intervento di mitigazione con relativo costo. Nella presente memoria si confrontano i risultati di previsione del rumore ottenuti con l'impiego del software IMMI (versione 6.3 della società tedesca Wolfel) con quelli ottenuti con il software CadnaA (versione 4.0 della società tedesca Datakustik). Per tale scopo si utilizza l'area di studio denominata TRECHO 12 del Rodoanel Nord Mario Covas di San Paolo, un'area residenziale "Itatinga" lunga 2km, caratterizzata dalla presenza di viadotti, rilevati e da una galleria.

Lo studio preliminare effettuato ed il progetto acustico realizzati con il modello Immi, hanno portato ad un costo elevato delle barriere acustiche. Sono stati proposti due scenari che, nel punto più esposto, hanno fornito i seguenti risultati:

Soluzione	Dimensioni	Livello simulato in R1a	Costo
	[m ²]	L _{Aeq} [dB(A)]	[€]
1	4730	60.8	946.000
2	7470	60.4	1.254.000

L'amministrazione ha sollevato, dunque, perplessità sulla incertezza della previsione, chiedendo la verifica con un altro modello di simulazione.

Si è tratto spunto da questa richiesta per presentare il risultato delle simulazioni effettuate con i programmi Immi e CadnaA applicati allo stesso modello geometrico di un territorio complesso dal punto di vista orografico e da quello del tracciato autostradale (4 corsie per carreggiata).

Al fine di verificare quale dei due modelli è più preciso nella stima dei livelli di rumore generati dall'infrastruttura sul territorio è stato eseguito un confronto fra i dati simulati ed i dati delle misure di rumore eseguite. La verifica sperimentale della previsione

ne è stata, poi condotta su un tratto di Rodoanel aperto al traffico ove è stato confrontato il livello previsto con quello realmente misurato.

2. Procedura seguita per il confronto

In primo luogo occorre importare nel programma il disegno del territorio. Successivamente si definiscono i parametri di ingresso del modello di simulazione (dati di traffico, punti ricettori etc.) infine si eseguono i calcoli di previsione del rumore sul territorio e si definisce la relativa mappa del rumore a 4m di altezza dal suolo.

Il modello in 3D del territorio è stato realizzato con l'impiego del disegno geometrico fornito dalla concessionaria. Lo stesso disegno tridimensionale del territorio è stato importato nel programma CadnaA con i layer GIS esportati dal programma IMMI. Il processo di trasformazione del modello geometrico in 3 dimensioni ad opera del programma CadnaA è stato controllato al fine di ottenere la precisa corrispondenza con il modello IMMI.

Di seguito si riportano le immagini dei due territori importati nei diversi programmi di simulazione.

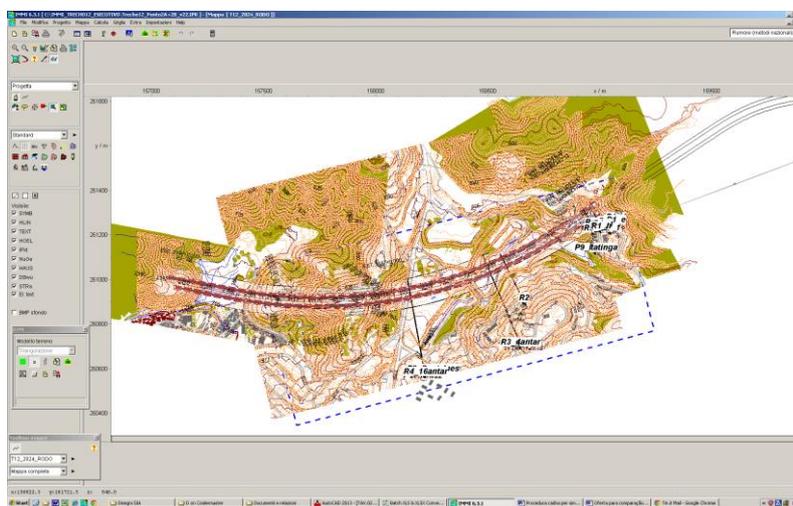


Figura 1 – Modello in 3D del territorio già utilizzato con il software IMMI per il Tracho 12 comprendente i condomini Itatinga e Santa Ines.

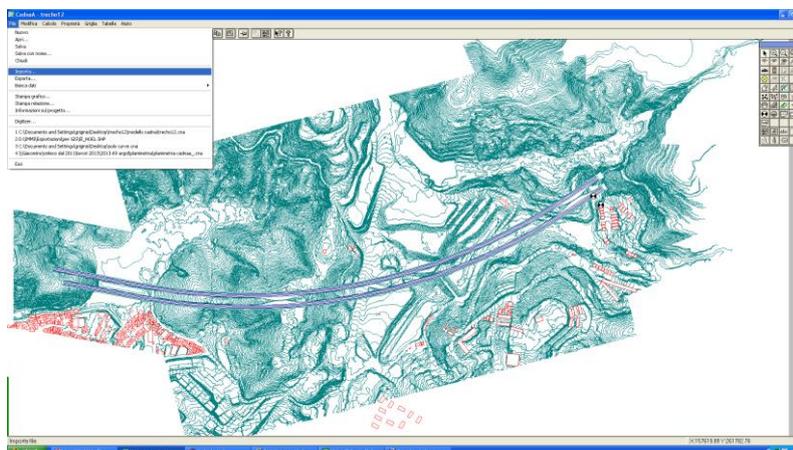


Figura 2 – Immagine in 3D del territorio importato nel programma CadnaA

3. Impostazioni dei dati di ingresso del modello per il calcolo di previsione

I programmi CadnaA ed IMMI, calcolano il rumore sul territorio secondo le linee guida della norma ISO 9613 – 2 e secondo le direttive della NMPB 2008.

Per il confronto fra i differenti software si utilizzano gli stessi parametri di ingresso (potenze sonore, attenuazione del terreno e divergenza geometrica). Gli ostacoli vengono considerati come bordi di diffrazione sia dal programma IMMI sia dal programma CadnaA.

Si riportano le impostazioni di calcolo del rumore utilizzate in entrambi i programmi:

- (NMPB Routes 2008)
- Assorbimento del suolo $G=0,5$ (terreno mediamente assorbente)
- Numero di riflessioni impostate pari a 1

4. Impostazione dei parametri di calcolo

Per i calcoli di previsione del livello del rumore occorre inserire ulteriori dati di ingresso. In particolare occorre impostare la potenza sonora che, per il confronto dei risultati, è identica per i due software ed è dedotta dal traffico ipotizzato per l'anno 2024.

La potenza sonora è diversa per ciascuna pista in quanto è legata alla percentuale di mezzi pesanti, alla loro velocità ed al numero dei veicoli leggeri. Si indica:

- 1C prima corsia;
- PE Pista Esterna;
- 2024 Traffico di riferimento;
- LW_STR1-giorno Livello di potenza sonora per metro per il giorno;
- LW_STR2-notte Livello di potenza sonora per metro per la notte.

La potenza sonora è legata al traffico di giorno e di notte. Per questo motivo i programmi distinguono il valore per i due periodi nelle 24 ore. Si riportano, di seguito, le potenze sonore per ciascuna pista (traffico di riferimento anno 2024):

<i>GRUPPO_TXT</i>	<i>LW_STR_1 – giorno dB(A)</i>	<i>LW_STR_2 – notte dB(A)</i>
<i>00_1C_PE_2024</i>	90.0	86.2
<i>00_2C_PE_2024</i>	86.6	83.5
<i>00_3C_PE_2024</i>	88.1	82.6
<i>00_4C_PE_2024</i>	85.4	77.7
<i>00_1C_PI_2024</i>	86.7	85.1
<i>00_2C_PI_2024</i>	88.9	85.6
<i>00_3C_PI_2024</i>	85.0	80.4
<i>00_4C_PI_2024</i>	83.3	76.7

Si inseriscono in entrambi i software, in maniera analoga:

- l'edificato controllando l'altezza (inserita come livello assoluto del terreno)
- le isolivello (terreno inserito come livello assoluto)
- punti ricettori (quote di piano come indicato nello studio di impatto)
- vegetazione alta 4 m

Nelle figure 3 e 4 si riportano le immagini tridimensionali dei due modelli di simulazione.

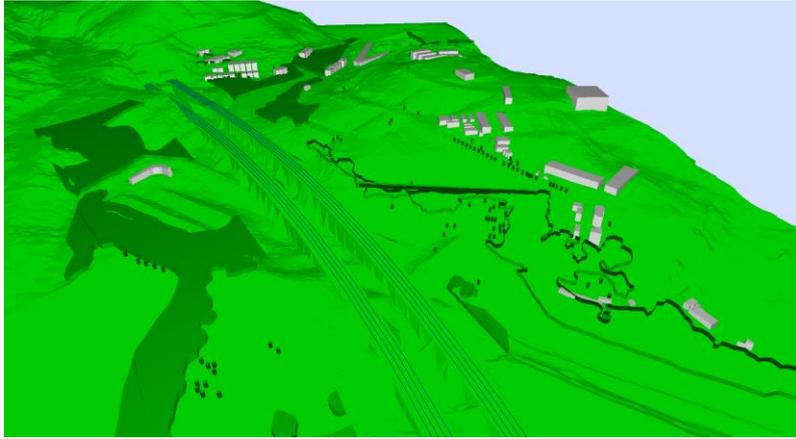


Figura 3 – Immagine in 3D del territorio programma CadnaA

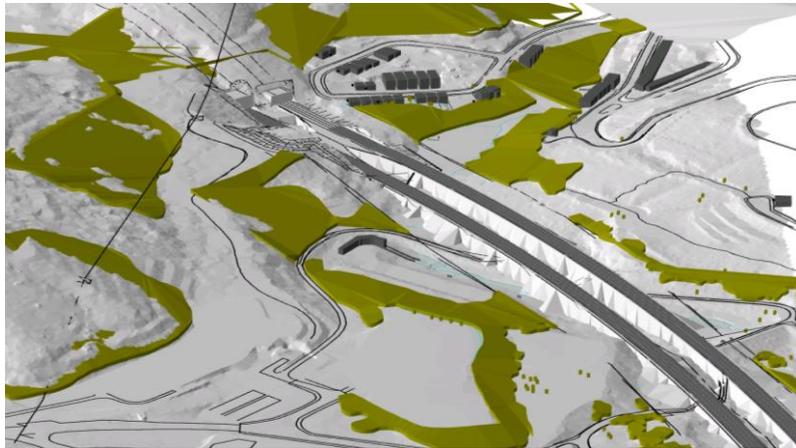


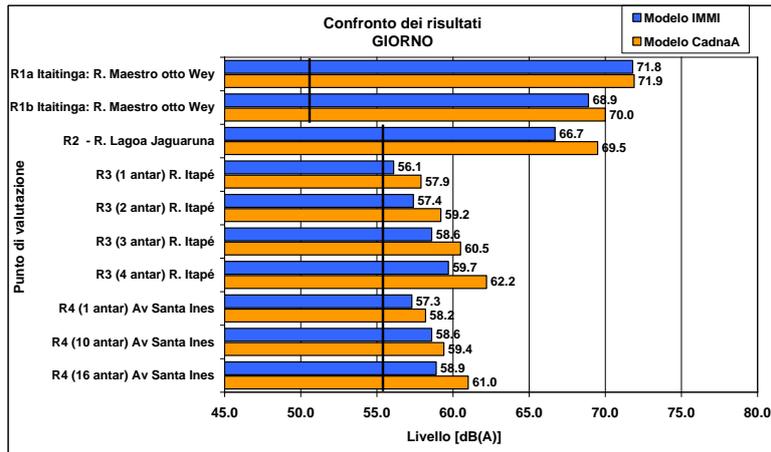
Figura 4 – Immagine in 3D del territorio programma IMMI

5. Il risultato del calcolo di previsione del rumore

Di seguito si riportano i risultati dei calcoli effettuati con le identiche impostazioni per il periodo diurno e per quello notturno con i due software di simulazione. Si considerano sia valori puntuali nei diversi punti ricettori sia le mappe di rumore sul territorio (Tab.1 e Tab.2).

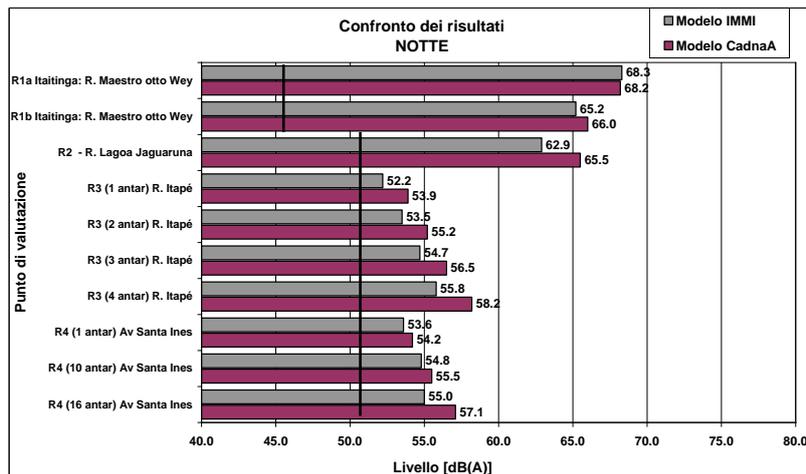
Tab. 1 - Solo Rodoanel – GIORNO

Punto di valutazione	Livelli di previsione del rumore		Differenza	Distanza dal Rodoanel
	Modelo IMMI	Modelo CadnaA		
	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB]	[m]
R1a Itaitinga: R. Maestro otto Wey	71.8	71.9	0.1	36.0
R1b Itaitinga: R. Maestro otto Wey	68.9	70.0	1.1	55.0
R2 - R. Lagoa Jaguaruna	66.7	69.5	2.8	170.0
R3 (1 piano) R. Itapé	56.1	57.9	1.8	340.0
R3 (2 piano) R. Itapé	57.4	59.2	1.8	340.0
R3 (3 piano) R. Itapé	58.6	60.5	1.9	340.0
R3 (4 piano) R. Itapé	59.7	62.2	2.5	340.0
R4 (1 piano) Av Santa Ines	57.3	58.2	0.9	350.0
R4 (10 piano) Av Santa Ines	58.6	59.4	0.8	350.0
R4 (16 piano) Av Santa Ines	58.9	61.0	2.1	350.0



Tab. 2 - Solo Rodoanel – NOTTE

Punto di valutazione	Livelli di previsione del rumore		Differenza [dB]	Distanza dal Rodoanel [m]
	Modello IMMI	Modello CadnaA		
	[dB(A)]	[dB(A)]		
R1a Itaitinga: R. Maestro otto Wey	68.3	68.2	-0.1	36.0
R1b Itaitinga: R. Maestro otto Wey	65.2	66.0	0.8	55.0
R2 - R. Lagoa Jaguaruna	62.9	65.5	2.6	170.0
R3 (1 piano) R. Itapé	52.2	53.9	1.7	340.0
R3 (2 piano) R. Itapé	53.5	55.2	1.7	340.0
R3 (3 piano) R. Itapé	54.7	56.5	1.8	340.0
R3 (4 piano) R. Itapé	55.8	58.2	2.4	340.0
R4 (1 piano) Av Santa Ines	53.6	54.2	0.6	350.0
R4 (10 piano) Av Santa Ines	54.8	55.5	0.7	350.0
R4 (16 piano) Av Santa Ines	55.0	57.1	2.1	350.0



Il confronto fra i livelli di rumore simulati attraverso l'utilizzo dei due software, consente di concludere che il modello CadnaA fornisce, valori superiori 1 – 2 dB rispetto al programma IMMI.

6. Le mappe di rumore

Si calcolano, inoltre, con i due software, i valori sui nodi di una maglia di 10 x 10 m. Di seguito si riportano le mappe di rumore per il periodo diurno generata dal software IMMI e quella generata dal software CadnaA.

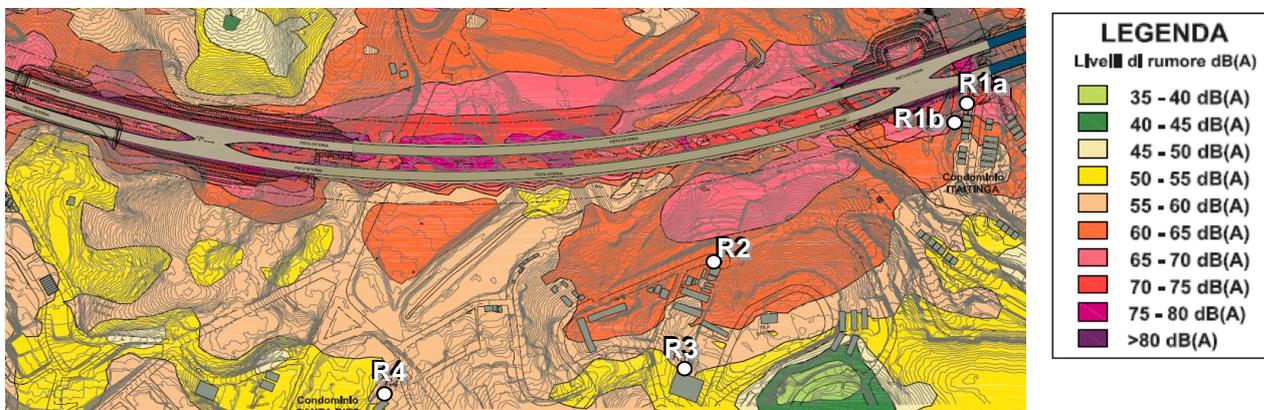


Figura 5 – Mappa del rumore a 4 metri dal suolo generato dal software IMMI

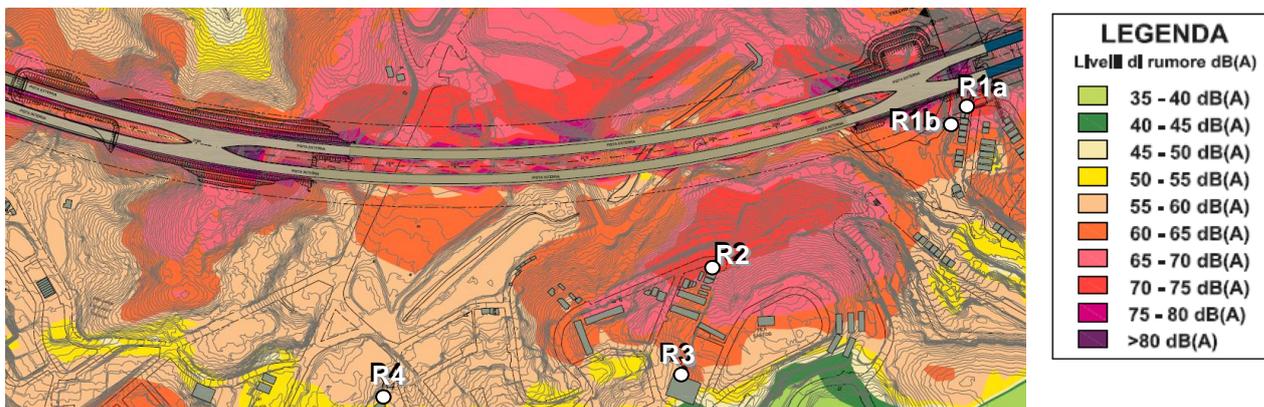


Figura 6 – Mappa del rumore a 4 metri dal suolo generato dal software CadnaA

Il confronto fra le due mappe prodotte dai software differenti conferma, in questo caso, una corrispondenza abbastanza buona tra i due programmi.

7. Verifica tra i livelli misurati e quelli simulati su un tratto di Rodoanel aperto al traffico

La verifica più concreta tra i livelli misurati e quelli simulati dai due programmi non può essere effettuata per il complesso Itatinga in quanto ad oggi l'autostada è ancora in fase di progettazione. Per fornire concrete comparazioni si sceglie un territorio piano che consenta un modello semplice del Rodoanel (realizzato sia con il software CadnaA sia con IMMI) con le sue 8 corsie SP 280 - RODOANEL CASTELO BRANCO (FOTO 1, Figura 7 e 8). Il punto di misura è a 15 m di distanza dalla strada e ad un'altezza di 5 m dal suolo. Il giorno 17 marzo 2009 sono state effettuate misure di rumore per 10 minuti conteggiando contemporaneamente il numero di veicoli in transito. Si confrontano i risultati delle previsioni stimate dal software IMMI e CadnaA con il valore del livello equivalente misurato.

Il traffico conteggiato durante la misura del rumore alle ore 13:56, in termini di numero totale di veicoli $Q = 10380$ veicoli / ora e percentuale di mezzi pesanti $p = 22$ %, fornisce le seguenti potenze sonore.

Potenze sonore per ciascuna pista

<i>GRUPPO_TXT</i>	<i>LW_STR_1 – giorno dB(A)</i>
<i>00_1C_PE_2024</i>	89.4
<i>00_2C_PE_2024</i>	86.1
<i>00_3C_PE_2024</i>	81.1
<i>00_4C_PE_2024</i>	82.9
<i>00_1C_PI_2024</i>	90.9
<i>00_2C_PI_2024</i>	86.1
<i>00_3C_PI_2024</i>	78.4
<i>00_4C_PI_2024</i>	80.2



Foto 1 – Rilievi di rumore.

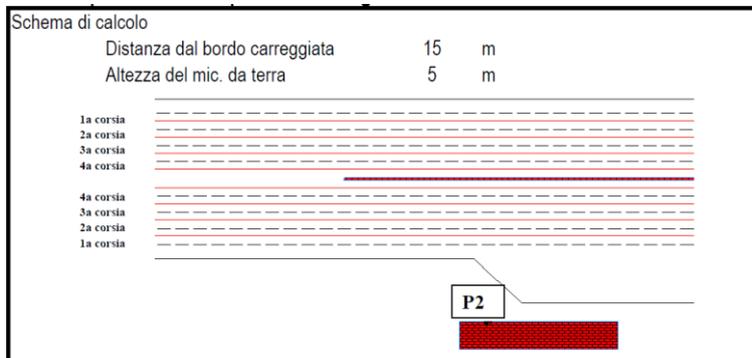


Figura 7 – Modello semplificato del territorio IMMI con indicato il punto di misura

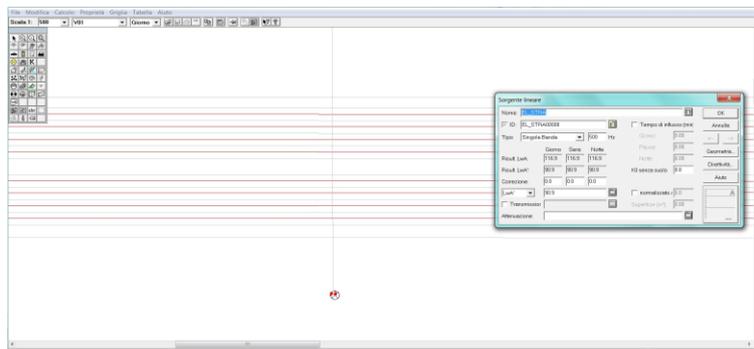


Figura 8 – Modello semplificato del territorio CadnaA con indicato il punto di misura

I risultati del livello di rumore equivalente sono riportati nella tabella seguente. Essi sono confrontati con il livello $Leq = 76.5$ dB(A) misurato durante i rilievi.

Punto	Livello misurato	Livello simulato IMMI	Livello simulato CadnaA
	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]
P2	76.5	76.8	79.1

Come si evince dal confronto il valore fornito da IMMI si avvicina maggiormente al valore misurato, mentre il modello CadnaA produce i valori più alti di 2 dB rispetto a quelli misurati. Le differenze rilevate possono essere ridotte se si variano, in modo diverso, gli assorbimenti del suolo e le riflessioni degli edifici.

8. Conclusioni

Lo studio è stato impostato per verificare i risultati delle previsioni dei modelli ed in particolare è stata eseguita:

1. La verifica dei livelli nei punti del territorio: Tracho 12 ed Itatinga. Dal confronto emerge che:
 - il software CadnaA fornisce, nei confronti di IMMI, valori leggermente superiori da 0 – 2 dB nei punti del territorio compresi in una fascia di 150 m dall'autostrada,
 - la differenza si riduce da 2 a 1 dB per distanze superiori a 150 m,
 - sullo stesso edificio, se si considerano i diversi piani, la differenza aumenta con l'altezza dal suolo fino a 1,5 dB al 16° piano

2. Confronto dei livelli stimati con quello misurato: SP 280 - RODOANEL CASTELO BRANCO

È stato disegnato un segmento di Rodoanel ed è stato fissato il punto di misura del rumore a 15 m di distanza. Le misure sono state effettuate durante uno studio condotto nel 2009.

Sono stati ricavati i seguenti valori:

CadnaA	Valore stimato	$Leq = 79.1$ dB(A)
IMMI	Valore stimato	$Leq = 76.8$ dB(A)
Misura del 17/03/2009		$Leq = 76.5$ dB(A)

Il modello IMMI fornisce un valore più vicino a quello misurato. CadnaA produce un livello di rumore più elevato di circa 2 dB.

Bibliografia

- [1] ISO 9613-2:1996, *Acoustics - Attenuation of sound during propagation outdoors - Part 2: General method of calculation*
- [2] NMPB 2008, *Road noise prediction- Noise propagation computation method including meteorological effects, edition Sètra 2008.*

PRESENTAZIONE

PREVISIONE E COSTO DELLA MITIGAZIONE DEL TRAFFICO: COMPARAZIONE TRA I MODELLI



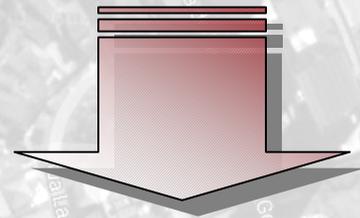
Alessia Griginis (1), Raffaele Pisani (2), Chiara Devecchi (2), Paolo Onali (2), Stefano Sapienza (3)

1) Onleco, Torino

2) Studio Ingegneria Acustica Pisani, Rivoli (TO)

3) Libero professionista

L'impiego dei modelli per realtà complesse, quale ad esempio il tratto Nord del Rodoanel della città di San Paolo del Brasile, crea problemi per una corretta previsione e per l'intervento di mitigazione con relativo costo.



Si confrontano i risultati di previsione del rumore ottenuti con l'impiego di due software:

IMMI (versione 6.3 della società tedesca Wolfel);

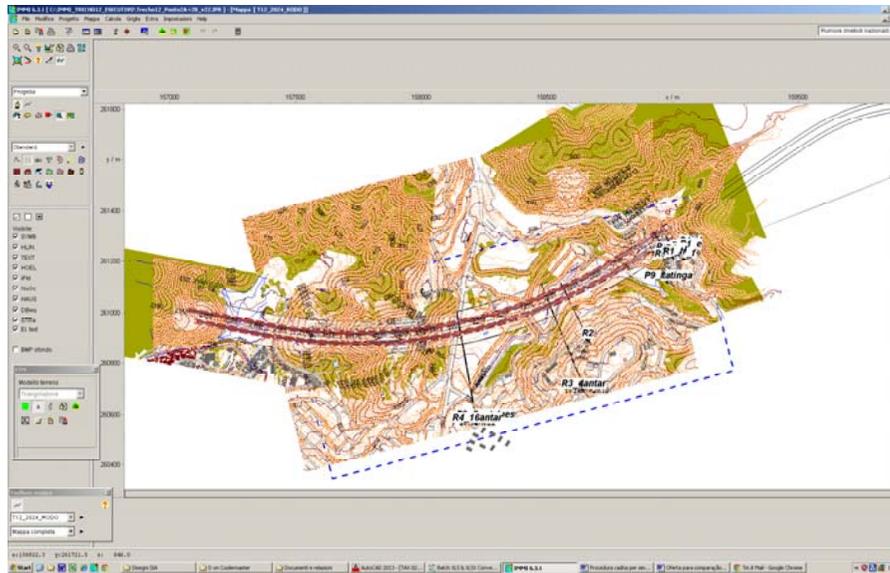
CadnaA (versione 4.0 della società tedesca Datakustik).

Procedura seguita per il confronto

Si utilizza l'area di studio denominata TRECHO 12 (lunga 2 km) del Rodoanel Nord Mario Covas di San Paolo, un'area residenziale "Itatinga". Il tracciato è caratterizzato dalla presenza di viadotti, rilevati e da una galleria.



Il modello in 3D del territorio è stato realizzato con l'impiego del disegno geometrico fornito dalla concessionaria



Modello in 3D del territorio realizzato con il software IMMI comprendente i condomini Itatinga e Santa Ines

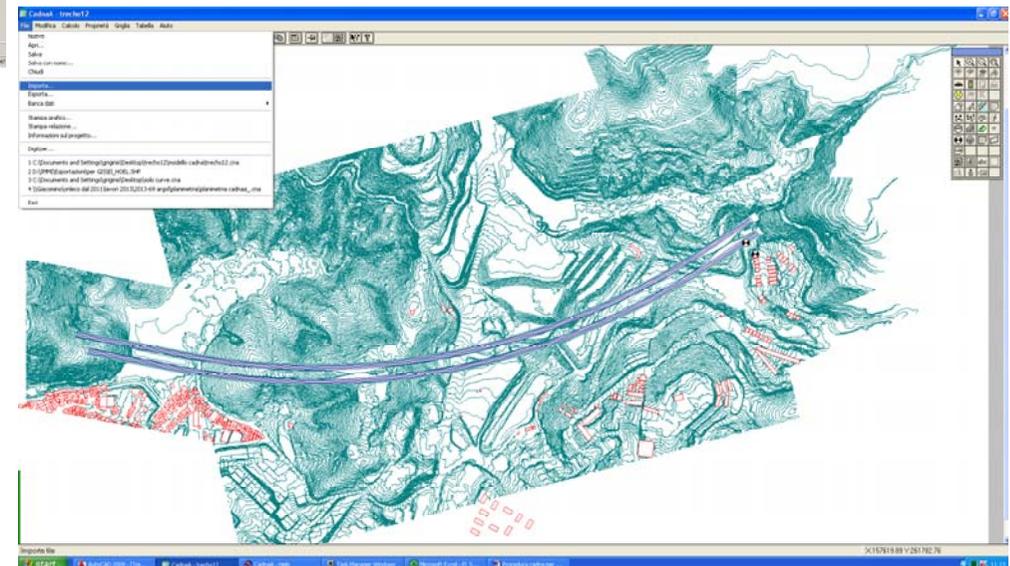


Immagine in 3D del territorio importato nel programma CadnaA

Impostazioni dei dati di ingresso del modello per il calcolo di previsione

I programmi CadnaA ed IMMI, calcolano il rumore sul territorio secondo le linee guida della norma ISO 9613 – 2 e secondo le direttive della NMPB 2008.

Per il confronto fra i differenti software si utilizzano gli stessi parametri di ingresso (potenze sonore, attenuazione del terreno e divergenza geometrica). Gli ostacoli vengono considerati come bordi di diffrazione sia dal programma IMMI, sia dal programma CadnaA

- (NMPB Routes 2008) – *potenze sonore rilevate anche su tratti aperti del Rodoanel*
- assorbimento del suolo $G=0,5$ (terreno mediamente assorbente)
- numero di riflessioni impostate pari a 1

Impostazione dei parametri di calcolo

Occorre impostare la potenza sonora che, per il confronto dei risultati, è identica per i due software ed è dedotta dal traffico ipotizzato per l'anno 2024.

La potenza sonora è diversa per ciascuna pista in quanto è legata alla percentuale di mezzi pesanti, alla loro velocità ed al numero dei veicoli leggeri. Si indica:

- 1C prima corsia;
- PE Pista Esterna;
- 2024 Traffico di riferimento;
- LW_STR1-giorno: Livello di potenza sonora per metro per il giorno;
- LW_STR2-notte: Livello di potenza sonora per metro per la notte.

Impostazione dei parametri di calcolo

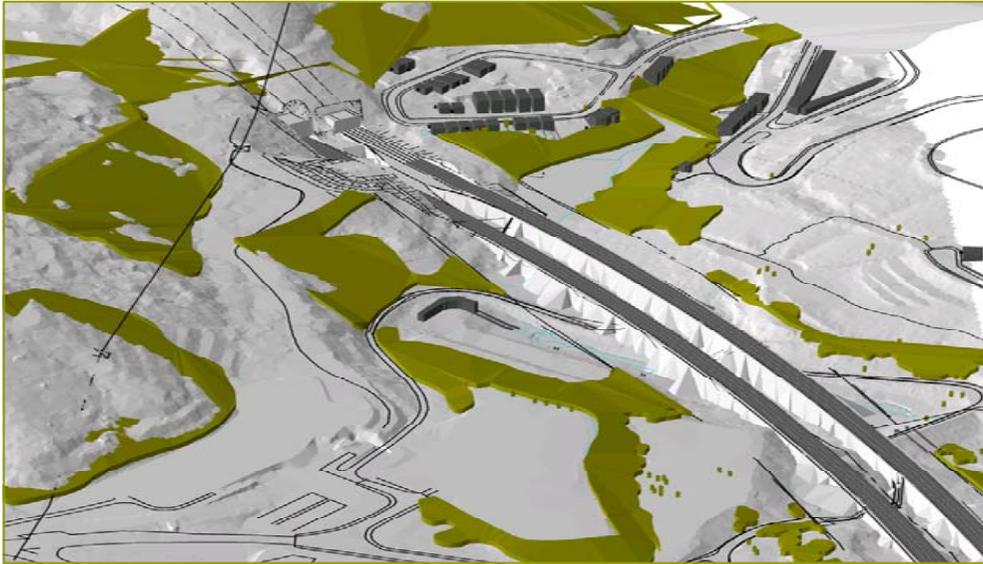
La potenza sonora è legata al traffico di giorno e di notte. Per questo motivo i programmi distinguono il valore per i due periodi nelle 24 ore. Si riportano, di seguito, le potenze sonore per ciascuna pista (traffico di riferimento anno 2024):

GRUPPO_TXT	LW_STR_1 – giorno dB(A)	LW_STR_2 – notte dB(A)
00_1C_PE_2024	90.0	86.2
00_2C_PE_2024	86.6	83.5
00_3C_PE_2024	88.1	82.6
00_4C_PE_2024	85.4	77.7
00_1C_PI_2024	86.7	85.1
00_2C_PI_2024	88.9	85.6
00_3C_PI_2024	85.0	80.4
00_4C_PI_2024	83.3	76.7

Si inseriscono, in entrambi i software, in maniera analoga:

- l'edificato, controllando l'altezza (inserita come livello assoluto del terreno);
- le isolivello (terreno inserito come livello assoluto);
- i punti ricettori (quote di piano come indicato nello studio di impatto);
- vegetazione alta 4 m.

Si realizzano i modelli tridimensionali del territorio

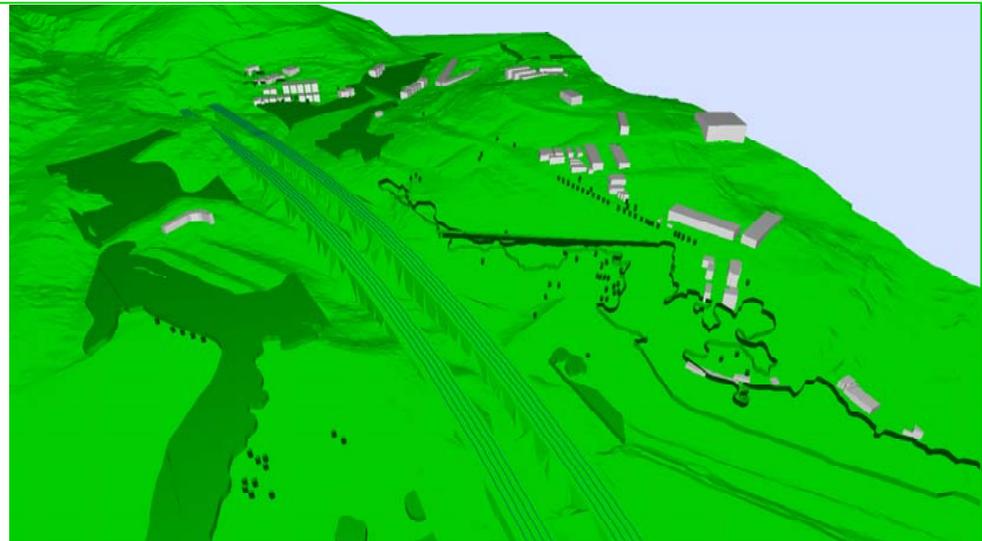


*Immagine in 3D del
territorio*

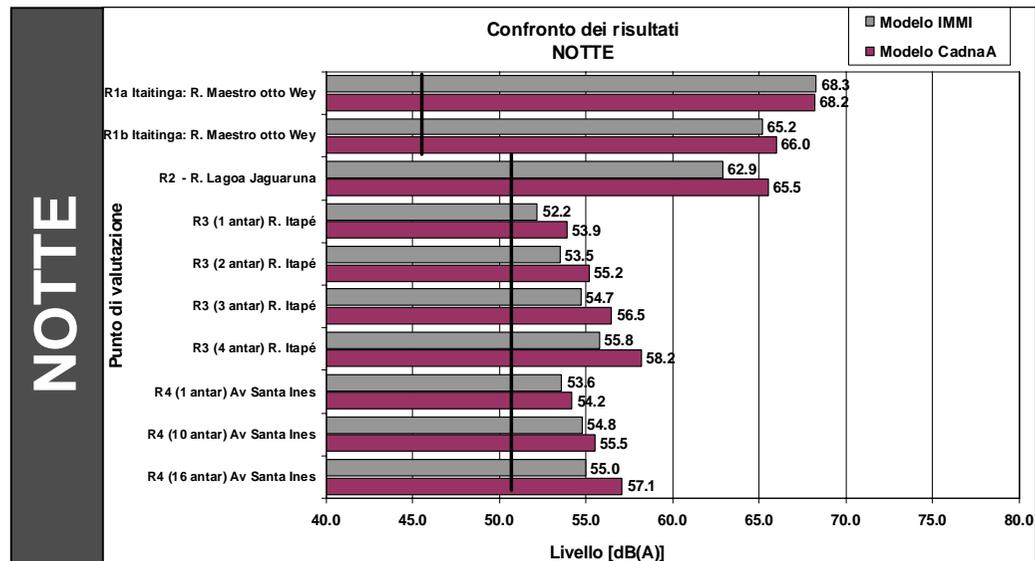
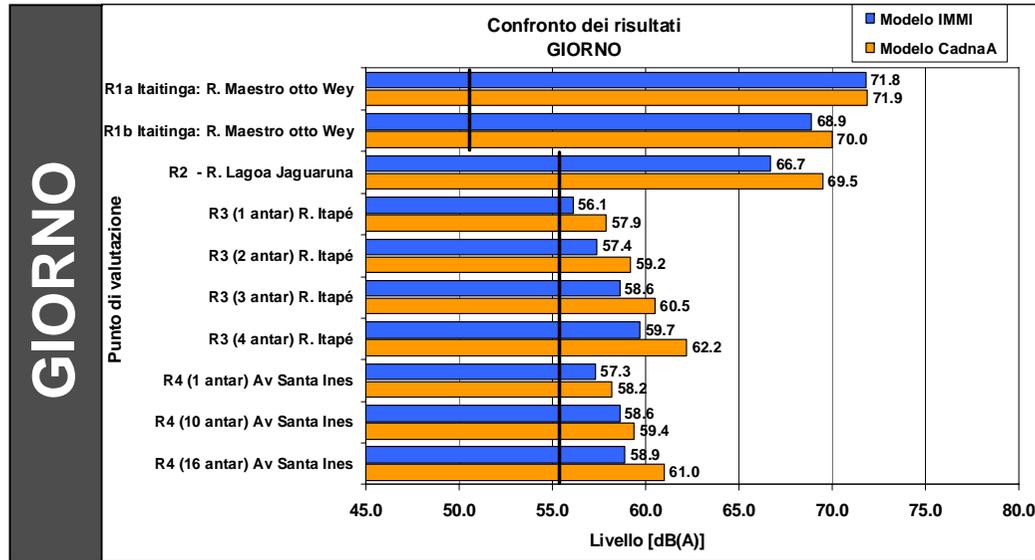
*programma **IMMI***

*Immagine in 3D del
territorio*

*programma **CadnaA***



Il risultato del calcolo di previsione del rumore

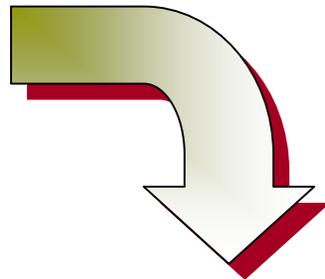


Si riportano i risultati dei calcoli effettuati con le identiche impostazioni, per il periodo diurno e per quello notturno, con i due software di simulazione.

Si considerano sia valori puntuali nei diversi punti ricettori, sia le mappe di rumore sul territorio

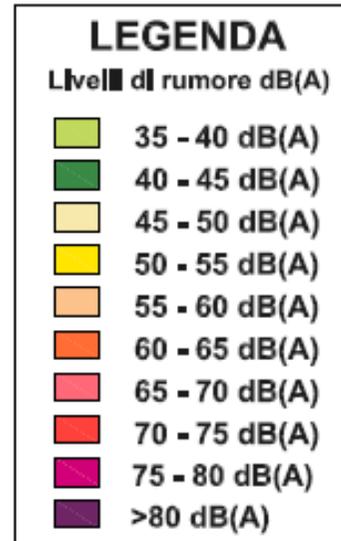
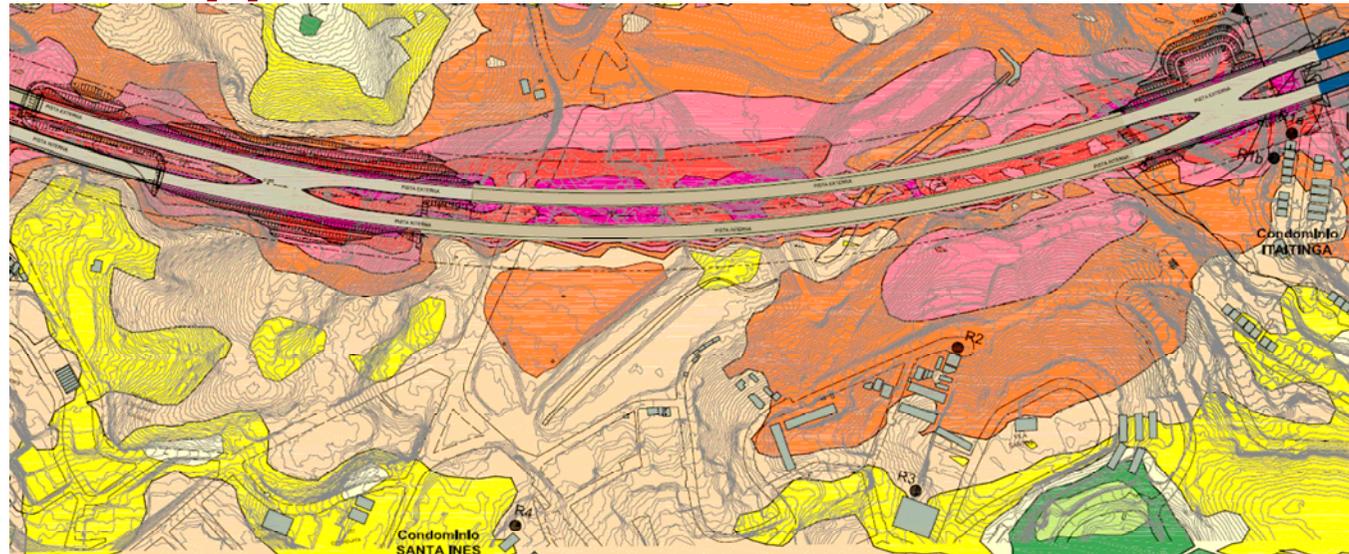
Le mappe di rumore

Si calcolano, con i due software, i valori sui nodi di una maglia di 10 x 10 m. Di seguito si riportano le mappe di rumore per il periodo diurno generata dal software IMMI e quella generata dal software CadnaA.

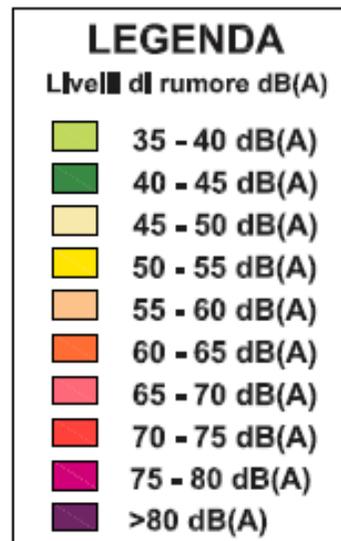
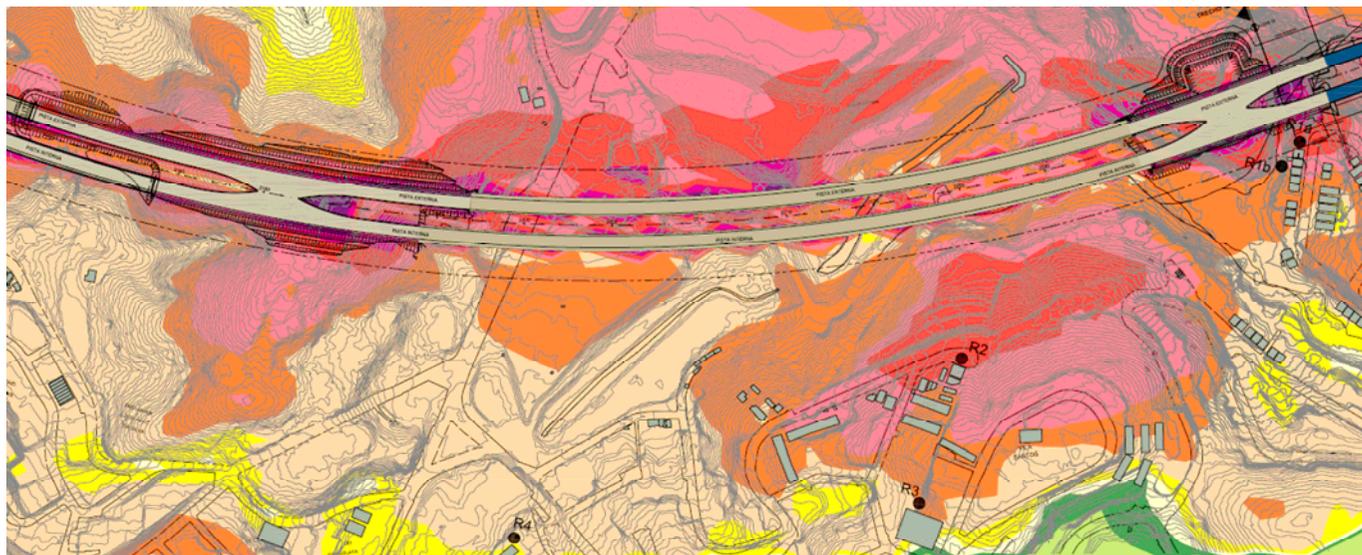


Il confronto fra le due mappe prodotte dai software differenti conferma, in questo caso, una corrispondenza abbastanza buona tra i due programmi.

Le mappe di rumore



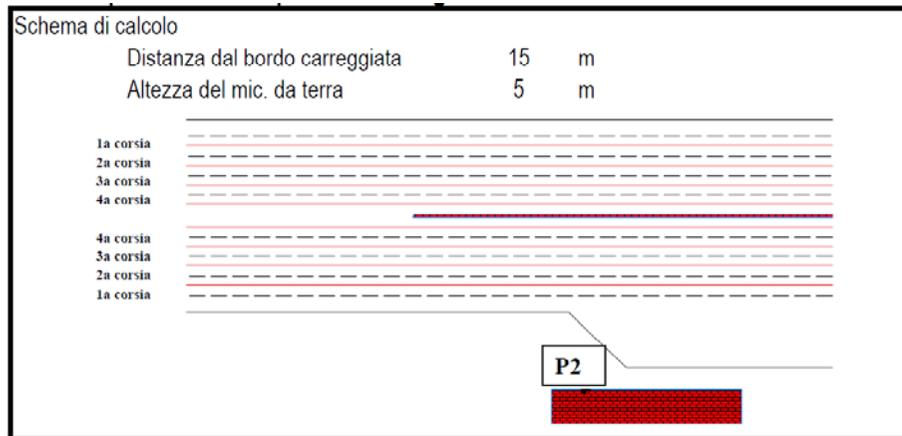
Mappa del rumore a 4 metri dal suolo generato dal software **IMMI**



Mappa del rumore a 4 metri dal suolo generato dal software **CadnaA**

Verifica tra i livelli misurati e quelli simulati su un tratto di Rodoanel aperto al traffico

Per la verifica tra i livelli misurati e quelli simulati dai due programmi si sceglie un territorio piano che consenta un modello semplice del Rodoanel (realizzato sia con il software IMMI, sia con CadnaA) con le sue 8 corsie SP 280 - RODOANEL CASTELO BRANCO.

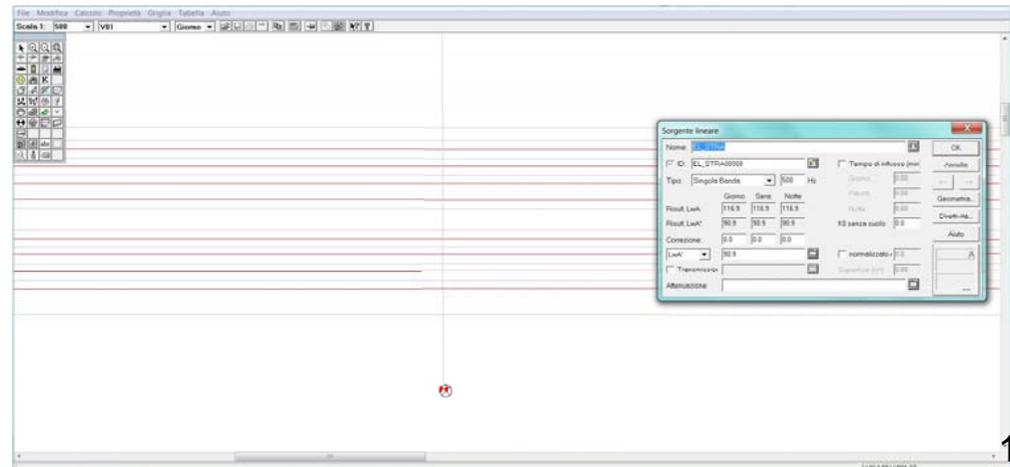


Modello semplificato del territorio

IMMI

Modello semplificato del territorio

CadnaA



Il punto di misura è a 15 m di distanza dalla strada e ad un'altezza di 5 m dal suolo. Il giorno 17 marzo 2009 sono state effettuate misure di rumore per 10 minuti, conteggiando contemporaneamente il numero di veicoli in transito. Si confrontano i risultati delle previsioni stimate dal software IMMI e CadnaA con il valore del livello equivalente misurato.

Il traffico conteggiato durante la misura del rumore alle ore 13:56, in termini di numero totale di veicoli $Q = 10380$ veicoli / ora e percentuale di mezzi pesanti $p = 22 \%$, fornisce le seguenti potenze sonore:

GRUPPO_TXT	LW_STR_1 – giorno dB(A)
00_1C_PE_2024	89.4
00_2C_PE_2024	86.1
00_3C_PE_2024	81.1
00_4C_PE_2024	82.9
00_1C_PI_2024	90.9
00_2C_PI_2024	86.1
00_3C_PI_2024	78.4
00_4C_PI_2024	80.2



I risultati del livello di rumore equivalente sono riportati nella tabella seguente. Essi sono confrontati con il livello $Leq = 76.5$ dB(A) misurato durante i rilievi:

Punto	Livello misurato	Livello simulato IMMI	Livello simulato CadnaA
	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]
P2	76.5	76.8	79.1

Come si evince dal confronto, il valore fornito da IMMI si avvicina maggiormente al valore misurato, mentre il modello CadnaA produce i valori più alti di 2 dB rispetto a quelli misurati.

Le differenze rilevate possono essere ridotte se si variano, in modo diverso, gli assorbimenti del suolo e le riflessioni degli edifici.

Conclusioni

Per quanto riguarda la verifica dei livelli nei punti del territorio Trecho 12 ed Itatinga:

il software CadnaA fornisce, nei confronti di IMMI, valori leggermente superiori da 0 – 2 dB nei punti del territorio compresi in una fascia di 150 m dall'autostrada;

la differenza si riduce da 2 a 1 dB per distanze superiori a 150 m;

sullo stesso edificio, se si considerano i diversi piani, la differenza aumenta con l'altezza dal suolo fino a 1,5 dB al 16° piano.

Per quanto riguarda il confronto dei livelli stimati con quello misurato: SP 280 - RODOANEL CASTELO BRANCO :

il software CadnaA fornisce un valore stimato $Leq = 79.1 \text{ dB(A)}$

il software IMMI fornisce un valore stimato $Leq = 76.8 \text{ dB(A)}$

misura effettuata durante il sopralluogo del 17/03/2009 $Leq = 76.5 \text{ dB(A)}$

Il modello IMMI fornisce un valore più vicino a quello misurato. CadnaA produce un livello di rumore più elevato di circa 2 dB