

ANALISI DI SENSIBILITA' DEL MODELLO DI CALCOLO NMPB Routes 96 AL VARIARE DELLA RISOLUZIONE DEGLI ELEMENTI CARTOGRAFICI

PATRIZIA BELLUCCI – ANAS S.p.A. Centro Sperimentale Stradale - Via della Stazione di Cesano, 311 – 00123 Cesano di Roma (RM) – p.bellucci@stradeanas.it

ALESSANDRO ZENTI – VDP s.r.l. – Via Guinizzelli, 56 – 00152 Roma – zenti@vdpsrl.it

In questa memoria sono descritti i risultati salienti conseguiti nell'ambito di un'indagine conoscitiva incentrata sulla valutazione della sensibilità del modello di calcolo NMPB Routes 96 al variare del livello di dettaglio della cartografia e dell'accuratezza degli elementi riprodotti. A tale scopo, sono stati acquisiti 9 campioni cartografici relativi a 3 siti con caratteristiche morfologiche diverse, nelle scale 1:2.000, 1:5.000 e 1:10.000, sui quali è stata eseguita la mappatura acustica secondo i criteri e le indicazioni stabilite dalla Direttiva Europea sul Rumore Ambientale 2002/49/CE (END). Il confronto tra i livelli di pressione sonora ottenuti in corrispondenza dei numerosi ricettori analizzati ha evidenziato quanto il modello di calcolo sia sensibile al dettaglio cartografico. In particolare discrepanze non trascurabili tra i valori stimati sono emerse nelle aree dove la differenza nella descrizione dell'ambiente di propagazione è risultata più significativa.

Sebbene sia evidente il vantaggio che deriva dall'utilizzo di una base cartografia di dettaglio per limitare l'incertezza della stima dei livelli sonori, i costi ed i tempi di calcolo associati sono in generale proibitivi ed occorre individuare delle soluzioni di compromesso che consentano di ottenere risultati di accuratezza nota, adeguata allo scopo della valutazione.

In tale ottica, l'esito di questa valutazione ha evidenziato che l'impiego di una cartografia in scala 1:5.000 può considerarsi appropriato agli standard prefissati dalla END e costituisce un buon compromesso tra qualità e costo.

Le stime eseguite utilizzando la cartografia in scala 1:10.000 sono, invece, caratterizzate da un livello di accuratezza che può ritenersi sufficiente per valutazioni di massima, ma non adeguato per l'individuazione ed il dimensionamento degli interventi da attuare.

1. Introduzione

Le attività di mappatura acustica stabilite dalla Direttiva Europea 2002/49/CE (END) [1] prevedono che la stima dei livelli di pressione sonora sia eseguita utilizzando modelli di calcolo standardizzati e che l'incertezza dei risultati sia nota e contenuta entro certi limiti per garantire la confrontabilità dei risultati. Il modello di riferimento assunto per le infrastrutture stradali è il modello francese NMPB Routes 96 [2].

Per far fronte alle richieste della direttiva e dimensionare la risoluzione della cartografia occorrente per eseguire l'elaborazione delle mappe acustiche entro prefissati livelli di incertezza è stato intrapreso uno studio mirato alla verifica della sensibilità del modello di calcolo al dato cartografico.

L'incertezza dei livelli di rumore stimati attraverso un modello di calcolo è fortemente influenzata dall'accuratezza dei dati che descrivono la sorgente e l'ambiente di propagazione. A parità di dati sulla sorgente, l'accuratezza dei risultati dipende dall'incertezza intrinseca del modello e dall'accuratezza con cui sono descritte le componenti geometriche che riproducono l'ambiente di propagazione [3]. Le variabili geometriche che incidono sull'esito delle stime comprendono la posizione, la forma e la quota degli elementi costituenti l'ambiente di propagazione (edifici, muri, ostacoli di vario tipo, sorgente sonora) e la conformazione del terreno. Maggiore è il livello di dettaglio della base cartografica, più accurata è la riproduzione dell'ambiente di propagazione e quindi la determinazione dei livelli sonori. Tuttavia, sebbene sia

evidente il vantaggio che deriva dall'utilizzo di una base cartografia di dettaglio per limitare l'incertezza della stima dei livelli sonori, i costi ed i tempi di calcolo ad essa associati sono proibitivi ed occorre individuare delle soluzioni di compromesso che consentano di ottenere risultati di accuratezza nota, adeguata allo scopo della valutazione.

La determinazione dell'incertezza dei risultati generati dal modello di calcolo in funzione dell'accuratezza della base cartografica mediante un approccio di tipo analitico è molto complessa e richiede un insieme di informazioni riferite alle diverse e numerose variabili ad esso associate, difficilmente reperibili, per cui è preferibile ricorrere ad una serie di test in cui si valuta la sensibilità del modello al variare del grado di dettaglio delle informazioni fornite.

Per valutare la risposta del modello di calcolo NMPB Routes 96 in funzione della risoluzione cartografica dell'ambiente di propagazione è stato approntato uno studio empirico nel quale sono stati messi a confronto i risultati stimati dal modello di calcolo al variare della scala di dettaglio degli elementi cartografici inseriti.

2. Struttura del progetto di ricerca

Il progetto di ricerca intrapreso si basa sul confronto dei risultati prodotti dalle simulazioni acustiche eseguite utilizzando basi cartografiche di risoluzione diversa su aree opportunamente selezionate.

In particolare per il confronto sono stati acquisiti 9 campioni cartografici relativi a 3 siti con caratteristiche morfologiche differenti, nelle scale 1:2000, 1:5000 e 1:10.000 (CTR).

Per valutare la degradazione dei risultati al variare del dettaglio cartografico, i dati ottenuti dalle simulazioni eseguite con la base cartografica di maggiore dettaglio (1:2000) sono stati successivamente confrontati con quelli generati nella medesima area con la cartografia realizzata nelle scale 1:5000 e 1:10.000.

Questo tipo di approccio ripercorre la metodologia utilizzata dal DEFRA [4] nella determinazione dell'incertezza associata alle componenti geometriche dell'ambiente di propagazione. Nell'esperienza inglese il modello di riferimento (*crisp model*) era stato elaborato attraverso un collage di informazioni, non sempre di adeguata accuratezza (per esempio, in alcune aree l'altezza degli edifici era stata determinata per ispezione visiva, in altre attraverso scansioni laser) e lo stesso modello era stato via via semplificato per simulare dati cartografici di minore dettaglio (*metamodels*).

In questo studio, invece, il modello di riferimento acquisito per i diversi scenari è stato generato ad hoc e tutti gli elementi cartografici inclusi soddisfano le medesime specifiche di accuratezza.

L'analisi di sensibilità del modello NMPB 96 è stata, inoltre, estesa anche alla valutazione dei valori determinati in posizioni specifiche che condizionano l'esito delle stime richieste dalla END. In particolare i confronti hanno riguardato i livelli sonori calcolati:

- in campo libero
- in facciata a diverse quote
- sulla facciata più esposta alla quota di riferimento di 4 m.

Sono state inoltre confrontate le isolivello 55, 65 e 75 dB(A) ottenute al variare della scala di dettaglio per valutare l'incidenza della posizione delle isolivello sulla stima della popolazione e delle abitazioni esposte.

3. Descrizione dei siti analizzati

Le simulazioni numeriche sono state eseguite su 3 aree di caratteristiche morfologiche diverse, ubicate in prossimità del Grande Raccordo Anulare a Roma:

- Torraccia di San Basilio
- Castel Giubileo
- Casal Boccone

L'area corrispondente alla zona Torraccia di San Basilio, riportata in figura 1, ha una configurazione morfologica di semplice riproduzione (strada a raso con edifici prospicienti l'infrastruttura). A tale configurazione si ipotizza che possano corrispondere scarti di minore entità al variare della scala di dettaglio. L'area di Castel Giubileo, riportata in figura 2, presenta caratteristiche morfologiche piuttosto complesse (sezione a mezzacosta con viadotto) che rendono presumibilmente critico il risultato in funzione dell'accuratezza con cui l'ambiente è riprodotto (scenario mediamente complesso).

Il sito di Casal Boccone (fig. 3), costituito da una strada in rilevato e ricettori ad una quota inferiore rispetto al piano viabile, rappresenta un altro scenario tipico. Anche in questa particolare configurazione la corretta riproduzione dell'orografia del sito è determinata per garantire un'appropriata stima dei livelli di pressione sonora (scenario complesso).



Fig.1: Area di Torraccia di San Basilio.



Fig. 2: Area di Castel Giubileo



Fig.3: Area di Casal Boccone

Nelle figure 4, 5 e 6 sono riportate a confronto le cartografie dei siti analizzati nelle 3 scale di dettaglio acquisite.

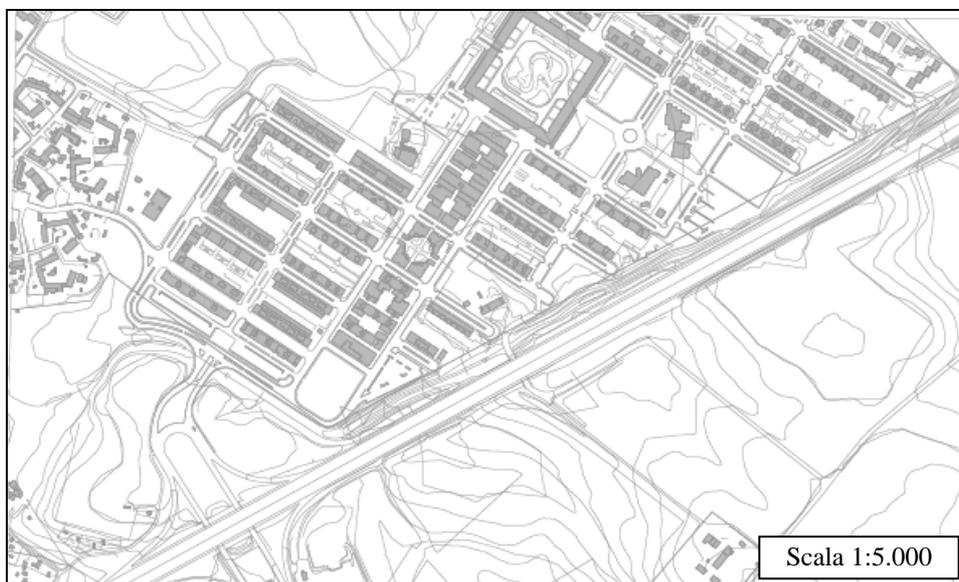
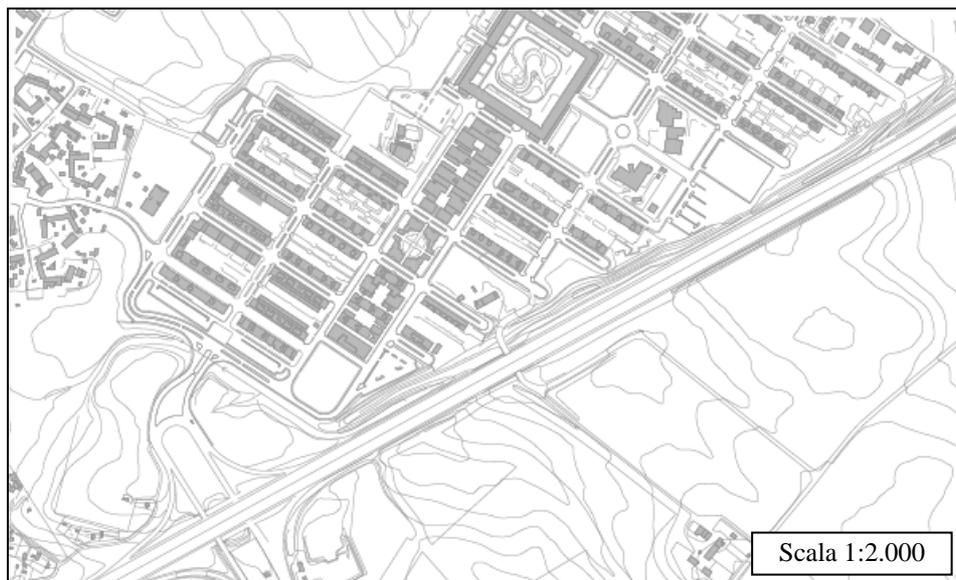


Fig.4: Torraccia di San Basilio: rappresentazione cartografica dell'area nelle tre scale acquisite.

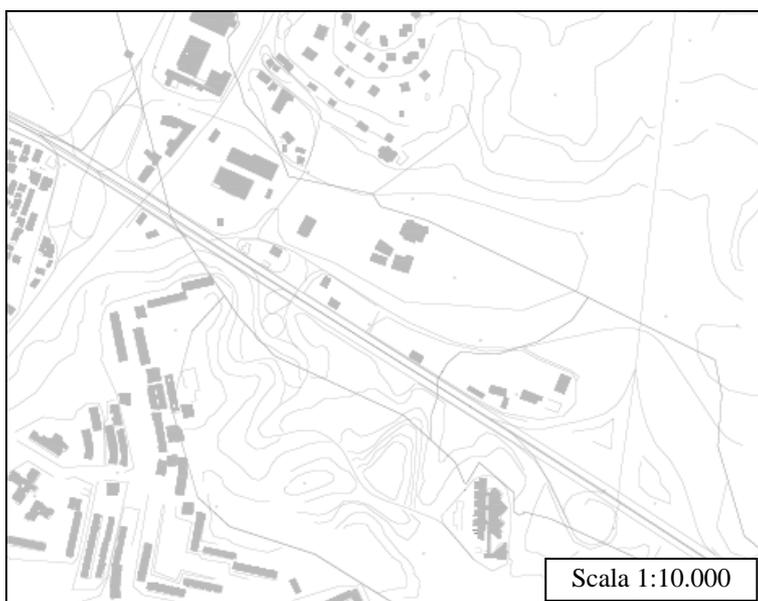
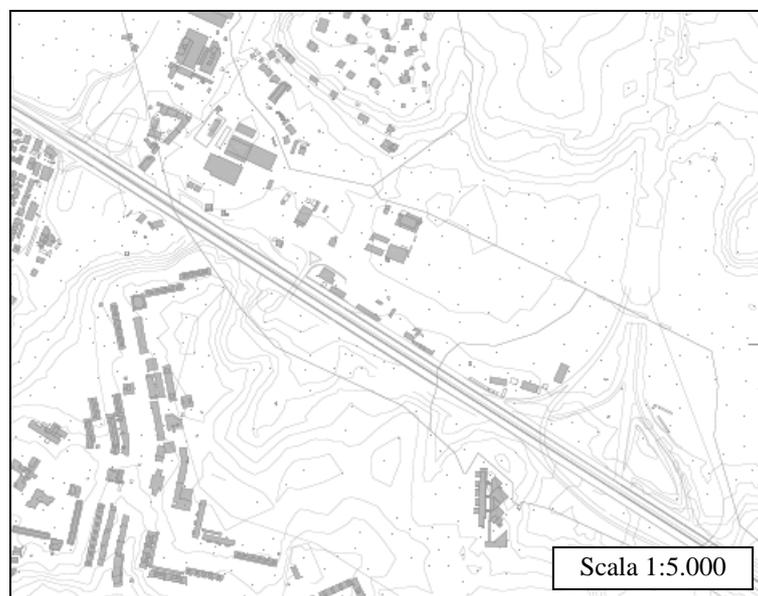
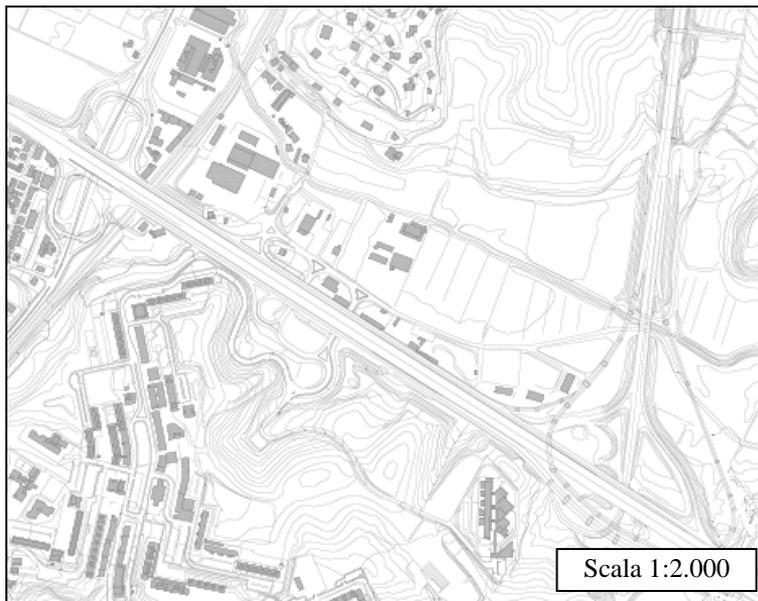


Fig.5: Castel Giubileo: rappresentazione cartografica dell'area nelle tre scale acquisite.

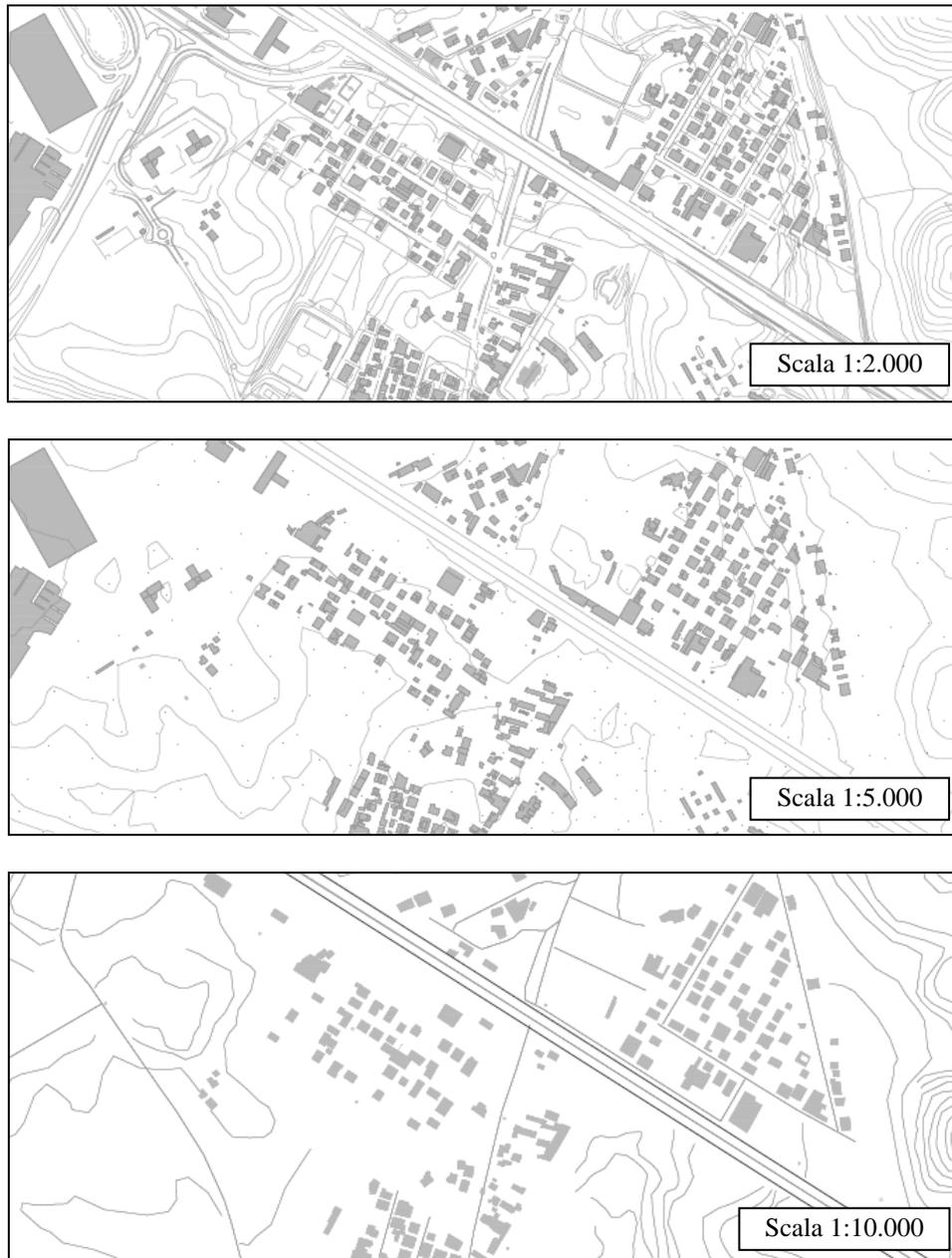


Fig.6: Casal Boccone: rappresentazione cartografica dell'area nelle tre scale acquisite.

4. Impostazione dei parametri di calcolo

La stima dei livelli di pressione sonora è stata eseguita utilizzando il modello di calcolo francese NMPB Routes 96. Al modello sono stati forniti i dati di input corrispondenti ad uno scenario di riferimento caratterizzato da un traffico giornaliero medio di 80.000 veicoli, distribuiti nei tre periodi di riferimento diurno, serale e notturno, come indicato nella tab.1.

Le caratteristiche di assorbimento acustico del terreno sono state assegnate sulla base delle informazioni desunte dalla banca dati Corine Land Cover [5][6][7] sull'uso del suolo.

	Periodo diurno	Periodo serale	Periodo notturno	Velocità (km/h)
Veicoli leggeri	80.49%	6.97%	12.54%	120
Veicoli pesanti	5%	3%	5%	100

Tabella 1: composizione e caratteristiche del flusso di traffico nei tre periodi di riferimento diurno, serale e notturno.

Per ogni scenario analizzato sono stati stimati i valori degli indicatori L_{den} ed L_{night} in facciata agli edifici ed in campo aperto per valutare l'incidenza dei fenomeni

di diffrazione, riflessione e diffusione sullo scarto tra i valori calcolati al variare del dettaglio cartografico. Le mappe acustiche sono state elaborate utilizzando una griglia con passo 10 m, ad un'altezza dal suolo pari a 4 m.

5. Elaborazione ed analisi dei risultati

Per ogni sito sono stati individuati numerosi punti di calcolo significativi per posizione (altezza rispetto al suolo ed alla sorgente, distanza dall'infrastruttura stradale), in facciata agli edifici ed in campo libero. L'insieme delle stime ottenute è stato poi sottoposto a quattro tipi diversi di analisi, assumendo a riferimento i dati conseguiti dalle simulazioni eseguite con la cartografia di maggiore dettaglio (scala 1:2000):

- confronto tra i valori di L_{den} ed L_{night} ottenuti nelle tre scale di dettaglio e determinazione della distribuzione degli scarti;
- confronto tra i valori ottenuti sulle facciate più esposte, alla quota di riferimento di 4 m, nelle tre scale di dettaglio;
- confronto tra i dati di L_{den} ed L_{night} ottenuti in campo libero, ad una quota di 1.5 m, nelle tre scale di dettaglio e determinazione della distribuzione degli scarti;
- sovrapposibilità delle curve isolivello 55, 65 e 75 dB(A).

Di seguito è riportata una discrezione sintetica dei risultati ottenuti nei tre siti analizzati.

5.1. Analisi estesa a tutti i punti di calcolo

L'analisi dei dati è stata eseguita su un campione statisticamente significativo di punti di calcolo, distribuiti su diversi piani e facciate di numerosi ricettori, rappresentativi degli scenari acustici più indicativi delle aree oggetto di studio.

Per ciascuno degli scenari analizzati sono stati determinati gli scarti rispetto ai valori di riferimento ottenuti dalla simulazione eseguita sulla base cartografica in scala 1:2.000.

Da un punto di vista qualitativo, l'esito di tale analisi mostra che nella rappresentazione in scala 1:5.000 i risultati ottenuti presentano scarti tendenzialmente positivi (leggera sovrastima), che diventano significativi soltanto in un numero ristretto di ricettori, mentre nella scala di rappresentazione 1:10.000 la tendenza alla sovrastima del modello è generalizzata e più consistente.

Informazioni di tipo quantitativo sono desumibili dalle figure 7, 8 e 9, dove sono mostrati i grafici relativi alla distribuzione cumulativa degli scarti calcolata per i tre siti.

Da questi grafici si deduce che in una percentuale variabile tra l'89% e il 92% gli scarti ottenuti con la cartografia 1:5.000 sono compresi nell'intervallo ± 3 dB(A), di cui una buona parte (mediamente il 68%) interni all'intervallo ± 1 dB(A).

Diversa è la situazione nel caso della cartografia in scala 1:10.000, dove solo il 47%÷58.4% degli scarti è contenuto nell'intervallo ± 3 dB(A) ed il 22.9%÷38.5% nell'intervallo ± 1 dB(A).

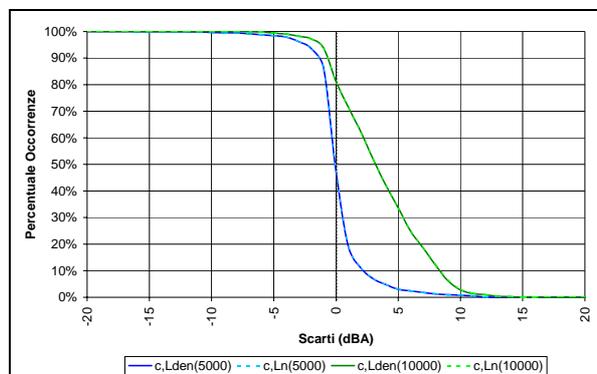


Fig. 7: Torraccia di San Basilio - Distribuzione cumulativa degli scarti rilevati rispetto ai valori stimati con la cartografia in scala 1:2.000.

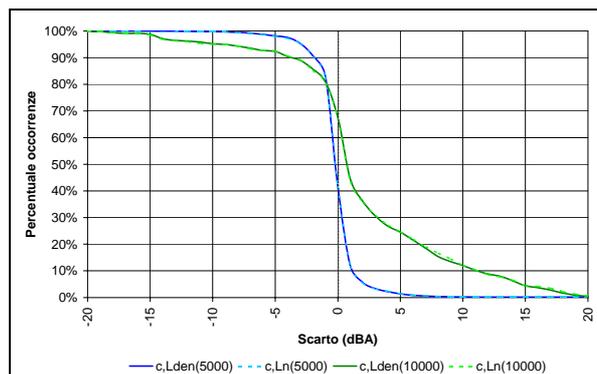


Fig. 8: Castel Giubileo - Distribuzione cumulativa degli scarti rilevati rispetto ai valori stimati con la cartografia in scala 1:2.000.

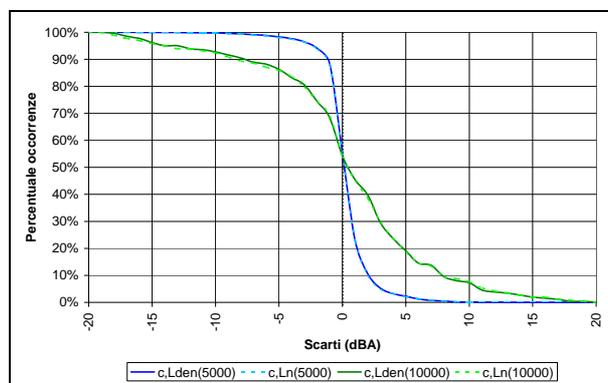


Fig. 9: Casal Boccone - Distribuzione cumulativa degli scarti rilevati rispetto ai valori stimati con la cartografia in scala 1:2.000.

5.2. Analisi dei risultati conseguiti sulle facciate più esposte alla quota di riferimento di 4 m

L'analisi dei livelli stimati in corrispondenza della facciata più esposta alla quota di riferimento di 4 m evidenzia scostamenti che differiscono in funzione della scala di rappresentazione (Figure 10, 11 e 12).

In particolare, per quanto riguarda il sito di Torraccia di San Basilio (Figura 10), è stato possibile appurare che nella rappresentazione in scala 1:5.000 il 100% degli scarti è incluso nell'intervallo ± 3 dB(A) (di cui l'83% contenuto tra ± 1 dB(A)), mentre nella rappresentazione in scala 1:10.000 tale percentuale scende al 37.5%.

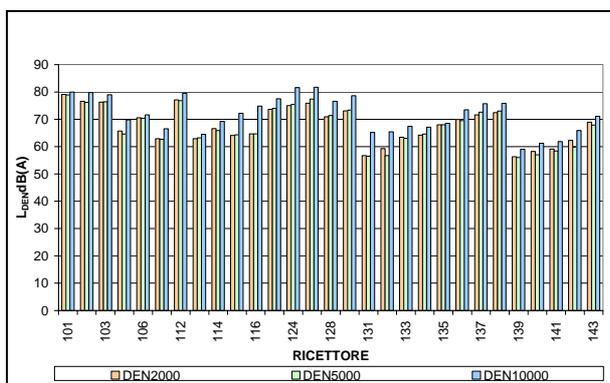


Fig. 10: Torraccia di San Basilio - Livelli di L_{DEN} stimati ai ricettori, in corrispondenza della facciata più esposta, alla quota di riferimento di riferimento di 4 m.

Relativamente al sito di Castel Giubileo (Figura 11), i risultati ottenuti sulla facciata più esposta ricalcano in linea di massima quanto emerso dall'analisi eseguita sul totale dei punti calcolati. Nello specifico, con la cartografia in scala 1:5.000 gli scarti inclusi nell'intervallo ± 3 dB(A) ammontano al 95% (di cui il 62% compreso tra ± 1 dB(A)), mentre nella rappresentazione in scala 1:10.000, la percentuale degli scarti contenuti entro ± 3 dB(A) scende al 40%.

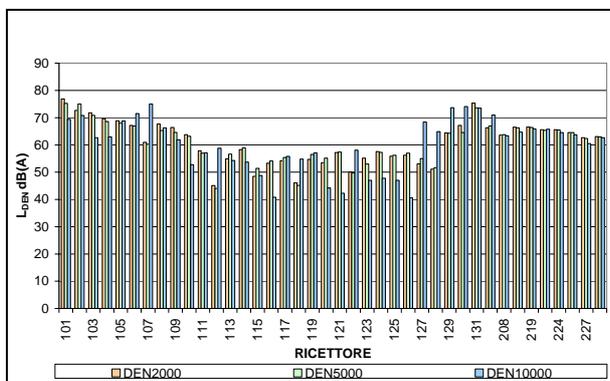


Fig. 11: Castel Giubileo - Livelli di L_{DEN} stimati ai ricettori, in corrispondenza della facciata più esposta, alla quota di riferimento di 4 m.

Lo stesso andamento è stato riconfermato anche per il sito di Casal Boccone (Figura 12), sebbene morfologicamente più complesso, dove si è visto che con la cartografia in scala 1:5.000 soltanto il 7.5% degli scarti supera ± 3 dB(A), mentre nella rappresentazione in scala 1:10.000 la percentuale sale al 30%, a fronte di una diminuzione del 18.9% degli scarti superiori a ± 3 dB(A) rilevati sul totale dei punti di calcolo.

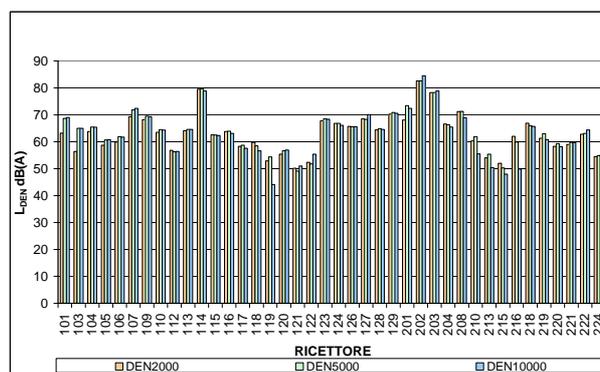


Fig. 12: Casal Boccone - Confronto tra i livelli di L_{DEN} stimati ai ricettori, in corrispondenza della facciata più esposta, alla quota di riferimento di 4 m nelle diverse scale di rappresentazione.

A conclusione di questa analisi, si evidenzia che in tutti e tre i casi i maggiori scarti rilevati nella rappresentazione in scala 1:10.000 sono sostanzialmente da imputarsi ad una minore densità di informazioni altimetriche (curve di livello e punti quotati) presenti in corrispondenza delle aree in cui sono state individuate discordanze più consistenti sui livelli di rumore stimati.

5.3. Analisi in campo libero

I ricettori in campo libero sono stati posizionati in aree prive di ostacoli (edifici), ad una distanza di 10 m l'uno dall'altro a partire dal ciglio della strada fino al limite della fascia di pertinenza acustica di 250 m, ad una quota di 1.5 m dal piano campagna.

Nelle figure 13, 14 e 15 sono riportati i grafici cumulativi degli scarti estrapolati dal confronto dei risultati con i valori di riferimento.

Dal grafico di figura 13, riferito al sito di Torraccia di San Basilio, si evince che gli scostamenti sono più ridotti rispetto a quelli rilevati nella porzione di area edificata e la maggior parte degli scarti, in percentuali diverse nei due scenari cartografici, è contenuta entro l'intervallo ± 3 dB(A).

Nella figura 14 è riportato l'analogo grafico relativo al sito di Castel Giubileo, dal quale emerge che anche in questo caso la maggior parte degli scarti, in percentuali diverse nei due scenari cartografici, è inclusa nell'intervallo ± 3 dB(A).

Risultati del tutto simili sono stati riscontrati anche per il sito di Casal Boccone, come mostrato nel grafico di figura 15.

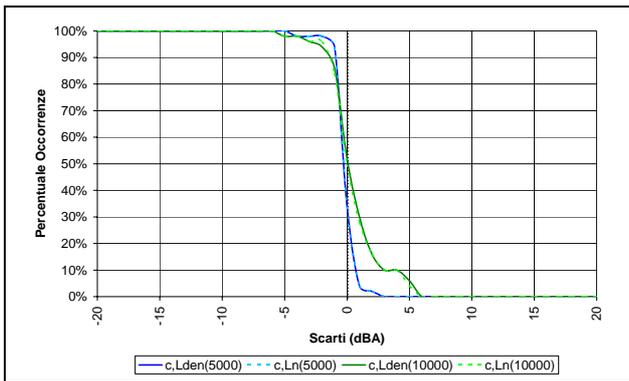


Fig. 13: Torraccia di San Basilio - Distribuzione cumulativa degli scarti rilevati in campo libero alla quota di 1.5 m, rispetto ai valori stimati con la cartografia in scala 1:2.000.

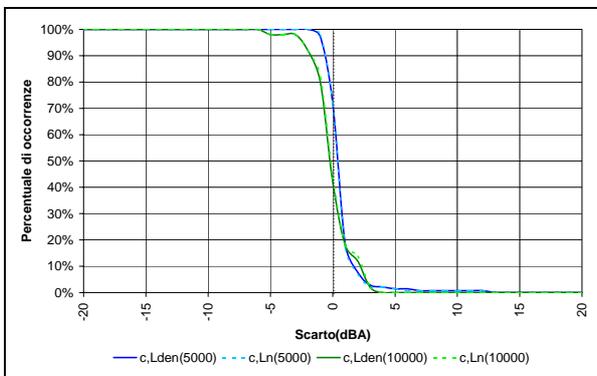


Fig. 14: Castel Giubileo - Distribuzione cumulativa degli scarti rilevati in campo libero alla quota di 1.5 m, rispetto ai valori stimati con la cartografia in scala 1:2.000.

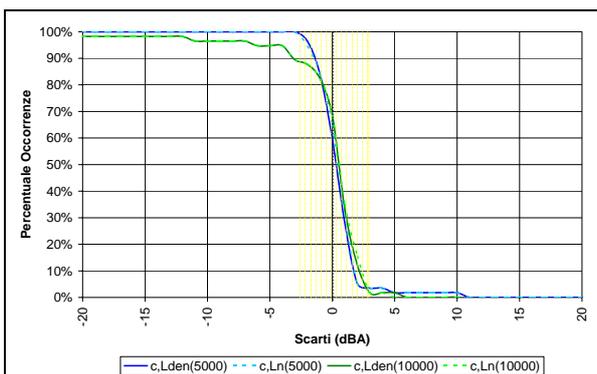


Fig. 15: Casal Boccone - Distribuzione cumulativa degli scarti rilevati in campo libero alla quota di 1.5 m, rispetto ai valori stimati con la cartografia in scala 1:2.000.

In tutti e tre i casi, scarti maggiormente consistenti sono stati individuati soltanto in corrispondenza dei punti dove le differenze orografiche erano più sensibili e dove la semplificazione nella riproduzione del terreno

ha determinato una variazione morfologica dell'area, eliminando le zone d'ombra acustica presenti nella rappresentazione di maggiore dettaglio (si vedano le figure 16 e 17). L'appiattimento del terreno prodotto dalla ridotta frequenza spaziale delle curve di livello disponibili nella scala di rappresentazione 1:10.000, ha generato livelli di pressione sonora sistematicamente più elevati e quindi scarti più rilevanti.

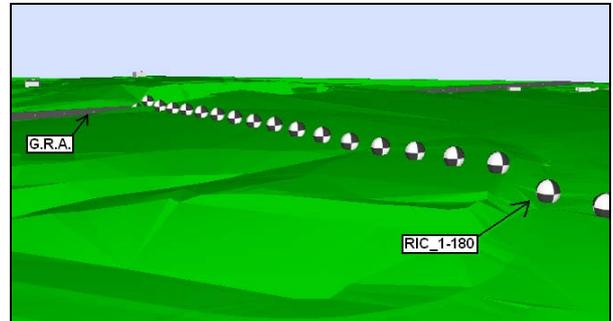


Fig. 16: Torraccia di San Basilio - Rappresentazione grafica in scala 1:2.000 dei ricettori in campo libero. Visualizzazione della zona d'ombra presente alla distanza di 180 m dalla sorgente stradale.

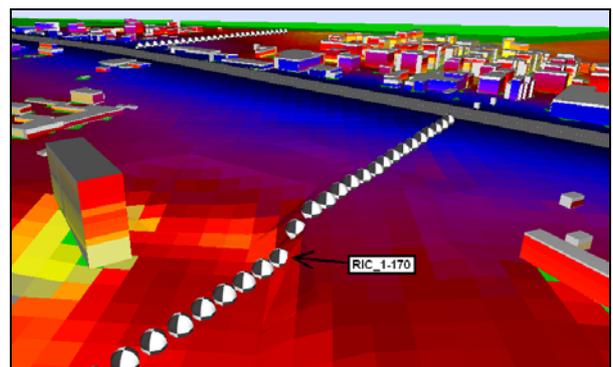


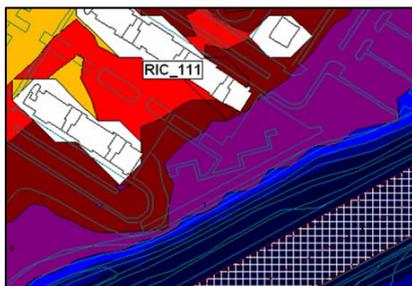
Fig. 17: Casal Boccone - Rappresentazione grafica in scala 1.2.000 dei ricettori in campo libero. Visualizzazione della zona d'ombra presente alla distanza di 170 m dalla sorgente stradale.

5.4. Analisi delle curve isolivello

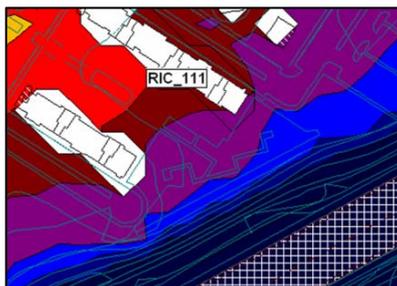
La posizione delle curve isolivello influisce sulla stima della popolazione e delle abitazioni esposte a determinati intervalli degli indicatori L_{den} ed L_{night} , per cui è importante verificare come le aree ad essi associate si modifichino in funzione della risoluzione cartografica.

Nelle figure 18, 19 e 20 sono messe a confronto le isolivello ottenute in una porzione delle aree analizzate. Da tali figure emerge che lo scostamento delle curve isolivello dal riferimento è più contenuto nel caso della cartografia in scala 1:5.000, mentre appare più marcato nella scala di rappresentazione 1:10.000, rivelando una tendenza alla sovrastima al diminuire della risoluzione cartografica.

Scala 1:2.000



Scala 1:5.000



Scala 1:10.000

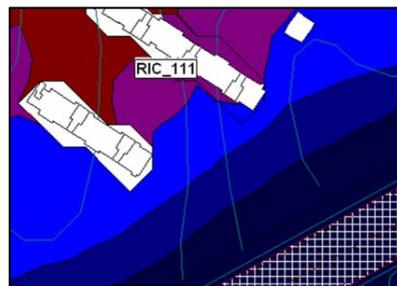
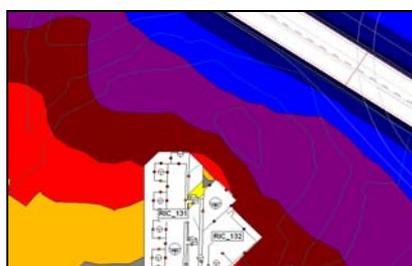


Fig. 18: Torraccia di San Basilio - Confronto tra le curve isolivello tracciate per l'indicatore L_{den} derivanti dalle stime effettuate nei tre scenari analizzati (scale 1:2.000, 1:5.000 e 1:10.000)

Scala 1:2.000



Scala 1:5.000



Scala 1:10.000

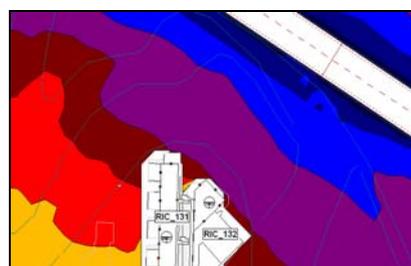
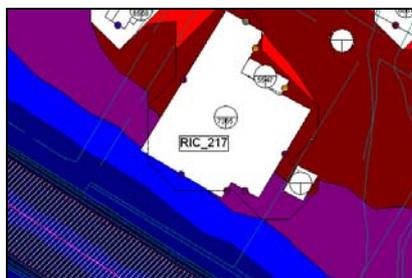
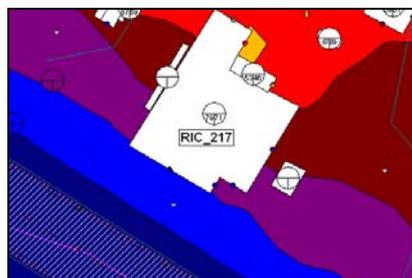


Fig. 19: Castel Giubileo - Confronto tra le curve isolivello tracciate per l'indicatore L_{den} derivanti dalle stime effettuate nei tre scenari analizzati (scale 1:2.000, 1:5.000 e 1:10.000)

Scala 1:2.000



Scala 1:5.000



Scala 1:10.000

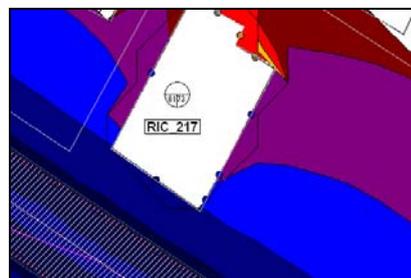


Fig. 20: Casal Boccone - Confronto tra le curve isolivello tracciate per l'indicatore L_{den} derivanti dalle stime effettuate nei tre scenari analizzati (scale 1:2.000, 1:5.000 e 1:10.000)

6. Sintesi dei risultati

Di seguito è illustrata, per i tre siti analizzati, la sintesi dei risultati ottenuti dal confronto dei livelli sonori calcolati con la cartografia in scala 1:5.000 e 1:10.000, con quelli determinati utilizzando la cartografia di riferimento in scala 1:2.000.

6.1. Esito del confronto tra i valori calcolati con la cartografia in scala 1:5.000 e la cartografia di riferimento in scala 1:2.000

Nella tabella 2 è riportata la sintesi dei risultati conseguiti per il sito di Torraccia di San Basilio.

Modalità di valutazione	Scala 1:5000			
	Percentuale degli scarti (%)			
	± 1dB	± 2dB	± 3dB	> ± 3dB
Facciata	67	82	89	11
Facciata più esposta	83	93	100	0
Campo libero	93	96	98	2

Tabella 2: Torraccia di San Basilio – Scala 1:5000 - Percentuale degli scarti emersi dal confronto con i valori di riferimento in scala 1:2000.

L'analisi dei risultati conseguiti ai ricettori ha evidenziato una buona affidabilità delle stime ottenute con la cartografia in scala 1:5000, con scarti contenuti nel 67% dei casi entro ± 1 dB(A). Errori maggiori di ± 3 dB(A) si riscontrano solo nel 11% dei ricettori analizzati.

In questo scenario specifico, in cui l'ambiente di propagazione non presenta particolari caratteristiche morfologiche (infrastruttura a raso e terreno prevalentemente pianeggiante), gli scarti sulla facciata più esposta risultano meno rilevanti con valori compresi nel 83% dei casi tra ± 1 dB(A).

In campo libero lo scarto rilevato si riduce ulteriormente, attestandosi nel 93% dei casi a ± 1 dB(A).

Nella tabella 3 è riportata la sintesi dei risultati conseguiti per il sito di Castel Giubileo.

Modalità di valutazione	Scala 1:5000 Percentuale degli scarti (%)			
	± 1 dB	± 2 dB	± 3 dB	$> \pm 3$ dB
Facciata	71.3	85.2	92	8
Facciata più esposta	62	89	95	5
Campo libero	80	92	97	3

Tabella 3: Castel Giubileo – Scala 1:5000 - Percentuale degli scarti emersi dal confronto con i valori di riferimento in scala 1:2000.

Anche in questo caso, l'analisi dei risultati conseguiti ai ricettori ha evidenziato una buona affidabilità delle stime ottenute con la cartografia in scala 1:5000, con scarti contenuti nel 62% dei casi (facciata più esposta) entro ± 1 dB(A). Errori maggiori di ± 3 dB(A) si riscontrano solo nel 5% dei ricettori analizzati.

In campo libero, dove non si inserisce l'errore di posizionamento dei ricettori e dove gli effetti prodotti dai fenomeni di riflessione multipla, diffrazione e diffusione sono di entità trascurabile, lo scarto rilevato si riduce ulteriormente, attestandosi nel 80% dei casi a ± 1 dB(A).

Nella tabella 4 è riportata la sintesi dei risultati conseguiti per il sito di Casal Boccone.

Modalità di valutazione	Scala 1:5000 Percentuale degli scarti (%)			
	± 1 dB	± 2 dB	± 3 dB	$> \pm 3$ dB
Facciata	65.3	83.5	91.2	8.8
Facciata più esposta	58	88	92.5	7.5
Campo libero	56.1	91.2	96.5	3.5

Tabella 4: Casal Boccone – Scala 1:5000 - Percentuale degli scarti emersi dal confronto con i valori di riferimento in scala 1:2000.

L'analisi dei risultati conseguiti ai ricettori conferma una buona affidabilità delle stime ottenute con la cartografia in scala 1:5000, con scarti sulla facciata più esposta contenuti nel 58% dei casi entro ± 1 dB(A). Errori maggiori di ± 3 dB(A) si riscontrano solo nel 7.5% dei casi. Gli errori sono principalmente concentrati sui ricettori situati ai piani inferiori, come confermato dal dato relativo ai valori calcolati sulla facciata più esposta alla quota di riferimento.

In campo libero lo scarto rilevato si attesta nel 56.1% dei casi a ± 1 dB(A).

6.2. Esito del confronto tra i valori calcolati con la cartografia in scala 1:10.000 e la cartografia di riferimento in scala 1.2.000

I risultati conseguiti con la CTR in scala 1:10.000 presentano livelli di accuratezza decisamente inferiori. Nelle tabelle 5, 6 e 7 sono riportate le distribuzioni degli scarti nei 4 intervalli di errore per i tre siti indagati.

Il discostamento dei risultati conseguiti dai valori di riferimento è sostanzialmente da imputarsi alla ridotta quantità di informazioni altimetriche: curve di livello e punti quotati.

Dal confronto delle mappe di rumore orizzontali in campo libero alla quota di riferimento è emerso che, in linea generale, l'utilizzazione di cartografia di minore dettaglio conduce ad una sovrastima dei risultati e quindi ad una maggiore estensione dell'area di influenza.

Modalità di valutazione	Scala 1:10.000 Percentuale degli scarti (%)			
	± 1 dB	± 2 dB	± 3 dB	$> \pm 3$ dB
Facciata	23	35	47	53
Facciata più esposta	10	13.5	37.5	62.5
Campo libero	55	60	73	27

Tabella 5: Torraccia di San Basilio – Scala 1:10000 - Percentuale degli scarti emersi dal confronto con i valori di riferimento in scala 1:2000.

Modalità di valutazione	Scala 1:10.000 Percentuale degli scarti (%)			
	± 1 dB	± 2 dB	± 3 dB	$> \pm 3$ dB
Facciata	38.5	49.5	58.4	41.6
Facciata più esposta	21	36	40	60
Campo libero	60	80	97	3

Tabella 6: Castel Giubileo – Scala 1:10000 - Percentuale degli scarti emersi dal confronto con i valori di riferimento in scala 1:2000.

Modalità di valutazione	Scala 1:10.000			
	Percentuale degli scarti (%)			
	$\pm 1dB$	$\pm 2dB$	$\pm 3dB$	$> \pm 3dB$
Facciata	22.9	34.7	51.1	48.9
Facciata più esposta	40	63	70	30
Campo libero	49.2	75.4	87.7	12.3

Tabella 7: Casal Boccone – Scala 1:10000 - Percentuale degli scarti emersi dal confronto con i valori di riferimento in scala 1:2000.

Nelle aree edificate, dove intervengono fenomeni di riflessione multipla e diffrazione, il confronto tra le isolivello non consente di estrapolare una tendenza univoca.

7. Risultati complessivi

Nel grafico di Fig. 21 sono visualizzati i risultati complessivi conseguiti, articolati per tipo di valutazione (in campo libero, in facciata, sulla facciata più esposta), relativi alla rappresentazione in scala 1:5000.

Da questi dati è possibile evincere che l'accuratezza dei risultati diminuisce all'aumentare della complessità degli scenari, con scarti mediamente più rilevanti in corrispondenza dei punti posizionati in maniera casuale sulla facciata. Complessivamente, tuttavia, è possibile rilevare che gli errori in media non superano l'intervallo di $\pm 3 dB(A)$ nel 94.6 % dei casi.

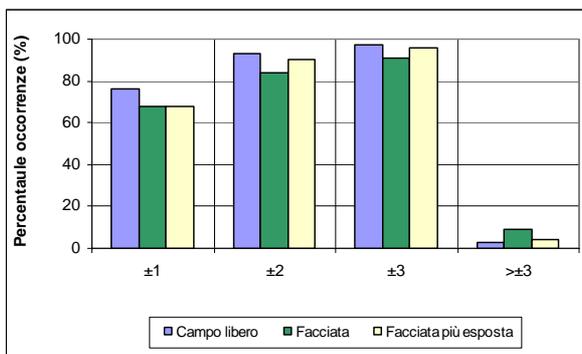


Fig. 21: Rappresentazione in scala 1:5000 - Percentuale degli scarti contenuti entro gli intervalli di $\pm 1 dB(A)$, $\pm 2dB(A)$, $\pm 3 dB(A)$, $> \pm 3 dB(A)$.

Nella Fig. 22 è riportato l'analogo grafico relativo alla rappresentazione in scala 1:10.000, dal quale risulta evidente la minore accuratezza dei risultati, in particolar modo dei valori stimati sulla facciata più esposta per effetto della minore accuratezza con cui sono riprodotti gli edifici, con scarti contenuti mediamente entro l'intervallo di $\pm 3 dB(A)$ nel 62.4% dei casi.

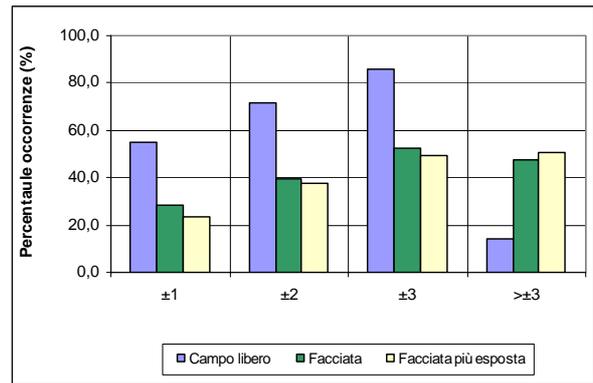


Fig. 22: Rappresentazione in scala 1:10.000 - Percentuale degli scarti contenuti entro gli intervalli $\pm 1 dB(A)$, $\pm 2dB(A)$, $\pm 3 dB(A)$, $> \pm 3 dB(A)$.

8. Conclusioni

In questa memoria sono stati descritti i risultati conseguiti nell'ambito di uno studio pilota nel quale è stata valutata la sensibilità del modello di calcolo NMPB Routes 96 al variare del livello di dettaglio della cartografia e dell'accuratezza degli elementi riprodotti.

Per determinare l'errore introdotto sulle stime in funzione della risoluzione della cartografia, sono stati acquisiti 9 campioni cartografici relativi a 3 siti con caratteristiche morfologiche differenti, nelle scale 1:2000, 1:5000 e 1:10.000 (CTR).

Per valutare la degradazione dei risultati al variare del dettaglio cartografico, i dati ottenuti dalle simulazioni eseguite con la base cartografica di maggiore dettaglio (1:2000) sono stati successivamente confrontati con quelli generati nella medesima area con la cartografia realizzata nelle scale 1:5.000 e 1:10.000.

Il confronto tra i livelli generati dal modello di calcolo nei diversi scenari analizzati ha evidenziato l'importanza della corretta rappresentazione orografica del terreno. Il livello di dettaglio della cartografia è tanto più significativo, quanto maggiore è la complessità morfologica dell'area. In ambienti pianeggianti la rappresentazione morfologica dell'ambiente di propagazione è meno critica e le discordanze tra i livelli di pressione sonora stimati sono più contenute. In aree collinari o comunque dalla morfologia più articolata, informazioni dettagliate sulla posizione e la quota degli elementi cartografici presenti incide sui risultati in maniera determinante.

Nelle aree edificate gli errori orografici sono amplificati dagli effetti di diffrazione e riflessione prodotti dagli edifici o da altre superfici verticali e sono tanto più importanti quanto maggiore è la densità degli edifici presenti. Gli effetti più significativi si riscontrano nelle aree schermate dagli edifici frontalieri all'infrastruttura, dove i livelli di rumore sono relativamente bassi [8].

Gli scarti rilevati sulla facciata più esposta tra il modello di riferimento e i diversi scenari valutati nella scala di rappresentazione 1:5.000 sono inferiori a ± 3

dB(A) nel 95.8% dei casi, di cui il 67.7% inclusi nell'intervallo ± 1 dB(A).

Le valutazioni eseguite sugli stessi scenari riprodotti nella scala 1:10.000 conducono a risultati meno affidabili, con solo il 49.2% degli scarti contenuti tra ± 3 dB(A) ed il 68.3% tra ± 5 dB(A).

Sebbene sia evidente il vantaggio che deriva dall'utilizzo di una base cartografia di dettaglio per limitare l'incertezza della stima dei livelli sonori, i costi ed i tempi di calcolo associati sono in generale proibitivi ed occorre individuare delle soluzioni di compromesso che consentano di ottenere risultati di accuratezza nota, adeguata allo scopo della valutazione.

In tale ottica, l'esito di questa valutazione ha evidenziato che l'impiego di una cartografia in scala 1:5.000 può considerarsi appropriato agli standard prefissati dalla END[4][9] e costituisce un buon compromesso tra qualità e costo.

Le stime eseguite utilizzando la cartografia in scala 1:10.000 sono, invece, caratterizzate da un livello di accuratezza che può ritenersi sufficiente per valutazioni di massima, ma non adeguato per l'individuazione ed il dimensionamento degli interventi da attuare.

9. Bibliografia

- [1] Direttiva Europea 2002/49/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 25 giugno 2002 relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale.
- [2] CERTU, *Bruit des infrastructures routières – Méthode de calcul incluant les effets météorologiques* – NMPB – Routes – 96 – Janvier 1997.
- [3] UNI/TR 11326:2009 Acustica, *Valutazione dell'incertezza nelle misurazioni e nei calcoli di acustica - Parte 1: Concetti generali*.
- [4] Department for Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA), Research Project NANR 93, *WG-AEN's Good Practice Guide And The Implications For Acoustic Accuracy Sensitivity Analysis for Noise Mapping*, Final report, May 2005.
- [5] ISPRA; *La realizzazione in Italia del progetto europeo Corine Land Cover 2000*, rapporti 36/2005
- [6] EEA, *CORINE Land Cover; technical guide– Addendum 2000*, Technical report n 40, 2000
- [7] EEA, *CLC 2006 Technical Guidelines*, Technical report n° 17, 2007.
- [8] P.Bellucci, N. Corbo, A. Zenti, *Analisi di sensibilità del modello di calcolo NMPB-96 al variare della risoluzione cartografica*, Rapporto interno ANAS – Dicembre 2008
- [9] European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise (WG-AEN), *Good Practice Guide for strategic noise mapping and the production of associated data on noise exposure* – Version 2, 13 August 2007.