

# Seminario NAFEMS 2005

## **MODELLI**

### **per il**

## **NOISE MAPPING**

Taratura e verifica degli errori sistematici  
e casuali del  
programma di mappatura acustica Citymap

Angelo Farina – Dipartimento di Ingegneria Industriale  
Università degli Studi di Parma  
Via delle Scienze 181/A – PARMA

[HTTP://www.angelofarina.it](http://www.angelofarina.it)

# Nascita di CITYMAP

- CITYMAP è stato sviluppato nel 1995 nell'ambito del progetto nazionale DISIA "Risanamento acustico della aree urbane"
- Responsabile del progetto era il compianto dott. Biondi del Ministero dell'Ambiente, cioè il "padre" dell'attuale legislazione italiana in materia di rumore ambientale
- Il programma si basa sul metodo di calcolo "SEL" sviluppato dal prof. Mario Cosa
- Il data-base di valori di SEL necessario al suo funzionamento è stato ottenuto da una vasta campagna di rilievi effettuata dalla soc. IPSE di Torino

# Sviluppo di CITYMAP

- A partire dalla originale versione 1.0 (16 bit), si è arrivati mediante continue revisioni alla attuale versione 2.4
- Il programma è attualmente utilizzato gratuitamente da tutti gli enti pubblici: ARPA, ANPA, comuni, provincie, regioni, università, scuole

# Funzionalità di CITYAMP

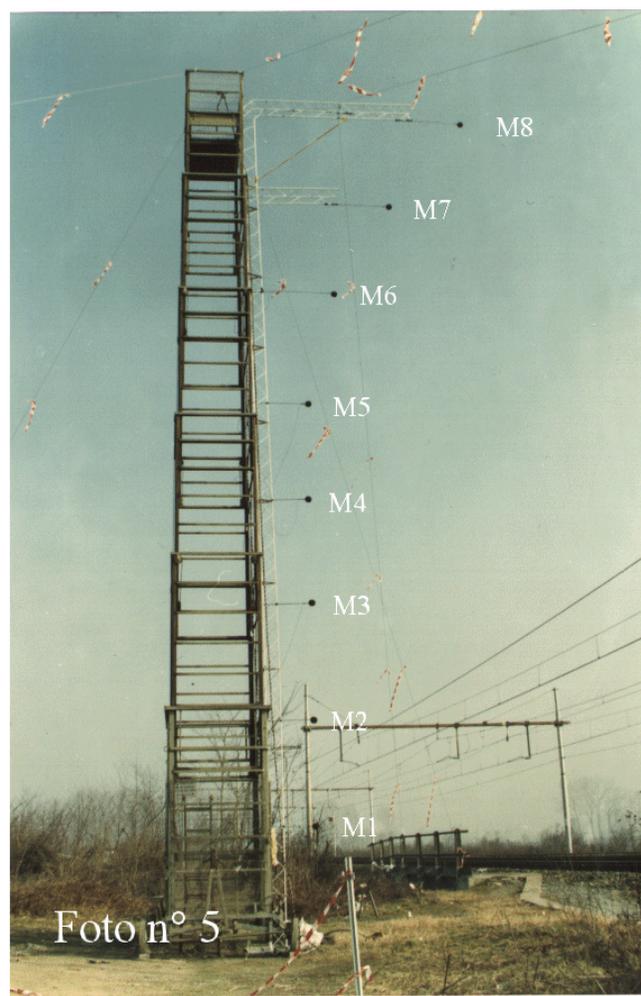
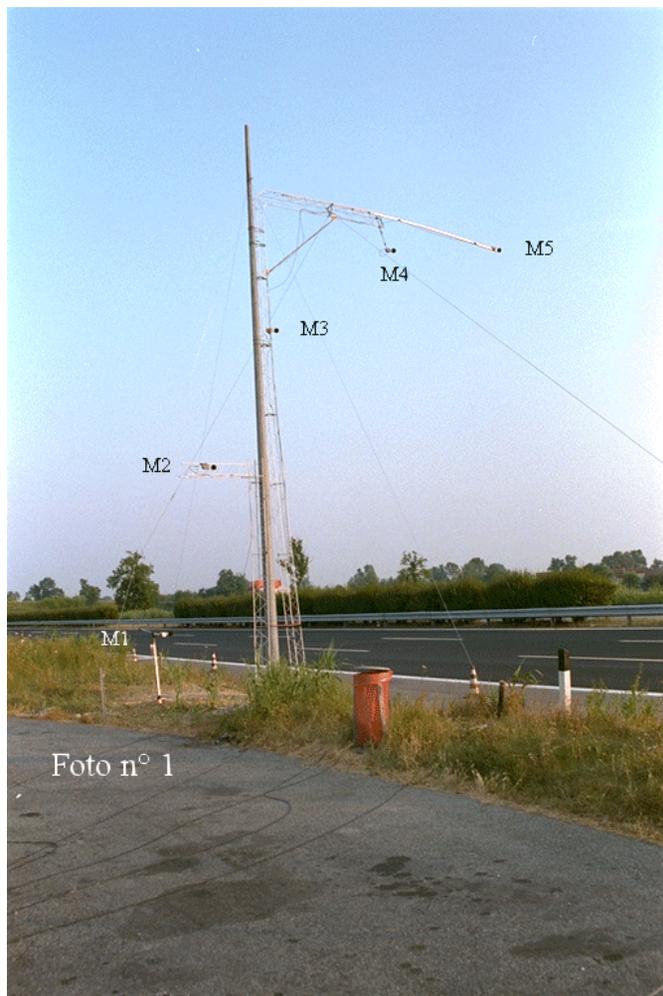
- Il programma è un puro motore di calcolo acustico, che si inserisce fra un software di CAD (usualmente AutoCAD) ed un software di rendering grafico delle mappe isolivello sonoro (usualmente Surfer)
- CITYMAP calcola su un piano orizzontale, verticale, o seguendo l'altimetria del terreno, il livello sonoro equivalente diurno e notturno, in dB(A)

# Tipi di sorgenti sonore

- CITYMAP è in grado di gestire 4 tipi di sorgenti sonore:
  - Strade
  - Binari
  - Sorgenti industriali estese
  - Sorgenti concentrate
- CITYMAP è corredato di un data-base delle emissioni sonore dei veicoli stradali e ferroviari italiani, tarato sui rilievi del 1995

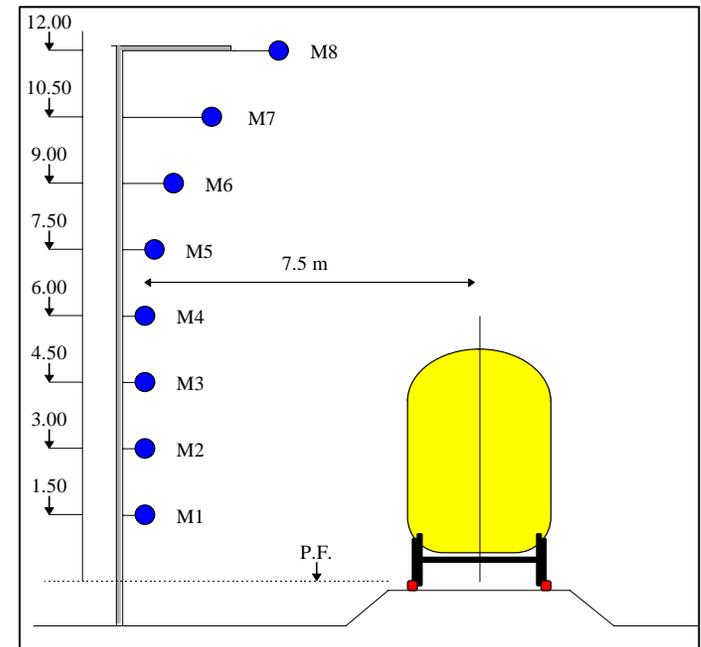
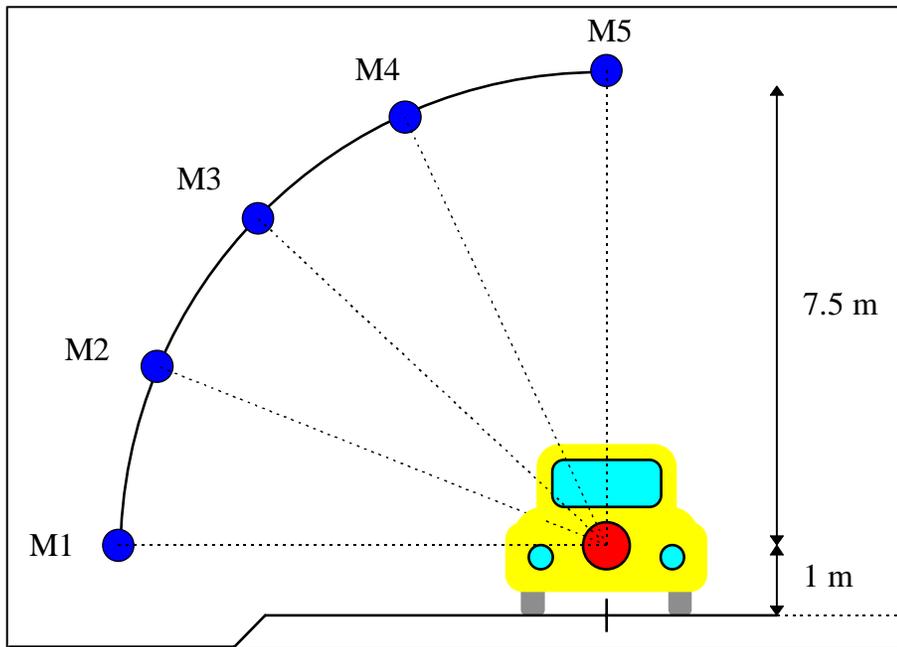
# Rilievi sperimentali del SEL

- I rilievi sono stati effettuati mediante portali multimicrofono, come mostrato in figura



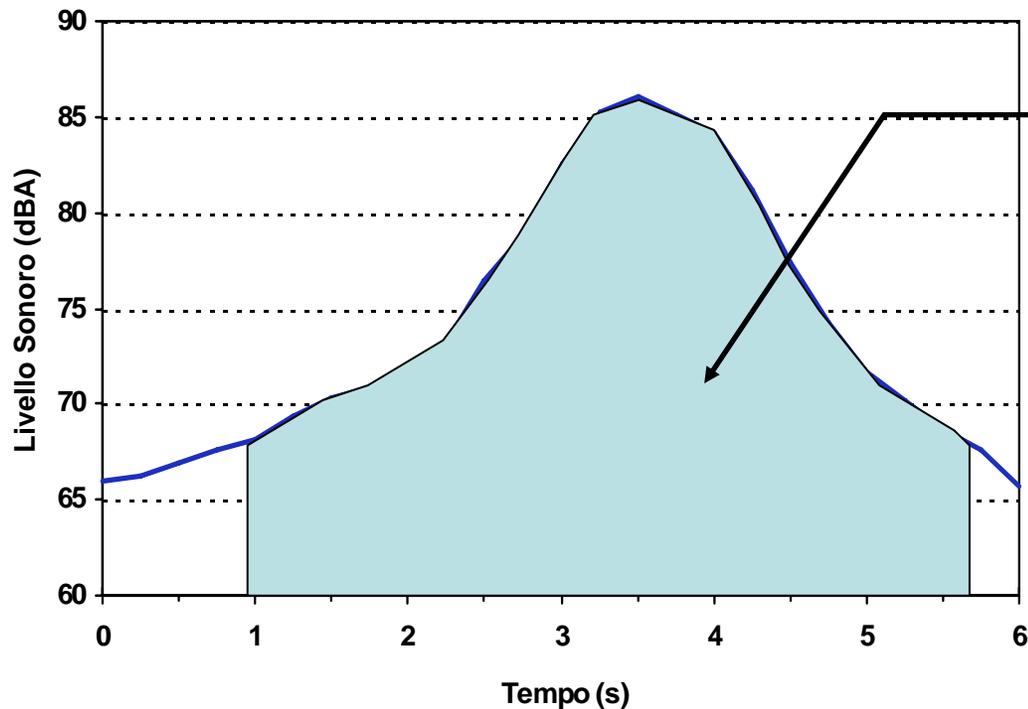
# Rilievi sperimentali del SEL

- Ciascun portale era corredato di un numero di microfoni adeguato alla determinazione della direttività di emissione, posizionati alla distanza di m 7.5 dal centro di emissione sonora



# Rilievi sperimentali del SEL

- Ciascun microfono ha campionato un multispettro nel tempo, in bande d'ottava e "A" e con risoluzione di 0.5 secondi, in modo da poter tracciare il profilo temporale di ciascun transito



Integrando questa area si ricava il SEL (livello di singolo evento):  
 $SEL = Leq + 10\log[T]$

Profilo temporale del passaggio di un autoveicolo - d=7.5 m

# Data-Base dei SEL stradali

- Mediando su un gran numero di transiti, è stato possibile ricavare i valori medi di SEL per 5 categorie di veicoli, 8 fasce di velocità e 5 tipi di pavimentazione:

## CATEGORIA DI VEICOLI

V1 - autovetture e veicoli commerciali fino a 5 t;

V2 - veicoli commerciali medi, con 2 assi più di 4 ruote, autobus extraurbani;

V3 - veicoli commerciali medio-pesanti, con 3 o più assi e peso totale fino a 10 t;

V4 - veicoli pesanti con più di 3 assi, con rimorchi o semirimorchi;

V5 - motocicli.

## FASCE DI VELOCITA'

C1 -  $0 < V < 25$  km/h in acceleraz.;

C2 -  $25 < V < 50$  km/h in acceleraz.;

C3 -  $0 < V < 25$  km/h in deceleraz.;

C4 -  $25 < V < 50$  km/h in deceleraz.;

C5 -  $50 < V < 70$  km/h;

C6 -  $70 < V < 90$  km/h;

C7 -  $90 < V < 110$  km/h;

C8 -  $V > 110$  km/h.

## TIPO DI SEDE STRADALE

A1 - condizione standard 1: pavimentazione bituminosa tradizionale, pendenza nulla;

A2 - condizione parametrica 2: pavimentazione bituminosa tradizionale, pendenza +5%;

A3 - condizione parametrica 3: pavimentazione bituminosa tradizionale, pendenza -5%;

A4 - condizione parametrica 4: pavimentazione in pavé, pendenza nulla;

A5 - condizione parametrica 5: pavimentazione bituminosa fonoassorbente, pendenza nulla.

# Data-Base dei SEL ferroviari

- Mediando su un gran numero di transiti, è stato possibile ricavare i valori medi di SEL per 3 categorie di veicoli, 4 fasce di velocità e 2 tipi di armamento:

## CATEGORIA DI VEICOLI

V1 - treni merci;

V2 - treni passeggeri a breve

percorso (composizione bloccata);

V3 - treni passeggeri a lungo

percorso (composizione variabile);

## FASCE DI VELOCITA'

C1 -  $0 < V < 60$  km/h

C2 -  $60 < V < 90$  km/h

C3 -  $90 < V < 120$  km/h

C4 -  $V > 120$  km/h.

## TIPOLOGIA DI ARMAMENTO

A1 - rotaie lunghe saldate su traversine in c.l.s. e ballast;

A2 - rotaie corte con presenza di scambi/deviatoi/incroci.

# Dai valori di SEL a quelli di Leq

- Si calcola anzitutto il Leq a 7.5m dalla strada:

$$L_{eq,7.5m} = 10 \cdot \lg \left[ \sum_{i=1}^5 \left( 10^{\frac{SEL_i + \Delta L_{asfalto,i} + \Delta L_{pendenza,i}}{10}} \cdot \frac{N_i}{16 \cdot 3600} \right) \right]$$

- Oppure dal binario ferroviario o tranviario:

$$L_{eq,7.5m} = 10 \cdot \lg \left[ \sum_{i=1}^3 \left( 10^{\frac{SEL_i + \Delta L_{binario,i} + \Delta L_{pendenza,i}}{10}} \cdot \frac{N_i}{16 \cdot 3600} \cdot \frac{L_i}{100} \right) \right]$$

# Dai valori di SEL a quelli di Leq

- Si raggruppa la potenza emessa dal tratto di linea emettente in esame in unica sorgente concentrata posta nel suo punto centrale:

$$L_W = L_{eq,7.5m} + 10 \cdot \lg(\pi \cdot 7.5 \cdot L)$$

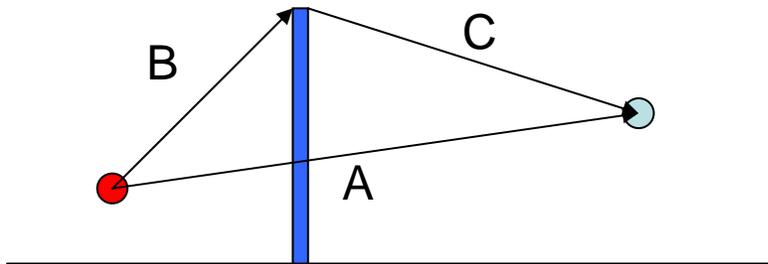
- E si valuta poi la propagazione sferica sino alla distanza d:

$$L_{eq} = L_W + 10 \cdot \lg\left(\frac{e^{-\beta \cdot d}}{4 \cdot \pi \cdot d^2}\right)$$

- Si sommano infine energeticamente i contributi di tutti i tratti di strada o di binario

# Effetto schermante

- CITYMAP calcola in modo semplificato l'attenuazione dovuta all'effetto schermante prodotto da barriere antirumore o edifici:

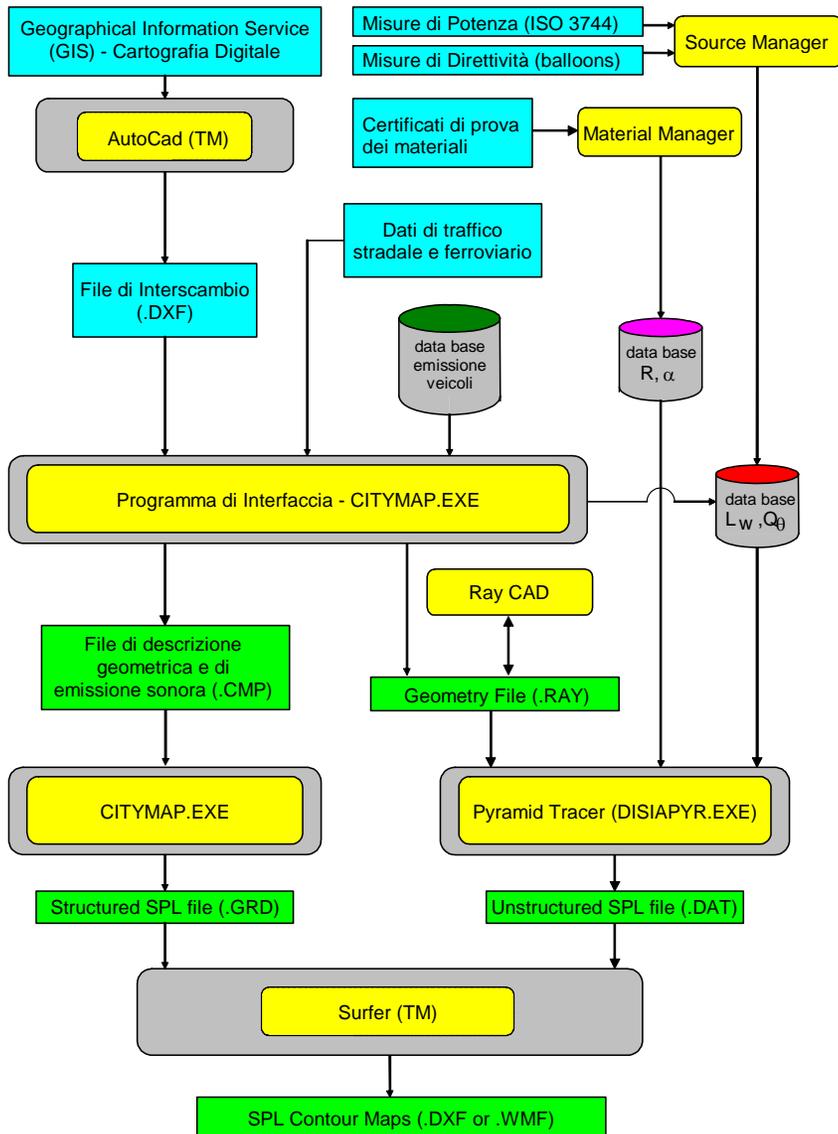


$$\delta = B + C - A$$

$$\Delta L = 10 \cdot \lg \left( 1 + 40 \cdot \delta \cdot \frac{f}{c} \right)$$

La frequenza  $f$  viene assunta pari a 340 Hz

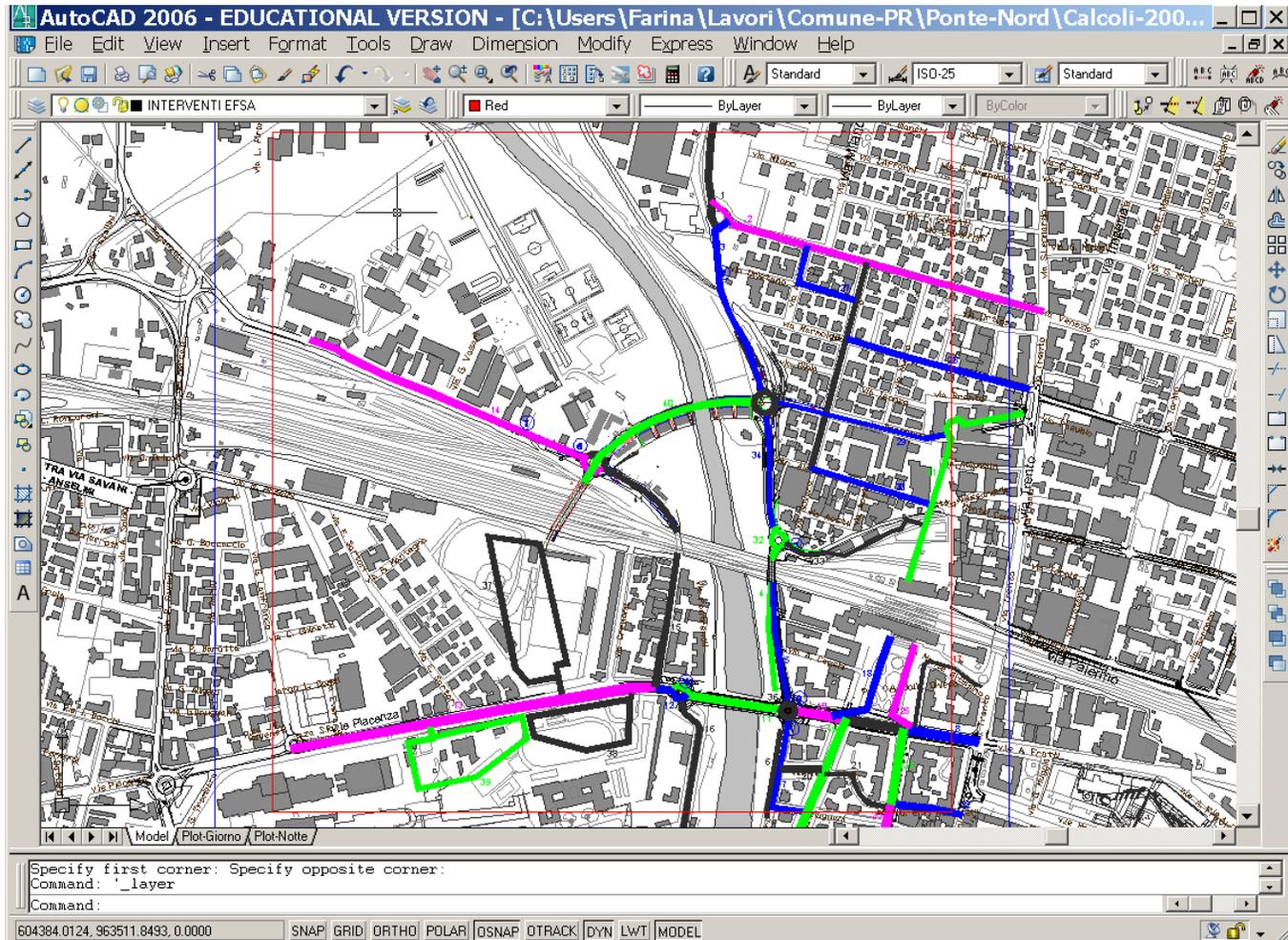
# Funzionalità di CITYMAP



CITYMAP legge un file geometrico in formato DXF, assegna i flussi veicolari, legge il data-base dei SEL di emissione, legge i files di descrizione delle sorgenti sonore concentrate e industriali, ed elabora una mappatura su una griglia regolare di recettori, salvandola in formato GRD, che viene poi post-processato da Surfer

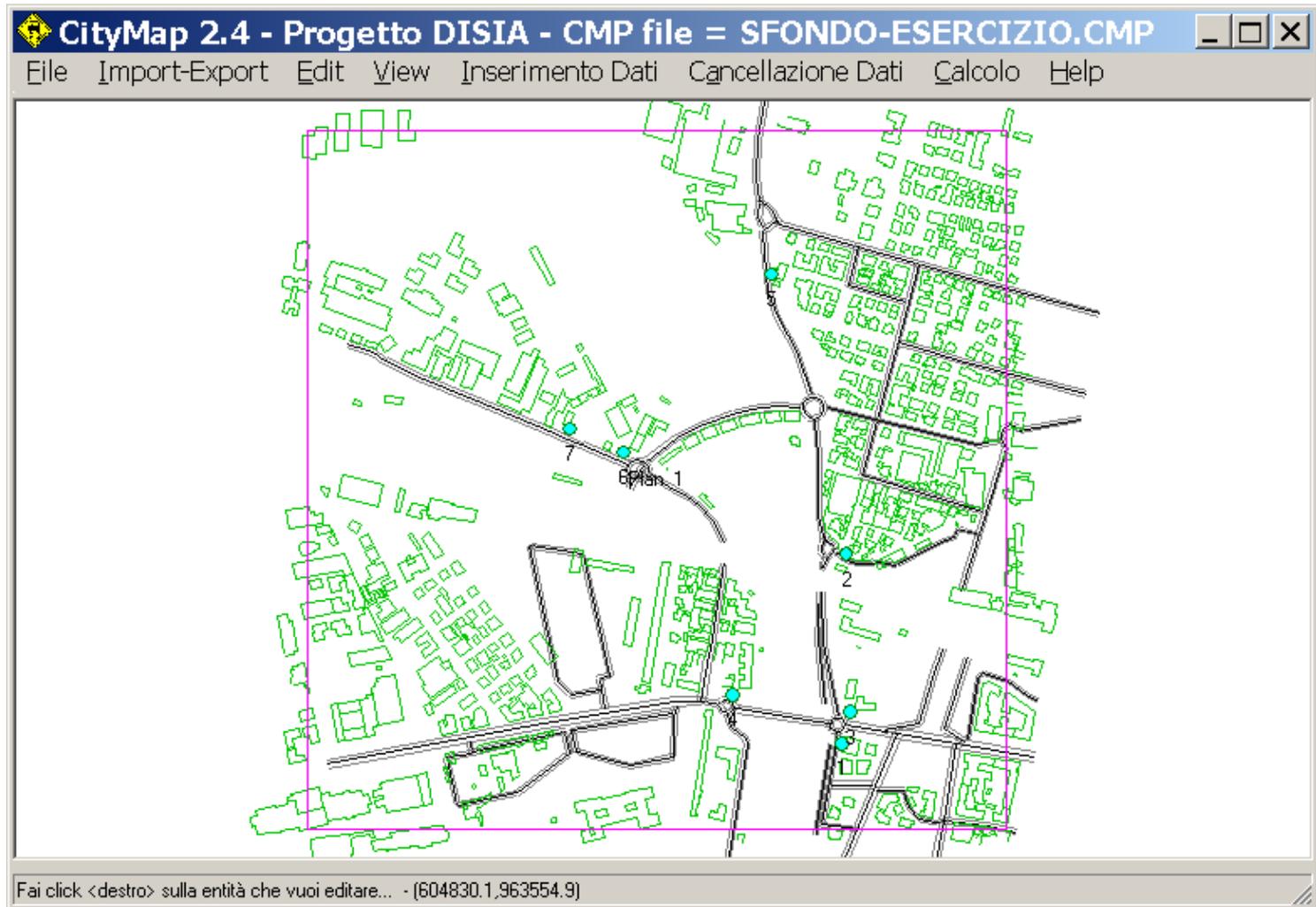
# Preparazione della geometria in AutoCAD

- Le entità “acustiche” sono 3DPOLY sui layers STRADE, BINARI, CASE, BARRIERE



# Importazione in CITYMAP del file DXF

- Si può scegliere quali entità importare, e se “appenderle” a quelle già caricate o sovrascriverle



# Assegnazione dei flussi stradali e ferroviari

- Clickando su ciascuna entità, compare una finestra che consente di assegnare i dati di traffico

**Editazione dati traffico stradale**

Selezione Tratto Stradale

Tratto n.  Nome:

Preced. Success. Fine

Leq.7.5m (G/N)    Fisso  Calcola

Proprietà

Tipo di Pavimentazione	1-Asfalto Liscio
Pendenza (%. +   -)	0-5%
hmed edifici lato Sinistro	0.
hmed edifici lato Destro	0.

Traffico diurno complessivo

	Num.	Velocità
N.autovetture (V1)	16807	C6-(70-90 km/h)
N.camion 2 assi (V2)		C1-(0-30 km/h) acc.
N.camion 3 assi (V3)	1768	C6-(70-90 km/h)
N.TIR (V4)		C1-(0-30 km/h) acc.
N.motocicli (V5)		C1-(0-30 km/h) acc.

Traffico notturno complessivo

	Num.	Velocità
N.autovetture (V1)	1627	C6-(70-90 km/h)
N.camion 2 assi (V2)		C1-(0-30 km/h) acc.
N.camion 3 assi (V3)	119	C6-(70-90 km/h)
N.TIR (V4)		C1-(0-30 km/h) acc.
N.motocicli (V5)		C1-(0-30 km/h) acc.

Imposta automaticamente i dati della strada precedente

Cat.A - Autostrada	Cat.B - Extraurb. princ.
Cat.C - Extraurb. sec.	Cat.D - Urbana scorr.
Cat.E - Urbana quart.	Cat.F - Locale

**Editazione dati traffico ferroviario**

Selezione Tratto Ferroviario

Tratto n.  Nome:

Preced. Success. Fine

Leq.7.5m (G/N)    Fisso  Calcola

Proprietà

Tipo di Armamento	1-Bin. cont. saldato su ballast
hmed edifici lato Sinistro	0.
hmed edifici lato Destro	0.

Traffico diurno complessivo

	Num.	Lungh.	Velocità
tr.merci (V1)			C1-(0-60 km/h)
tr.pass. locali (V2)	12	19	C2-(60-90 km/h)
tr.pass. l.perc. (V3)			C1-(0-60 km/h)

Traffico notturno complessivo

	Num.	Lungh.	Velocità
tr.merci (V1)			C1-(0-60 km/h)
tr.pass. locali (V2)	1	18	C2-(60-90 km/h)
tr.pass. l.perc. (V3)			C1-(0-60 km/h)

Imposta automaticamente i dati del binario precedente

**Editazione dati sorgenti concentrate**

Sorgente n.

Preced. Success. Fine Editazione

Nome:  ...

# Effettuazione del calcolo per punti

- E' possibile eseguire rapidamente il calcolo in un ridotto numeri di punti (entità CIRCLE sul layer PUNTI)

**Calcolo per Punti**

X ,	Y ,	Z ,	Leq
604964.79,	962752.99,	5.00,	66.3
604970.69,	963022.85,	1.50,	47.8
604976.17,	962797.45,	4.00,	68.5
604808.74,	962822.13,	4.00,	71.0
604863.32,	963423.59,	4.00,	71.9
604653.02,	963169.25,	4.00,	63.3
604575.16,	963202.95,	4.00,	60.0

Scelta del tipo di punti

Utilizzo le entità "PUNTI" già definite all'atto dell'importazione DXF - Punti

Utilizzo le entità "RECEIVERS" già definite all'atto dell'importazione DXF - Disiapyr

Opzioni di Calcolo

Periodo Diurno  Calcolo della diffrazione su ostacoli (case, barriere)

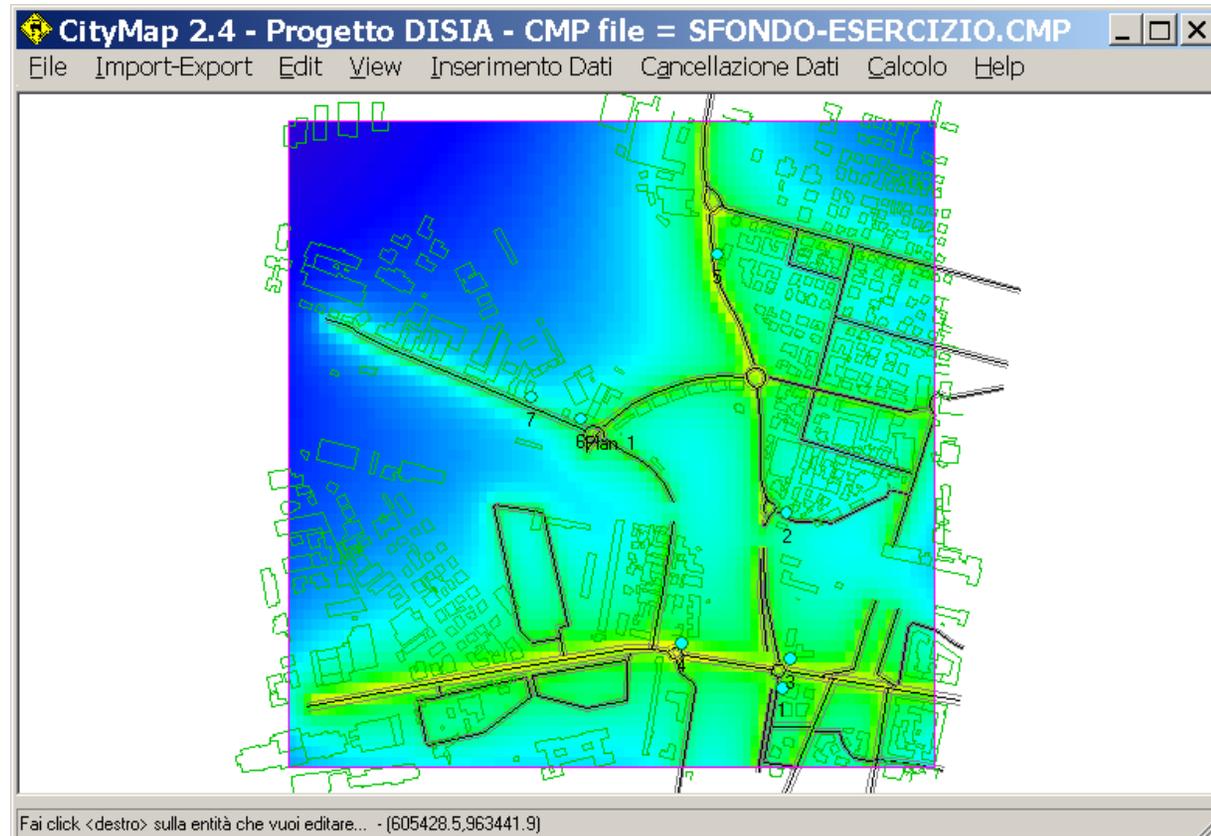
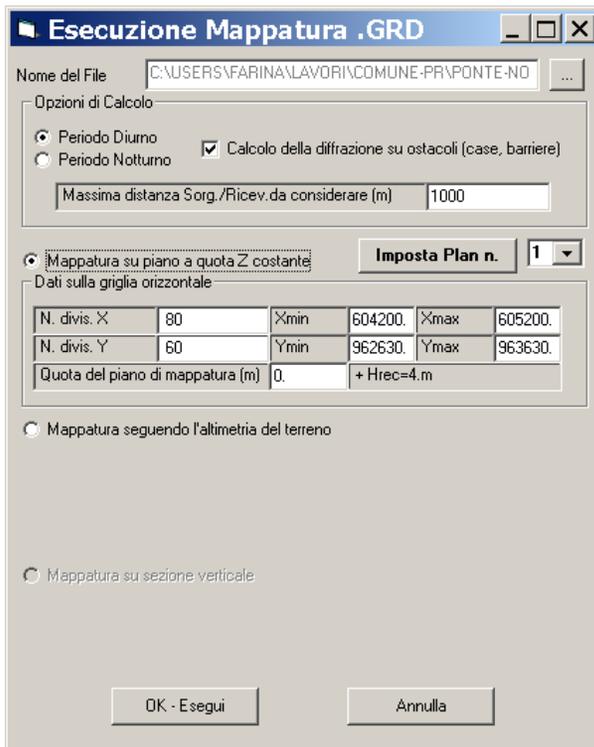
Periodo Notturno

Max dist. Sorg./Ricev. da considerare (m)

Calcola OK - Chiudi Copia su Appunti Salva ...

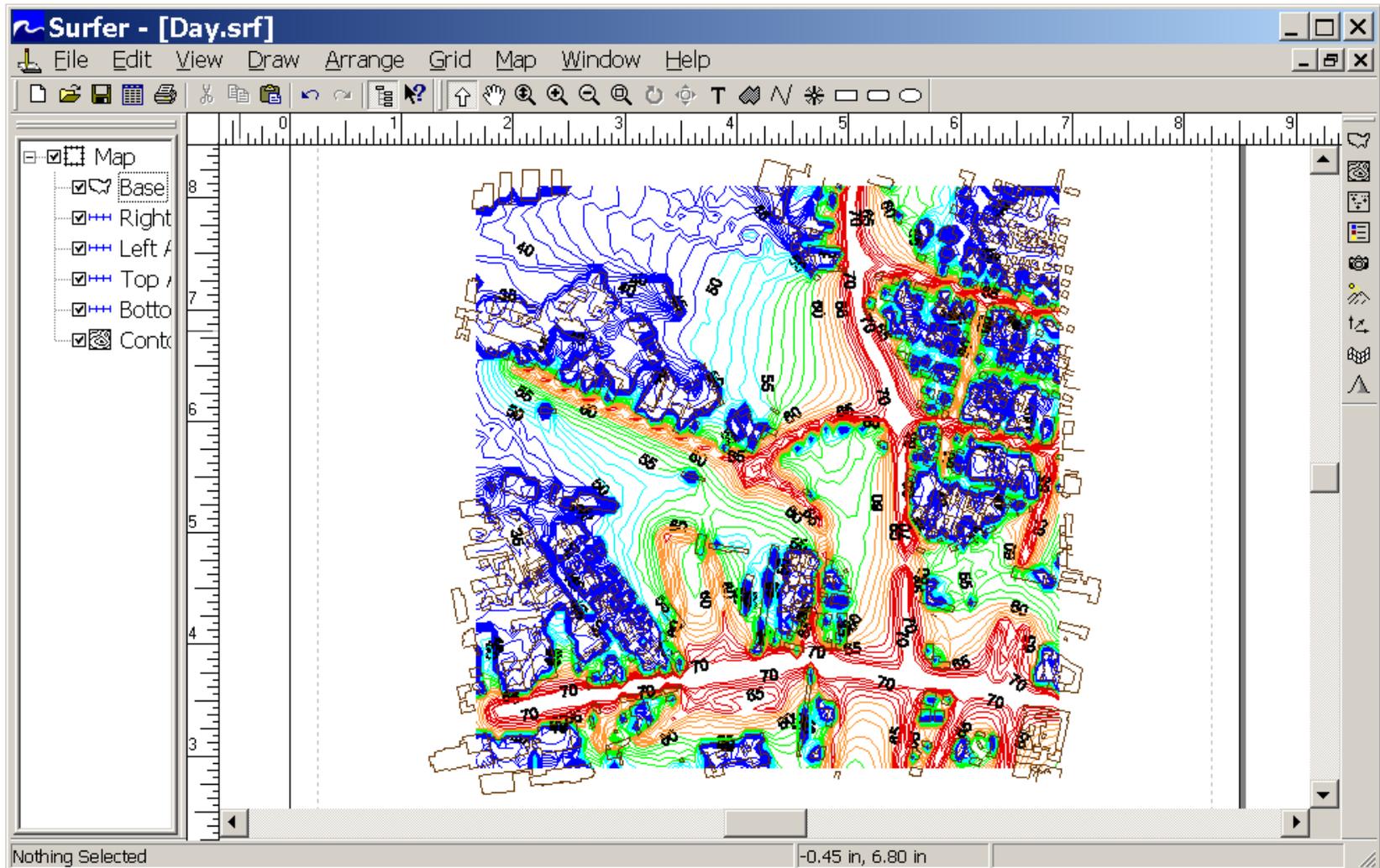
# Effettuazione della mappatura

- E' possibile eseguire il calcolo su una griglia regolare di ricettori, posti su un piano o su una sezione verticale



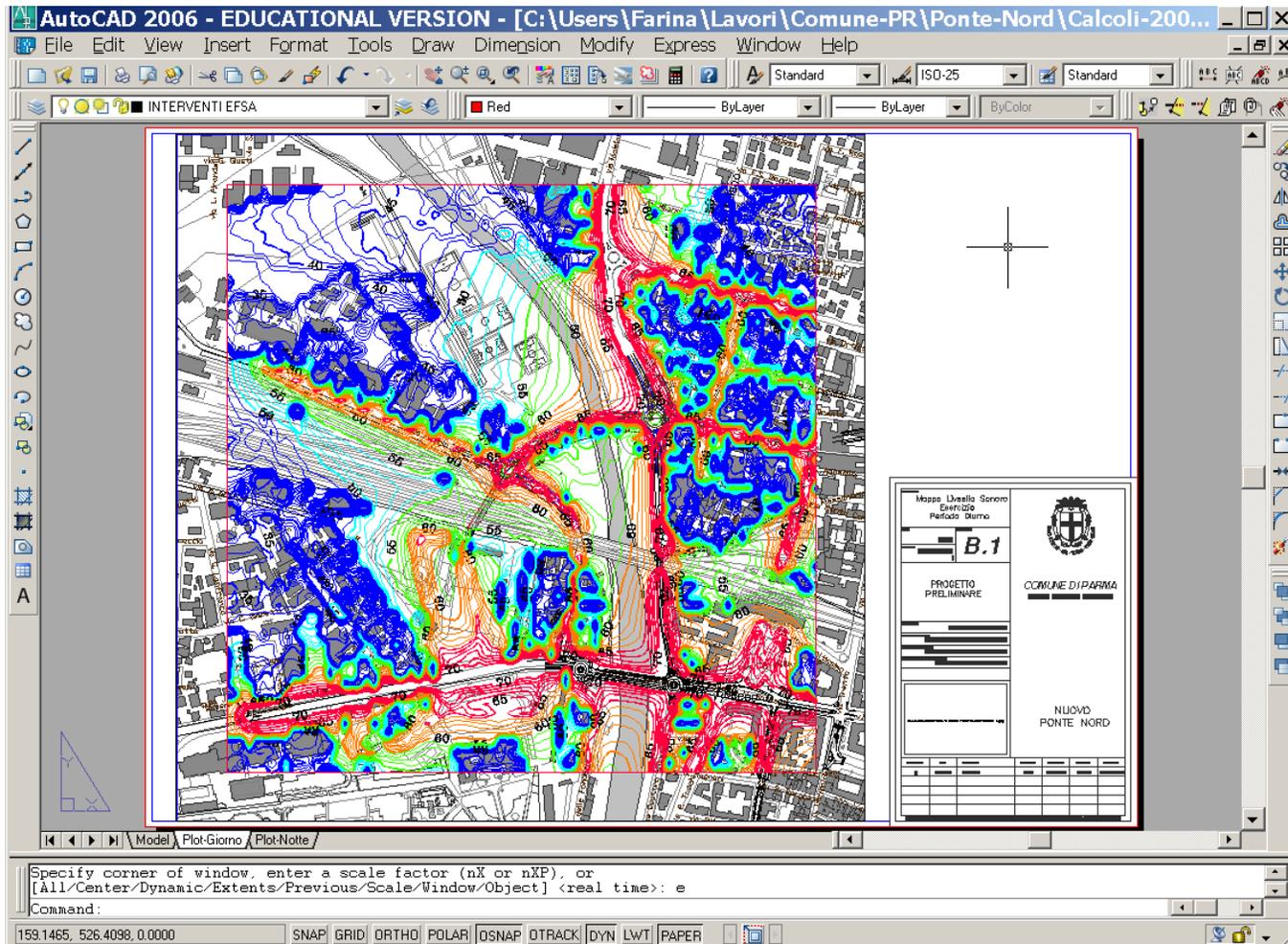
# Post-elaborazione con Surfer

- Surfer trasforma il file GRD prodotto da Citymap in una mappa isolivello a colori



# Da Surfer ad AutoCAD

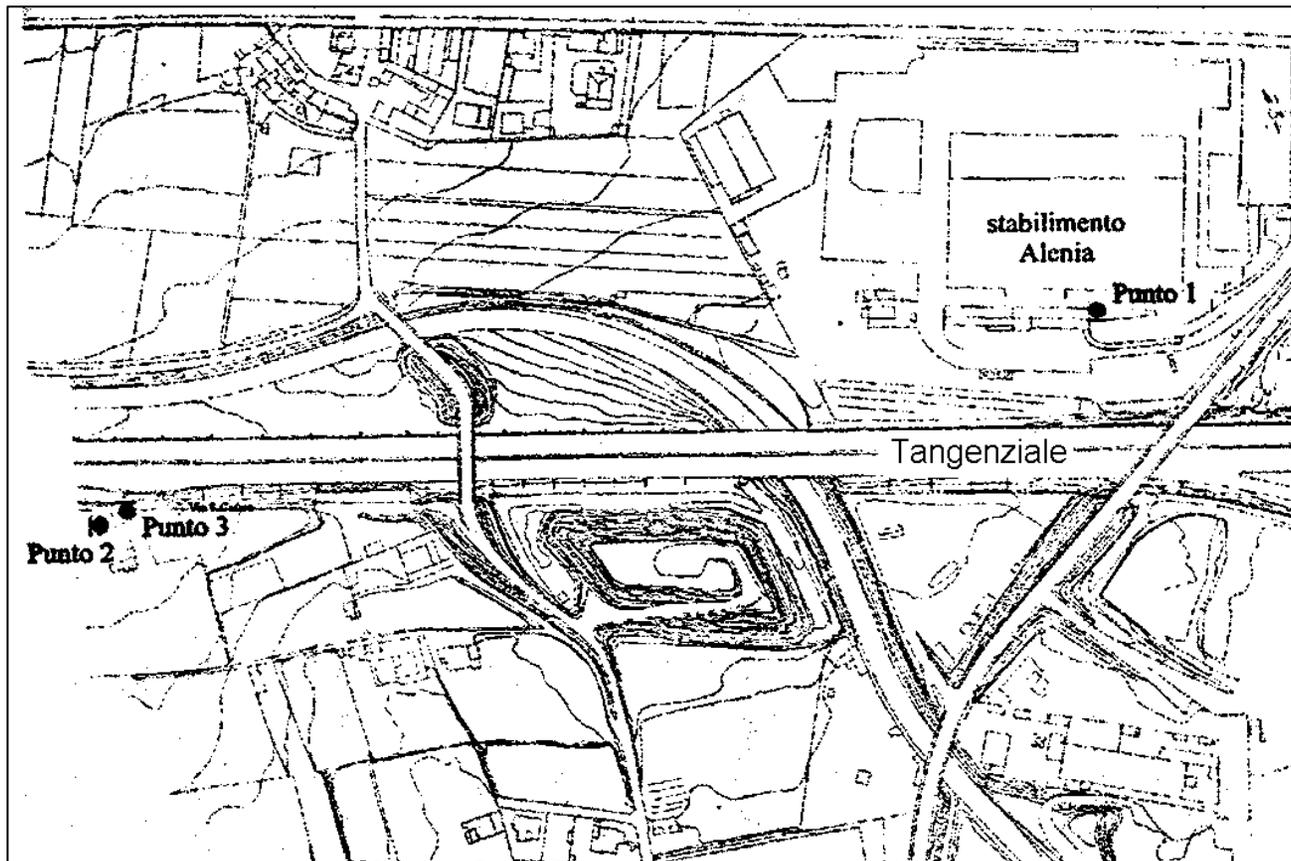
- Si importa infine la mappatura isolivello Surfer sul disegno AutoCAD originale



# Verifica accuratezza CITYMAP

- Area urbana prospiciente la tangenziale (Napoli Est)

Punto n.	1	2	3
$L_{eq}$ sperimentale	68.1	74.2	71.0
$L_{eq}$ calcolato	73	77	74



# Verifica accuratezza CITYMAP

- Area urbana prospiciente via
- Foria (Napoli)

Punto n.	1	2	3
$L_{eq}$ sperimentale	64.3	68.1	71.3
$L_{eq}$ calcolato	61	68	69

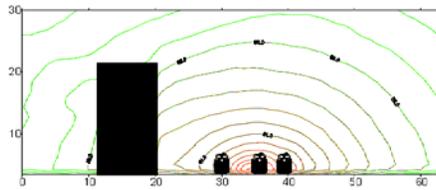


# Verifica accuratezza CITYMAP

Taratura del modello di simulazione numerica per l'esame del clima acustico urbano in dettaglio

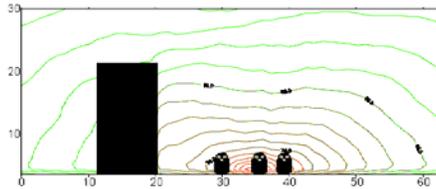
- **Mestre**

Proiezione in sezione del curve isofoniche nel caso in esame



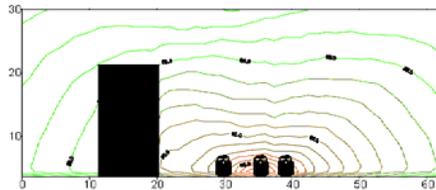
Evoluzione del segnale in una sezione tipica

Frequenza  $f = 63$  Hz



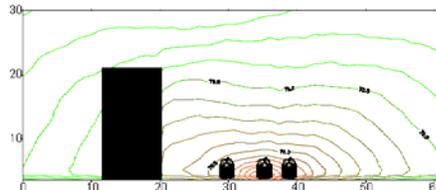
Evoluzione del segnale in una sezione tipica

Frequenza  $f = 1000$  Hz



Evoluzione del segnale in una sezione tipica

Frequenza  $f = 8000$  Hz



Evoluzione del segnale in una sezione tipica

Livello globale ponderato "A"

**Città di Mestre**

**Punto P5  
Cabina B**

**Leq misurato = 74.9 dB(A)**

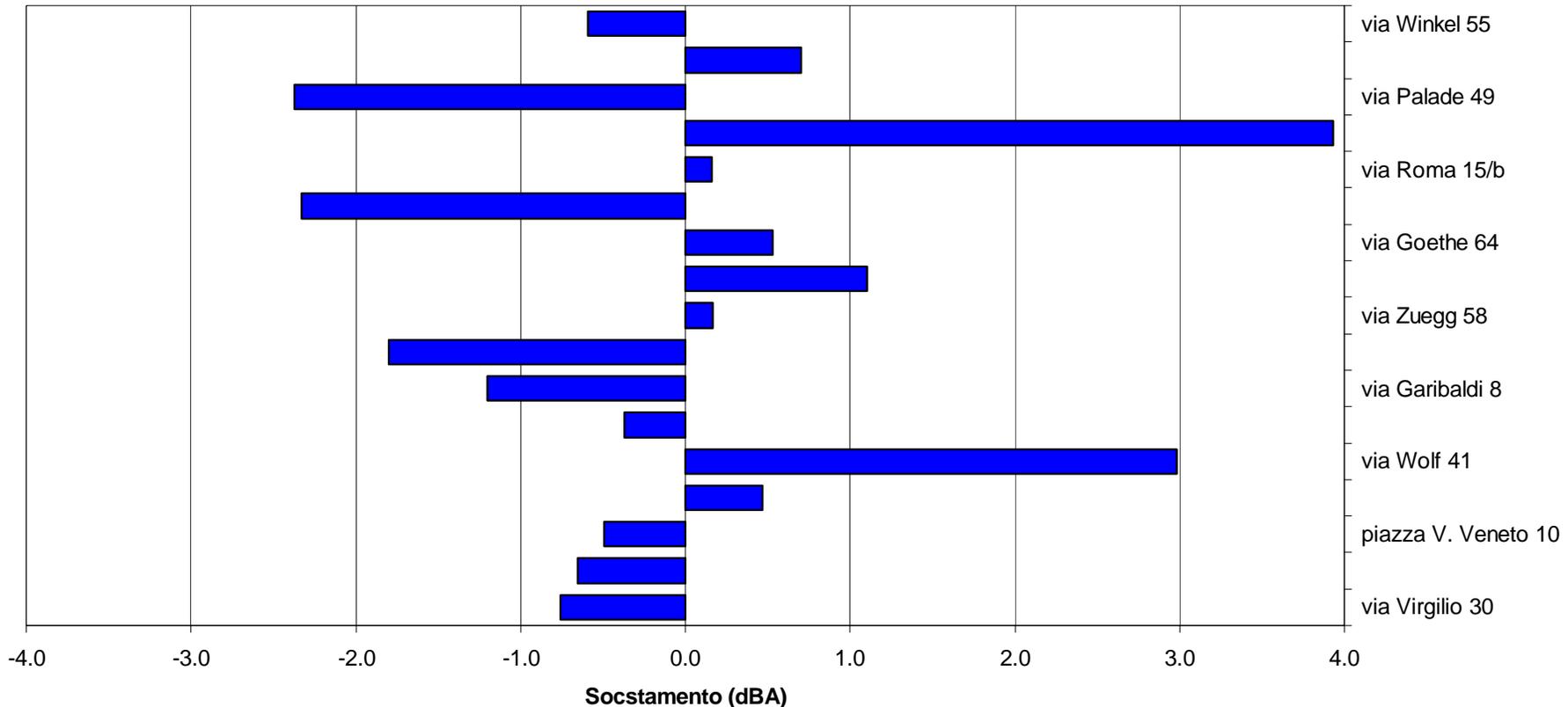
**Leq calcolato = 75.6 dB(A)**

**RESTITUZIONE GRAFICA DEI LIVELLI SONORI SUL TERRITORIO**

# Verifica accuratezza CITYMAP

- Merano, dopo taratura “al ribasso” di 5 dB(A) per le autovetture e 3 dB(A) per i mezzi pesanti

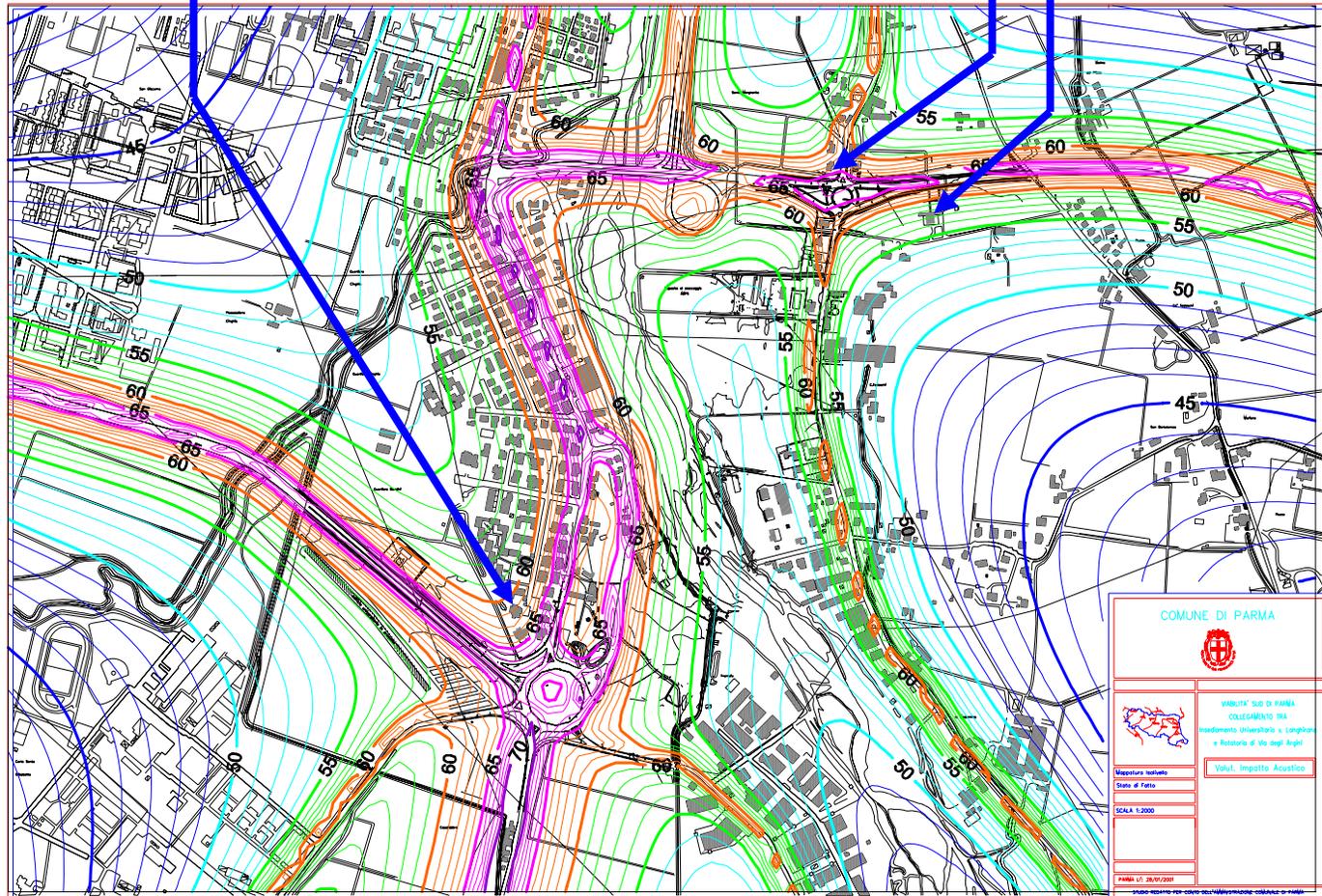
Scostamenti programma-misura dopo la taratura nei punti di rilievo principali



# Verifica accuratezza CITYMAP

- **Parma**  
**(ritarato**  
**con**  
**riduzione**  
**del SEL di**  
**3 dB(A)**

Punto	Misurato.	Calcolato	
n.	Luogo	Leq,Night	Leq,Night
1	Villa sig.ra Maestri	54.4	54.3
2	Villetta sig. Spotti	56.2	55.8
10	V. Tonani 39, SW	54.0	53.9



# Conclusioni

- CITYMAP è un programma di semplice utilizzo, che richiede pochissimi dati in ingresso, e consente di ottenere mappature isolivello con ottimo dettaglio grafico ed errore contenuto
- La natura “aperta” del software consente di modificare agevolmente i files dati (sono tutti files di testo) e di ritrarre conseguentemente il programma a fronte di rilievi fonometrici
- L’evoluzione del parco circolante e la modifica delle caratteristiche tecniche delle infrastrutture vengono gestite molto semplicemente mediante l’aggiornamento del data-base di emissione, che è separato dal programma di calcolo propriamente detto