

## **D2 Componente Areale**

## Traffico veicolare: componente emissioni areali

Le emissioni da traffico riguardano le emissioni nei centri abitati e vengono stimate a partire dalla composizione del parco immatricolato e dalle percorrenze medie annue dei veicoli.

Le emissioni areali sono state distinte in emissioni allo scarico ed emissioni evaporative.

Le emissioni allo scarico sono calcolate in funzione della “percorrenza media annua” di ogni Comune, della composizione del parco immatricolato e dalle caratteristiche dei veicoli e della velocità media.

Non essendo possibile conoscere la percorrenza media annua e la velocità media per ogni Comune, queste possono essere stimate sulla base delle informazioni disponibili per uno o più Comuni, che vengono individuati come Comuni di riferimento.

Le emissioni evaporative sono calcolate solamente per i veicoli a benzina e dipendono dal tipo di serbatoi di cui sono dotati i veicoli. Di norma sono distinte in diurne, Hot/Warm Soak e perdite in movimento.

In questo documento sono descritti nel dettaglio gli algoritmi di calcolo implementati per la stima della componente diffusa del traffico veicolare.

### Calcolo delle emissioni diffuse allo scarico

L'algoritmo generale di calcolo delle emissioni allo scarico è del tipo:

$$E \text{ [ton/ora]} = \Sigma [\text{Percorrenza}] \cdot [\text{Fattore di emissione a Caldo}] \cdot [\text{Fattore correttivo per le emissioni a freddo}] \quad (13)$$

#### CALCOLO DELLA PERCORRENZA DEI VEICOLI

La percorrenza dei veicoli viene stimata in base alla “percorrenza media annua” di ogni Comune, alla composizione del parco immatricolato ed alle caratteristiche dei veicoli.

Non essendo possibile conoscere la percorrenza media annua di ogni Comune, questa può essere stimata sulla base delle informazioni disponibili per uno o più Comuni, che vengono individuati come Comuni di riferimento.

Il calcolo della percorrenza viene quindi stimato secondo la relazione:

$$\text{Percorrenza} = P_C \frac{NV \cdot P_M}{\sum (NV \cdot P_M)} \cdot FP \quad (14)$$

dove:

$$P_C = P_{CR} \cdot \frac{\text{residenti}_C}{\text{residenti}_{CR}} \quad (15)$$

$P_{CR}$  : percorrenza del comune di riferimento<sup>1</sup>;

$\text{residenti}_C$  : popolazione residente nel comune;

$\text{residenti}_{CR}$  : popolazione del comune di riferimento

$FP$  : Frazione di percorrenza, ripartisce per ogni settore COPERT, classe di comune ed eventuali sottoclassi di ripartizione del comune la percorrenza calcolata nei profili temporali considerati (stagione, tipo di giorno<sup>2</sup> ed ora)

<sup>1</sup> I comuni possono essere suddivisi in classi, caratterizzate dalla popolazione residente. Per i comuni maggiori, o comuni di cui si abbiano dati più dettagliati, è inoltre possibile introdurre un'ulteriore suddivisione in sottoclassi (ad es. centro storico e periferia).

<sup>2</sup> Il calcolo delle emissioni da traffico viene in generale effettuato per tre tipo di giorno: feriale, prefestivo e festivo.

**NV** : numero di veicoli circolanti nel comune; è definito per *anno* di censimento, *comune* e *tipo di veicolo*. La sommatoria va effettuata per numero di veicoli appartenenti al settore COPERT.

**P<sub>M</sub>** : percorrenza media annua, questo parametro è in funzione del *tipo di veicolo* e definisce un ulteriore criterio di distinzione delle percorrenze in funzione della motorizzazione.

#### FATTORE DI EMISSIONE A CALDO

I fattori di emissione sono stati espressi nella forma:

$$\text{Fattore di emissione a Caldo} = a + b \cdot V + c \cdot (V^2) + d \cdot (V^e) + f \cdot \ln(V) + g \cdot \exp(h \cdot V) \quad (16)$$

valida nell'intervallo di V: [Vmin..Vmax]

dove:

**a,b,c,d,e,f,g,h,Vmin,Vmax** : parametri definiti per ogni Tipo di veicolo ed ogni Inquinante

**V** : velocità media, definita per ogni settore CORINAIR, eventuale classe e sottoclasse di comune, stagione, tipo di giorno, ed ora.

Per la definizione del fattore di emissione dell'anidride carbonica si è utilizzata la relazione ricavata dalla reazione stechiometrica:

$$\text{Massa di CO}_2 = 44.011 (\text{massa di combustibile}/(12.011 + 1.008 \cdot r_{H/C}))$$

dove  $r_{H/C}$  è il rapporto tra gli atomi di idrogeno e di carbonio nel combustibile.

#### FATTORE CORRETTIVO PER LE EMISSIONI A FREDDO<sup>3</sup>

Le emissioni dei veicoli con temperatura inferiore alla temperatura di regime subiscono un incremento; l'effetto di tale incremento viene considerato mediante un fattore correttivo definito come:

$$\text{Fattore correttivo per le emissioni a freddo} = 1 + \beta (R_{FC} - 1) \quad (17)$$

dove :

**$\beta$**  : Frazione di veicoli circolanti con motore freddo è calcolata in base alla relazione:

$$\beta = 0.6474 - 0.025 \cdot S_M - (0.00974 - 0.000385 \cdot S_M) \cdot T_M \quad (18)$$

dove:

**S<sub>M</sub>** : lunghezza dello spostamento medio (km), (può essere definita per eventuali classi e sottoclassi di comuni)

**T<sub>M</sub>** : temperatura media mensile, definita per ogni *classe climatica* ed ogni *stagione*

**R<sub>FC</sub>** : rapporto di emissione Freddo/Caldo definito dalla relazione:

$$FC1 - FC2 \cdot T_M \quad (19)$$

dove:

**FC1 e FC2**: parametri definiti per ogni tipo di veicolo ed ogni Inquinante

#### Calcolo delle emissioni diffuse evaporative

<sup>3</sup> Il motore viene, per convenzione, considerato "freddo" se la temperatura del fluido di raffreddamento è inferiore ai 70 °C.

Le emissioni evaporative sono divise in tre tipi: Diurne, Hot/Warm Soak e perdite in movimento.

Esse dipendono dal tipo di veicolo e dal combustibile utilizzato: devono essere calcolate solo per i veicoli a benzina, data la maggiore volatilità di questo combustibile. Le emissioni dei motocicli sono stimate utilizzando la stessa metodologia di calcolo, ma considerando un fattore riduttivo che tenga conto delle minori dimensioni del serbatoio. Per semplificare le procedure di calcolo si è quindi introdotto un fattore moltiplicativo (ME) associato al tipo di veicolo di valore 1 per i veicoli a benzina, 0 per i veicoli che utilizzano un altro combustibile, 0,4 per i motocicli e 0,2 per i ciclomotori.

Rispetto alla metodologia COPERT è stata inoltre introdotta la possibilità di modulare le emissioni diurne e le emissioni Hot/Warm Soak nell'arco della giornata.

#### **EMISSIONI DIFFUSE EVAPORATIVE DIURNE**

Sono definite su scala oraria dalla relazione:

$$NV \cdot FE_{diurne} \cdot FrazO_{diurne} \cdot f_c \cdot ME \quad (20)$$

dove:

**NV** : numero di veicoli che risultano immatricolati nell'anno di riferimento, eventuale classe di comune e tipo di veicolo.

**FE<sub>diurne</sub>** : fattore di emissione diurne, definito dalla relazione:

$$9.1 \cdot \exp(0.0158(RVP-61.2) + 0.0574(t_{a,min} - 22.5) + 0.0614(t_{a,rise} - 11.7)) \quad (21)$$

con

**RVP** : tensione di vapore del combustibile [kPa], ne caratterizza la volatilità, viene definito per *anno*, *tipo di combustibile*, e *stagione*<sup>4</sup>.

**ta,min, ta,rise** : temperatura minima ed escursione termica giornaliera definite per *fascia climatica* e *stagione*.

**f<sub>c</sub>** : fattore riduttivo per i veicoli dotati di canister al carbone attivo per il controllo delle emissioni evaporative; = 0.2 per i veicoli dotati di canister, = 1 per gli altri.

**FrazO<sub>diurne</sub>** : frazione oraria diurne, specifica il profilo temporale giornaliero delle emissioni; è definita in funzione della stagione.

**ME** : fattore moltiplicatore evaporative

#### **EMISSIONI DIFFUSE EVAPORATIVE WARM/HOT SOAK**

Sono definite in generale su scala oraria dalla relazione:

$$(NV \cdot (1-q) \cdot [(1-\beta) \cdot x \cdot e_c^{hot} + \beta \cdot x \cdot e_c^{warm}]) + q \cdot e_{ie} \cdot Frazione\_oraria\_Hot\_Soak \cdot ME \quad (22)$$

dove:

**NV** : numero di veicoli;

**Q** : frazione di veicoli con iniezione elettronica;

**β** : frazione di veicoli circolanti con motore freddo definita dalla (18)

**x** : numero giornaliero di spostamenti valutato come:

$$x = \frac{Percorrenza\_Media}{365 \cdot spostamento\_medio} \quad (23)$$

Percorrenza\_Media: percorrenza media annua caratteristica del tipo di veicolo:

spostamento\_medio: lunghezza dello spostamento medio, (eventualmente definita per classe di comune).

**ME** : fattore moltiplicatore evaporative

<sup>4</sup> Vi è, in genere, una differenza tra le benzine commercializzate in estate e quelle distribuite in inverno.

**Frazione \_oraria\_ Hot\_Soak:** È definita per stagione e ora.

Per veicoli senza canister al carbone attivo di controllo delle emissioni evaporative:

$$e_c^{hot} = 3.0042 \cdot \exp(0.02 RVP) \quad (24)$$

$$e_c^{warm} = \exp(-1.644 + 0.01993 RVP + 0.07521 t_a) \quad (25)$$

$$e_{ie} = 0.7 \quad (26)$$

Per veicoli con canister al carbone attivo di controllo delle emissioni evaporative:

$$e_{c^{hot}} = 0.3 \cdot \exp(-2.41 + 0.02302 RVP + 0.09408 t_a) \quad (27)$$

$$e_{c^{warm}} = 0.2 \cdot \exp(-2.41 + 0.02302 RVP + 0.09408 t_a) \quad (28)$$

$$e_{ie} = 0 \quad (29)$$

dove:

**ta** : temperatura media giornaliera per classe climatica e stagione;  
**RVP** : tensione di vapore del combustibile [kPa].

#### **EMISSIONI DIFFUSE EVAPORATIVE IN MOVIMENTO**

Sono definite in generale in modo analogo alle emissioni allo scarico:

$$E = [Percorrenza] \cdot \{[\beta \cdot e_M^{warm}] + [(1-\beta) \cdot e_M^{hot}]\} \cdot f_c \cdot ME \quad (30)$$

dove:

**Percorrenza** : percorrenza oraria per tipo di veicolo definita dalla (14)  
**β** : frazione di veicoli circolanti con motore freddo definita dalla (18)

$$e_M^{hot} = 0.136 \cdot \exp(-5.967 + 0.04259 RVP + 0.1773 t_a) \quad (31)$$

$$e_M^{warm} = 0.1 \cdot \exp(-5.967 + 0.04259 RVP + 0.1773 t_a) \quad (32)$$

**RVP** : tensione di vapore del combustibile [kPa].  
**t<sub>a</sub>** : temperatura media giornaliera  
**f<sub>c</sub>** : fattore riduttivo per i veicoli dotati di canister al carbone attivo per il controllo delle emissioni evaporative; =0.1 per i veicoli dotati di canister, =1 per gli altri.  
**ME** : fattore moltiplicatore evaporative.