



ARPAT

Agenzia regionale
per la protezione ambientale
della Toscana

Indagine sociale sulle maleodoranze intorno all'Area Picchianti, Livorno

Analisi delle schede di rilevazione

Estensore:
Dott.ssa Silvia Maltagliati

Supervisore:
Dott. Antongiulio Barbaro

**Settore Modellistica previsionale
Area Vasta Toscana Centro**

Aprile 2012

Regione Toscana



INDICE

1	INDAGINE SOCIALE: INTRODUZIONE AI CONTENUTI	2
2	METODOLOGIA E STRUMENTI DI LAVORO	2
2.1	LA SCELTA DEI “RECETTORI”: L’INDIVIDUAZIONE DEI CITTADINI PARTECIPANTI VOLONTARI	2
2.2	LA SCHEDA DI REGISTRAZIONE DELLE PERCEZIONI OLFATTIVE	2
2.3	INTRODUZIONE ALLA “MATRICE RECETTORE”	3
2.3.1	<i>Conteggio dei rilievi e delle percezioni di ciascuna matrice recettore</i>	<i>4</i>
2.3.2	<i>Estensione dei conteggi all’intero periodo</i>	<i>4</i>
2.4	INTRODUZIONE ALLA “MATRICE MONITORAGGIO”	5
2.5	INTRODUZIONE ALLA “MATRICE ODORI”	6
2.6	DEFINIZIONE E CALCOLO DELL’INDICE DI PERCEZIONE	6
2.7	DEFINIZIONE DELLA “SIGNIFICATIVITÀ” E STIMA DELL’INTERVALLO DI VALIDITÀ.....	9
2.8	INTENSITÀ DEL DISTURBO OLFATTIVO: DEFINIZIONE DEI PESI, DEL PERIODO DI RIFERIMENTO, DEL LIVELLO DI SOGLIA	9
2.9	CORRELAZIONE TRA IMPATTO OLFATTIVO SU UN RECETTORE E SORGENTE DELLA SOSTANZA ODORIGENA.....	11
2.9.1	<i>Settore di percettibilità del recettore</i>	<i>11</i>
2.9.2	<i>Matrice incidenza.....</i>	<i>13</i>
2.9.3	<i>Indici di correlazione^{←S}</i>	<i>15</i>
2.9.4	<i>Indici relativi di correlazione^{←S}</i>	<i>15</i>
2.9.5	<i>Rose percettive_{RX}.....</i>	<i>17</i>
2.9.6	<i>Rose olfattive_{RX}</i>	<i>18</i>
3	ELABORAZIONE DEI DATI DELL’INDAGINE SOCIALE	19
3.1	ALCUNI COMMENTI SULLE MATRICI RECETTORE: MATRICI RETTIFICATE E/O RIDOTTE	19
3.2	CONTEGGI SULLE MATRICI RECETTORE E SULLA MATRICE MONITORAGGIO	20
3.3	CALCOLO DELL’INDICE DI PERCEZIONE E SUA VALUTAZIONE.....	21
3.3.1	<i>Indice di percezione (criterio 1).....</i>	<i>21</i>
3.3.2	<i>Indice di percezione relativo (criterio 2).....</i>	<i>22</i>
3.3.3	<i>Considerazioni preliminari sugli indici di percezione.....</i>	<i>23</i>
3.4	INTENSITÀ DEL DISTURBO	23
3.4.1	<i>Considerazioni preliminari sugli indici di intensità</i>	<i>26</i>
3.5	SETTORE DI PERCETTIBILITÀ DEI RECETTORI RISPETTO ALLA SORGENTE RARI	27
3.6	MATRICE INCIDENZA ^{←S} RISPETTO ALLA RARI E INDICI CORRELAZIONE ^{←S}	27
3.6.1	<i>Matrice di incidenza^{←S}.....</i>	<i>27</i>
3.6.2	<i>Indici di correlazione^{←S}</i>	<i>28</i>
3.6.3	<i>Indici relativi di correlazione^{←S}</i>	<i>28</i>
3.6.4	<i>Confronto tra le combinazioni a), b), c) e d) e considerazioni preliminari sugli indici di correlazione</i>	<i>29</i>
3.7	MATRICE INCIDENZA ^{←X} RISPETTO AD UNA SORGENTE IGNOTA	30
3.7.1	<i>Cluster.....</i>	<i>31</i>
3.7.2	<i>Rose percettive</i>	<i>32</i>
3.7.3	<i>Rose olfattive.....</i>	<i>32</i>
4	APPENDICE – TABELLE E FIGURE	34
5	BIBLIOGRAFIA.....	54

1 INDAGINE SOCIALE: INTRODUZIONE AI CONTENUTI

Il presente lavoro tratta i presupposti, gli strumenti di applicazione, la metodologia di elaborazione dei risultati e alcune possibili conclusioni di un'indagine sociale sul disturbo olfattivo percepito dalla popolazione di Livorno attorno all'Area Picchianti, sita nella zona settentrionale della città.

Il concetto di indagine sociale per la valutazione del disturbo olfattivo della popolazione ha la sua maggiore forza nella difficoltà di valutazione oggettiva, cioè tramite misure, di un fenomeno che è intrinsecamente soggettivo, cioè dipendente dalla sensibilità del recettore nell'istante della percezione, ed è inoltre causato da miscele di sostanze di varia composizione e quantità e solo in rari casi da sostanze specifiche e chimicamente definite. Anche l'unità di misura utilizzata per la misura della concentrazione di sostanza odorigena nel flusso di gas emessi da una sorgente, oppure in aria ambiente, è comunque basata sulla percezione umana.

L'indagine sociale si configura genericamente come una raccolta di percezioni olfattive (che recano disturbo) presso una popolazione che partecipa volontariamente all'iniziativa oppure presso un panel di persone selezionate e direttamente incaricate. I dati di percezione sono georeferenziati e associati ad altre informazioni, ad esempio l'orario, la tipologia di odore percepito, l'intensità secondo una scala predefinita, etc. I criteri generali su cui si basa la scelta delle informazioni da reperire, la loro organizzazione ed il livello di dettaglio sono largamente discussi in letteratura e diffusamente condivisi dagli operatori del settore [1].

Una presentazione generale dell'approccio è riportata nell'Allegato 3 delle "Linee guida per la caratterizzazione e l'autorizzazione delle emissioni gassose in atmosfera delle attività ad impatto odorigeno" (in seguito "Linee Guida") della Regione Lombardia, in cui si menzionano anche altri documenti di riferimento tecnico, ovvero le linee guida tedesche VDI 3883 [2] e VDI 3940 [3].

Nel presente lavoro si è fatto sostanziale riferimento ai documenti citati, tuttavia è stata attuata una procedura di raccolta dei dati specifica per il contesto di applicazione, tramite un'opportuna scheda di registrazione delle percezioni olfattive; inoltre è stata eseguita l'elaborazione di tali dati con una metodologia ibrida statistico-analitica basata sulla ricerca della correlazione tra le percezioni e la concentrazione di sostanze (odorigene) in atmosfera determinata dalle potenziali sorgenti presenti nell'area di indagine.

2 METODOLOGIA E STRUMENTI DI LAVORO

2.1 La scelta dei "recettori": l'individuazione dei cittadini partecipanti volontari

D'intesa con gli Enti locali proponenti è stata effettuata un'indagine basata sul coinvolgimento della cittadinanza interessata ai fenomeni di maleodoranza e/o disponibile.

Ai fini dell'elaborazione dei dati raccolti, di seguito presentata, ciascun cittadino partecipante volontariamente all'indagine sociale corrisponde ad un recettore individuato dalla posizione nell'area di studio, cioè dal luogo in cui avviene il rilievo e quindi la compilazione della scheda.

2.2 La scheda di registrazione delle percezioni olfattive

Si distinguono 3 "categorie" di disturbo olfattivo, in base alla rilevanza del disturbo stesso: odore debole, medio e intenso. Per la compilazione delle schede sono state indicate alcune convenzioni:

- ciascuna scheda è relativa ad 1 mese di monitoraggio ed è costituita da tante caselle quante sono le ore del mese;
- l'organizzazione della scheda prevede una riga di intestazione seguita da un numero di righe

pari al numero di giorni del mese, ciascuna essendo composta da 24 caselle, pari al numero di ore di un giorno;

- ciascuna casella corrisponde all'ora indicata nella riga di intestazione, intendendo che nella casella delle ore "5" si deve indicare il rilievo relativo al monitoraggio eseguito tra le ore 5 e le ore 6;
- il simbolo che indica l'assenza del recettore dal luogo deputato al monitoraggio (o la sua presenza in stato non di veglia) è X;
- il recettore presente nel luogo del monitoraggio (in condizione di veglia) segna rispettivamente: i) nessuna percezione di odore=0; ii) percezione di odore debole=1; iii) percezione di odore medio=2; iv) percezione di odore intenso=3;
- la scheda deve essere compilata autografa dal recettore in ciascuna parte per essere considerata valida ai fini dell'elaborazione;
- è stato suggerito di completare la scheda, nella seconda pagina, con commenti circa la qualità e tipologia dell'odore, di cui sono riportati in nota, nella scheda stessa, alcune indicazioni (sulla durata della percezione, sull'origine presunta dell'emissione, sulla tipologia di odore: fumo, bruciato, legna bruciata, gomma bruciata, plastica bruciata, caffè, vaniglia, resina, solventi, odore dolciastro, decomposizione, putrido, rancido, pesce marcio, fogna, urina, cavolo).

2.3 Introduzione alla "matrice recettore"

Ciascun recettore è descritto dalla "matrice recettore", in cui gli elementi hanno valore X, 0, 1, 2, 3, corrispondente alla scheda in cui ha registrato il monitoraggio orario (secondo il significato e le convenzioni fissate) per ciascun mese di durata dell'indagine sociale. Ad esempio:

$$m.recettore_{RX,mese} = \begin{pmatrix} X & 0 & & & \\ X & .. & & & \\ 0 & 1 & .. & 2 & \\ 0 & & & & 1 \end{pmatrix}$$

Eq. 2-1

Il numero totale di elementi nella matrice è pari al numero delle ore di ciascun mese: le righe corrispondono ai giorni del mese (28, 29, 30 o 31), le colonne alle ore (24) del giorno.

Ovviamente ci sono recettori che hanno compilato correttamente le schede ed altri che hanno omesso interi giorni o gruppi di ore. Rispetto a tale problematica si può decidere di rigettare la "matrice recettore" corrispondente, ovvero recuperarla operando alcune correzioni, secondo due modalità:

- elaborando una "matrice recettore rettificata" in cui gli elementi mancanti (cioè le ore omesse) sono considerati uguali a X. Questa rettifica implica che, laddove non è registrato alcun evento nella scheda, il recettore è assente dal luogo in cui avviene il monitoraggio. In tal modo non vengono alterati gli eventi in cui il recettore ha registrato la percezione di odore. E' chiaro che questa rettifica è accettabile nel caso in cui sia evidente che le registrazioni presenti nella scheda sono valide;
- limitando l'analisi ad una "matrice recettore ridotta" costituita da elementi corrispondenti solamente a percezioni olfattive (cioè gli elementi 1, 2 e 3). Questa soluzione si applica in quei casi in cui emerga una probabile confusione delle convenzioni fissate per gli elementi X e 0 (nel caso della presente indagine questa confusione si è riscontrata raramente).

In entrambi i casi (matrice rettificata o ridotta) è necessario identificarle durante l'elaborazione, ed eventualmente associarle ad un minor livello di affidabilità rispetto alle matrici complete.

Una riflessione a parte è utile per i recettori che non hanno partecipato, per vari motivi, all'intera durata dell'indagine sociale, ma, ad esempio, solo per un mese. In questi casi si può procedere costruendo la matrice rettificata (per il periodo di assenza dall'indagine) oppure limitarsi alle valutazioni relative al periodo di presenza.

2.3.1 Conteggio dei rilievi e delle percezioni di ciascuna matrice recettore

La prima analisi che può riassumere e chiarire il significato di questa indagine è indubbiamente il conteggio degli eventi in cui ciascun recettore ha percepito il disturbo olfattivo e la numerosità rispetto alla permanenza del recettore nel luogo in cui effettua il monitoraggio. Quindi, anche in base alle considerazioni appena esposte, le informazioni preliminari che si traggono da ciascuna matrice recettore derivano dal conteggio degli elementi suddivisi in base al loro significato. Poiché la matrice recettore è relativa ad 1 mese, i conteggi sono i seguenti:

1) ore totali di rilievo in ciascuna "matrice recettore", dove si intende per "rilievo" qualunque elemento della "matrice recettore" diverso da X:

$$conteggio_rilievo_{RX,mese} = \sum_{i=1}^{Nore(mese)} [m.recettore_{RX,mese}(i) \neq X]$$

Eq. 2-2

2) ore totali di percezione in ciascun mese, dove si intende per "percezione" un rilievo positivo, cioè 1, 2 o 3:

$$conteggio_percezione_{RX,mese} = \sum_{i=1}^{Nore(mese)} [m.recettore_{RX,mese}(i) > 0]$$

Eq. 2-3

2.3.2 Estensione dei conteggi all'intero periodo

L'intero periodo di svolgimento dell'indagine sociale, per ciascun recettore, è semplicemente riassunto nella corrispondente matrice. Ad esempio:

$$m.recettore_{RX,periodo} = \begin{pmatrix} X & 0 & & & \\ X & .. & & & \\ 0 & 1 & .. & 2 & \\ 0 & & & & 1 \end{pmatrix}$$

Eq. 2-4

I conteggi introdotti nel paragrafo precedente sono:

$$conteggio_rilievo_{RX,periodo} = \sum_{i=1}^{Nore(periodo)} [m.recettore_{RX,periodo}(i) \neq X]$$

Eq. 2-5

$$conteggio_percezione_{RX, periodo} = \sum_{i=1}^{Nore(periodo)} [m.recettore_{RX, periodo}(i) > 0]$$

Eq. 2-6

2.4 Introduzione alla “matrice monitoraggio”

La suddivisione in mesi, utilizzata nella definizione della matrice recettore, può in generale non essere corretta, ad esempio nel caso di indagine sociale svolta nell’arco di molti mesi e per pochi giorni al mese. Inoltre può essere utile considerare l’intero risultato del monitoraggio di tutti i recettori e quindi introdurre la “matrice monitoraggio” che riassume tutte le registrazioni per l’intero periodo di durata dell’indagine sociale. Per questioni di utilità nei successivi calcoli, è stata strutturata ad esempio come segue:

$$m.monitoraggio_{periodo} = \left(\begin{array}{c} \overbrace{\begin{matrix} X & X \\ X & . & . & . \\ 0 & . & . & . \\ 3 & . & . & . \\ 1 & & & 0 \end{matrix}}^{\text{recettori}} \\ \left. \vphantom{\begin{matrix} X & X \\ X & . & . & . \\ 0 & . & . & . \\ 3 & . & . & . \\ 1 & & & 0 \end{matrix}} \right\} \text{ore di monitoraggio} \end{array} \right)$$

Eq. 2-7

In questo caso il numero di righe corrisponde alle ore totali in cui è stata effettuata l’indagine e le colonne corrispondono, in numero ed ordine, ai recettori. In questa struttura si deve comunque supporre che ciascuna registrazione sia corrispondente ad una certa ora.¹

Il numero totale di ore di rilievi e di percezione dell’intera indagine diventa:

$$conteggio_rilievi_{periodo} = \sum_{i=1}^{Nore(periodo)} [m.monitoraggio(i) \neq X]$$

$$conteggio_percezione_{periodo} = \sum_{i=1}^{Nore(periodo)} [m.monitoraggio(i) > 0]$$

Eq. 2-8

¹ E’ovviamente possibile concepire anche una registrazione sub-oraria, ma per non complicare le notazioni con inutili generalizzazioni ci si attiene alle caratteristiche dell’indagine svolta.

2.5 Introduzione alla “matrice odori”

Le schede consegnate ai partecipanti all’indagine sociale sono composte, come detto al § 2.2, anche da un contributo descrittivo della tipologia dell’odore, da inserire preferibilmente a scelta tra alcuni odori caratteristici che sono suggeriti in una nota della scheda stessa. Sulla base delle indicazioni dei recettori è possibile riassumere queste informazioni in una matrice complessiva, “matrice odori”, che ha la medesima struttura della “matrice monitoraggio” e gli elementi sono le tipologie di odore segnalate, in corrispondenza di ciascuna percezione.

Poiché è possibile che venga indicata una tipologia di odore per un intervallo di ore o giorni ovvero più tipologie senza un preciso riferimento temporale, si è ritenuto opportuno poter attribuire fino a 3 tipologie di odore contemporaneamente per tutte le ore a cui sono attribuite. Dal punto di vista operativo si è scelto di far corrispondere ciascuna tipologia di odore ad una lettera dell’alfabeto, in particolare l’odore generico corrisponde alla lettera “J”, e di comporre una matrice i cui elementi sono stringhe di 3 caratteri che indicano ovviamente le tipologie di odore registrate (quindi, nel caso non sia stata scritta alcuna nota, l’elemento della matrice sarà “JJJ”, odore generico). Sia i rilievi nulli sia le assenze non sono in alcun modo utili per l’elaborazione dei dati sulla tipologia dell’odore e quindi possono essere eliminati gli elementi corrispondenti o posti pari a “0”. La “matrice odori” così composta ha, ad esempio, la seguente struttura:

$$m.odori_{periodo} = \left(\begin{array}{c} \overbrace{\begin{array}{ccc} 0 & 0 & \\ RRF & . & . & . \\ 0 & . & . & . \\ JJA & . & . & . & . \\ EDD & DDD & & & JJJ \end{array}}^{recettori} \\ \end{array} \right) \left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \\ \\ \end{array} \right\} \text{ore di monitoraggio}$$

Eq. 2-9

Di questa matrice può dare qualche indicazione il numero totale di ore in cui una determinata tipologia di odore è stata percepita, soprattutto se viene riconosciuto che la tipologia corrisponde ad una precisa sorgente presente nell’area:

$$conteggio_odore_{tipologia, periodo} = \sum_{i=1}^{Nore(periodo)} [m.odori_{periodo}(i) = tipologia]$$

Eq. 2-10

2.6 Definizione e calcolo dell’indice di percezione

Seguendo le indicazioni delle “Linee guida” della Regione Lombardia, l’indice di percezione, in base a cui stabilire se il disturbo olfattivo richiede interventi sulle attività che lo determinano, per ogni mese di monitoraggio è dato da:

$$indice - percezione_{RX, mese} \% = \frac{conteggio_percezione_{RX, mese}}{Nore(mese)} \times 100$$

Eq. 2-11

mentre per l'intero periodo di durata dell'indagine sociale è dato da:

$$indice - percezione_{RX, periodo} \% = \frac{conteggio_percezione_{RX, periodo}}{Nore(periodo)} \times 100$$

Eq. 2-12

Secondo le "Linee guida" il disturbo olfattivo sussiste se l'indice di percezione è $> 2\%$, inteso come percentuale di "...ore in cui il disturbo risulta essere stato percepito...": si rende necessario un approfondimento della problematica "...quando le ore di percezione di odore nell'area, derivanti dalla somma dei tempi ascrivibili agli eventi validati, siano superiori al 2% del periodo di monitoraggio...". Anche secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità [4] viene individuata la soglia pari al 2% per l'indice di percezione², che non deve essere superato per più del 5% della popolazione.

In definitiva, quindi, si considera che il disturbo olfattivo sussiste ed è rilevante se per almeno il 5% dei recettori che hanno partecipato con continuità all'intera durata dell'indagine sociale si verifica che:

$$indice - percezione_{RX, periodo} \% > 2\%$$

Eq. 2-13

Riguardo a questo indice si deve tuttavia notare che esso non tiene conto del numero di ore in cui il recettore è materialmente nel luogo in cui avviene il monitoraggio durante il periodo dell'indagine sociale. Per tener conto anche di questo aspetto, si propone di fare riferimento ad un'ulteriore soglia derivata dalla citata linea guida VDI 3940, da un lavoro scientifico che ad essa fa riferimento [5] nonché dalla norma tedesca sulle emissioni degli odori [6]. In realtà la metodologia applicata nel presente studio è un'interpretazione dei criteri diagnostici contenuti in questi documenti, estesa al caso in esame. Infatti tali documenti si riferiscono all'impiego di misure olfattometriche e di stime modellistiche della dispersione di sostanze odorigene in base alle quali determinare se l'impatto olfattivo di una sorgente nota è negativo (quindi non accettabile ai fini di un'autorizzazione alle emissioni). In estrema sintesi, la stima dell'impatto della sorgente è effettuata eseguendo la

² Chapter 2, § "Criteria for consideration of sensory effects": "Some of the substances selected for evaluation have malodorous properties at concentrations far below those at which toxic effects occur. Although odour annoyance cannot be regarded as an adverse health effect in a strict sense, it does affect the quality of life. Therefore, odour threshold levels have been indicated where relevant and used as a basis for separate guideline values.

For practical purposes, the following characteristics and respective levels were considered in the evaluation of sensory effects:

.....

- acceptability and annoyance, where the nuisance threshold level is defined as the concentration at which not more than a small proportion of the population (less than 5%) experiences annoyance for a small part of the time (less than 2%); since annoyance will be influenced by a number of psychological and socioeconomic factors, a nuisance threshold level cannot be defined on the basis of concentration alone."

simulazione della dispersione di sostanze odorigene emesse, misurate in ou_E/s , e calcolandone la concentrazione oraria presso N_r recettori sensibili individuati nell'area circostante, per la durata di 1 anno. La frequenza complessiva di superamento della soglia di $1ou_E/m^3$ costituisce l'impatto della sorgente:

$$Impatto.sorgente = \frac{conteggio_superamenti_{1ou_E/m^3}}{N_r \cdot 8760}$$

Eq. 2-14

Questo valore viene sommato all'impatto olfattivo delle eventuali altre sorgenti circostanti, determinato con misure olfattometriche e basato sulla linea guida VDI 3940, che costituisce l'"impatto iniziale":

$$Impatto.totale = Impatto.sorgente + Impatto.iniziale$$

Eq. 2-15

L'impatto totale è ritenuto eccessivo se supera i seguenti limiti, distinti per destinazione d'uso dell'area di indagine:

Tabella 2-1 Limiti superiori dell'impatto totale (norma tedesca sulle emissioni di odori).

Aree residenziali e "miste"	Aree industriali e commerciali
0.10	0.15

L'interpretazione di queste soglie, per l'applicazione nel presente lavoro, si basa sull'ipotesi di assimilare ai rilievi olfattivi registrati durante l'indagine sociale sia le misure olfattometriche sia le simulazioni della norma tedesca e di far corrispondere la percezione di categoria "1" dell'indagine sociale alla soglia di $1ou_E/m^3$ (applicata ad entrambi i metodi di stima nella norma tedesca). Quindi si è definito un "indice di percezione relativo", assimilato alla frequenza di superamento dell'analisi modellistica della norma tedesca:

$$indice - percezione - relativo_{RX, periodo} \% = \frac{conteggio_percezione_{RX, periodo}}{conteggio_rilievi_{RX, periodo}} \times 100$$

Eq. 2-16

Per maggiore completezza e per la mancanza di una normativa sia locale sia internazionale, si è ritenuto opportuno valutare entrambi gli indici, Eq. 2-13 e Eq. 2-16. In conclusione gli indici e le soglie che identificano la presenza del disturbo olfattivo sono i seguenti:

$$1) \quad indice - percezione_{RX, periodo} \% = \frac{conteggio_percezione_{RX, periodo}}{Nore(periodo)} \times 100$$

Eq. 2-17

$indice - percezione_{RX, periodo} \% > 2\%$ per almeno il 5% dei recettori che hanno partecipato con continuità all'intera durata dell'indagine sociale;

$$2) \quad indice - percezione - relativo_{RX, periodo} \% = \frac{conteggio_percezione_{RX, periodo}}{conteggio_rilievi_{RX, periodo}} \times 100$$

Eq. 2-18

*indice – percezione – relativo*_{RX, periodo} % ≥ 15% .

2.7 Definizione della “significatività” e stima dell’intervallo di validità

Questo indice, che rappresenta una proposta e non ha riscontro nella letteratura del settore, si propone di valutare il livello di significatività dei rilievi condotti da un recettore basandosi sulla semplice constatazione che la “matrice recettore” in cui molti elementi sono diversi da X (recettore presente molto spesso nel luogo in cui avviene il monitoraggio) fornisce una base statistica migliore di una “matrice recettore” con molti elementi uguali ad X (recettore spesso assente).

Perciò, se ci si riferisce alle registrazioni mensili:

$$\text{significatività}_{RX, mese} \propto \frac{\text{conteggio_rilievo}_{RX, mese}}{\text{Nore}(mese)} \times 100$$

Eq. 2-19

mentre se ci si riferisce all’intero periodo si ha:

$$\text{significatività}_{RX, periodo} \propto \frac{\text{conteggio_rilievo}_{RX, periodo}}{\text{Nore}(periodo)} \times 100$$

Eq. 2-20

Nella presente indagine la significatività complessiva su base mensile e su tutto il periodo è stata valutata prendendo come riferimento un recettore-tipo: se si considera, ad esempio, che il recettore sia nel posto di lavoro e, in considerazione della potenziale varietà dell’orario, registri la scheda 6-9 ore/giorno, la percentuale di ore in cui la “matrice recettore” dovrebbe presentare elementi diversi da X è:

$$\frac{[6 \div 9] \text{ore/giorno}}{24 \text{ore/giorno}} \times \frac{5 \text{giorni lavorativi}}{7 \text{giorni}} \times 100 = [18 \div 27] \%$$

Eq. 2-21

Con tale ipotesi, si considera accettabile che il recettore possa essere eccezionalmente assente o registri non correttamente la scheda, mantenendo tuttavia almeno una percentuale del 68% di rilievi validi (corrispondente all’ampiezza della distribuzione normale pari a 1σ), la percentuale di elementi della matrice recettore diversi da X diventa:

$$0.68 \times [18 \div 27] \% \approx [12 \div 18] \%$$

Eq. 2-22

Si osserva che un recettore che abbia partecipato, ad esempio, per il primo mese e poi abbia abbandonato l’indagine, può avere significatività sufficientemente alta nel primo mese e inferiore al valore minimo nell’intero periodo.

2.8 Intensità del disturbo olfattivo: definizione dei pesi, del periodo di riferimento, del livello di soglia

L’intensità del disturbo olfattivo si stima tramite un indice di intensità, derivato dalla linea guida VDI 3883, in cui sono stabiliti i pesi delle 5 categorie di percezione in base ai quali l’intensità di ciascun rilievo è:

Tabella 2-2 Pesì per il calcolo dell'intensità secondo la linea guida VDI 3883.

categoria	1	2	3	4	5
<i>W</i>	0	25	50	75	100

Il rilievo 0 ha ovviamente peso nullo.

L'indice di intensità è calcolato settimanalmente, su tutti i recettori:

$$I_k = \frac{\sum_{i=0,5} W_i \cdot N_{ik}}{N_k}$$

Eq. 2-23

dove: N_k è il numero di rilievi nella k-esima settimana ed N_{ik} è il numero di rilievi della i-esima categoria nella k-esima settimana.

Nel presente studio i rilievi sono orari e quindi si è ritenuto opportuno calcolare l'indice di intensità relativo a ciascun giorno. Inoltre le categorie individuate nella presente indagine sociale sono 3 ed i pesi sono stati assegnati di conseguenza come segue:

Tabella 2-3 Pesì per il calcolo dell'intensità adottati nella presente indagine.

categoria	1	2	3
<i>W</i>	25	75	100

Cautelativamente sono state impostate due espressioni dell'indice di intensità, in base a due possibili normalizzazioni:

$$1) \quad I_k^\alpha = \frac{\sum_{RX=li=0,3}^{N_recettori} \sum W_i \cdot n_{i,RX,k}}{\sum_{RX=1}^{N_recettori} conteggio_rilievo_{RX,k}} \quad \forall k - esimo \text{ giorno}$$

Eq. 2-24

$$2) \quad I_k^\beta = \frac{\sum_{RX=1}^{N_recettori} I_{RX,k}}{N_recettori} \quad \text{dove} \quad I_{RX,k} = \frac{\sum_{i=0,3} W_i \cdot n_{i,RX,k}}{conteggio_rilievo_{RX,k}} \quad \forall k - esimo \text{ giorno}$$

Eq. 2-25

Inoltre sono stati implementati due ulteriori indici, basati sull'elaborazione e lo sviluppo dell'indice di intensità giornaliero:

- $I_{festivo}$ corrispondente ai giorni di domenica ovvero di sabato e domenica nel caso della presente indagine sociale (in altri casi si può procedere ad individuare anche altri giorni non lavorativi);
- $I_{notturno}$ in cui il periodo notturno è individuato, in prima approssimazione, nell'intervallo 20:00-06:00, cioè nel periodo in cui, generalmente, le attività produttive, artigianali o commerciali sono ferme.

L'indice di intensità è rappresentativo dell'andamento temporale del disturbo olfattivo, che viene sostanzialmente amplificato dai pesi scelti. Si può anche ritenere significativo un confronto quantitativo con l'indice di intensità giornaliero di un recettore, nell'area in studio, presso il quale non si verifica il disturbo, cioè di un recettore con "indice di percezione" $\leq 2\%$ oppure con "indice

di percezione relativo” < 15% , essendo in entrambi i casi necessaria una “significatività” compresa nell’intervallo [12 ÷ 18]%

2.9 Correlazione tra impatto olfattivo su un recettore e sorgente della sostanza odorigena

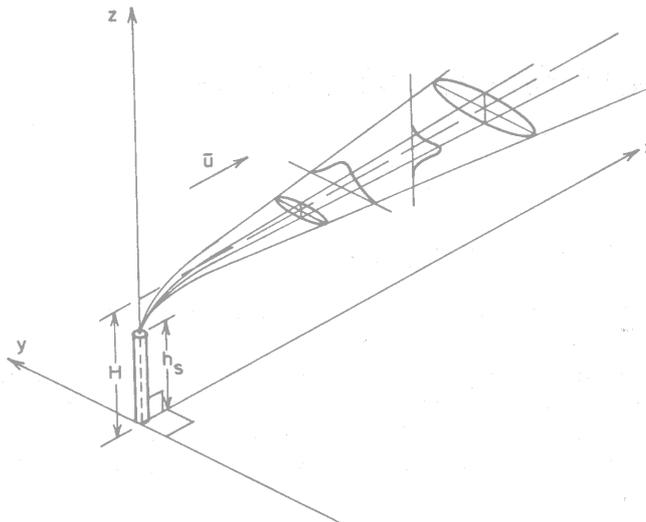
La relazione tra l’impatto olfattivo su un recettore e la sorgente della sostanza odorigena che lo determina è data, secondo la legge di conservazione della massa (riferita alla sostanza emessa), dalla dispersione delle emissioni odorogene in atmosfera che causano una certa concentrazione delle sostanze emesse nella posizione in cui si trova il recettore, ad un dato istante. Qualora l’obbiettivo dell’indagine sociale sia quello di accertare se il disturbo olfattivo è provocato (o meno) da una certa sorgente, è possibile eseguire una stima preliminare della probabilità, per ciascun evento di percezione, che la sorgente indagata ne sia responsabile. Nel caso, al contrario, in cui la sorgente sia ignota, si può indagare, tramite una visualizzazione grafica, in quali aree circostanti i recettori è più probabile che si trovi.

2.9.1 Settore di percettibilità del recettore

Sono ritenute valide le seguenti ipotesi (che limitano, come sarà in seguito discusso, la validità dell’approccio):

- le emissioni gassose dalla sorgente indagata si disperdono secondo un modello gaussiano rappresentato nella figura a fianco.

In base a tale modello il generico recettore di coordinate (x_r, y_r, z_r) quando è sottovento alla sorgente (per convenzione sull’asse delle ascisse) è raggiunto da una concentrazione c espressa da:



$$c(x_r, y_r, z_r) = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z\bar{u}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{y_r}{\sigma_y}\right)^2\right] \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{h_e - z_r}{\sigma_z}\right)^2\right]$$

Eq. 2-26

in cui Q è il rateo emissivo (g/s) della sorgente, \bar{u} la velocità del vento orizzontale all’altezza del camino (m/s) e σ_y e σ_z sono i coefficienti di diffusione in direzione y e z rispettivamente (m).

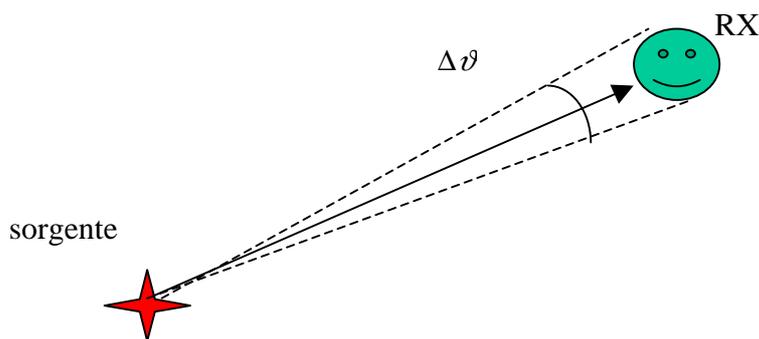
I coefficienti di diffusione della gaussiana dipendono dalla distanza del recettore dalla sorgente, dalla tipologia di terreno (rurale, urbano) e dalla classe di stabilità (classi A, B, C, D, E, F+G) che costituisce una misura parametrica della turbolenza atmosferica. Se è disponibile un dataset di misure³ di velocità e direzione del vento orizzontale e classe di stabilità, il modello gaussiano è risolvibile;

- la percezione umana dell'odore è proporzionale al logaritmo della concentrazione (legge di Weber-Fechner)

$$\text{percezione} \propto \log_{10} \text{concentrazione} \Rightarrow \text{percezione} \approx \frac{y_r^2}{\sigma_y^2}$$

Eq. 2-27

Le due ipotesi implicano che un recettore percepisce l'emissione odorigena di una sorgente se è "colpito" dalla concentrazione di odore proveniente dalla sorgente e la sua percezione è proporzionale all'angolo sotto cui "è visto dalla sorgente":



$$y_r^2 \cong x_r^2 \cdot \Delta\vartheta^2 \Rightarrow$$

$$\frac{y_r^2}{\sigma_y^2} = \frac{x_r^2 \cdot \Delta\vartheta^2}{x_r^2 (\sigma_y/x_r)^2} = \frac{\Delta\vartheta^2}{\sigma_\vartheta^2}$$

Eq. 2-28

Per la presente indagine sociale si definisce il settore di percettibilità del recettore $\Theta_{RX} = 3\sigma_\vartheta$, che rappresenta l'ampiezza della distribuzione gaussiana della concentrazione di una sostanza entro la

³ I dati meteorologici osservati presso una stazione meteorologica.

quale il recettore ha una percezione compresa tra quella corrispondente al massimo della distribuzione stessa e quella corrispondente a $\approx 1\%$ del massimo⁴. Il settore Θ_{RX} dipende dalla distanza tra sorgente e recettore e dalla turbolenza atmosferica, quindi in definitiva dalla condizione meteorologica. Nel presente studio si fa riferimento alla formulazione analitica di Briggs per il caso del terreno urbano secondo cui, per ciascuna classe di stabilità, il coefficiente di diffusione orizzontale è (x_r è espresso in m):

$$\sigma_y = \frac{a \cdot x_r}{(b + c \cdot x_r)^d} \Rightarrow \sigma_\theta = \frac{a}{(b + c \cdot x_r)^d}$$

Eq. 2-29

Tabella 2-4 Valori dei coefficienti a, b, c, d per ciascuna classe di stabilità, secondo Briggs.

	A	B	C	D	E	F
a	0.32	0.32	0.22	0.16	0.11	0.11
b	1.	1.	1.	1.	1.	1.
c	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004
d	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5

In base alle suddette ipotesi è possibile calcolare il settore di percettibilità di ciascun recettore rispetto alla sorgente indagata, per ogni classe di stabilità.

Oltre alla definizione del settore basata sul modello gaussiano, si elaboreranno i dati del monitoraggio impiegando l'indicazione contenuta nelle "Linee Guida" della Regione Lombardia in cui il viene assunto $\Theta_{RX} = 30^\circ$.

2.9.2 Matrice incidenza

L'ulteriore elemento su cui, per ciascun evento di percezione, si imposta la stima preliminare della probabilità che la sorgente indagata ne sia responsabile oppure che la sorgente si trovi in una certa area, è la meteorologia rappresentativa dell'area in esame. Nel caso più generale i dati meteorologici disponibili sono i valori medi orari di alcune variabili (velocità del vento, pressione, temperatura, umidità, etc.), eventualmente corredate della classe di stabilità calcolata in base ad algoritmi implementati nel software di acquisizione delle misure. I valori medi orari sono a loro volta ottenuti in base alla serie di misure sub-orarie (15', 10' fino a 1') elaborate secondo un criterio che soddisfa i vincoli di significatività fissati dal World Meteorological Organization (WMO) [7].

Un semplice ragionamento basato sul concetto di traiettoria indica che l'emissione di una sostanza odorigena dalla sorgente raggiunge un certo recettore in un intervallo di tempo,

⁴ Si sceglie il multiplo 3 della varianza della distribuzione di concentrazione in modo arbitrario, poiché nel caso di livelli molto elevati di concentrazione della sostanza odorigena l'impatto potrebbe essere percepito da un recettore ulteriormente distante dal punto di massimo. Tuttavia, nella presente indagine si ipotizza che l'odore, per quanto sgradevole, non corrisponda a concentrazioni elevate e quindi la percezione di 1% del valore massimo è ragionevolmente poco intensa (si può pensare alla differenza tra un livello 3 ed un livello 1).

approssimativamente secondo una successione di tratti lineari a velocità costante, individuati dal campo vettoriale di velocità del vento che la sostanza emessa, diffusa dalla turbolenza atmosferica in una “nube”, intercetta nel proprio percorso. Questa approssimazione è tanto più grossolana quanto più esteso è il periodo di mediazione della velocità del vento, sia in assoluto sia rispetto alla distanza percorsa. Infatti una distanza di $100m$ è percorribile in poco più di $1'30''$ con un vento pari a $1.0m/s$ (brezza leggera) e, secondo il modello gaussiano, il punto di massimo della distribuzione della concentrazione si troverà nella medesima direzione individuata dal vettore della velocità del vento. Quindi, se è disponibile il dato orario, si dovrà considerare che in un’ora sono investiti, in media, i recettori che si trovano a distanza inferiore a $x_r(m) = 3600/\bar{u}$ e la posizione del massimo della distribuzione della concentrazione si troverà nella direzione individuata dal vettore medio della velocità del vento⁵. A causa della variabilità del vento, in velocità e direzione, può accadere che la distanza massima raggiungibile in 1 ora sia diversa da quella raggiungibile in media e che la direzione cambi significativamente: quindi durante tale intervallo di tempo il massimo della distribuzione di concentrazione può essere posizionato in direzioni molto variabili alle varie distanze dalla sorgente.

Nella presente indagine sociale sono presenti recettori a distanza variabile dalla sorgente indagata (dell’ordine di $[90 \div 1900]m$), raggiungibili dalla nube emessa, in media, in tempi molto più brevi di 1 ora, dell’ordine di $[1.5 \div \approx 30]min$ con un vento pari a $1.0m/s$. Ciò rende più plausibile l’ipotesi che il campo di vento sia uniforme tra la sorgente ed i recettori, ma anche che l’uso della media oraria costituisca un’approssimazione, soprattutto per quanto riguarda la direzione del vento.

E’ importante sottolineare che anche la registrazione degli eventi di percezione del disturbo olfattivo è su base oraria, nonostante la percezione stessa possa essere causata dalla presenza di un disturbo di durata molto inferiore (linea guida VDI 3881 e letteratura di settore).

In base a tutte queste considerazioni, si può anticipare la conclusione che un limite intrinseco del metodo che viene presentato di seguito risiede proprio nel fatto che sono rilevati su base oraria sia la meteorologia sia l’evento di percezione. Infatti si formula l’ipotesi basilare che il dato anemologico e della classe di stabilità siano contemporanei all’evento di percezione, e che quindi, per ciascun recettore, si possano calcolare:

A) la “matrice incidenza^{←S}” che è non nulla quando la direzione di provenienza del vento nell’i-esima ora $dvp(i)$ è compresa in un angolo $\pm \Theta_{RX}(i)$ rispetto alla direttrice che congiunge il recettore alla sorgente indagata ($D(RX, S)$). Questa matrice individua le ore in cui il recettore è “sottovento” alla sorgente indagata:

⁵ Ovviamente questa approssimazione sottintende anche l’ipotesi che la velocità del vento sia uniforme nell’area compresa tra la sorgente ed il recettore e questa è a sua volta un’ipotesi plausibile se l’orografia del luogo in tale area non presenta rilievi che possono deviare in modo significativo il campo di vento.

$$m.incidenza_{RX, periodo}^{\leftarrow S}(i) = \begin{cases} 0 & \text{se } dvp(i) \notin [D(RX, S) \pm \Theta_{RX}(i)] \\ 1 & \text{se } dvp(i) \in [D(RX, S) \pm \Theta_{RX}(i)] \end{cases}$$

Eq. 2-30

B) la “matrice incidenza^{←X}” i cui elementi coincidono con la direzione di provenienza del vento nell’i-esima ora $dvp(i)$ per ogni evento di percezione di ciascun recettore:

$$m.incidenza_{RX, periodo}^{\leftarrow X}(i) = \begin{cases} dvp(i) & \text{se } m.recettore_{RX, periodo}(i) > 0 \\ 0 & \text{se } m.recettore_{RX, periodo}(i) = 0, = X \end{cases}$$

Eq. 2-31

2.9.3 Indici di correlazione^{←S}

Per correlare l’evento di percezione all’emissione di sostanze odorigene dalla sorgente indagata, si definiscono i seguenti indici per ciascun recettore:

$$i.correlazione_{RX, periodo}^{\leftarrow S}(+) = \sum_{i=1}^{Nore(periodo)} [(m.recettore_{RX, periodo}(i) > 0).AND.(m.incidenza_{RX, periodo}^{\leftarrow S}(i) = 1)]$$

$$i.correlazione_{RX, periodo}^{\leftarrow S}(-) = \sum_{i=1}^{Nore(periodo)} [(m.recettore_{RX, periodo}(i) = 0).AND.(m.incidenza_{RX, periodo}^{\leftarrow S}(i) = 1)]$$

$$i.correlazione_{RX, periodo}^{\leftarrow S}(\pm) = \sum_{i=1}^{Nore(periodo)} [(m.recettore_{RX, periodo}(i) = 0).AND.(m.incidenza_{RX, periodo}^{\leftarrow S}(i) = 0)]$$

Eq. 2-32

La prima sommatoria, con il suffisso “(+)”, stima una correlazione positiva, in quanto si calcolano gli eventi in cui il recettore è sottovento alla sorgente indagata e contemporaneamente registra una percezione olfattiva.

La seconda sommatoria, con il suffisso “(-)”, stima una correlazione negativa (o anti-correlazione) perché si calcolano gli eventi in cui il recettore è sottovento alla sorgente indagata e registra un rilievo nullo.

La terza sommatoria, con il suffisso “(±)”, calcola gli eventi in cui il recettore non è sottovento alla sorgente indagata ed il rilievo è nullo, quindi si può interpretare come conferma della correlazione positiva nei casi in cui l’indice corrispondente è elevato.

2.9.4 Indici relativi di correlazione^{←S}

La significatività di questi indici dipende anche dalla numerosità degli eventi percettivi o nulli registrati dal recettore e delle ore in cui il recettore è sottovento ovvero sopravento alla sorgente e quindi si ritiene utile normalizzarli rispetto a tali quantità per ottenere i seguenti indici relativi, espressi in percentuali:

$$i.correlazione_{RX, periodo}^{\leftarrow S}(+)_{\%} = \frac{i.correlazione_{RX, periodo}^{\leftarrow S}(+)}{conteggio_percezione_{RX, periodo}} \times 100$$

Eq. 2-33

$$i.correlazione_{RX, periodo}^{\leftarrow S} (-) \Big|_{\%} = \frac{i.correlazione_{RX, periodo}^{\leftarrow S} (-)}{\sum_{i=1}^{Nore(periodo)} (m.incidenza_{RX, periodo}^{\leftarrow S} (i) = 1)} \times 100$$

Eq. 2-34

$$i.correlazione_{RX, periodo}^{\leftarrow S} (\pm) \Big|_{\%} = \frac{i.correlazione_{RX, periodo}^{\leftarrow S} (\pm)}{\sum_{i=1}^{Nore(periodo)} (m.incidenza_{RX, periodo}^{\leftarrow S} (i) = 0)} \times 100$$

Eq. 2-35

Per la natura ed il significato di questi indici relativi, essi rappresentano rispettivamente i seguenti:

- indice di correlazione positiva (Eq. 2-33);
- indice di correlazione negativa (o anti-correlazione, Eq. 2-34);
- indice di correlazione semi-positiva (Eq. 2-35).

Ciascun indice di correlazione viene normalizzato rispetto al conteggio di eventi diversi: ad esempio per l'indice di correlazione positiva è necessario valutare gli eventi in cui il recettore è sottovento alla sorgente indagata e registra una percezione olfattiva (1, 2 o 3) rispetto al totale degli eventi di percezione perché in questo modo si evidenzia il "peso" della sorgente indagata rispetto ad altre eventuali sorgenti odorigene dell'area. Infatti se il recettore ha un indice di correlazione positiva superiore a quello di correlazione negativa ma ha registrato, per un numero superiore di ore, una percezione olfattiva non essendo sottovento alla sorgente indagata, l'indice relativo di correlazione positiva tiene conto del fatto che probabilmente il recettore risente anche delle emissioni odorigene di qualche altra sorgente. In modo analogo è necessario normalizzare l'indice di correlazione negativa con il numero totale di ore in cui il recettore è sottovento alla sorgente indagata, in quanto l'indice relativo risultante indica se il recettore registra un rilievo nullo tutte le volte che si trova sottovento alla sorgente indagata ovvero spesso o raramente (o mai). Infine l'indice percentuale di correlazione semi-positiva indica quanto spesso, rispetto ai rilievi nulli, il recettore è effettivamente sopravento alla sorgente indagata e quindi indica la probabilità che non ci siano altre sorgenti di disturbo per tale recettore.

Dalla comparazione dei vari indici proposti, si possono evincere le seguenti *Situazioni*:

- *Situazione A* il disturbo olfattivo del recettore è presumibilmente dovuto anche alla sorgente indagata se

$$i.correlazione_{RX, periodo}^{\leftarrow S} (+) \Big|_{\%} > i.correlazione_{RX, periodo}^{\leftarrow S} (-) \Big|_{\%}$$

Eq. 2-36

Inoltre per quantificare se la sorgente indagata è la principale sorgente di disturbo si valuta se

$$i.correlazione_{RX, periodo}^{\leftarrow S} (\pm) \Big|_{\%} \rightarrow 100\%$$

Eq. 2-37

- *Situazione B* il disturbo olfattivo del recettore è presumibilmente dovuto ad una sorgente diversa da quella indagata se

$$i.correlazione_{RX, periodo}^{\leftarrow S} (+) \Big|_{\%} \ll i.correlazione_{RX, periodo}^{\leftarrow S} (-) \Big|_{\%}$$

Eq. 2-38

in cui si è ritenuto opportuno stimare la differenza tra i due indici pari ad 1σ della distribuzione

dell'indice stesso come condizione necessaria per distinguere la prevalenza della correlazione negativa.

- *Situazione incognita*: in tutti gli altri casi in cui non sono soddisfatte le condizioni relative alla *Situazione A* né alla *Situazione B* non è possibile giungere ad una conclusione sulla base degli indici di correlazione.

2.9.5 *Rose percettive_{RX}*

Dalla “matrice incidenza^{-X}” di ciascun recettore si può ottenere la rosa delle provenienze del vento corrispondente agli elementi non nulli della “matrice recettore” ed al valore unitario di velocità del vento, da qui denominata “rosa percettiva_{RX}”. La visualizzazione di questa elaborazione direttamente su GIS, georeferenziando ciascuna “rosa percettiva_{RX}” sul recettore *RX* corrispondente, può consentire l’analisi preliminare delle zone in cui potenzialmente insistono attività industriali/agricole che emettono sostanze odorigene, verificando se ci sono zone verso cui “convergono” le direzioni di provenienza appartenenti a recettori prossimi tra loro.

Dal punto di vista meramente operativo, si modifica la “matrice recettore” relativa all’intero periodo di durata dell’indagine sociale, trasformandola in un unico vettore, i cui elementi sono:

$$\begin{cases} 1 & \text{se } m.\text{recettore}_{RX, periodo}(i) > 0 \\ 0 & \text{altrimenti} \end{cases} \quad \forall i - \text{esima ora del periodo}$$

Quindi, ad esempio:

$$m.\text{recettore}_{RX, periodo} = \begin{pmatrix} X & 0 \\ X & .. \\ 0 & 1 & .. & 2 \\ 0 & & & 1 \end{pmatrix} \Rightarrow V.\text{recettore}_{RX, periodo} \left(\overbrace{0,0,0,1,1,0,.....}^{Nore(periodo)} \right)$$

In base ai dati anemologici disponibili, si considera il vettore delle direzioni di provenienza del vento:

$$V.dvp_{periodo} = \left(\overbrace{dvp(1), dvp(2), dvp(Nore(periodo))}^{Nore(periodo)} \right)$$

La sequenza di direzioni di provenienza del vento contemporanee alla percezione non nulla di *RX* è data da:

$$V.\text{recettore}_{RX, periodo}(i) \cdot V.dvp_{periodo}(i) \quad \forall i - \text{esima ora del periodo}$$

Eq. 2-39

e costituisce il set di valori su cui costruire la “rosa percettiva_{RX}”, composta da un numero di settori opportuno.

Per il presente studio si è scelto di individuare 16 settori:

Tabella 2-5 Settori di direzione del vento utilizzati per la “rosa percettiva_{RX}”.

numero settore	estremi del settore (in gradi sessagesimali)
1	348.75 - 11.25

numero settore	estremi del settore (in gradi sessagesimali)
2	11.25 - 33.75
3	33.75 - 56.25
4	56.25 - 78.75
5	78.75 - 101.25
6	101.25 - 123.75
7	123.75 - 146.25
8	146.25 - 168.75
9	168.75 - 191.25
10	191.25 - 213.75
11	213.75 - 236.25
12	236.25 - 258.75
13	258.75 - 281.25
14	281.25 - 303.75
15	303.75 - 326.25
16	326.25 - 348.75

2.9.6 *Rose olfattive_{RX}*

In maniera analoga alle suddette rose percettive si elaborano, per ciascun recettore, le rose delle provenienze del vento relative a ciascuna tipologia di odore, cioè agli elementi della “matrice odori” che contengono almeno una lettera corrispondente alla tipologia. In questo caso, piuttosto che una rappresentazione grafica delle rose su GIS, sembra più utile ricercare quale è la direzione prevalente di provenienza del vento per ciascuna tipologia di odore presso ciascun recettore. Per permettere questa analisi si è ritenuto opportuno considerare la “matrice odori” da cui ricavare il vettore relativo a ciascun recettore:

$$m.odori_{periodo} = \left(\begin{array}{c} \overbrace{\begin{array}{cccc} 0 & 0 & . & . \\ RRF & . & . & . \\ . & . & . & . \\ . & . & . & . \\ EDD & DDD & . & JJJ \end{array}}^{recettori} \\ \left. \vphantom{\begin{array}{c} \overbrace{\begin{array}{cccc} 0 & 0 & . & . \\ RRF & . & . & . \\ . & . & . & . \\ . & . & . & . \\ EDD & DDD & . & JJJ \end{array}}^{recettori}} \right\} \text{ore di monitoraggio} \Rightarrow \\ \Rightarrow V.odori_{RX,periodo} \left(\overbrace{0, RRF, 0, \dots, EDD}^{Nore(periodo)} \right)
 \end{array}$$

Eq. 2-40

e il vettore delle direzioni di provenienza del vento:

$$V.dvp_{periodo} = \left(\overbrace{dvp(1), dvp(2), \dots, dvp(Nore(periodo))}^{Nore(periodo)} \right)$$

La sequenza di direzioni di provenienza del vento contemporanee alla percezione di una certa

tipologia (o terna di tipologie) di odore di RX è data da:

$$V.odore_{RX, periodo}(i) \cdot V.dvp_{periodo}(i) \quad \forall i - \text{esima ora del periodo}$$

Eq. 2-41

Oltre a questi dati si considerano i 16 settori di provenienza del vento della rosa di riferimento sopra introdotti e si stima la distribuzione di frequenza cumulativa di provenienza del vento in corrispondenza di ciascuna tipologia di odore, sommando le distribuzioni di ciascun recettore.

3 ELABORAZIONE DEI DATI DELL'INDAGINE SOCIALE

3.1 Alcuni commenti sulle matrici recettore: matrici rettificate e/o ridotte

Nell'indagine sociale relativa all'Area Picchianti (Livorno) le schede sono state compilate in accordo con le convenzioni fissate, con le seguenti eccezioni: pochi casi di matrici non compilate affatto, pochi casi di matrici ridotte, alcuni casi in cui sono state omesse alcune ore nelle quali è stato necessario introdurre il simbolo convenzionale "X" costruendo quindi delle matrici rettificate. Inoltre 12 recettori hanno abbandonato per protesta l'indagine (dal 16 giugno 2011 compreso) ed in qualche caso si è verificata l'assenza prolungata dal luogo in cui si effettua il monitoraggio: in entrambi questi casi, piuttosto che matrici rettificate o ridotte, si è preferito considerare il periodo effettivo dell'indagine sociale corrispondente ai soli giorni di presenza.

Considerando tutte le schede, comprensive delle eventuali operazioni di rettifica, escluse le schede non compilate e le ore (o giorni) omesse per protesta o per assenza prolungata, i dati orari processati sono in totale 79128.

Il quadro riassuntivo è presentato in Tabella 3-1 ed in Tabella 3-2.

Tabella 3-1 Valutazione e trattamento delle schede compilate da tutti i recettori che hanno offerto disponibilità a partecipare all'indagine sociale.

recettore	maggio	giugno		recettore	maggio	giugno
R1	√	√		R36	√	PR
R2	√	√		R37	√	√
R3	RT	RD		R38	√	NC
R4	RD	NC		R39	√	√
R5	√	RD		R40	√	PR
R6	√	√		R41	√	√
R7	√	√		R42	√	√
R8	√	√		R43	√	√
R9	√	√		R44	√	√
R10	√	√		R45	NC	NC
R11	RT	√		R46	RD	√
R12	RT	PR		R47	√	√
R13	√	PR		R48	RT	√
R14	√	PR		R49	√	√
R15	√	PR		R50	NC	NC
R16	RT	√		R51	√	√
R17	√	√		R52	√	PR
R18	√	√		R53	√	PR
R19	√	√		R54	√	√

recettore	maggio	giugno		recettore	maggio	giugno
R20	√	PR		R55	NC	NC
R21	RD	NC		R56	√	NC
R22	√	√		R57	√	NC
R23	√	√		R58	√	√
R24	√	√		R59	NC	NC
R25	√	√		R60	√	AS
R26	NC	NC		R61	√	PR
R27	√	√		R62	√	√
R28	RT	√		R63	√	PR
R29	√	NC		R64	√	NC
R30	NC	NC		R65	√	NC
R31	√	√		B1	√	√
R32	√	√		B2	√	√
R33	√	√		B3	√	√
R34	√	√		B4	√	√
R35	√	√		B5	NC	AS

Legenda:
 √ = scheda corretta e completa
 “AS” = assenze prolungate (per questi recettori il periodo effettivo dell’indagine sociale è stato ridotto ai giorni di presenza)
 “NC” = scheda non compilata
 “PR” = abbandono per protesta (per questi recettori il periodo effettivo dell’indagine sociale è stato ridotto ai giorni di presenza).
 “RD” = scheda ridotta
 “RT” = scheda rettificata

Tabella 3-2 Riepilogo della valutazione delle schede.

tipo di scheda	maggio	giugno	intero periodo
√	54	41	95
AS	0	2	2
NC	7	14	21
PR	0	11	11
RD	3	2	5
RT	6	0	6
totale	70	70	140

In base alla disponibilità di dati, si sono eliminati completamente dalle elaborazioni i seguenti recettori: R4, R21, R26, R30, R45, R50, R55, R59 (8 su 70). Il loro codice verrà comunque indicato nelle tabelle riassuntive dei paragrafi successivi.

3.2 Conteggi sulle matrici recettore e sulla matrice monitoraggio

Si ritiene utile riassumere i conteggi delle ore in cui ciascun recettore ha effettuato il rilievo ovvero ha percepito l’odore sia nei due mesi, maggio e giugno, sia nell’intero periodo:

$$conteggio_rilievo_{RX,mese} = \sum_{i=1}^{Nore(mese)} [m.recettore_{RX,mese}(i) \neq X]$$

$$\text{conteggio_percezione}_{RX, mese} = \sum_{i=1}^{Nore(mese)} [m.recettore_{RX, mese}(i) > 0]$$

Inoltre, sull'intero periodo di durata dell'indagine:

$$\text{conteggio_rilievo}_{RX, periodo} = \sum_{i=1}^{Nore(periodo)} [m.recettore_{RX, periodo}(i) \neq X]$$

$$\text{conteggio_percezione}_{RX, periodo} = \sum_{i=1}^{Nore(periodo)} [m.recettore_{RX, periodo}(i) \neq X]$$

I valori dei conteggi per ciascun recettore sono riportati in forma tabellare in Appendice, Tabella 4-1. Complessivamente il numero totale di rilievi e di eventi di percezione dell'intero periodo, tolti gli 8 recettori sopra citati, risulta pari a 33052 e 15584 rispettivamente che, anche con le limitazioni che affliggono una porzione di questi dati, costituisce un insieme di dati significativo.

3.3 Calcolo dell'indice di percezione e sua valutazione

Nel presente lavoro si sono individuati i criteri 1) e 2) di valutazione dell'indice di percezione, provenienti da due diversi approcci concettuali (§2.6), e delle relative soglie oltre le quali si ritiene che il disturbo olfattivo sussista e sia rilevante. Inoltre si è stimata la significatività dei recettori, che deve essere >12%, condizione che corrisponde a richiedere che ogni recettore registri correttamente il rilievo mediamente in almeno 122 ore ogni mese.

3.3.1 Indice di percezione (criterio 1)

L'indice di percezione, definito secondo il criterio 1):

$$\text{indice_percezione}_{RX, periodo} \% = \frac{\text{conteggio_percezione}_{RX, periodo}}{Nore(periodo)} \times 100$$

indica la sussistenza e rilevanza dell'impatto se la soglia pari a 2% (che corrisponde mediamente a una percezione olfattiva in almeno 14 ore in ogni mese) è superata per almeno il 5% dei recettori che hanno partecipato con continuità all'intera durata dell'indagine sociale. Considerando la natura dell'indice (§2.6) ed il fatto che alcuni recettori hanno effettuato il monitoraggio per 1 solo mese, ovvero interrotto per protesta, o sospeso per periodi prolungati di assenza (Tabella 3-1), sono stati esclusi altri 20 recettori oltre agli 8 esclusi in precedenza. L'indice quindi è stato calcolato per i restanti 42 recettori: R1, R2, R5, R6, R7, R8, R9, R10, R11, R16, R17, R18, R19, R22, R23, R24, R25, R27, R28, R31, R32, R33, R34, R35, R37, R39, R41, R42, R43, R44, R46, R47, R48, R49, R51, R54, R58, R62, B1, B2, B3, B4. La soglia è superata per tutti i 42 recettori; i risultati sono riassunti in Figura 3-1.

indice di percezione

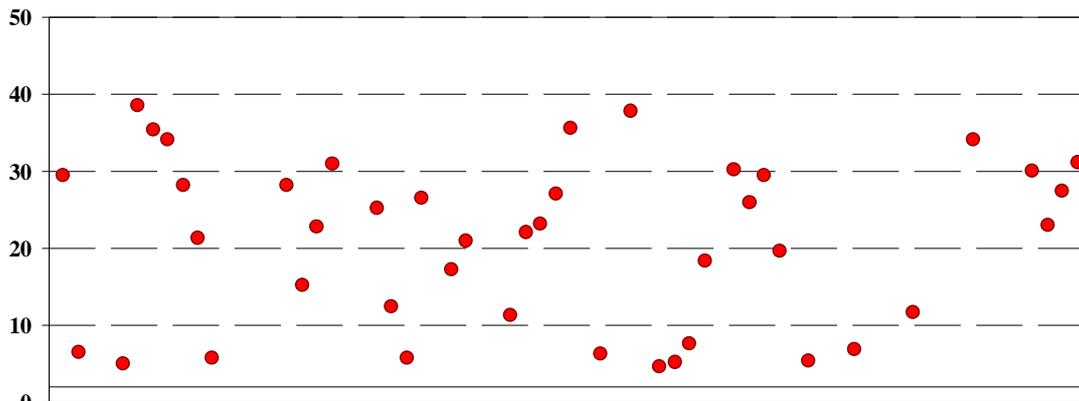


Figura 3-1 Indice di percezione dei recettori e soglia =2%
 (la soglia è superata in tutti i 42 recettori per i quali è possibile calcolare l'indice).

3.3.2 *Indice di percezione relativo (criterio 2)*

L'indice di percezione relativo, definito secondo il criterio 2):

$$indice - percezione - relativo_{RX, periodo} \% = \frac{conteggio_percezione_{RX, periodo}}{conteggio_rilievi_{RX, periodo}} \times 100$$

indica la sussistenza e rilevanza dell'impatto per i recettori per i quali supera la soglia pari a 15% (che corrisponde a 18 ore di percezione ogni mese nel caso in cui il recettore registri il numero minimo di rilievi, cioè 122 al mese).

Per il calcolo di questo indice sono necessarie le seguenti restrizioni:

- si deve tralasciare il computo per i recettori che presentano una matrice ridotta (perché presenterebbe sempre $indice - percezione - relativo_{RX, periodo} \% = 100\%$, ma non sarebbero conteggiati gli eventuali, ed inevitabili, rilievi pari a "0");
- il periodo di riferimento impiegato nel calcolo della significatività per i recettori che hanno interrotto l'indagine per protesta e per quelli che presentano assenze molto prolungate deve essere adeguatamente calcolato (compresi i recettori che hanno partecipato solo per 1 mese).

Quindi l'indice non viene calcolato per i 3 recettori R3, R5 ed R46, ed in definitiva viene calcolato per i rimanenti 59 recettori (R1, R2, R6, R7, R8, R9, R10, R11, R12, R13, R14, R15, R16, R17, R18, R19, R20, R22, R23, R24, R25, R27, R28, R29, R31, R32, R33, R34, R35, R36, R37, R38, R39, R40, R41, R42, R43, R44, R47, R48, R49, R51, R52, R53, R54, R56, R57, R58, R60, R61, R62, R63, R64, R65, B1, B2, B3, B4, B5: Appendice, Tabella 4-2).

Poiché l'indice di percezione relativo è corredato dalla significatività, si trova che il recettore R38 ha una significatività inferiore al valore minimo (12%), e quindi il suo indice non viene considerato significativo.

indice di percezione relativo & significatività

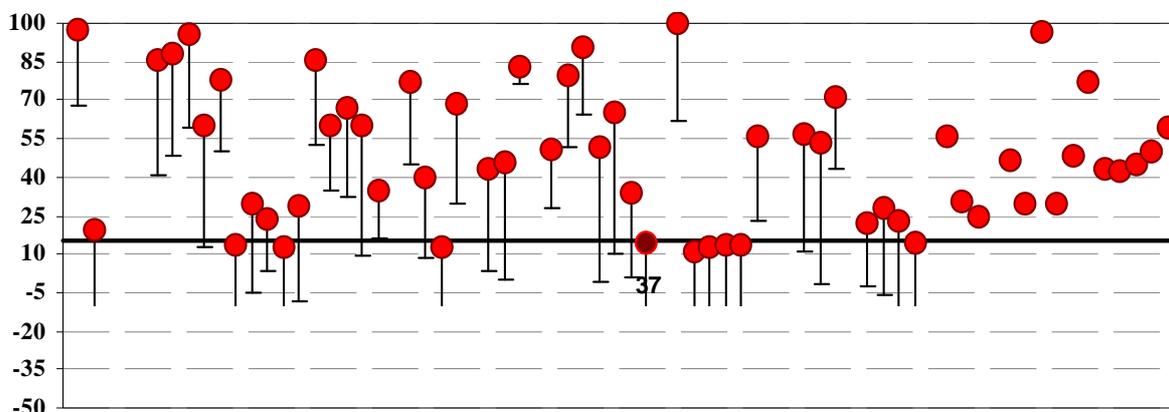


Figura 3-2 Sono riportati i valori dell'indice di percezione relativo per ciascun recettore ed è rappresentato per ogni valore un "piede" di lunghezza proporzionale alla corrispondente significatività. E' inoltre indicata la soglia del 15%, corrispondente alla linea in grassetto. Si vede che 49 recettori sono al di sopra di essa e 8 al di sotto. Il recettore "37" presenta un indice di percezione relativo coincidente con la soglia.

Il risultato è che 49 recettori su 58 presentano indice superiore alla soglia, nel caso di 1 recettore (R37) l'indice è pari alla soglia stessa, e solo 8 recettori presentano indice inferiore alla soglia (Figura 3-2).

3.3.3 Considerazioni preliminari sugli indici di percezione

Dall'applicazione di entrambi i criteri di valutazione dell'"indice di percezione", provenienti da due diversi approcci concettuali (§2.6), e delle relative soglie si evidenzia che il disturbo olfattivo sussiste ed è rilevante (Appendice, Tabella 4-2).

3.4 Intensità del disturbo

Si calcolano gli indici di intensità del disturbo secondo i metodi 1) e 2) discussi nel §2.8, escludendo tutti i recettori che presentano schede NC o RD (10 in maggio e 16 in giugno).

Dei recettori inclusi nel calcolo sono stati stimati gli indici di intensità giornaliera, distinguendo le domeniche, con i seguenti risultati grafici (Figura 3-3 e Figura 3-4):

1) indice I_{giorno}^{α}

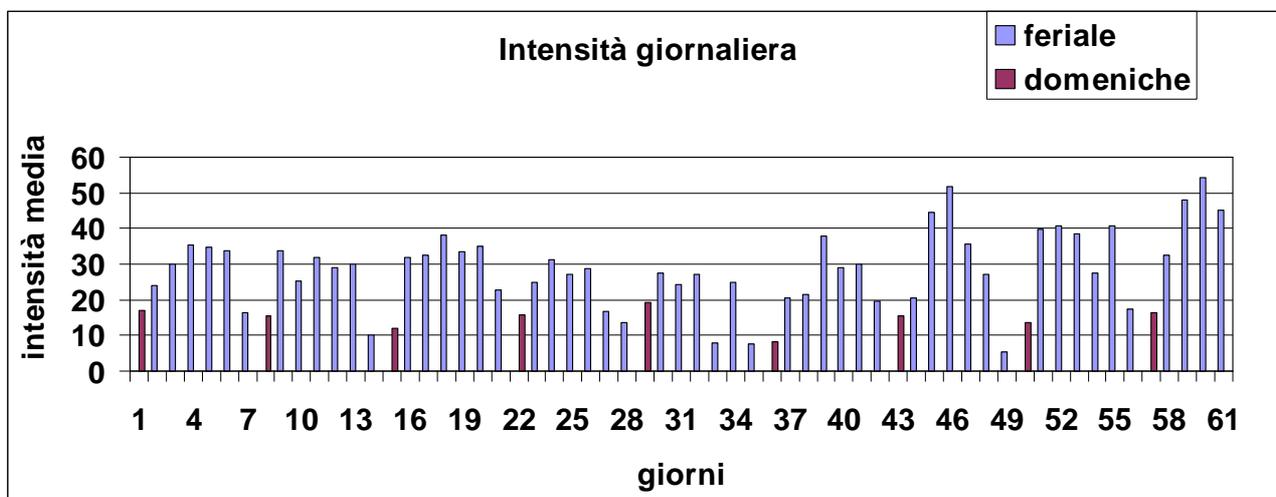


Figura 3-3 Valori dell'indice di intensità I^{α} per ogni giorno dell'indagine.

2) indice I_{giorno}^{β}

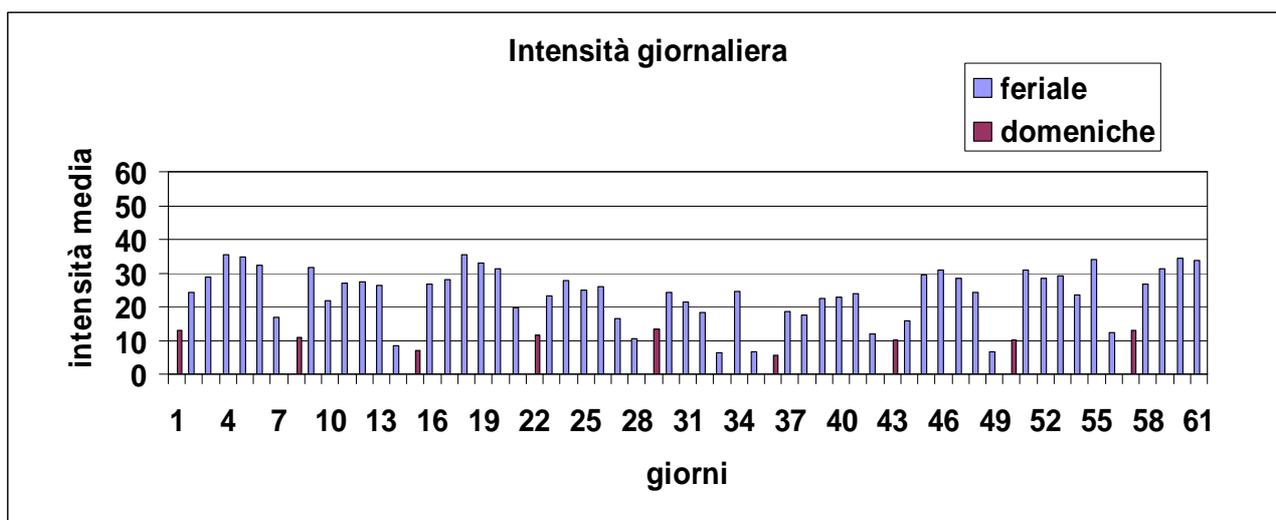


Figura 3-4 Valori dell'indice di intensità I^{β} per ogni giorno dell'indagine.

Dal confronto dei risultati del calcolo dei due indici I_{giorno}^{α} e I_{giorno}^{β} si nota un generale accordo dell'andamento giornaliero, anche se tra i due indici esiste un fattore di scala, $I_{giorno}^{\alpha} / I_{giorno}^{\beta}$ dovuto alla diversa normalizzazione. Tale fattore di scala è > 1 ed è leggermente superiore nei giorni di sabato e domenica rispetto ai feriali; inoltre aumenta lievemente nel tempo (Appendice, Figura 4-1), coerentemente con l'andamento del numero di rilievi giornalieri complessivi⁶. In base a questa osservazione si ritiene che l'indice I_{giorno}^{β} sia maggiormente significativo, poiché meno affetto dalla variabilità del campione di recettori (Appendice, Tabella 4-3). L'ultimo parametro di intensità da valutare riguarda l'indice di intensità notturna, calcolato quindi in base al metodo 2):

$$I_{notturno}^{\beta} = \frac{\sum_{RX=1}^{N_recettori} I_{RX,notturno}}{N_recettori}$$

Eq. 3-1

L'indice è riportato in Figura 3-5, nella medesima scala dell'indice di intensità giornaliera, ed in forma tabellare in Appendice (Tabella 4-3):

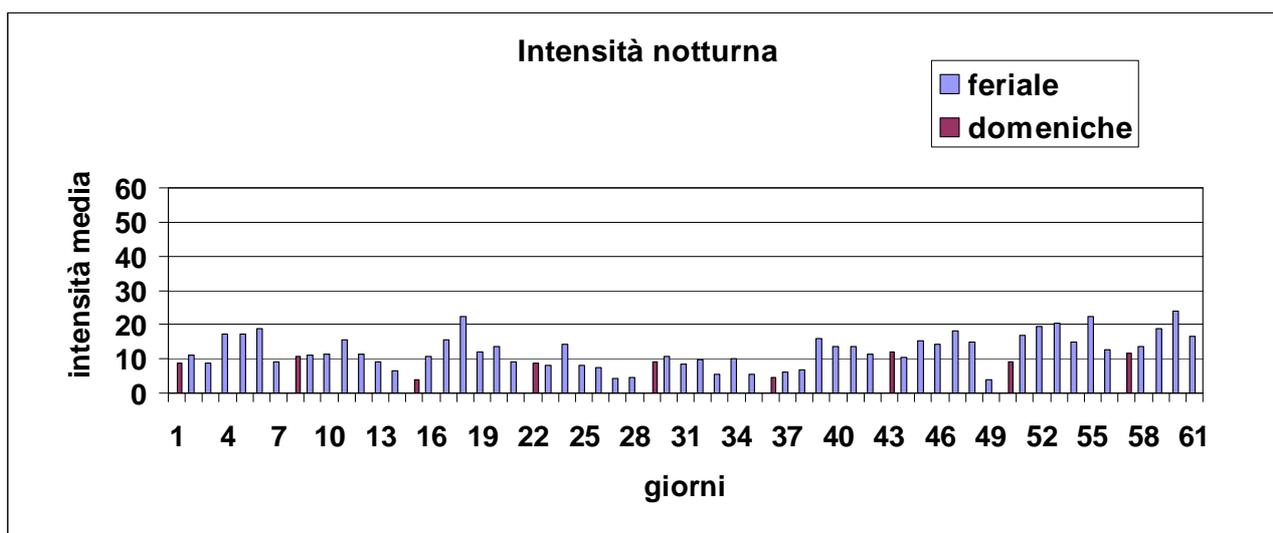


Figura 3-5 Valori dell'indice di intensità notturna $I_{notturno}^{\beta}$.

⁶ I recettori che effettuano il rilievo nel posto di lavoro non compaiono la domenica e, in generale, a giugno una maggiore frazione di popolazione, rispetto a maggio, si assenta dal lavoro e da casa per villeggiatura.

3.4.1 Considerazioni preliminari sugli indici di intensità

Le stime dell'indice di intensità del disturbo secondo i metodi 1) e 2) discussi nel §2.8 hanno evidenziato, nel presente studio, una maggiore significatività dell'indice normalizzato I^β poiché meno affetto dalla variabilità del campione di recettori:

$$I_k^\beta = \frac{\sum_{RX=1}^{N_recettori} I_{RX,k}}{N_recettori} \quad \text{dove} \quad I_{RX,k} = \frac{\sum_{i=0,3} W_i \cdot n_{i,RX,k}}{\text{conteggio_rilievo}_{RX,k}} \quad \forall k - \text{esimo giorno}$$

Inoltre è stata verificata l'utilità del confronto tra i giorni feriali ed i giorni di sabato e domenica, nonché del calcolo di tale indice anche per il periodo notturno (20:00-06:00).

Dal confronto dei due grafici di Figura 3-4 e Figura 3-5, è evidente che in generale l'indice di intensità giornaliera è maggiore nei giorni feriali rispetto ai giorni di sabato e domenica. Inoltre l'indice di intensità giornaliera è superiore all'indice di intensità notturna. Tuttavia la differenza appare meno rilevante nei giorni di sabato e domenica. Per quantificare queste considerazioni si è ritenuto utile calcolare i valori medi (su tutti i giorni compresi nel periodo di svolgimento dell'indagine sociale) degli indici di intensità sia giornaliera sia notturna, distinguendo tra giorni feriali e la serie di sabato e domenica (Tabella 3-3):

Tabella 3-3 Valori medi dell'indice di intensità I^β , distinti tra giorni feriali e sabato&festivi.

$\langle I_{notturno}^\beta \rangle_{sabato\&domenica}$	8,28
$\langle I^\beta \rangle_{sabato\&domenica}$	11,0
$\langle I_{notturno}^\beta \rangle_{feriale}$	13,4
$\langle I^\beta \rangle_{feriale}$	26,4

E' confermato che, in media, l'indice di intensità giornaliera è maggiore nei giorni feriali rispetto ai giorni di sabato e domenica, ma, per confrontare agevolmente la variabilità dei valori medi di ciascun indice di intensità, distinguendo tra periodo giornaliero e periodo notturno, si calcolano le differenze percentuali:

$$\frac{\langle I^\beta - I_{notturno}^\beta \rangle_{sabato\&domenica}}{\langle I^\beta \rangle_{sabato\&domenica}} = 25\% \quad ; \quad \frac{\langle I^\beta - I_{notturno}^\beta \rangle_{sabato\&domenica}}{\langle I_{notturno}^\beta \rangle_{sabato\&domenica}} = 33\%$$

Eq. 3-2

$$\frac{\langle I^\beta - I_{notturno}^\beta \rangle_{feriale}}{\langle I^\beta \rangle_{feriale}} = 50\% \quad ; \quad \frac{\langle I^\beta - I_{notturno}^\beta \rangle_{feriale}}{\langle I_{notturno}^\beta \rangle_{feriale}} = 98\%$$

Eq. 3-3

Nelle Eq. 3-2 e Eq. 3-3 si evidenzia che la differenza tra l'indice giornaliero e l'indice notturno è percentualmente inferiore nei giorni di sabato e domenica (25%-33%) rispetto ai giorni feriali (50%-98%). Questo fatto potrebbe significare che nei giorni di sabato e domenica sono attive delle sorgenti odorigene con modesta variabilità tra periodo diurno e notturno e che, durante i giorni

feriali, si sovrappongono ad esse altre sorgenti con attività prevalentemente diurna.

A questo riguardo sarebbe quindi utile condurre un'indagine circa le attività presenti nell'area circostante e gli orari di svolgimento delle stesse per verificare se esiste una possibile correlazione tra le attività continue, cioè che si svolgono per 24h/g ed in 7gg/settimana, e la percezione del disturbo olfattivo nelle ore notturne e nei giorni non feriali.

3.5 Settore di percettibilità dei recettori rispetto alla sorgente RARI

Come visto al §2.9.1, il settore (orizzontale) di percettibilità è definito, in base all'approccio gaussiano, come $\Theta_{RX} = 3\sigma_{\vartheta}$, dove σ_{ϑ} è funzione della distanza tra recettore e sorgente e della classe di stabilità atmosferica. Poiché in una prima fase si è interessati a verificare se la ditta RARI è la sorgente principale degli eventi di disturbo olfattivo, si è proceduto a verificare, per ogni ora, che la direzione di provenienza del vento sia compresa entro l'angolo, di ampiezza $\pm \Theta_{RX}$, individuato dalla direttrice che congiunge il recettore e l'impianto RARI. Questa procedura implica assegnare il "settore di percettibilità" a ciascun recettore, in ogni ora, in base alla classe di stabilità (Appendice, Tabella 4-4) e confrontarlo con la direzione di provenienza del vento.

I dati meteorologici impiegati in questo studio sono osservati presso due stazioni meteorologiche site in zone circostanti i recettori: Livorno-Ardenza, di cui sono disponibili i dati di velocità e direzione del vento e classe di stabilità su base oraria; Lammamed, di cui sono disponibili i dati di velocità e direzione del vento su base oraria ed al minuto. Il "settore di percettibilità" è stato quindi assegnato a ciascun recettore, in ogni ora, in base alla classe di stabilità indicata dalla stazione meteorologica Livorno-Ardenza. Poiché in tale database compare anche la classe di stabilità G, il calcolo del corrispondente settore di percettibilità è stato assimilato a quello della classe F.

Ovviamente, come discusso al §2.9.1, oltre alla definizione del settore basata sul modello gaussiano, si è ritenuto opportuno considerare l'indicazione contenuta nelle "Linee Guida" della Regione Lombardia in cui il viene assunto $\Theta_{RX} = 30^\circ$.

In questo modo si sono ottenuti 2 distinti dataset di settori di percettibilità orari, per ciascun recettore, da confrontare con le direzioni di provenienza del vento dedotte dai 2 dataset meteorologici. In totale si hanno 4 combinazioni di calcolo:

- settore di percettibilità $\Theta_{RX} = 3\sigma_{\vartheta}$ e dataset meteorologico Livorno-Ardenza;
- settore di percettibilità $\Theta_{RX} = 3\sigma_{\vartheta}$ e dataset meteorologico Lammamed;
- settore di percettibilità $\Theta_{RX} = 30^\circ$ e dataset meteorologico Livorno-Ardenza;
- settore di percettibilità $\Theta_{RX} = 30^\circ$ e dataset meteorologico Lammamed.

3.6 Matrice incidenza^{←S} rispetto alla RARI e indici correlazione^{←S}

Si è ritenuto utile determinare la "matrice incidenza^{←S}" nelle 4 combinazioni relative al settore di percettibilità ed ai dati meteorologici, al fine di garantire una maggiore affidabilità dei risultati.

3.6.1 Matrice di incidenza^{←S}

Si ricorda che in questa matrice sono non nulli gli eventi in cui il recettore risulta essere "sottovento" alla sorgente nota e quindi è fondamentale il dataset meteorologico di partenza. Se si confrontano i due dataset disponibili, ed in particolare si verifica se sono coerenti rispetto a tale evento, si trova che, nel caso in cui $\Theta_{RX} = 3\sigma_{\vartheta}$, secondo i dati di Livorno-Ardenza si verificano 12592 eventi in cui i recettori sono sottovento alla RARI, secondo i dati Lammamed gli eventi sono 10190 ed inoltre solo 4134 eventi sono contemporanei tra i due dataset.

3.6.2 Indici di correlazione^{←S}

Sulla base della compilazione della “matrice incidenza^{←S}”, si sono calcolati gli indici correlazione^{←S}, per ciascun recettore:

$$i.correlazione_{RX, periodo}^{\leftarrow S} (+) = \sum_{i=1}^{Nore} \left[(m.recettore_{RX, periodo}(i) > 0) .AND. (m.incidenza_{RX}^{\leftarrow S}(i) = 1) \right]$$

$$i.correlazione_{RX, periodo}^{\leftarrow S} (-) = \sum_{i=1}^{Nore} \left[(m.recettore_{RX, periodo}(i) = 0) .AND. (m.incidenza_{RX}^{\leftarrow S}(i) = 1) \right]$$

$$i.correlazione_{RX, periodo}^{\leftarrow S} (\pm) = \sum_{i=1}^{Nore} \left[(m.recettore_{RX, periodo}(i) = 0) .AND. (m.incidenza_{RX}^{\leftarrow S}(i) = 0) \right]$$

Dai valori degli indici (Appendice, Tabella 4-5) risulta che in alcuni casi la correlazione tra la sorgente RARI e il disturbo olfattivo percepito da un recettore è molto evidente: ad esempio per il recettore R1 si ottiene

$$i.correlazione_{R1, periodo}^{\leftarrow S} (+) = 100 \div 137 \text{ e } i.correlazione_{R1, periodo}^{\leftarrow S} (-) = 0 \div 1$$

quindi non solo si sono verificate molte ore in cui il recettore, essendo sottovento alla RARI, ha percepito l’odore (100 ÷ 137), ma solo in 1 caso (0 ÷ 1) il recettore non ha registrato la percezione pur essendo sottovento. Altri recettori presentano simili evidenze, mentre in alcuni casi la situazione è meno chiara, anche a causa del minor numero di eventi di percezione, oppure del minor numero di ore in cui il recettore, essendo sottovento alla RARI, ha effettuato un rilievo (cioè era presente e vigile).

In sintesi si può identificare un gruppo di recettori (31) in cui la correlazione positiva è prevalente: R1, R6, R7, R8, R9, R16, R17, R18, R19, R22, R23, R25, R27, R28, R29, R31, R32, R33, R34, R35, R38, R39, R44, R46, R47, R48, R49, R56, R60, R62, R65.

3.6.3 Indici relativi di correlazione^{←S}

Poiché per i recettori che mostrano una situazione incerta sussiste anche, in generale, un minor numero di eventi di percezione, oppure un minor numero di ore in cui il recettore, essendo sottovento, ha effettuato un rilievo (cioè era presente e vigile), risulta opportuno calcolare gli indici relativi di correlazione. Tramite questi indici, che tengono in considerazione anche il numero totale di percezioni per ciascun recettore, si possono evidenziare quali recettori si trovano rispettivamente nelle situazioni individuate al §2.9.4 che qui si richiamano per semplicità di lettura:

Situazione A il disturbo olfattivo del recettore è presumibilmente dovuto alla sorgente indagata se

$$i.correlazione_{RX, periodo}^{\leftarrow S} (+) \Big|_{\%} > i.correlazione_{RX, periodo}^{\leftarrow S} (-) \Big|_{\%}$$

Situazione B il disturbo olfattivo del recettore è presumibilmente dovuto ad una sorgente diversa da quella indagata se

$$i.correlazione_{RX, periodo}^{\leftarrow S} (+) \Big|_{\%} \ll i.correlazione_{RX, periodo}^{\leftarrow S} (-) \Big|_{\%}$$

In tutti gli altri casi in cui non sono soddisfatte le condizioni relative alla *Situazione A* né alla *Situazione B* non è possibile giungere ad una conclusione sulla base degli indici di correlazione e si ha una *Situazione incognita*.

Inoltre per i recettori nella *Situazione A*, la sorgente indagata è la principale sorgente di disturbo se

$$i.correlazione_{RX, periodo}^{\leftarrow S} (\pm)_{\%} \rightarrow 100\%$$

Eq. 3-4

Poiché gli indici sono calcolati in 4 combinazioni diverse (combinazioni a), b), c) e d); §3.5) è utile e maggiormente chiaro individuare la situazione in cui si trova ogni recettore distinguendo ciascuna combinazione. I risultati (Appendice,

Tabella 4-6,

Tabella 4-7, Tabella 4-8 e Tabella 4-9) presentano una notevole convergenza, con alcune distinzioni che si possono sintetizzare come segue:

- combinazione a): 14 recettori mostrano una significativa probabilità di ricadere nella *Situazione A* e per alcuni di essi la RARI potrebbe essere la principale causa del disturbo olfattivo; 25 recettori mostrano una significativa probabilità di ricadere nella *Situazione B* e quindi non confermano la RARI come causa del disturbo; 23 recettori mostrano una situazione incerta che non è rivelata dagli indici;
- combinazione b): 17 recettori mostrano una significativa probabilità di ricadere nella *Situazione A* e per alcuni di essi la RARI potrebbe essere la principale causa del disturbo olfattivo; 26 recettori mostrano una significativa probabilità di ricadere nella *Situazione B* e quindi non confermano la RARI come causa del disturbo; 19 recettori mostrano una situazione incerta che non è rivelata dagli indici;
- combinazione c): 24 recettori mostrano una significativa probabilità di ricadere nella *Situazione A* e per alcuni di essi la RARI potrebbe essere la principale causa del disturbo olfattivo; 24 recettori mostrano una significativa probabilità di ricadere nella *Situazione B* e quindi non confermano la RARI come causa del disturbo; 14 recettori mostrano una situazione incerta che non è rivelata dagli indici;
- combinazione d): 23 recettori mostrano una significativa probabilità di ricadere nella *Situazione A*) e per alcuni di essi la RARI potrebbe essere la principale causa del disturbo olfattivo; 22 recettori mostrano una significativa probabilità di ricadere nella *Situazione B*) e quindi non confermano la RARI come causa del disturbo; 17 recettori mostrano una situazione incerta che non è rivelata dagli indici.

Tuttavia, prendendo a riferimento i risultati dell'elaborazione basata sulla combinazione a) si nota che i recettori individuati nella *Situazione A* sono presenti in tale situazione anche nelle altre combinazioni: R1, R8 (con una maggiore riserva, in quanto nella combinazione b) si trova nella *Situazione incognita*), R16, R17 (idem come R8), R18 (idem come R8), R22, R32, R33, R39, R49, R56, R60 e R62. Inoltre, prendendo a riferimento i risultati dell'elaborazione basata sulla combinazione b) si nota che gli ulteriori recettori individuati nella *Situazione A* sono presenti in tale situazione anche nelle combinazioni c) e d): R25, R27, R29, R34, R38, R46 e R65 (tutti questi recettori, nell'elaborazione basata sulla combinazione a), si trovano nella *Situazione incognita*). Di questi recettori si deve sottolineare che R29, R38 ed R65 presentano schede NC (=non compilate) a giugno ed R46 presenta la scheda di maggio RD (=ridotta, vedi §3.1) e quindi sono recettori con una base statistica di rilievi inferiore agli altri; inoltre il recettore R38 presenta significatività insufficiente (<12%).

3.6.4 Confronto tra le combinazioni a), b), c) e d) e considerazioni preliminari sugli indici di correlazione

I valori degli indici e degli indici relativi indicano che la correlazione con la sorgente indagata è significativamente alta per alcuni recettori, con alcune precisazioni che è utile discutere nello

specifico. Escludendo i recettori con significatività insufficiente (R29 e R38), si può in sintesi osservare quanto segue.

1. Maleodoranze provocate dall'impianto RARI:

- l'indice di correlazione positivo risulta prevalente per un numero elevato di recettori (30): R1, R6, R7, R8, R9, R16, R17, R18, R19, R22, R23, R25, R27, R28, R29, R31, R32, R33, R34, R35, R39, R44, R46, R47, R48, R49, R56, R60, R62, R65;
- l'indice relativo di correlazione positiva colloca nella *Situazione A*, in tutte le quattro combinazioni, i seguenti recettori (10): R1, R16, R22, R32, R33, R39, R49, R56, R60, R62. Occorre osservare inoltre che si collocano nella *Situazione A*, in almeno tre combinazioni, i seguenti recettori (9): R8, R17, R18, R25, R27, R29, R34, R46, R65. I 18 recettori inclusi in questi due gruppi costituiscono un sottoinsieme dei 29 sopra individuati per mezzo dell'indice di correlazione.

In sostanza per questi 19 recettori il disturbo olfattivo è probabilmente causato dalle lavorazioni effettuate presso la ditta RARI. Inoltre per i recettori R27, R34 e R60 il valore di $i.correlazione_{RX, periodo}^{\leftarrow S} (\pm)_{\%} \rightarrow 100\%$ ⁷ (nelle combinazioni b), c) e d)): per questi le lavorazioni presso l'impianto RARI sono anche le principali fonti di disturbo (§2.9.4). Si deve anche notare che di questi 3 recettori, R27 ed R34 sono particolarmente vicini alla ditta RARI (103m e 205m rispettivamente), mentre R60 è abbastanza lontano (970m). Tuttavia, in generale, l'indice $i.correlazione_{RX, periodo}^{\leftarrow S} (\pm)_{\%}$ è <100% e questo evidenzia che esistono presumibilmente altre sorgenti odorigene sia nella zona circostante sia in zone più lontane. Queste ulteriori sorgenti potrebbero essere ricercate in base all'analisi della direzione di provenienza del vento durante gli eventi percettivi non imputabili a RARI, insieme ad una verifica della qualità degli odori percepiti durante l'intera indagine (si vedano i paragrafi successivi).

2. Maleodoranze provocate da altri impianti:

- l'indice relativo di correlazione negativa colloca nella *Situazione B*, in tutte le quattro combinazioni, i seguenti recettori (16): R2, R5, R11, R14, R20, R24, R37, R40, R41, R42, R43, R51, R53, R54, R63, B4. Occorre osservare inoltre che si collocano nella *Situazione B*, in almeno tre combinazioni, i seguenti recettori (6): R10, R12, R52, R64, B1, B5.

In sostanza per questo gruppo di 22 recettori il disturbo olfattivo non è probabilmente causato dalle lavorazioni condotte presso l'impianto RARI, bensì da altri impianti o sorgenti.

3.7 Matrice incidenza^{←X} rispetto ad una sorgente ignota

Si sono individuate le direzioni di provenienza del vento contemporanee agli eventi di percezione, per entrambi i dataset meteorologici disponibili. Per chiarire le indicazioni che si possono ottenere da questa matrice si è scelto di raccogliere le direzioni di provenienza più frequenti di ciascun

⁷ Colonna "S±" nella Tabella 4-6, Tabella 4-7, Tabella 4-8, Tabella 4-9.

recettore in forma di tabella e di rappresentare le rose olfattive in forma grafica (utilizzando GoogleEarth®).

Preliminarmente a tali elaborazioni, si è proceduto al raggruppamento di alcuni recettori, poiché molti si trovano nel medesimo edificio, oppure sono molto vicini l'uno all'altro e quindi l'informazione che forniscono può essere ridondante. Il raggruppamento è stato operato in base ad un metodo di clustering dei recettori: supponendo che l'*i*-esimo recettore abbia una sorgente ad una distanza minima di 200m, questo viene ritenuto identico a qualunque recettore la cui direttrice con la sorgente sia entro un angolo pari a $\alpha = 3\sigma_{\theta}(200m, \text{classe di stabilità } D)$. In pratica questo significa che recettori distanti $\leq 45.6m$ sono parte del medesimo cluster (cioè ciascun recettore sarà distante $\leq 45.6m$ da almeno un recettore del cluster). La scelta di questo metodo è dovuta ad una necessità di coerenza con l'elaborazione della "matrice di incidenza"^{←S}, tuttavia l'elemento arbitrario della distanza minima posta a 200m potrebbe portare a trascurare gli effetti di sorgenti più vicine di 200m a qualche recettore di un cluster. Avendo individuato i cluster, si è verificato che i recettori di ciascuno siano tra di loro coerenti, in modo da poter scegliere la matrice di monitoraggio rappresentativa (ed unica) di ciascun cluster.

3.7.1 Cluster

Si sono individuati 25 cluster di cui sono riportati in Tabella 3-4 il recettore di riferimento ed i recettori componenti.

Tabella 3-4 Cluster, recettore di riferimento e recettori componenti del cluster.

Cluster n.	Riferimento	Recettori componenti										
1	R1	R25	R27	R32								
2	R2	R11	R23	R24	R29	R37	R38	R39	R42	R43	R51	
3	R3	R61										
4	R5											
5	R6	R7	R8									
6	R9	R19	R31	R35	R56	R57						
7	R10											
8	R12											
9	R13	R60										
10	R14											
11	R15											
12	R16	R17	R18	R28	R34	R47	R48	R49				
13	R20											
14	R22	R33	R62									
15	R36	R45	R58	R6								
16	R40											
17	R41	R54										
18	R46											
19	R52	R53	R63									
20	R64											
21	R65											
22	B1											
23	B2	B5										
24	B3											
25	B4											

In Appendice (Figura 4-2) sono visualizzate le posizioni dei clusters ed uno zoom su alcuni di essi che esemplificano il livello di aggregazione (Figura 4-3).

3.7.2 *Rose percettive*

Nelle figure in Appendice (Figura 4-4, Figura 4-5, Figura 4-6) sono riportate su uno snapshot da GoogleEarth le rose percettive di ciascun baricentro dei clusters, con i dati di provenienza del vento della stazione meteorologica Lammamed.

Da queste immagini si possono ricavare alcune osservazioni:

- dalla Figura 4-4 emerge la distribuzione disomogenea dei recettori, che può essere problematica rispetto all'eventuale impiego dei dati della presente indagine sociale ai fini dell'individuazione di sorgenti odorigene attive nell'area;
- in generale le rose percettive presentano un rilevante settore di provenienza dalla direzione O-NO, come si vede dalla Figura 4-5, che suggerisce la presenza di uno o più sorgenti odorigene nella zona portuale industriale localizzata nella zona settentrionale della città di Livorno;
- la Figura 4-6 mostra le rose percettive dei recettori per i quali il disturbo olfattivo è probabilmente imputabile alle lavorazioni effettuate presso la ditta RARI (§3.6.3);

Infine, in Figura 4-7, sono rappresentate le rose percettive dei recettori R27, R34 e R60, per i quali le lavorazioni effettuate presso la ditta RARI sono le principali fonti di disturbo.

3.7.3 *Rose olfattive*

Le percezioni olfattive sono state descritte utilizzando le seguenti tipologie di odore Tabella 3-5.

Tabella 3-5 Codifica delle tipologie di odore.

codice	definizione dell'odore	codice	definizione dell'odore
A	Putrido	P	Pesce marcio
B	Brucciato	Q	Freni auto
C	Cavolo bollito	R	Rancido
D	Decomposizione	S	Solventi
E	Caffè bruciato	T	Plastica bruciata
F	Fogna	U	Sterco
G	Gomma bruciata	V	Vaniglia
H	Gas	Z	Zolfo
I	Immondizia	K	Odore dolciastro
L	Legna bruciata	Y	Resina
M	Marcio	W	Vernice
N	Idrocarburi (petrolio-nafta)	<	Odore acre
O	Organico	J	nessuna indicazione

Seguendo la metodologia descritta nel §2.9.6, incrociando le direzioni di provenienza del vento (dataset meteorologico Lammamed) con le percezioni dei 62 recettori selezionati al §3.1 si è calcolato il numero di ore in cui una certa tipologia di odore è stata percepita (Tabella 3-6).

Tabella 3-6 Numero di ore di percezione delle diverse tipologie di odore, suddivise per direzione di provenienza del vento.

codice dell'odore	direzione di provenienza del vento															
	360	22.5	45	67.5	90	112.5	135	157.5	180	202.5	225	247.5	270	292.5	315	337.5
A	2	1	5	4	2	0	2	1	1	9	5	17	31	7	8	5
B	2	1	4	3	1	1	3	1	1	6	4	16	36	5	11	5
C	4	3	12	14	4	3	8	1	5	7	3	4	12	9	9	2

codice dell'odore	direzione di provenienza del vento															
	360	22.5	45	67.5	90	112.5	135	157.5	180	202.5	225	247.5	270	292.5	315	337.5
D	3	1	8	7	2	0	3	1	1	9	5	14	26	6	7	7
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	7	0	57	21	7	0
F	4	4	19	15	0	0	4	0	10	6	0	4	8	10	15	2
G	4	1	12	9	3	0	2	0	2	7	3	4	16	7	18	13
H	1	1	4	2	1	0	3	1	1	5	4	18	41	6	8	4
I	3	1	12	15	3	1	2	3	2	7	3	6	23	6	11	2
J	4	2	9	8	2	1	2	1	2	8	4	10	23	9	10	7
K	9	5	9	5	1	0	0	0	1	6	3	4	10	15	12	20
L	0	8	31	0	0	0	0	8	0	15	0	0	23	8	8	0
M	4	8	19	22	1	0	1	4	4	8	3	4	8	7	3	3
N	1	0	1	0	2	1	2	3	0	3	3	19	46	5	8	5
O	1	1	1	1	2	1	3	4	1	4	4	18	44	5	6	5
P	2	1	8	6	1	0	1	0	1	9	5	16	27	6	10	6
Q	0	0	6	6	0	0	0	0	29	12	0	0	47	0	0	0
R	6	3	6	4	1	0	0	0	1	8	4	10	22	13	12	12
S	3	2	9	8	2	1	2	1	2	8	3	7	24	8	12	7
T	5	4	13	14	4	3	8	1	5	7	3	4	11	9	7	3
U	9	0	0	18	9	0	18	0	0	9	0	0	9	18	9	0
V	6	4	20	17	0	0	0	0	2	6	2	3	11	10	10	11
W	3	7	10	10	7	0	0	3	3	14	3	24	7	0	3	3
Y	2	1	15	18	4	3	11	2	4	6	4	10	3	4	6	7
Z	2	2	5	5	1	1	3	2	2	5	4	12	31	9	11	5
<	4	1	13	8	1	0	5	1	0	5	4	10	22	8	10	8

E' evidente che dalle direzioni di provenienza O, O-NO e O-SO giungono i maggiori impatti olfattivi, soprattutto correlati alle tipologie ABDEHI(L)NOPQRSUWZ<, mentre nel caso di CFLMTUVY la direzione di provenienza è prevalentemente E-NE. Per la tipologia K la direzione di provenienza prevalente è N-NO (per una sintesi: Tabella 3-7).

Tabella 3-7 Sintesi delle direzione di provenienza prevalenti associate alle diverse tipologie di odore percepite.

O, O-NO e O-SO	Putrido, Bruciato, Decomposizione, Caffè bruciato, Gomma bruciata, Gas, Immondizia, Legna bruciata, Idrocarburi (petrolio-nafta), Organico, Pesce marcio, Freni auto, Rancido, Solventi, Zolfo, Vernice, Odore acre
E-NE	Cavolo bollito, Fogna, Marcio, Plastica bruciata, Sterco, Vaniglia, Resina
N-NO	Odore dolciastro

4 APPENDICE – TABELLE E FIGURE

**Tabella 4-1 Rilievi e percezioni di ciascun recettore per ciascun mese e complessivi su tutto il periodo (2 mesi).
 Numero totale di ore del monitoraggio per ciascun recettore.**

recettore	rilievo			percezione			Nore
	maggio	giugno	periodo	maggio	giugno	Periodo	
R1	220	220	440	220	210	430	1464
R2	246	251	497	67	28	95	1464
R3	432	186	618	62	34	96	744
R4	16	0	16	16	0	16	0
R5	303	126	429	55	19	74	744
R6	329	329	658	235	329	564	1464
R7	286	302	588	217	302	519	1464
R8	210	313	523	186	313	499	1464
R9	370	319	689	179	234	413	1464
R10	188	214	402	127	185	312	1464
R11	334	309	643	63	22	85	1464
R12	322	193	515	124	29	153	1104
R13	204	94	298	55	15	70	1104
R14	353	189	542	56	11	67	1104
R15	317	223	540	121	33	154	1104
R16	302	179	481	263	148	411	1464
R17	179	189	368	166	55	221	1464
R18	240	261	501	211	123	334	1464
R19	444	307	751	253	200	453	1464
R20	192	78	270	84	10	94	1104
R21	17	0	17	17	0	17	0
R22	253	225	478	156	213	369	1464
R23	247	207	454	136	45	181	1464
R24	343	320	663	53	31	84	1464
R25	286	280	566	191	197	388	1464
R26	0	0	0	0	0	0	0
R27	306	276	582	6	246	252	1464
R28	420	247	667	219	86	305	1464
R29	94	0	94	78	0	78	744
R30	0	0	0	0	0	0	0
R31	195	135	330	80	86	166	1464
R32	198	207	405	136	187	323	1464
R33	206	168	374	170	168	338	1464
R34	461	306	767	281	116	397	1464
R35	396	405	801	237	283	520	1464
R36	366	120	486	145	20	165	1104
R37	277	343	620	55	36	91	1464
R38	31	0	31	31	0	31	744
R39	226	327	553	226	326	552	1464
R40	256	217	473	28	25	53	1104
R41	268	253	521	47	21	68	1464
R42	297	255	552	60	16	76	1464
R43	391	416	807	75	37	112	1464
R44	316	167	483	224	45	269	1464

recettore	rilievo			percezione			Nore
	maggio	giugno	periodo	maggio	giugno	Periodo	
R45	0	0	0	0	0	0	0
R46	263	227	490	263	179	442	720
R47	416	254	670	254	126	380	1464
R48	478	329	807	292	139	431	1464
R49	247	159	406	193	95	288	1464
R50	0	0	0	0	0	0	0
R51	180	179	359	44	34	78	1464
R52	280	208	488	107	28	135	1104
R53	366	270	636	111	37	148	1104
R54	382	317	699	73	28	101	1464
R55	0	0	0	0	0	0	0
R56	221	0	221	123	0	123	744
R57	250	0	250	77	0	77	744
R58	453	240	693	145	27	172	1464
R59	0	0	0	0	0	0	0
R60	417	291	708	243	90	333	1200
R61	393	204	597	83	93	176	1104
R62	295	221	516	295	203	498	1464
R63	334	206	540	133	27	160	1104
R64	242	0	242	117	0	117	744
R65	235	0	235	181	0	181	744
B1	494	520	1014	40	398	438	1464
B2	405	384	789	67	269	336	1464
B3	434	464	898	81	319	400	1464
B4	420	486	906	106	349	455	1464
B5	0	428	428	0	253	253	552
TOTALE			33085			15617	79128

Tabella 4-2 Indice di percezione, indice di percezione relativo e significatività.

recettore	<i>indice – percezione</i> $RX_{periodo} \%$	<i>indice – percezione – relativo</i> $RX_{periodo} \%$	<i>significatività</i> $RX_{periodo}$ (intero periodo; periodo di riferimento corretto)
R1	29	98	30
R2	6	19	34
R3			
R4			
R5	5		
R6	39	86	45
R7	35	88	40
R8	34	95	36
R9	28	60	47
R10	21	78	27
R11	6	13	44
R12		30	35;47
R13		23	20;27
R14		12	37;49
R15		29	37;49
R16	28	85	33
R17	15	60	25
R18	23	67	34
R19	31	60	51
R20		35	18
R21			
R22	25	77	33
R23	12	40	31
R24	6	13	45
R25	27	69	39
R26			
R27	17	43	40
R28	21	46	46
R29		83	6;13
R30			
R31	11	50	23
R32	22	80	28
R33	23	90	26
R34	27	52	52
R35	36	65	55
R36		34	33;43
R37	6	15	42
R38		100	2;4
R39	38	100	38
R40		11	32
R41	5	13	36
R42	5	14	38
R43	8	14	55
R44	18	56	33

recettore	<i>indice – percezione</i> <small>RX, periodo</small> %	<i>indice – percezione – relativo</i> <small>RX, periodo</small> %	<i>significatività</i> <small>RX, periodo</small> (intero periodo; periodo di riferimento corretto)
R45			
R46	30		
R47	26	57	46
R48	29	53	55
R49	20	71	28
R50			
R51	5	22	25
R52		28	33;44
R53		23	43;58
R54	7	14	48
R55			
R56		56	15;30
R57		31	17;34
R58	12	25	47
R59			
R60		47	48;59
R61		29	41;54
R62	34	97	35
R63		30	37;49
R64		48	17;32
R65		77	16
B1	30	43	69
B2	23	43	54
B3	27	45	61
B4	31	50	62
B5		59	29;78

Tabella 4-3 Indice giornaliero e notturno di intensità del disturbo olfattivo.

giorno	I_{giorno}^{β}	$I_{notturno}^{\beta} = \frac{\sum_{RX=1}^{N_recettori} I_{RX,notturno}}{N_recettori}$
1	13.1	8.8
2	24.2	11.0
3	28.9	8.8
4	35.3	17.0
5	34.8	17.3
6	32.3	18.7
7	16.7	9.0
8	10.8	10.8
9	31.6	11.0
10	21.8	11.5
11	26.9	15.7
12	27.3	11.2
13	26.2	9.0
14	8.4	6.4
15	7.0	4.1
16	26.8	10.7
17	28.0	15.5
18	35.3	22.3
19	33.1	12.1
20	31.3	13.5
21	19.7	9.1
22	11.7	8.6
23	23.2	8.2
24	27.8	14.4
25	24.8	8.0
26	26.1	7.6
27	16.4	4.1
28	10.5	4.5
29	13.2	8.9
30	24.2	10.7
31	21.5	8.5
1	18.2	9.6
2	6.3	5.6
3	24.7	10.0
4	6.8	5.7
5	5.7	4.6
6	18.7	6.3
7	17.6	6.8
8	22.6	15.8
9	22.9	13.6
10	23.8	13.7
11	11.8	11.4
12	10.2	12.0

giorno	I_{giorno}^{β}	$I_{notturno}^{\beta} = \frac{\sum_{RX=1}^{N_recettori} I_{RX,notturno}}{N_recettori}$
13	15.6	10.5
14	29.4	15.2
15	30.8	14.2
16	28.6	18.1
17	24.1	14.9
18	6.7	3.8
19	10.0	8.9
20	31.0	16.7
21	28.4	19.6
22	29.2	20.5
23	23.6	14.9
24	33.9	22.4
25	12.2	12.6
26	12.9	11.7
27	26.6	13.5
28	31.2	18.8
29	34.4	23.9
30	33.6	16.6

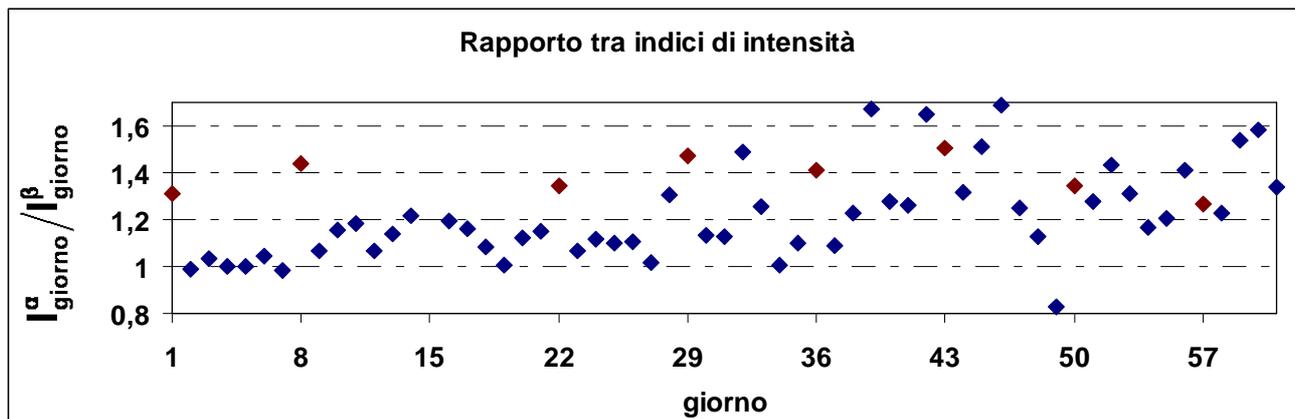


Figura 4-1 Rapporto tra i due indici di intensità giornaliera: si nota che assume valori leggermente superiori nelle domeniche rispetto ai giorni feriali e che il suo valore aumenta lievemente nel tempo.

Tabella 4-4 Settore di percettibilità in gradi per classe di stabilità di ciascun recettore e distanza dalla ditta RARI.

recettore	distanza dalla RARI (m)	settore di percettibilità in gradi per classe di stabilità					
		A	B	C	D	E	F
R1	95	47	47	32	23	16	16
R2	506	32	32	22	16	11	11
R3	830	26	26	18	13	9	9
R4	494	32	32	22	16	11	11
R5	1122	23	23	16	12	8	8
R6	1340	22	22	15	11	7	7
R7	1296	22	22	15	11	8	8
R8	1296	22	22	15	11	8	8
R9	290	37	37	26	19	13	13
R10	195	41	41	28	21	14	14
R11	506	32	32	22	16	11	11
R12	858	26	26	18	13	9	9
R13	953	25	25	17	13	9	9
R14	956	25	25	17	13	9	9
R15	806	27	27	18	13	9	9
R16	196	41	41	28	21	14	14
R17	196	41	41	28	21	14	14
R18	216	40	40	28	20	14	14
R19	255	39	39	27	19	13	13
R20	1076	24	24	16	12	8	8
R21	494	32	32	22	16	11	11
R22	163	43	43	29	21	15	15
R23	484	32	32	22	16	11	11
R24	533	31	31	21	16	11	11
R25	96	47	47	32	23	16	16
R26	1408	21	21	15	11	7	7
R27	103	46	46	32	23	16	16
R28	201	41	41	28	20	14	14
R29	488	32	32	22	16	11	11
R30	1022	24	24	17	12	8	8
R31	255	39	39	27	19	13	13
R32	91	47	47	32	24	16	16
R33	173	42	42	29	21	15	15
R34	205	41	41	28	20	14	14
R35	290	37	37	26	19	13	13
R36	966	25	25	17	12	9	9
R37	505	32	32	22	16	11	11
R38	488	32	32	22	16	11	11
R39	488	32	32	22	16	11	11
R40	1067	24	24	16	12	8	8
R41	600	30	30	21	15	10	10
R42	533	31	31	21	16	11	11
R43	506	32	32	22	16	11	11
R44	466	33	33	22	16	11	11

recettore	distanza dalla RARI (m)	settore di percettibilità in gradi per classe di stabilità					
		A	B	C	D	E	F
R45	929	25	25	17	13	9	9
R46	271	38	38	26	19	13	13
R47	201	41	41	28	20	14	14
R48	205	41	41	28	20	14	14
R49	205	41	41	28	20	14	14
R50	494	32	32	22	16	11	11
R51	503	32	32	22	16	11	11
R52	874	26	26	18	13	9	9
R53	900	26	26	18	13	9	9
R54	600	30	30	21	15	10	10
R55	323	36	36	25	18	12	12
R56	255	39	39	27	19	13	13
R57	290	37	37	26	19	13	13
R58	966	25	25	17	12	9	9
R59	494	32	32	22	16	11	11
R60	970	25	25	17	12	9	9
R61	830	26	26	18	13	9	9
R62	163	43	43	29	21	15	15
R63	874	26	26	18	13	9	9
R64	922	25	25	17	13	9	9
R65	110	46	46	32	23	16	16
B1	825	27	27	18	13	9	9
B2	1879	19	19	13	9	6	6
B3	1756	19	19	13	10	7	7
B4	1880	19	19	13	9	6	6
B5	1895	19	19	13	9	6	6

Tabella 4-5 Indici di correlazione positiva, negativa, semi-positiva nelle combinazioni a), b), c) e d) corrispondenti alle combinazioni di settore di percettibilità e dataset meteorologico, nell'ordine:
a) settore di percettibilità e dataset meteorologico Livorno-Ardenza; b) settore di percettibilità e dataset meteorologico Lammamed; c) settore di percettibilità pari a 30° e dataset meteorologico Livorno-Ardenza; d) settore di percettibilità pari a 30° e dataset meteorologico Lammamed.

recettore	$i.correlazione_{RX, periodo}^{e-s}(+)$				$i.correlazione_{RX, periodo}^{e-s}(-)$				$i.correlazione_{RX, periodo}^{e-s}(\pm)$			
	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d
R1	116	100	137	111	1	0	0	0	9	10	10	10
R2	0	12	18	14	20	26	113	50	381	375	288	351
R3	33	39	51	57	92	56	179	93	459	495	372	458
R4												
R5	6	8	9	10	65	28	85	50	290	327	270	305
R6	11	23	23	46	4	4	5	9	90	90	89	85
R7	10	23	19	47	3	3	4	4	66	66	65	65
R8	12	16	18	40	0	1	0	2	24	23	24	22
R9	5	22	18	33	3	10	18	20	273	266	258	256
R10	1	0	4	0	0	1	4	3	90	89	86	87
R11	1	11	12	13	26	38	115	69	532	520	443	489
R12	29	32	39	43	82	47	96	72	280	315	266	290
R13	24	22	25	27	47	20	56	35	181	208	172	193
R14	16	17	22	25	77	49	115	77	398	426	360	398
R15	33	33	40	47	104	42	123	74	282	344	263	312
R16	48	92	121	125	1	9	7	11	69	61	63	59
R17	31	47	74	72	3	22	20	23	144	125	127	124
R18	27	73	78	100	1	24	7	31	166	143	160	136
R19	8	24	19	30	2	10	8	10	297	289	291	289
R20	7	8	16	10	22	11	27	17	154	165	149	159
R21												
R22	40	71	132	84	3	2	6	3	106	107	103	106
R23	18	37	70	53	8	17	45	33	266	257	229	241
R24	1	9	16	14	19	26	130	53	560	553	449	526
R25	64	107	142	138	30	34	47	46	148	144	131	132
R26												
R27	59	113	120	135	25	34	79	75	305	296	251	255
R28	67	83	148	104	34	62	93	66	328	300	269	296
R29	8	23	27	41	2	4	5	5	14	12	11	11
R30												
R31	5	15	9	18	2	5	8	7	161	158	155	156
R32	94	105	123	104	7	5	7	5	75	77	75	77
R33	34	58	40	62	2	0	2	1	34	36	34	35
R34	73	112	177	132	18	44	57	53	352	326	313	317
R35	8	34	31	53	3	6	14	8	278	275	267	273
R36	61	40	68	59	81	29	100	53	240	292	221	268
R37	2	10	20	13	21	34	143	59	507	494	385	469
R38	4	12	15	21	1	0	8	0	46	47	39	47
R39	42	93	223	145	1	1	7	3	10	10	4	8
R40	16	11	19	15	64	46	85	77	357	375	336	344
R41	1	8	9	11	11	26	98	58	441	426	354	394

recettore	$i.correlazione_{RX, periodo}^{\leftarrow S} (+)$				$i.correlazione_{RX, periodo}^{\leftarrow S} (-)$				$i.correlazione_{RX, periodo}^{\leftarrow S} (\pm)$			
	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d
R42	2	15	21	22	17	28	126	50	459	448	350	426
R43	3	8	21	14	36	39	133	72	658	655	561	622
R44	23	38	91	66	4	15	38	25	210	199	176	189
R45												
R46	18	74	34	90	1	1	1	1	47	47	47	47
R47	68	98	170	114	25	43	76	48	265	247	214	242
R48	72	113	179	131	19	47	53	54	357	329	323	322
R49	45	68	122	80	3	15	21	16	115	103	97	102
R50												
R51	3	7	13	13	7	7	16	16	274	274	265	265
R52	29	34	42	48	83	53	109	82	270	300	244	271
R53	26	27	35	40	133	78	171	123	355	410	317	365
R54	1	11	11	16	15	31	118	72	582	566	479	525
R55												
R56	1	5	3	6	0	0	0	0	98	98	98	98
R57	2	12	11	18	3	9	14	19	170	164	159	154
R58	55	34	64	53	107	47	130	76	414	474	391	445
R59												
R60	119	73	140	113	31	19	44	29	344	356	331	346
R61	31	24	58	47	46	30	85	46	375	391	336	375
R62	52	97	195	113	1	1	3	0	17	17	15	18
R63	32	30	39	42	102	69	133	100	278	311	247	280
R64	5	6	10	15	1	6	9	26	124	119	116	99
R65	10	42	18	42	1	5	0	6	53	49	54	48
B1	53	34	95	51	54	70	99	87	522	506	477	489
B2	38	22	68	34	32	43	65	66	421	410	388	387
B3	77	26	102	56	60	48	89	82	438	450	409	416
B4	10	9	58	39	17	24	71	86	434	427	380	365
B5	25	9	53	19	26	20	41	32	148	154	133	142

Tabella 4-6 Indici relativi di correlazione positiva, negativa, semi-positiva nella combinazione a): settore di percettibilità e dataset meteorologico Livorno-Ardenza. I recettori sono raggruppati per appartenenza alla Situazione A, Situazione B, Situazione incognita.

Situazione A					Situazione B				Situazione incognita			
	S+	S-	S±	RARI è la sorgente principale?		S+	S-	S±		S+	S-	S±
R1	27%	1%	3%	NO	R2	0%	100%	80%	R6	2%	27%	14%
R8	2%	0%	5%	NO	R3	34%	74%	88%	R7	2%	23%	11%
R10	0%	0%	22%	NO *	R5	8%	92%	81%	R13	34%	66%	80%
R16	12%	2%	16%	NO	R9	1%	38%	40%	R19	2%	20%	40%
R17	14%	9%	43%	SI	R11	1%	96%	86%	R23	10%	31%	62%
R18	8%	4%	35%	FORSE	R12	19%	74%	69%	R25	16%	32%	31%
R22	11%	7%	24%	NO	R14	24%	83%	89%	R27	23%	30%	61%
R32	29%	7%	25%	NO	R15	21%	76%	70%	R28	22%	34%	58%
R33	10%	6%	10%	NO	R20	7%	76%	64%	R29	10%	20%	17%
R39	8%	2%	2%	NO	R24	1%	95%	87%	R31	3%	29%	50%
R49	16%	6%	32%	FORSE	R37	2%	91%	85%	R35	2%	27%	35%
R56	1%	0%	45%	SI	R40	30%	80%	91%	R34	18%	20%	52%
R60	36%	21%	62%	SI	R41	1%	92%	87%	R36	37%	57%	70%
R62	10%	2%	4%	NO	R42	3%	89%	86%	R38	13%	20%	63%
					R43	3%	92%	86%	R44	9%	15%	46%
					R51	4%	70%	79%	R46	4%	5%	10%
					R52	21%	74%	72%	R47	18%	27%	46%
					R53	18%	84%	74%	R48	17%	21%	50%
					R54	1%	94%	85%	R58	32%	66%	78%
					R57	3%	60%	69%	R64	4%	17%	53%
					R61	18%	60%	72%	R65	6%	9%	24%
					R63	20%	76%	68%	B2	11%	46%	59%
					B1	12%	50%	58%	B3	19%	44%	58%
					B4	2%	63%	49%				
					B5	10%	51%	39%				

Legenda:

S+ $i.correlazione_{RX, periodo}^{\leftarrow S} (+)_{\%}$

S- $i.correlazione_{RX, periodo}^{\leftarrow S} (-)_{\%}$

S± $i.correlazione_{RX, periodo}^{\leftarrow S} (\pm)_{\%}$

*: per R10 il valore di S+ è pari a 0.32%

Tabella 4-7 Indici relativi di correlazione positiva, negativa, semi-positiva nella combinazione b): settore di percettibilità e dataset meteorologico Lammamed. I recettori sono raggruppati per appartenenza alla Situazione A, Situazione B, Situazione incognita.

Situazione A					Situazione B				Situazione incognita			
	S+	S-	S±	RARI è la sorgente principale?		S+	S-	S±		S+	S-	S±
R1	23%	0%	3%	NO	R2	13%	68%	82%	R3	41%	59%	90%
R16	22%	9%	16%	NO	R5	11%	78%	83%	R6	4%	15%	14%
R22	19%	3%	26%	NO	R10	0%	100%	22%	R7	4%	12%	12%
R25	28%	24%	34%	FORSE	R11	13%	78%	88%	R8	3%	6%	5%
R27	45%	23%	68%	SI	R12	21%	59%	72%	R9	5%	31%	40%
R29	29%	15%	18%	NO	R14	25%	74%	89%	R13	31%	48%	81%
R32	33%	5%	26%	NO	R20	9%	58%	66%	R15	21%	56%	74%
R33	17%	0%	11%	NO	R24	11%	74%	88%	R17	21%	32%	42%
R34	28%	28%	53%	SI	R37	11%	77%	86%	R18	22%	25%	35%
R38	39%	0%	71%	SI	R40	21%	81%	90%	R19	5%	29%	40%
R39	17%	1%	2%	NO	R41	12%	76%	88%	R23	20%	31%	64%
R46	17%	1%	11%	NO	R42	20%	65%	88%	R28	27%	43%	57%
R49	24%	18%	32%	FORSE	R43	7%	83%	86%	R31	9%	25%	51%
R56	4%	0%	45%	FORSE	R51	9%	50%	79%	R35	7%	15%	36%
R60	22%	21%	58%	SI	R52	25%	61%	75%	R36	24%	42%	70%
R62	19%	1%	4%	NO	R53	18%	74%	77%	R44	14%	28%	46%
R65	23%	11%	26%	NO	R54	11%	74%	86%	R47	26%	30%	47%
					R58	20%	58%	77%	R48	26%	29%	51%
					R61	14%	56%	72%	R57	16%	43%	72%
					R63	19%	70%	71%				
					R64	5%	50%	52%				
					B1	8%	67%	56%				
					B2	7%	66%	57%				
					B3	7%	65%	55%				
					B4	2%	73%	49%				
					B5	4%	69%	39%				

Legenda:

- S+ $i.correlazione_{RX, periodo}^{\leftarrow S} (+)_{\%}$
 S- $i.correlazione_{RX, periodo}^{\leftarrow S} (-)_{\%}$
 S± $i.correlazione_{RX, periodo}^{\leftarrow S} (\pm)_{\%}$

Tabella 4-8 Indici relativi di correlazione positiva, negativa, semi-positiva nella combinazione c): settore di percettibilità pari a 30° e dataset meteorologico Livorno-Ardenza. I recettori sono raggruppati per appartenenza alla Situazione A, Situazione B, Situazione incognita.

Situazione A					Situazione B				Situazione incognita			
	S+	S-	S±	RARI è la sorgente principale?		S+	S-	S±		S+	S-	S±
R 1	32%	0%	3%	NO	R 2	19%	86%	79%	R 3	53%	78%	89%
R 8	4%	0%	5%	NO	R 5	12%	90%	81%	R 6	4%	18%	14%
R 16	29%	5%	18%	NO	R 9	4%	50%	40%	R 7	4%	17%	12%
R 17	33%	21%	46%	FORSE	R 10	1%	50%	22%	R 13	36%	69%	79%
R 18	23%	8%	38%	FORSE	R 11	14%	91%	86%	R 19	4%	30%	40%
R 22	36%	4%	30%	FORSE	R 12	25%	71%	70%	R 23	39%	39%	67%
R 25	37%	25%	35%	FORSE	R 14	33%	84%	89%	R 35	6%	31%	35%
R 27	48%	40%	66%	SI	R 15	26%	75%	70%	R 36	41%	60%	69%
R 28	49%	39%	63%	SI	R 20	17%	63%	66%	R 58	37%	67%	78%
R 29	35%	16%	18%	NO	R 24	19%	89%	87%	R 61	33%	59%	74%
R 32	38%	5%	27%	FORSE	R 31	5%	47%	50%	B1	22%	51%	58%
R 33	12%	5%	10%	NO	R 37	22%	88%	84%	B2	20%	49%	59%
R 34	45%	24%	59%	SI	R 40	36%	82%	91%	B3	26%	47%	58%
R 38	48%	35%	71%	SI	R 41	13%	92%	86%	B5	21%	44%	40%
R 39	40%	3%	1%	NO	R 42	28%	86%	86%				
R 44	34%	29%	50%	SI	R 43	19%	86%	86%				
R 46	8%	3%	10%	NO	R 51	17%	55%	80%				
R 47	45%	31%	50%	SI	R 52	31%	72%	72%				
R 48	42%	23%	56%	SI	R 53	24%	83%	74%				
R 49	42%	15%	37%	FORSE	R 54	11%	91%	84%				
R 56	2%	0%	45%	FORSE	R 57	14%	56%	71%				
R 60	42%	24%	63%	SI	R 63	24%	77%	67%				
R 62	39%	2%	5%	NO	R 64	9%	47%	52%				
R 65	10%	0%	25%	FORSE	B4	13%	55%	49%				

Legenda:

S+ $i.correlazione_{RX, periodo}^{\leftarrow S} (+)_{\%}$

S- $i.correlazione_{RX, periodo}^{\leftarrow S} (-)_{\%}$

S± $i.correlazione_{RX, periodo}^{\leftarrow S} (\pm)_{\%}$

Tabella 4-9 Indici relativi di correlazione positiva, negativa, semi-positiva nella combinazione d): settore di percettibilità pari a 30° e dataset meteorologico Lammamed. I recettori sono raggruppati per appartenenza alla Situazione A, Situazione B, Situazione incognita.

Situazione A					Situazione B				Situazione incognita			
	S+	S-	S±	RARI è la sorgente principale?		S+	S-	S±		S+	S-	S±
R 1	26%	0%	3%	NO	R 2	15%	78%	81%	R 3	59%	62%	92%
R 7	9%	8%	12%	NO	R 5	14%	83%	83%	R 6	8%	16%	14%
R 8	8%	5%	5%	NO	R 10	0%	100%	22%	R 9	8%	38%	40%
R 16	30%	8%	17%	NO	R 11	15%	84%	87%	R 12	28%	63%	73%
R 17	33%	24%	45%	FORSE	R 14	37%	75%	90%	R 13	39%	56%	82%
R 18	30%	24%	37%	FORSE	R 20	11%	63%	65%	R 15	31%	61%	74%
R 22	23%	3%	27%	FORSE	R 24	17%	79%	88%	R 19	7%	25%	41%
R 25	36%	25%	35%	FORSE	R 37	14%	82%	86%	R 23	29%	38%	65%
R 27	54%	36%	69%	SI	R 40	28%	84%	90%	R 28	34%	39%	60%
R 29	53%	11%	23%	FORSE	R 41	16%	84%	87%	R 31	11%	28%	51%
R 32	32%	5%	26%	FORSE	R 42	29%	69%	89%	R 35	10%	13%	37%
R 33	18%	2%	11%	FORSE	R 43	13%	84%	86%	R 36	36%	47%	72%
R 34	33%	29%	54%	SI	R 51	17%	55%	80%	R 44	25%	27%	48%
R 38	68%	0%	82%	SI	R 53	27%	75%	77%	R 52	36%	63%	76%
R 39	26%	2%	2%	NO	R 54	16%	82%	86%	R 57	23%	51%	72%
R 46	20%	1%	12%	NO	R 63	26%	70%	70%	R 58	31%	59%	79%
R 47	30%	30%	48%	FORSE	R 64	13%	63%	49%	R 61	27%	49%	74%
R 48	30%	29%	52%	SI	B1	12%	63%	56%				
R 49	28%	17%	33%	FORSE	B2	10%	66%	56%				
R 56	5%	0%	46%	FORSE	B3	14%	59%	55%				
R 60	34%	20%	61%	SI	B4	9%	69%	47%				
R 62	23%	0%	4%	NO	B5	8%	63%	38%				
R 65	23%	13%	26%	FORSE								

Legenda:

S+ $i.correlazione_{RX, periodo}^{\leftarrow S} (+)_{\%}$

S- $i.correlazione_{RX, periodo}^{\leftarrow S} (-)_{\%}$

S± $i.correlazione_{RX, periodo}^{\leftarrow S} (\pm)_{\%}$

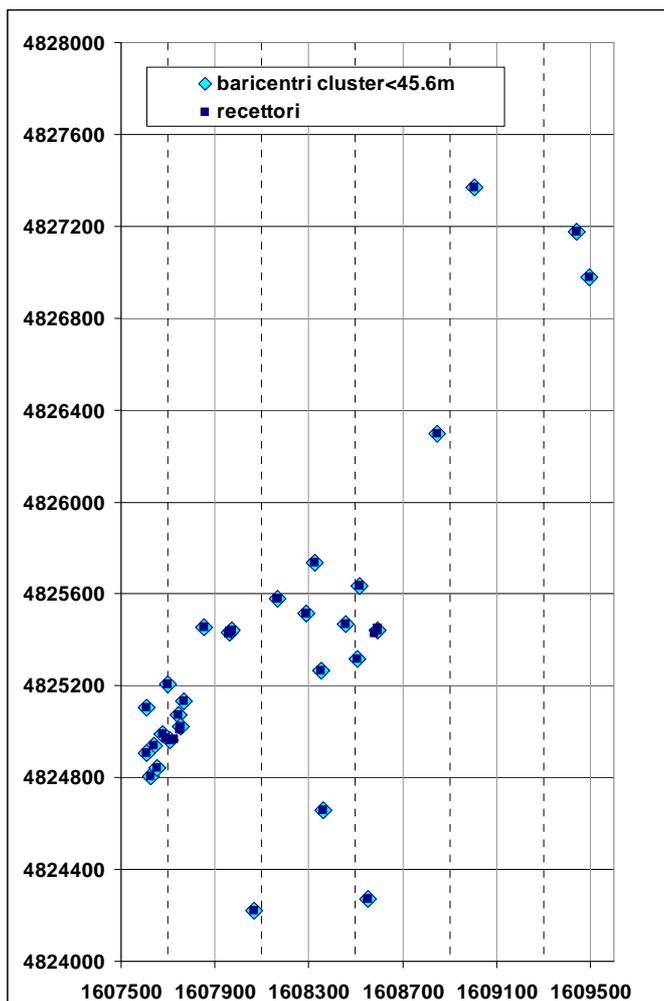


Figura 4-2 Cluster.

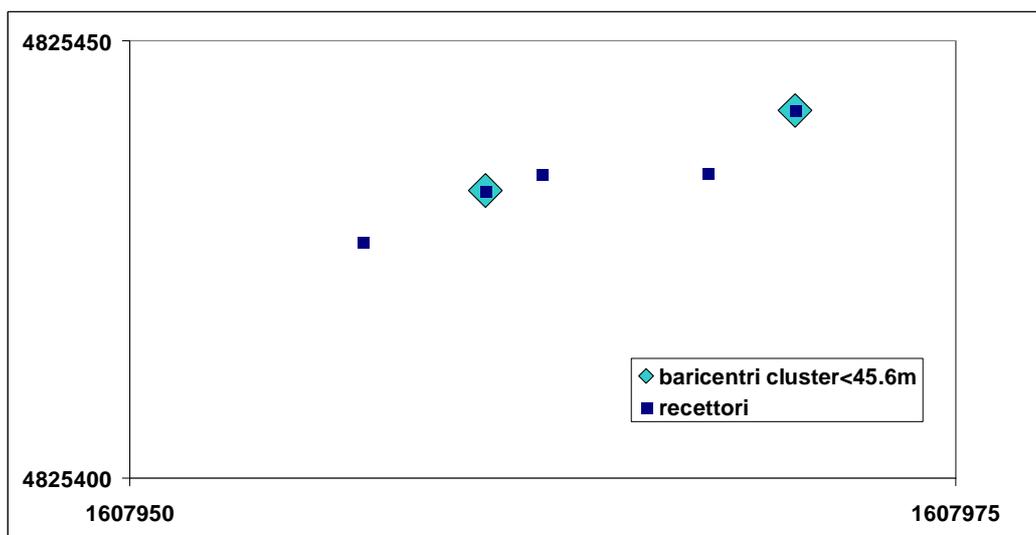


Figura 4-3 Uno zoom per esemplificare la procedura.



Figura 4-4 Rose percettive (tutti i cluster).

Area Vasta ARPAT Toscana Centro
via Ponte alle Mosse, 211 - 50144 Firenze
tel. 055.32061, fax 055.3206218 - p.iva 04686190481
www.arpat.toscana.it - urp@arpat.toscana.it

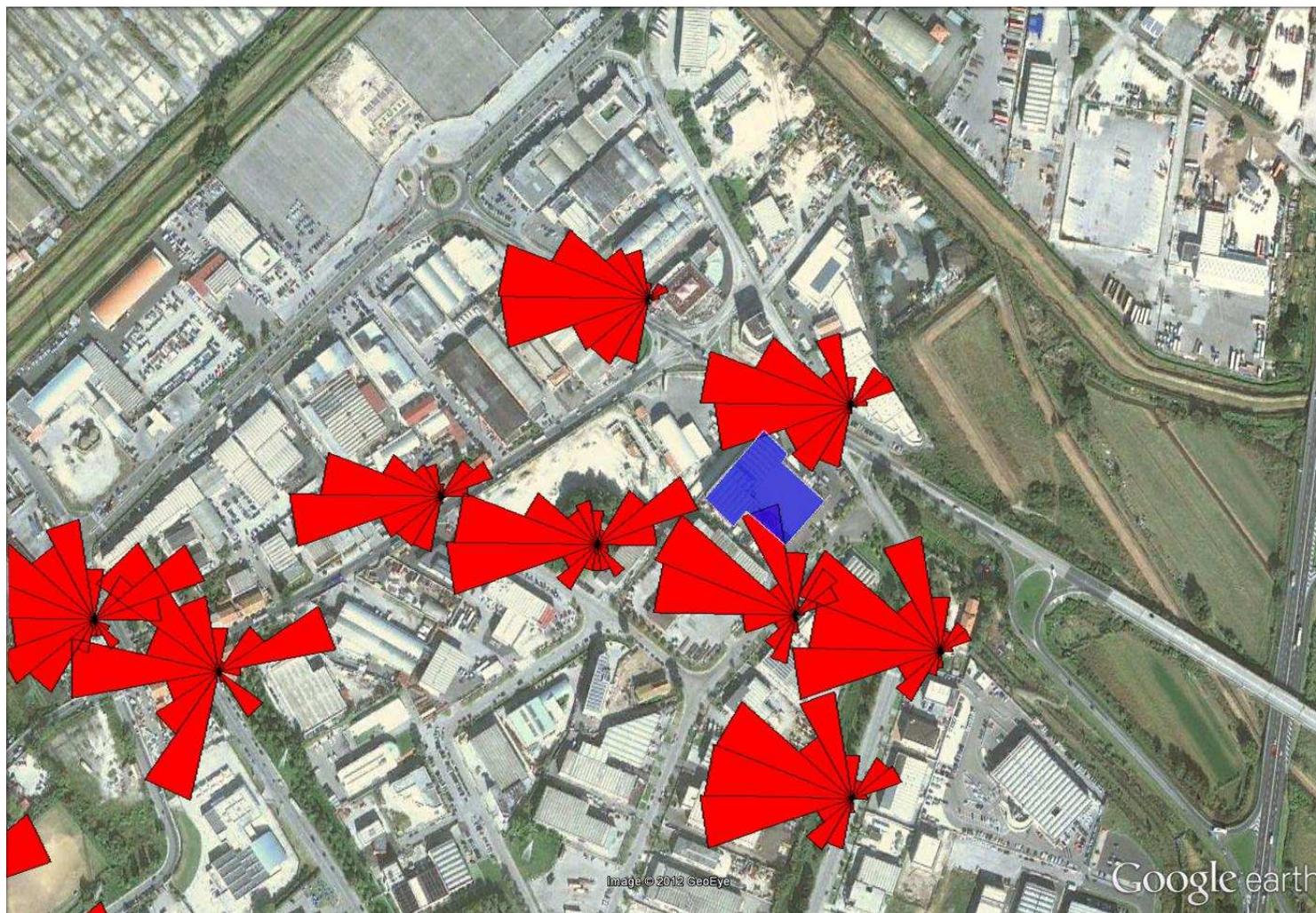


Figura 4-5 Rose percettive (cluster attorno all'Area Picchianti).

Area Vasta ARPAT Toscana Centro
via Ponte alle Mosse, 211 - 50144 Firenze
tel. 055.32061, fax 055.3206218 - p.iva 04686190481
www.arpat.toscana.it - urp@arpat.toscana.it

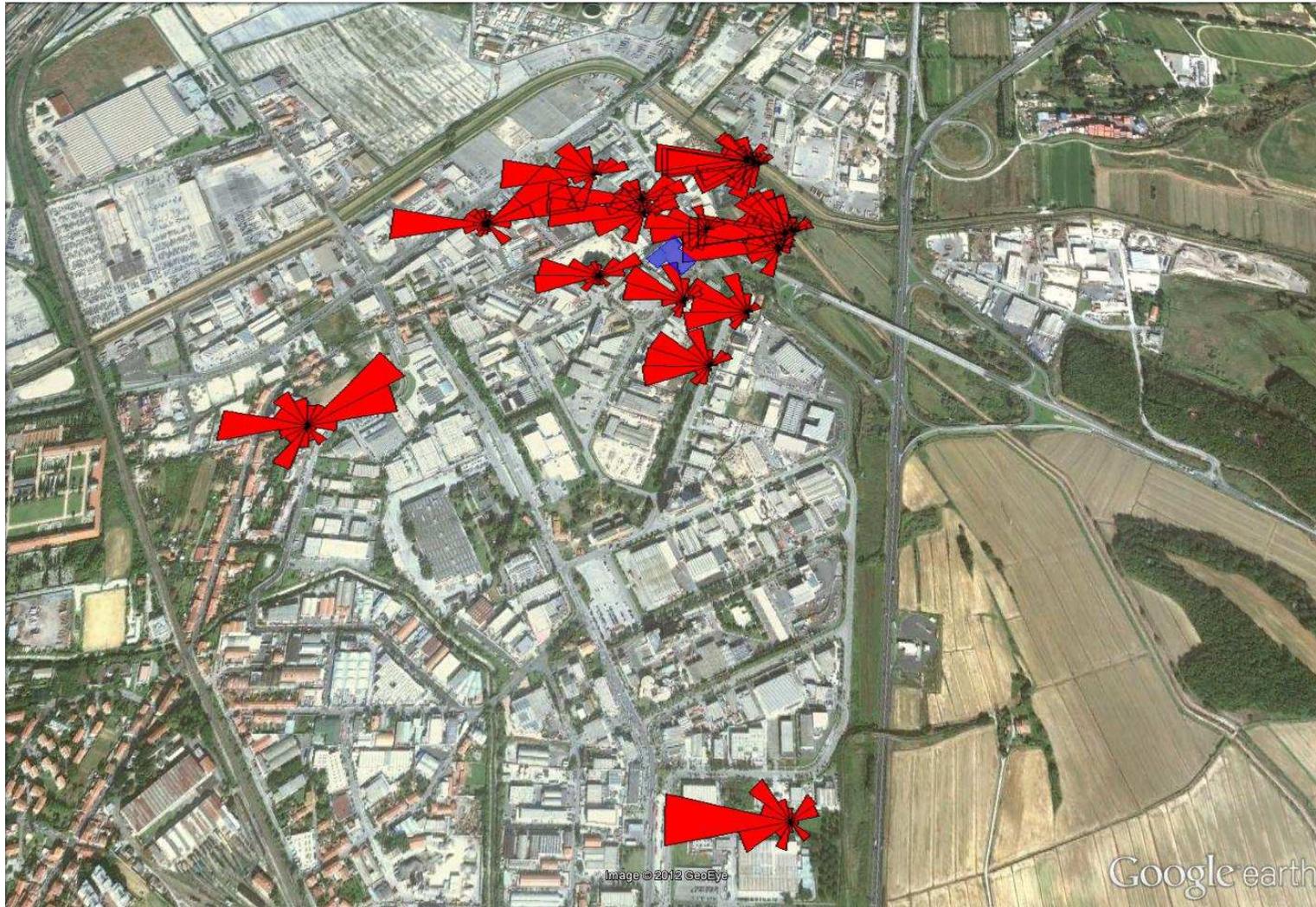


Figura 4-6 Rose percettive (recettori in *Situazione A*).

Area Vasta ARPAT Toscana Centro
via Ponte alle Mosse, 211 - 50144 Firenze
tel. 055.32061, fax 055.3206218 - p.iva 04686190481
www.arpat.toscana.it - urp@arpat.toscana.it

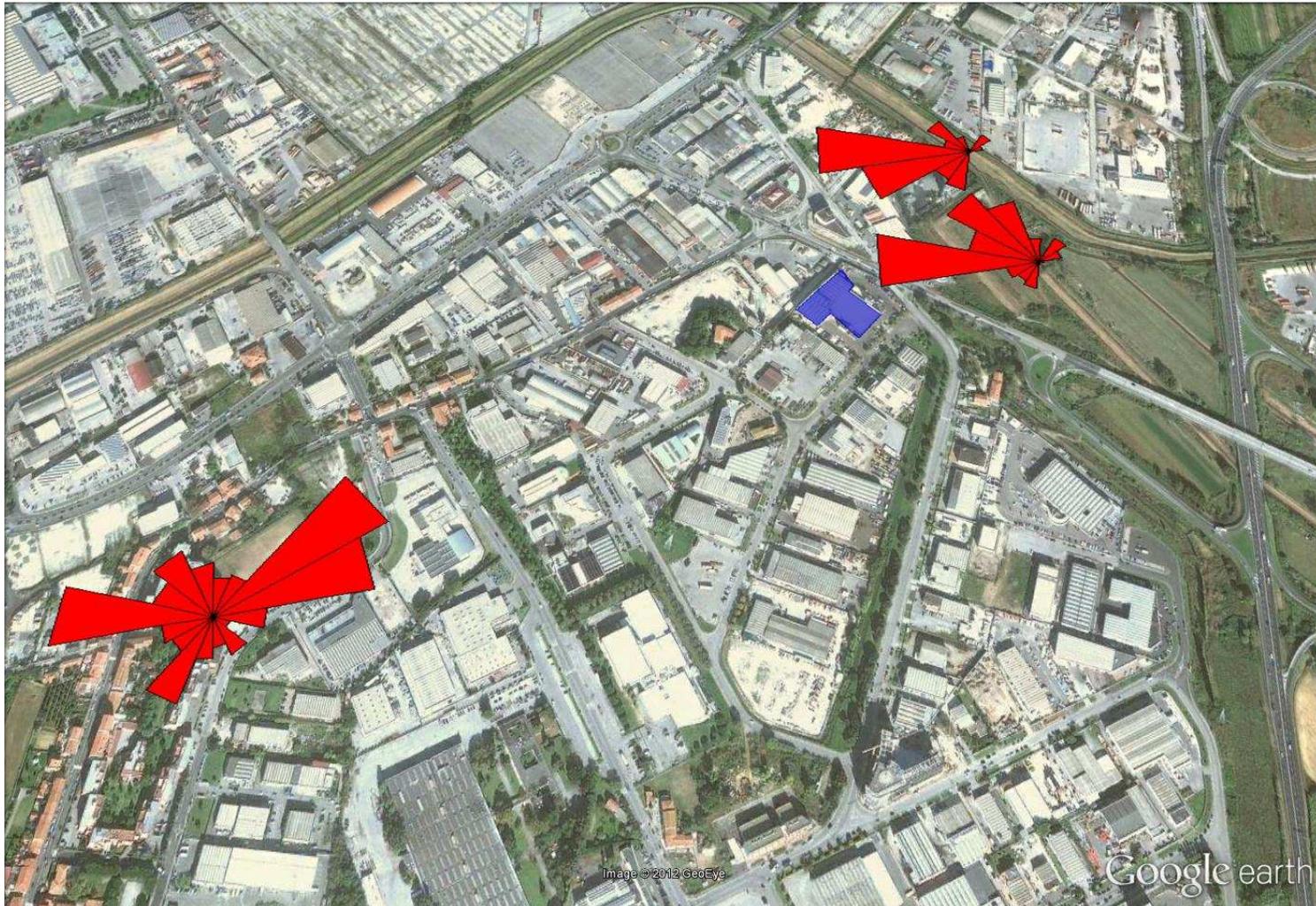


Figura 4-7 Rose percettive dei recettori R27, R34 ed R60

Area Vasta ARPAT Toscana Centro
via Ponte alle Mosse, 211 - 50144 Firenze
tel. 055.32061, fax 055.3206218 - p.iva 04686190481
www.arpat.toscana.it - urp@arpat.toscana.it

5 BIBLIOGRAFIA

- [1] Odour guidance 2010, SEPA; Odour Guidance for Local Authorities March 2010, DEFRA.
- [2] VDI 3883:1993, Effects and assessment of odours - Determination of annoyance parameters by questioning - Repeated brief questioning of neighbour panellist.
- [3] VDI 3940:2006, Measurement of odour impact by field inspection - Measurement of the impact frequency of recognizable odours.
- [4] World Health Organization Regional Office for Europe, Air Quality Guidelines for Europe, Copenhagen, WHO Regional Publications, European Series, No. 91.
- [5] North Rhine-Westphalia State Environment Agency, Directive on odour in ambient air: an established system of odour measurement and odour regulation in Germany, R. Both, Wallneyer Str. 6, 45133 Essen, Germany.
- [6] Geruchsimmissions-Richtlinie, 2008, GIRL.
- [7] World Meteorological Organization, Guide to meteorological instruments and methods of observation, WMO-No. 8 (Seventh edition), 6 August 2008.