



**UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE**

**FACOLTA' DI INGEGNERIA**

Corso di Laurea triennale in **Ingegneria Civile e Ambientale**

**La speciazione chimica dei composti organici volatili non metanici  
emessi dal trasporto su strada nella regione Marche**

**Chemical speciation of non-methane volatile organic compounds  
emissions deriving from road transport in Marche region**

Relatore:

**Prof. Ing. Giorgio Passerini**

Correlatore:

**Dr. Enrico Mancinelli**

Studente:

**Fabrizio Marrone**

Anno accademico 2019/2020



## INDICE

INTRODUZIONE.....	4
1.1 COMPOSTI ORGANICI VOLATILI NON METANICI (COVNM).....	4
1.1.2 L'esclusione del metano .....	4
1.1.3 Traffico autoveicolare come maggiore fonte di emissione di COVNM da parte dell'uomo .....	4
1.1.4 Effetti COVNM sull'ambiente e sull'uomo.....	5
1.1.5 Determinazione dei COVNM .....	5
1.2 MACROSETTORE 7 (trasporti su strada) e PARCO VEICOLARE REGIONALE .....	6
1.2.1 Classi di legislazione per autovetture a benzina ( <i>petrol passenger cars</i> ).....	7
1.2.2 Classi di legislazione per le autovetture diesel ( <i>diesel passenger cars</i> ) .....	9
1.2.3 Classi di legislazione per autovetture a GPL e metano ( <i>LPG and CNG passengers cars</i> ) (Ntziachristos & Samaras, 2018).....	10
1.2.4 Classi di legislazione per autovetture a due tempi ( <i>two strokes passenger cars</i> ).....	10
1.2.5 Classi di legislazione per veicoli ibridi a benzina ( <i>petrol-hybrid vehicles</i> ) .....	11
1.2.6 Classi di legislazione per veicoli ricaricabili ( <i>rechargeable vehicles</i> ) .....	11
1.2.7 Classi di legislazione per veicoli commerciali leggeri a benzina <3,5 t ( <i>petrol light commercial vehicles (LCV) &lt; 3.5 t</i> ).....	11
1.2.8 Classi di legislazione per veicoli commerciali leggeri diesel <3,5 t 8 (LCV) ( <i>diesel light commercial vehicles &lt; 3.5 t</i> ) .....	12
1.2.9 Classi di legislazione per veicoli pesanti a benzina> 3,5 t ( <i>petrol heavy-duty vehicles (HDV) &gt; 3.5 t</i> ) .....	12
1.2.10 Classi di legislazione per veicoli diesel pesanti> 3,5 t ( <i>diesel heavy-duty vehicles (HDV) &gt; 3.5 t</i> )	12
1.2.11 Classi di legislazione per ciclomotori a due e quattro tempi <50 cm <sup>3</sup> ( <i>two-stroke and four-stroke mopeds &lt; 50 cm<sup>3</sup></i> ) .....	13
1.2.12 Classi di legislazione per motocicli a due e quattro tempi> 50 cm <sup>3</sup> ( <i>two-stroke and four-stroke motorcycles &gt; 50 cm<sup>3</sup></i> ).....	13
1.2.13 Classi di legislazione per mini-car e veicoli fuoristrada (ATV) ( <i>Mini-cars and All Terrain Vehicles (ATVs)</i> ) .....	14
MATERIALI E METODI .....	15
2.1 DATI DI RIFERIMENTO .....	15
2.1.1 Il parco veicolare .....	15
2.1.2 Frazioni dei COVNM.....	21
2.1.3 COVNM .....	23
2.2 Procedura di calcolo per la speciazione chimica .....	29
RISULTATI.....	30
3.1 Emissioni percentuali per provincia .....	30

3.1.1 Provincia di Ancona .....	30
3.1.2 Provincia di Ascoli Piceno .....	31
3.1.3 Provincia di Fermo .....	31
3.1.4 Provincia di Macerata .....	32
3.1.5 Provincia di Pesaro Urbino .....	32
3.1.6 Risultati delle analisi provinciali. ....	33
3.2 Contributi delle province all'emissioni di ogni gruppo di COVNM (alcani, alcheni, alchini, aromatici, chetoni, aldeidi).....	33
3.2.1 Alcani .....	33
3.2.2 Alcheni .....	34
3.2.3 Alchini .....	34
3.2.4 Aldeidi.....	35
3.2.5 Chetoni .....	35
3.2.6 Aromatici .....	36
3.2.7 Risultati del confronto tra le province per le emissioni di uno specifico gruppo di COVNM .....	36
3.2.8 Confronto emissioni COVNM tra le province .....	37
3.2.9 Emissioni percentuali dei gruppi COVNM nella regione Marche .....	38
Conclusioni .....	39
Bibliografia.....	41

## INTRODUZIONE

Questo studio si prefigge come obiettivo la speciazione chimica dei composti organici volatili non metanici (COVNM) derivanti dalle emissioni del Macrosettore 7 nella regione Marche (trasporti su strada), poiché nell'ambito dello studio delle emissioni regionali è stato valutato quanto emesso a livello comunale ma non la speciazione chimica.

### 1.1 COMPOSTI ORGANICI VOLATILI NON METANICI (COVNM)

In base al comma 11, art.268 del DLgs152/2006, (Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale") vengono definiti COV, qualsiasi composto organico che abbia a 293,15 K (20°C) una pressione di vapore di 0,01 KPa superiore. Con la dicitura composti organici volatili (COV o VOC - *Volatile Organic Compounds*), si intendono tutta quella serie di composti organici, prodotti dalle attività umane o naturali, che si trovano allo stato di gas alle condizioni di temperatura e pressione esistenti a livello troposferico.

Possono essere semplici idrocarburi saturi o insaturi a molecola lineare e non, composte esclusivamente da carbonio e idrogeno, o molecole più complesse in cui, tra i più diffusi, sono presenti atomi di azoto, cloro e ossigeno (chetoni, aldeidi, alcoli, acidi ed esteri). In particolare, di maggiore interesse in campo atmosferico, a causa del loro importante ruolo nella formazione di specie ossidanti, è la classe degli alcheni, fra cui l'isoprene e i monoterpeni, composti particolarmente reattivi emessi anche naturalmente dalle piante.

#### 1.1.2 L'esclusione del metano

L'esclusione del metano quale tracciante per l'inquinamento atmosferico deriva da una serie di considerazioni: in primo luogo il metano in natura è presente in quantità di gran lunga superiori agli altri idrocarburi. Normalmente si ha la presenza di 1.0-2.0 ppm di metano, che è la più semplice molecola organica esistente, e valori inferiori a 0.1 ppm per la totalità di tutti gli altri idrocarburi più complessi. Per questa ragione, di fatto, renderebbe poco significativa la determinazione di quest'ultimi; il metano si forma in tutti i processi di fermentazione anaerobica e può quindi derivare, nei centri abitati dalle fosse settiche, in campagna dalle concimaie, nelle discariche a cielo aperto, etc. Infine il metano non è tossico e non partecipa, in quanto fotochimicamente inerte, ai cicli di reazioni radicaliche in cui sono coinvolti gli altri idrocarburi nei fenomeni di formazione dello smog fotochimico (uni\_parma-Composti Organici Volatili (COV) e Idrocarburi).

#### 1.1.3 Traffico autoveicolare come maggiore fonte di emissione di COVNM da parte dell'uomo

La maggiore fonte di introduzione di composti organici da parte dell'uomo è sicuramente quella dovuta al traffico autoveicolare. Infatti mentre nei fumi di combustioni delle centrali termiche (combustione a pressione costante) il contributo all'inquinamento atmosferico in idrocarburi incombusti, o parzialmente

combusti sotto forma di aldeidi o acidi organici è modesto, quello dovuto alla combustione per la motorizzazione risulta assai elevato (combustione a volume costante).

Un altro fattore di rilascio d'idrocarburi da processi di combustione è correlato alle caratteristiche del combustibile stesso. Mentre il metano brucia tendenzialmente in maniera completa, con l'aumento del peso molecolare degli idrocarburi e andando verso le miscele più dense (GPL--->benzina--->gasolio--->ATZ (alto tenore di zolfo), BTZ (basso tenore di zolfo)), si ha maggiore probabilità di rilascio di incombusti, nonché maggiore formazione di prodotti di riarrangiamento o di ossidazione parziale (uni\_parma-Composti Organici Volatili (COV) e Idrocarburi).

#### 1.1.4 Effetti COVNM sull'ambiente e sull'uomo

Essendo molto variegato il numero di possibili molecole organiche immesse in atmosfera è praticamente impossibile la descrizione e la conoscenza di tutti i processi in cui queste sono implicate. Certamente, oltre a problemi legati ad una tossicità intrinseca di alcune di queste specie il gruppo di reazioni in cui sono maggiormente implicate sono i processi fotochimici in cui gli idrocarburi assumono importanza in quanto interferiscono nel ciclo di formazione/distruzione dell'ozono nella troposfera.

Gli idrocarburi sono nocivi anche per la flora, soprattutto quelli difficilmente metabolizzabili.

Nei confronti dell'uomo i COVNM possono essere causa di una vasta gamma di effetti che vanno dal disagio sensoriale fino a gravi alterazione dello stato di salute. Alcuni di essi sono riconosciuti cancerogeni per l'uomo (benzene) o per l'animale (tetracloruro di carbonio, cloroformio, tricloroetilene, tetracloroetilene)(ministero della salute).

#### 1.1.5 Determinazione dei COVNM

I dati sui COVNM totali sono stati elaborati da una ricerca del Gruppo di Ricerca Analisi Ambientali in Aria del Dipartimento di Ingegneria Industriale e Scienze Matematiche (DIISM) dell'Università Politecnica delle Marche (UNIVPM) usando il metodo TIER 3.

Nel metodo TIER 3, le emissioni dei gas di scarico sono calcolate utilizzando una combinazione di dati tecnici (ad esempio **fattori di emissione**) e **dati di attività** (ad esempio km totali del veicolo). Questo approccio era intitolato "*Detailed Methodology*" ed è implementato nella metodologia COPERT. Metodi alternativi sono disponibili in strumenti come Artemis, il manuale DACH-NL sui fattori di emissione e altri modelli nazionali (ad esempio EMV in Svezia, Liipasto in Finlandia e Versit + in Olanda).

Nel seguente approccio le emissioni totali dei gas di scarico del trasporto su strada sono calcolate come la somma delle emissioni calde (**hot emissions**) (quando il motore si trova alla sua normale temperatura di funzionamento) e delle emissioni durante il funzionamento transitorio del motore termico, chiamate "avviamenti a freddo" (**cold-start emissions**). La distinzione tra emissioni durante la fase "calda" stabilizzata e la fase transitoria di "riscaldamento" è necessaria a causa della sostanziale differenza nelle prestazioni

delle emissioni dei veicoli in queste due condizioni. Le concentrazioni di alcuni inquinanti durante il periodo di riscaldamento sono molte volte superiori a quelle durante il funzionamento a caldo e per stimare le emissioni aggiuntive durante questo periodo è necessario un diverso approccio metodologico.

Riassumendo, le emissioni totali possono essere calcolate mediante la seguente equazione:

$$E_{TOTAL} = E_{HOT} + E_{COLD} \quad (1)$$

dove,

$E_{TOTAL}$  = emissioni totali (g) di qualsiasi inquinante per la risoluzione spaziale e temporale dell'applicazione,

$E_{HOT}$  = emissioni (g) durante il funzionamento del motore stabilizzato (caldo),

$E_{COLD}$  = emissioni (g) durante il funzionamento transitorio del motore termico (avviamento a freddo).

Le emissioni dei veicoli dipendono fortemente dalle **condizioni di funzionamento del motore**. Situazioni di guida diverse impongono condizioni di funzionamento del motore diverse e quindi un'emissione distinta.

A questo proposito, viene fatta una distinzione tra guida urbana, rurale e autostradale. Come verrà dimostrato in seguito, a ciascuna situazione di guida vengono attribuiti dati di attività e fattori di emissione diversi. Le emissioni per avviamento a freddo sono attribuite principalmente alla guida urbana (e secondariamente alla guida rurale). Pertanto, per quanto riguarda le condizioni di guida, le emissioni totali possono essere calcolate mediante l'equazione:

$$E_{TOTAL} = E_{URBAN} + E_{RURAL} + E_{HIGHWAY} \quad (2)$$

dove:

$E_{URBAN}$ ,  $E_{RURAL}$  ed  $E_{HIGHWAY}$  sono le emissioni totali (g) di qualsiasi inquinante per le rispettive situazioni di guida.

Le emissioni totali sono calcolate combinando i dati di attività per ciascuna categoria di veicoli con fattori di emissione appropriati. I fattori di emissione variano in base ai dati di input (situazioni di guida, condizioni climatiche) (Ntziachristos & Samaras, 2018).

## 1.2 MACROSETTORE 7 (trasporti su strada) e PARCO VEICOLARE REGIONALE

Il Macrosettore 7 include i settori: automobili, veicoli leggeri, veicoli pesanti, motocicli, ciclomotori (tutti suddivisi ulteriormente, in base alla tipologia del percorso, nelle attività autostrade, strade extra urbane, strade urbane), evaporazione di benzina, pneumatici e usura dei freni.

I veicoli stradali sono generalmente classificati in base al loro livello di tecnologia di controllo delle emissioni, che in realtà è definito in base alla legislazione sulle emissioni a cui sono conformi. È possibile identificare diversi gruppi, ciascuno con la propria legislazione pertinente. I seguenti paragrafi 1.2.1, 1.2.2, 1.2.3, 1.2.4, 1.2.5, 1.2.6, 1.2.7 1.2.8, 1.2.9, 1.2.10, 1.2.11, 1.2.12, 1.2.13, fanno riferimento alle linee guida dell'inventario delle immissioni (Ntziachristos & Samaras, 2018).

### 1.2.1 Classi di legislazione per autovetture a benzina (*petrol passenger cars*)

In questa categoria è stato preso in considerazione l'anno di produzione dei veicoli introducendo diverse classi, che riflettono i passaggi legislativi ("ECE", "Euro") o i passaggi tecnologici ("*Improved conventional*", "*Open loop*"). Tra il 1970 e il 1985 tutti gli Stati membri della CE hanno seguito le modifiche del regolamento UNECE 15 per quanto riguarda le emissioni di inquinanti dei veicoli più leggeri di 3,5 tonnellate GVW. Secondo le direttive CE pertinenti, le date di attuazione approssimative - che variavano da uno Stato membro all'altro - di questi regolamenti erano le seguenti:

- veicoli pre ECE fino al 1971
- ECE-15.00 e ECE 15.01 dal 1972 al 1977
- ECE-15.02 1978-1980
- ECE-15.03 1981-1985
- ECE-15.04 1985-1992

Le norme erano applicabili ai veicoli immatricolati in ciascuno Stato membro, prodotti nello Stato membro o importati da altre parti del mondo.

Nel periodo 1985-1990, in alcuni paesi sono comparse due tecnologie intermedie per le autovetture con cilindrata inferiore a 2,0 l. Le due tecnologie erano:

per autovetture a benzina <1,4 l

- "*Improved conventional*", che ha tenuto conto dei programmi di incentivazione tedeschi (Anl.XXIVC - data di entrata in vigore: 1.7.1985) e olandesi (NLG 850 - data di entrata in vigore: 1.1.1986). Gli standard di emissione richiedevano una tecnologia del motore migliorata, ma senza l'uso del post-trattamento. Questo tipo di tecnologia di controllo delle emissioni ha iniziato ad apparire anche in Danimarca dall'1.1.1988.

- "*Open loop*", che ha tenuto conto dei programmi di incentivazione tedeschi, danesi, greci e olandesi in cui sono stati rispettati gli standard di emissione richiesti applicando catalizzatori a circuito aperto a tre vie. Date effettive: Danimarca 1.1.1989, Germania 1.7.1985, Grecia 1.1.1990, Paesi Bassi 1.1.1987.

per autovetture benzina 1,4–2,0 l

- "*Improved conventional*", che ha tenuto conto dei veicoli che soddisfano i valori limite della Direttiva 88/76 / CEE (abrogata da Regolamento (CE) n. 715/2007) mediante catalizzatori a circuito aperto. In pratica, rilevante solo per i programmi di incentivazione nazionale. Le date di attuazione effettive sono state: Danimarca 1/1/1987, Germania 1/7/1985, Paesi Bassi 1/1/1987.

- "*open loop*", che ha tenuto conto dei veicoli che soddisfano i valori limite della direttiva 88/76 / CEE mediante catalizzatori ad anello aperto (a tre vie, ma senza controllo lambda). In pratica, questi erano rilevanti solo per i programmi nazionali di incentivazione. Date effettive: Danimarca 1/1/1987, Germania 1/7/1985, Grecia 1/1/1990, Paesi Bassi 1/1/1986.

Dopo il 1992, i cosiddetti standard "Euro" sono diventati obbligatori in tutti gli Stati membri e è stata introdotta una nuova prova di omologazione. In alcuni paesi, sempre sulla base di incentivi nazionali, i nuovi standard sono stati introdotti prima della data ufficiale di attuazione. I seguenti paragrafi forniscono un riepilogo delle varie fasi e della tecnologia del veicolo associata.

-Euro 1: questi veicoli sono stati ufficialmente introdotti dalla direttiva 91/441 / CEE nel luglio 1992 e sono stati i primi ad essere dotati di un catalizzatore a tre vie a circuito chiuso. Hanno anche reso necessario l'uso di carburante senza piombo. I veicoli Euro 1 sono stati introdotti in precedenza in alcuni paesi per mezzo di incentivi. Questi includevano i programmi volontari in Germania, introdotti dopo l'1.7.1985, che richiedevano il rispetto dei limiti statunitensi 83 per le automobili <2,0 l. Per le auto con motori superiori a 2,0 l, sono state introdotte alcune misure volontarie aggiuntive. Si trattava della direttiva 88/76 / CEE (pertinente per tutti i paesi), con data di attuazione per i nuovi veicoli 1/1/1990 e US 83 (pertinente solo per Danimarca, Germania, Grecia, Paesi Bassi) con le seguenti date di attuazione: Danimarca 1/1/1987 Germania 1/7/1985, Grecia 1/1/1989 e Paesi Bassi 1/1/1987.

- Euro 2: questi veicoli avevano un controllo del catalizzatore a tre vie migliorato, ad anello chiuso e rispettavano i limiti di emissione più bassi rispetto a Euro 1 (riduzione del 30% e 55% rispettivamente di CO e HC + NOx rispetto a Euro 1). Sono stati introdotti dalla direttiva 94/12 / CE in tutti gli Stati membri nel 1996.

-Euro 3: questo standard di emissione è stato introdotto con la Direttiva 98/69 / CE (Fase 1) (DIRETTIVA 98/69/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO, 1998) nel gennaio 2000 e ha introdotto un nuovo test di omologazione (il Nuovo ciclo di guida europeo) e ha ridotto i livelli di emissione rispetto a Euro 2 (30%, 40% e 40% rispettivamente per CO, HC e NOx). La stessa direttiva ha inoltre introdotto la necessità della diagnostica di bordo (OBD) e di alcuni requisiti aggiuntivi (durata del post-trattamento, conformità in uso, ecc.). I veicoli Euro 3 erano dotati di due sensori lambda per rispettare i limiti di emissione.

- Euro 4: è stato introdotto dalla direttiva 98/69 / CE (passaggio 2) nel gennaio 2005. Ha richiesto ulteriori riduzioni del 57% per le emissioni di CO e 47% per HC e NOx rispetto a quelle di Euro 3, mediante una migliore alimentazione e monitoraggio e controllo post-trattamento.

- Euro 5 e 6: il Consiglio europeo ha adottato le norme sulle emissioni Euro 5 e 6 proposte dalla Commissione europea nel maggio 2007. Euro 5, entrato in vigore a gennaio 2010 (settembre 2009 per le nuove omologazioni), porta a ulteriori riduzioni di NOx del 25% rispetto a Euro 4 e un limite di emissione di massa PM per le auto GDI che è simile a quello delle auto diesel. Non sono state proposte ulteriori riduzioni per i veicoli a benzina per la normativa Euro 6. I veicoli Euro 6 sono stati ulteriormente suddivisi in base al loro anno di immatricolazione: Euro 6 immatricolati fino al 2016, Euro 6 immatricolati tra il 2017-2019 ed Euro 6 immatricolati dal 2020 in poi. Questi coincidono con le singole fasi del regolamento Euro 6, vale a dire Euro 6c, Euro 6d-temp ed Euro 6d, che corrispondono agli stessi limiti di emissione ma a una procedura di controllo delle emissioni sempre più rigorosa.

### 1.2.2 Classi di legislazione per le autovetture diesel (*diesel passenger cars*)

I veicoli diesel di produzione precedente al 1992 sono tutti raggruppati nella classe di veicoli "*conventional*". Questa classe include i veicoli non regolamentati lanciati prima del 1985 e i veicoli conformi alla Direttiva ECE15 / 04 (fino al 1992). I veicoli diesel di questa classe sono dotati di motori a iniezione indiretta. Nel 1992, la "Direttiva sulle emissioni consolidate" (91/441 / CEE) ha introdotto gli standard Euro per le auto diesel.

Gli standard Euro delle auto diesel corrispondono a quelli delle auto a benzina. Queste includono le direttive 91/441 / CEE (Euro 1, 1992-1996), 94/12 / CE (Euro 2, valide dal 1996 per l'iniezione indiretta e 1997 per l'iniezione diretta fino al 2000), regolamento 98/69 / CE Stage 2000 (Euro 3) e l'attuale regolamento 98/69 / CE Stage 2005 (Euro 4). I veicoli Euro 1 sono stati i primi a essere regolamentati per tutti e quattro i principali inquinanti CO, HC, NOx e PM. Pochi veicoli erano dotati di catalizzatori di ossidazione. La direttiva 94/12 / CE prevedeva riduzioni del 68% per le emissioni di CO, del 38% per HC + NOx e del 55% per le PM rispetto a Euro 1 e i catalizzatori di ossidazione erano utilizzati in quasi tutti i veicoli. Euro 3 ha richiesto ulteriori riduzioni rispetto a Euro 2: 40%, 60%, 14% e 37,5% rispettivamente per CO, NOx, HC e PM. Queste riduzioni sono state ottenute con il ricircolo dei gas di scarico (riduzione di NOx) e l'ottimizzazione dell'iniezione di carburante con l'uso di sistemi common rail (riduzione di PM). Anche i perfezionamenti del carburante (principalmente una riduzione del contenuto di zolfo) hanno svolto un ruolo importante nel ridurre le emissioni di PM. Inoltre, a causa degli incentivi nazionali e della concorrenza tra i produttori, alcuni veicoli Euro 3 erano dotati di un filtro antiparticolato diesel per ridurre le emissioni di PM a livelli ben al di sotto dello standard di emissione. Pertanto, per questi veicoli è necessario uno speciale fattore di emissione di PM. Lo standard Euro 4 richiedeva ai veicoli di emettere il 22% in meno di CO e il 50% in meno di HC, NOx e PM rispetto allo standard Euro 3. Oltre all'introduzione volontaria di filtri antiparticolato, sono state rese possibili tali riduzioni significative con la tecnologia avanzata del motore e misure di post-trattamento, come EGR raffreddato e riduzione di NOx - tecniche di ossidazione del PM.

Come nel caso dei veicoli a benzina, una proposta Euro 5 è stata messa in atto nel 2010. Euro 6 è diventato efficace per i nuovi tipi di veicoli a settembre 2014, con piena attuazione per tutte le omologazioni a partire da gennaio 2015. Per i veicoli diesel, riduzioni di NOx le emissioni relative a Euro 4 del 28% e 68% sono richieste rispettivamente per Euro 5 ed Euro 6. Tuttavia, la riduzione più importante sarà per il PM: 88% rispetto a Euro 4. È stato inoltre concordato un limite di emissione del numero di particelle ( $5 \times 10^{11} \text{ km}^{-1}$ ) che rende obbligatorio l'uso di un filtro antiparticolato diesel.

I veicoli diesel Euro 5 sono risultati emettitori molto elevati di NOx durante la guida nel mondo reale, molte volte al di sopra dei livelli di emissione dell'omologazione. Questo è stato il risultato di sistemi di controllo delle emissioni regolabili che possono alterarne le prestazioni a seconda delle condizioni operative. Al fine di limitare tali pratiche, i regolatori hanno introdotto un pacchetto aggiuntivo di norme ai limiti Euro 6, il cosiddetto regolamento sulle emissioni reali di guida (RDE). I veicoli omologati Euro 6 RDE dovranno conformarsi ai limiti di emissione con un fattore di conformità quando testati su strada utilizzando sistemi portatili di misurazione delle emissioni (PEMS). I limiti di emissione RDE saranno introdotti in due fasi. Il primo dovrebbe applicarsi da settembre 2017 per i nuovi modelli e da settembre 2019 per i nuovi veicoli e il secondo da gennaio 2020 per i nuovi modelli e da gennaio 2021 per i nuovi veicoli. La seconda fase comprende un fattore di conformità inferiore e disposizioni aggiuntive per le condizioni di prova. Considerando che il regolamento Euro 6 (UE) 715/2007 originale ha introdotto solo limiti più severi rispetto a Euro 5, si prevede che Euro 6 RDE (Regolamento (UE) 646/2016) porterà a una significativa riduzione delle emissioni di NOx per autovetture e veicoli leggeri diesel veicoli commerciali. A causa di questi sviluppi, i veicoli Euro 6 sono stati ulteriormente suddivisi in base al loro anno di immatricolazione: Euro 6 immatricolati fino al 2016, Euro 6 immatricolati tra il 2017-2019 ed Euro 6 immatricolati dal 2020 in poi. Simile alle auto a benzina, queste corrispondono a tre singoli passaggi previsti dal regolamento Euro 6 (Euro 6c, Euro 6d-temp, Euro 6d).

### 1.2.3 Classi di legislazione per autovetture a GPL e metano (*LPG and CNG passenger cars*) (Ntziachristos & Samaras, 2018)

I veicoli a GPL e metano costituiscono una piccola parte della flotta europea. Auto a GPL che erano conformi vengono utilizzate le classi Euro come quelle relative alle auto a benzina e diesel. Per le auto a metano solo le classi Euro 4, 5 e 6 sono state introdotte nella metodologia in quanto non rilevanti per i precedenti livelli di controllo delle emissioni.

### 1.2.4 Classi di legislazione per autovetture a due tempi (*two strokes passenger cars*)

Questo tipo di veicoli oggi sta scomparendo e potrebbe essere rilevante solo per alcuni paesi dell'Europa orientale. Pochissimi veicoli sono ancora in circolazione e non sono applicabili norme sulle emissioni. Pertanto, tutti questi veicoli sono raggruppati in una classe "*conventional*" comune.

### 1.2.5 Classi di legislazione per veicoli ibridi a benzina (*petrol-hybrid vehicles*)

I veicoli ibridi a benzina offerti oggi dai produttori rispettano i limiti di emissione Euro 6. Grazie alla loro tecnologia avanzata, alcuni veicoli ibridi (HEV) possono avere livelli di emissione effettivi che sono in realtà molto inferiori ai limiti Euro 6. In questo capitolo vengono quindi forniti valori specifici di emissione e consumo di energia per le auto ibride. I fattori di emissione sono appropriati per i cosiddetti veicoli "full" ibridi, ovvero veicoli che possono essere avviati esclusivamente con il loro motore elettrico, al contrario di ibridi "lievi", ovvero veicoli in cui il motore elettrico è solo complementare al motore a combustione interna.

### 1.2.6 Classi di legislazione per veicoli ricaricabili (*rechargeable vehicles*)

Esistono tre concetti di veicoli, offerti già oggi sul mercato, che possono essere ricaricati dalla rete elettrica. Questi sono il veicolo ibrido plug-in (PHEV), il veicolo elettrico con extender (EREV) e il veicolo elettrico a batteria (BEV). Tutti e tre i tipi di veicoli possono essere collegati alla rete elettrica e ricaricare le batterie di bordo con energia elettrica, che poi usano per la propulsione. Questi tipi di veicoli non devono essere confusi con un veicolo ibrido pieno o delicato. Il veicolo ibrido non può essere ricaricato dalla rete; solo il proprio motore può ricaricare le batterie. Un veicolo ibrido utilizza quindi il carburante come unica fonte di energia. Al contrario, il PHEV e l'EREV utilizzano due fonti di energia (combustibile ed elettricità dalla rete) mentre il BEV utilizza solo elettricità dalla rete per la propulsione.

In un veicolo elettrico a batteria, l'elettricità proveniente dalla rete viene immagazzinata nelle batterie di bordo. Le batterie alimentano un motore elettrico che fornisce propulsione. I veicoli PHEV ed EREV sono dotati sia di un motore elettrico che di un motore a combustione interna. In un PHEV, l'alimentazione alle ruote è fornita sia dal motore elettrico che dal motore. In un EREV, l'alimentazione alle ruote è fornita solo dal motore elettrico. Il motore viene utilizzato solo per ricaricare le batterie attraverso un generatore elettrico, quando le batterie sono scariche. Ciò estende significativamente la gamma di questi veicoli (da qui il loro nome).

Tutti i veicoli elettrici sono considerati conformi ai limiti di emissione Euro 6 benzina. Tuttavia, differiscono per quanto riguarda le loro emissioni di anidride carbonica.

### 1.2.7 Classi di legislazione per veicoli commerciali leggeri a benzina <3,5 t (*petrol light commercial vehicles (LCV) < 3.5 t*)

Nell'UE, le emissioni di questi veicoli sono state coperte dalle varie fasi ECE fino al 1993 e tutti questi veicoli sono nuovamente definiti "convenzionali". Dal 1993 al 1997 sono stati applicati gli standard Euro. La Direttiva 93/59 / CEE (Euro 1) imponeva i convertitori catalitici sui veicoli a benzina (direttiva 93/59/CEE del Consiglio del 28 giugno 1993). Nel 1997, la Direttiva 96/69 / CE (Euro 2) ha introdotto norme più rigorose in

materia di emissioni per veicoli commerciali leggeri (direttiva 96/69/CE del Parlamento europeo, 1996). Euro 2 era valido fino al 2001. Successivamente sono state introdotte altre due misure legislative: la Direttiva 98/69 / CE (Euro 3, valida dal 2001 al 2006) (DIRETTIVA 98/69/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO, 1998) e la Direttiva 98/69 / CE (Euro 4, valida dal 2006 in poi) (DIRETTIVA 98/69/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO, 1998). Queste introducono limiti di emissione ancora più severe. Le proposte RDE Euro 5, Euro 6 ed Euro 6 per autovetture coprono anche questa categoria di veicoli, sebbene i limiti effettivi possano variare in base al peso del veicolo. La tecnologia di controllo delle emissioni utilizzata nei veicoli commerciali leggeri segue generalmente la tecnologia delle autovetture con un ritardo di 1-2 anni. I veicoli Euro 6 sono stati ulteriormente suddivisi in base all'anno di immatricolazione, Euro 6 fino al 2017, Euro 6 immatricolati tra il 2018-2020 ed Euro 6 immatricolati dal 2021 in poi.

### 1.2.8 Classi di legislazione per veicoli commerciali leggeri diesel <3,5 t 8 (LCV) (*diesel light commercial vehicles < 3.5 t*)

Le classi di legislazione per i veicoli commerciali leggeri a benzina sono applicabili anche ai veicoli commerciali leggeri diesel (con valori diversi, ovviamente, oltre a uno standard di emissione PM). Ancora una volta, le tecnologie dei motori utilizzate nei veicoli commerciali leggeri diesel tendono a seguire quelle utilizzate nelle auto diesel con un ritardo di 1-2 anni. In particolare per le fasi RDE Euro 6 e Euro 6 si verifica un ritardo di un anno rispetto alle autovetture diesel (Euro 6 fino al 2017, Euro 6 2018-2020 e Euro 6 2021+).

### 1.2.9 Classi di legislazione per veicoli pesanti a benzina > 3,5 t (*petrol heavy-duty vehicles (HDV) > 3.5 t*)

I veicoli a benzina per uso pesante > 3,5 t svolgono un ruolo trascurabile nelle emissioni europee dal traffico stradale. Tali veicoli sono inclusi nella classe "convenzionale". Non esiste alcuna distinzione legislativa in quanto non sono stati fissati standard di emissione specifici per tali veicoli.

### 1.2.10 Classi di legislazione per veicoli diesel pesanti > 3,5 t (*diesel heavy-duty vehicles (HDV) > 3.5 t*)

Le emissioni dei motori diesel utilizzati nei veicoli con GVW superiori a 3,5 tonnellate sono state regolamentate per la prima volta nel 1988 con l'introduzione del regolamento ECE 49 originale. I veicoli (o meglio i motori) conformi a ECE 49 e precedenti sono tutti classificati come "convenzionali". La direttiva 91/542 / CEE, attuata in due fasi, ha introdotto due serie di limiti di emissione ridotti, validi dal 1992 al 1995 (Fase 1 - Euro I) e dal 1996 al 2000 (Fase 2 - Euro II). La Direttiva 1999/96 / CE Step 1 (Euro III) era valida dal 2000 e ha introdotto una riduzione del 30% di tutti gli inquinanti rispetto a Euro II. La stessa

direttiva includeva una fase intermedia nel 2005 (Euro IV) e una fase finale nel 2008 (Euro V). Gli standard Euro V sono molto severi e richiedono una riduzione degli NOx superiore al 70% e una riduzione del PM superiore all'85% rispetto agli standard Euro II. Ciò si otterrà con la messa a punto del motore e i catalizzatori di ossidazione per il controllo del PM e la riduzione catalitica selettiva (SCR) per il controllo degli NOx.

Gli ultimi limiti di emissione a livello Euro VI sono stati applicati dal periodo 2013/14. Questi richiedono una riduzione del 50% del PM e un'ulteriore riduzione dell'80% degli NOx rispetto all'Euro V, con l'aggiunta di un ciclo di avviamento a freddo. Ciò richiederà l'uso di filtri antiparticolato diesel, messa a punto del motore ed EGR per NOx motore esaurito e post-trattamento degli scarichi di NOx specifici per soddisfare le normative.

### 1.2.11 Classi di legislazione per ciclomotori a due e quattro tempi <50 cm<sup>3</sup> (*two-stroke and four-stroke mopeds < 50 cm<sup>3</sup>*)

Nel giugno 1999, la direttiva 97/24 / CE multi-direttiva (Fase 1 - Euro 1) ha introdotto norme di emissione che, nel caso dei ciclomotori <50 cm<sup>3</sup>, erano pari a CO di 6 g / km e HC + NOx a 3 g / km. Una fase aggiuntiva della legislazione è entrata in vigore nel giugno 2002 (Euro 2) con limiti di emissione di 1 g / km di CO e 1,2 g / km di HC + NOx. Nel 2013 la Commissione europea ha preparato nuovi standard di emissione Euro 3 per tali veicoli di piccole dimensioni. I valori limite sono gli stessi di Euro 2, ma verrà introdotto un nuovo tipo di test di certificazione. Ciò verrà condotto con un avviamento del motore a temperatura ambiente, al contrario dell'avvio del motore caldo attualmente definito per Euro 2. A causa dei rigorosi limiti di emissione, si prevede che pochi ciclomotori a due tempi sopravvivranno ai limiti Euro 3, e quelli che saranno conformi alle normative dovranno essere dotati di precisi dispositivi di dosaggio aria-carburante e possibilmente iniezione diretta e iniezione d'aria secondaria nella linea di scarico. Inoltre, sono stati regolamentati i livelli di Euro 4 per il periodo 2017/18 e livelli Euro 5 per il periodo 2020/21. Questi nuovi livelli porteranno a un'ulteriore sostanziale riduzione delle emissioni e saranno associati a misure aggiuntive, tra cui il controllo dell'evaporazione e i requisiti di durabilità.

### 1.2.12 Classi di legislazione per motocicli a due e quattro tempi > 50 cm<sup>3</sup> (*two-stroke and four-stroke motorcycles > 50 cm<sup>3</sup>*)

Le norme sulle emissioni per i motocicli a due e quattro tempi > 50 cm<sup>3</sup> sono state introdotte per la prima volta nel giugno 1999 (Euro 1), quando è entrata in vigore la Direttiva 97/24 / CE. La direttiva imponeva norme di emissione diverse per i veicoli a due e quattro tempi rispettivamente e sono stati stabiliti limiti separati per HC e NOx per consentire una migliore distinzione tra diverse tecnologie (due tempi: CO 8 g / km, HC 4 g / km, NOx 0,1 g / km; quattro tempi: CO 13 g / km, HC 3 g / km, NOx 0,3 g / km). Nel 2002, il regolamento 2002/51 / CE ha introdotto le norme Euro 2 (2003) e Euro 3 (2006) per le motociclette, con limiti differenziati a seconda delle dimensioni del motore. Il regolamento 168/2013 ha introdotto limiti Euro

4 ed Euro 5 per le motociclette che portano gradualmente i loro livelli di emissione a diventare simili alle autovetture. Il presente regolamento impone inoltre il controllo dell'evaporazione, i requisiti di durata, i requisiti OBD e la misurazione della CO2. Possibili ulteriori passi futuri includono la conformità durante l'uso, il controllo delle emissioni fuori ciclo e il controllo del numero di emissioni di particelle per veicoli a iniezione diretta.

### 1.2.13 Classi di legislazione per mini-car e veicoli fuoristrada (ATV) (*Mini-cars and All Terrain Vehicles (ATVs)*)

La classificazione UE dei veicoli della categoria L comprende sette sottocategorie di veicoli tra cui cicli motorizzati, ciclomotori a due e tre ruote, motocicli a due ruote con e senza sidecar, tricicli e quadricicli. Il regolamento (UE) n. 168/2013 fornisce i dettagli della classificazione dei veicoli insieme alle disposizioni per l'omologazione e la vigilanza del mercato dei veicoli di categoria L ai livelli Euro 4 e Euro 5. Inizialmente le mini-car e gli ATV erano conformi alla direttiva 97/24 / CE. La direttiva 2013/60 / UE ha introdotto le mini-macchine Euro 3 nel 2014. La direttiva 2013/168 / UE ha introdotto le mini-macchine Euro 4 nel 2017 e gli ATV Euro 4 nel 2016. I limiti di Euro 5 saranno applicati nel 2020.

## MATERIALI E METODI

### 2.1 DATI DI RIFERIMENTO

Nella presente tesi si è fatto riferimento: a dati relativi alle emissioni annuali di COVNM e al parco veicolare regionale (dati dall' Automobile Club d'Italia (ACI)) valutati dal Gruppo di Ricerca e Analisi Ambientali in Aria del Dipartimento di Ingegneria Industriale e Scienze Matematiche (DIISM) dell'UNIVPM, nell'ambito dello studio delle emissioni nella regione Marche dell'anno 2016; alla guida all'inventario delle emissioni di inquinanti atmosferici EMEP / SEE (*European Monitoring and Evaluation Programme/ European Environment Agency*) fornita dalla *European Environment Agency* per le percentuali di emissioni dei gruppi di COVNM.

#### 2.1.1 Il parco veicolare

I dati riguardanti il parco veicolare regionale della regione Marche sono stati presi da uno studio riguardante la valutazione e quantificazione delle emissioni in atmosfera nella regione Marche nell'anno 2016, fatto dal gruppo di Ricerca Analisi Ambientali in Aria, dipartimento di ingegneria industriale e scienze matematiche, UNIVPM.

Nelle successive tabelle sono riportati i dati del parco veicolare della regione suddivisi per combustibile (benzina, diesel, metano e ibride), tecnologia di trattamento delle emissioni (*conventional* (EU0), EU1, EU2, EU3, EU4, EU5, EU6) e tipo di veicolo (passenger cars, LCV, HDV)

Nella tabella 1 sono riportati i dati del parco veicolare relativi ai *passenger cars* e ai LCV delle province di Ancona e Ascoli Piceno.

ANCONA											
Rapporto AV + LDV	Convenzio	91/441 EU	94/12 EUR	98/69 Euro	EURO IV	EURO V	EURO VI	NON CON	NON IDEN	TOTALE	
BENZINA	Fino a 140	0,064096	0,013256	0,0636	0,054978	0,079378	0,031158	0,017418	0	9,68E-05	0,32398
	1401 - 200	0,013256	0,005531	0,012281	0,006415	0,010532	0,003091	0,000891	0	6,45E-05	0,052061
	Oltre 2000	0,003995	0,000768	0,001813	0,001381	0,001826	0,0006	9,68E-05	0	1,29E-05	0,010493
Tot		0,081347	0,019554	0,077694	0,062773	0,091737	0,034849	0,018405	0	0,000174	0,386534
BENZINA C	Fino a 140	0,004892	0,00082	0,003646	0,002459	0,017947	0,009577	0,004995	0	0	0,044336
	1401 - 200	0,004008	0,001665	0,002749	0,001458	0,003091	0,001458	0,000123	0	6,45E-06	0,014559
	Oltre 2000	0,000555	0,00011	0,000252	0,000239	0,000607	0,000271	3,87E-05	0	0	0,002072
Tot		0,009454	0,002594	0,006647	0,004156	0,021645	0,011307	0,005156	0	6,45E-06	0,060966
BENZINA C	Fino a 140	0,002349	0,000445	0,002639	0,001801	0,013649	0,020806	0,010022	0	0	0,051712
	1401 - 200	0,001446	0,000568	0,001852	0,001581	0,005092	0,000916	0,000407	0	0	0,011862
	Oltre 2000	0,000265	6,45E-05	0,000136	0,000142	0,001342	0,001523	0,000697	0	0	0,004169
Tot		0,004059	0,001078	0,004627	0,003524	0,020083	0,023246	0,011126	0	0	0,067743
GASOLIO	Fino a 140	0,0014	0,000103	0,000226	0,014198	0,058379	0,025466	0,005634	0	0	0,105405
	1401 - 200	0,006182	0,002698	0,022413	0,063574	0,072596	0,058082	0,022284	0	0	0,247828
	Oltre 2000	0,017967	0,009538	0,020316	0,032629	0,029615	0,015411	0,004169	0	6,45E-06	0,129651
Tot		0,02555	0,012339	0,042955	0,110401	0,16059	0,098958	0,032087	0	6,45E-06	0,482885
IBRIDO-EL	Fino a 140	0	0	0	0	0	7,1E-05	6,45E-06	0	0	7,74E-05
	1401 - 200	0	0	0	0	5,16E-05	0,000768	0,000626	0	0	0,001446
	Oltre 2000	0	0	0	0	3,23E-05	1,94E-05	0,000142	8,39E-05	0	0,000278
	Non conte	0	0	0	0	0	0	0	7,1E-05	0	0,001801
Tot		0	0	0	0	8,39E-05	0,000858	0,000774	0,000155	0	0,001872
TOTALE											1
ASCOLI PICENO											
Rapporto AV + LDV	Convenzio	91/441 EU	94/12 EUR	98/69 Euro	EURO IV	EURO V	EURO VI	NON CON	NON IDEN	TOTALE	
BENZINA	Fino a 140	0,064096	0,013256	0,0636	0,054978	0,079378	0,031158	0,017418	0	9,68E-05	0,32398
	1401 - 200	0,013256	0,005531	0,012281	0,006415	0,010532	0,003091	0,000891	0	6,45E-05	0,052061
	Oltre 2000	0,003995	0,000768	0,001813	0,001381	0,001826	0,0006	9,68E-05	0	1,29E-05	0,010493
Tot		0,081347	0,019554	0,077694	0,062773	0,091737	0,034849	0,018405	0	0,000174	0,386534
BENZINA C	Fino a 140	0,004892	0,00082	0,003646	0,002459	0,017947	0,009577	0,004995	0	0	0,044336
	1401 - 200	0,004008	0,001665	0,002749	0,001458	0,003091	0,001458	0,000123	0	6,45E-06	0,014559
	Oltre 2000	0,000555	0,00011	0,000252	0,000239	0,000607	0,000271	3,87E-05	0	0	0,002072
Tot		0,009454	0,002594	0,006647	0,004156	0,021645	0,011307	0,005156	0	6,45E-06	0,060966
BENZINA C	Fino a 140	0,002349	0,000445	0,002639	0,001801	0,013649	0,020806	0,010022	0	0	0,051712
	1401 - 200	0,001446	0,000568	0,001852	0,001581	0,005092	0,000916	0,000407	0	0	0,011862
	Oltre 2000	0,000265	6,45E-05	0,000136	0,000142	0,001342	0,001523	0,000697	0	0	0,004169
Tot		0,004059	0,001078	0,004627	0,003524	0,020083	0,023246	0,011126	0	0	0,067743
GASOLIO	Fino a 140	0,0014	0,000103	0,000226	0,014198	0,058379	0,025466	0,005634	0	0	0,105405
	1401 - 200	0,006182	0,002698	0,022413	0,063574	0,072596	0,058082	0,022284	0	0	0,247828
	Oltre 2000	0,017967	0,009538	0,020316	0,032629	0,029615	0,015411	0,004169	0	6,45E-06	0,129651
Tot		0,02555	0,012339	0,042955	0,110401	0,16059	0,098958	0,032087	0	6,45E-06	0,482885
IBRIDO-EL	Fino a 140	0	0	0	0	0	7,1E-05	6,45E-06	0	0	7,74E-05
	1401 - 200	0	0	0	0	5,16E-05	0,000768	0,000626	0	0	0,001446
	Oltre 2000	0	0	0	0	3,23E-05	1,94E-05	0,000142	8,39E-05	0	0,000278
	Non conte	0	0	0	0	0	0	0	7,1E-05	0	0,001801
Tot		0	0	0	0	8,39E-05	0,000858	0,000774	0,000155	0	0,001872
TOTALE											1

**TABELLA 1 DATI DEL PARCO VEICOLARE RELATIVI AI PASSENGER CARS E AI LCV DELLE PROVINCE DI ANCONA E ASCOLI PICENO.**

Nella tabella 2 sono riportati i dati del parco veicolare relativi ai passenger cars e ai LCV alle province di Fermo e Macerata

FERMO											
Rapporto AV + LDV	Convenzio	91/441 EU	94/12 EUR	98/69 Euro	EURO IV	EURO V	EURO VI	NON CON	NON IDEN	TOTALE	
BENZINA	Fino a 140	0,056217	0,014958	0,058211	0,03979	0,06695	0,026194	0,011723	0	0,00016	0,274203
	1401 - 200	0,013078	0,005869	0,013451	0,006059	0,009721	0,003174	0,000761	0	3,81E-05	0,052152
	Oltre 2000	0,004644	0,00118	0,001926	0,0015	0,002101	0,000518	9,13E-05	0	3,04E-05	0,011989
Tot		0,073938	0,022007	0,073588	0,047349	0,078772	0,029886	0,012576	0	0,000228	0,338345
BENZINA C	Fino a 140	0,004149	0,000837	0,002855	0,001393	0,014151	0,007087	0,003829	0	0	0,034301
	1401 - 200	0,004126	0,001363	0,002558	0,001051	0,003113	0,001507	7,61E-05	0	0	0,013794
	Oltre 2000	0,000639	0,000183	0,000175	0,000175	0,000518	0,000122	2,28E-05	0	0	0,001835
Tot		0,008914	0,002383	0,005587	0,002619	0,017782	0,008716	0,003928	0	0	0,049929
BENZINA C	Fino a 140	0,006059	0,002063	0,00934	0,005443	0,026818	0,029795	0,014364	0	7,61E-06	0,09389
	1401 - 200	0,003677	0,001949	0,005861	0,003943	0,009698	0,001888	0,000853	0	0	0,027869
	Oltre 2000	0,000449	0,000213	0,000449	0,000388	0,003669	0,002405	0,001058	0	0	0,008632
Tot		0,010185	0,004225	0,015651	0,009774	0,040185	0,034088	0,016275	0	7,61E-06	0,130391
GASOLIO	Fino a 140	0,00204	4,57E-05	0,000122	0,014296	0,05391	0,019442	0,003395	0	0	0,093251
	1401 - 200	0,008221	0,003304	0,027442	0,061652	0,071274	0,053865	0,020424	0	7,61E-06	0,24619
	Oltre 2000	0,018673	0,010947	0,023591	0,036821	0,031119	0,015088	0,004644	0	0	0,140881
Tot		0,028934	0,014296	0,051155	0,112769	0,156304	0,088394	0,028462	0	7,61E-06	0,480322
IBRIDO-EL	Fino a 140	0	0	0	0	7,61E-06	4,57E-05	0	0	0	5,33E-05
	1401 - 200	0	0	0	0	7,61E-06	0,000495	0,000244	0	0	0,000746
	Oltre 2000	0	0	0	0	7,61E-06	7,61E-06	4,57E-05	0,000114	0	0,000175
	Non conte	0	0	0	0	0	0	0	3,81E-05	0	0,000974
Tot		0	0	0	0	2,28E-05	0,000548	0,000289	0,000152	0	0,001012
TOTALE											1
MACERATA											
Rapporto AV + LDV	Convenzio	91/441 EU	94/12 EUR	98/69 Euro	EURO IV	EURO V	EURO VI	NON CON	NON IDEN	TOTALE	
BENZINA	Fino a 140	0,05331	0,014998	0,056079	0,040845	0,064549	0,026605	0,011073	0	0,000161	0,26762
	1401 - 200	0,012439	0,005688	0,013139	0,005982	0,010063	0,003163	0,000778	0	4,55E-05	0,051298
	Oltre 2000	0,003626	0,001238	0,002119	0,001465	0,00207	0,000654	0,000137	0	1,24E-05	0,011322
Tot		0,069375	0,021923	0,071338	0,048292	0,076682	0,030422	0,011988	0	0,000219	0,33024
BENZINA C	Fino a 140	0,002716	0,000505	0,00154	0,000998	0,012547	0,006305	0,002943	0	4,14E-06	0,027557
	1401 - 200	0,003138	0,001151	0,001855	0,000869	0,002923	0,001383	0,00017	0	4,14E-06	0,011491
	Oltre 2000	0,000592	0,000141	0,000257	0,000178	0,000443	0,00019	2,9E-05	0	0	0,00183
Tot		0,006445	0,001797	0,003651	0,002045	0,015913	0,007878	0,003142	0	8,28E-06	0,040878
BENZINA C	Fino a 140	0,005224	0,002256	0,010167	0,006135	0,027797	0,032032	0,01636	0	0	0,099971
	1401 - 200	0,003266	0,001979	0,006247	0,004471	0,011471	0,002033	0,000588	0	0	0,030053
	Oltre 2000	0,000501	0,000273	0,000613	0,000542	0,003328	0,003059	0,00096	0	0	0,009277
Tot		0,008991	0,004508	0,017026	0,011148	0,042596	0,037124	0,017908	0	0	0,139301
GASOLIO	Fino a 140	0,000787	0,000108	0,00012	0,01258	0,054022	0,019974	0,003585	0	4,14E-06	0,091179
	1401 - 200	0,005005	0,002529	0,023587	0,058985	0,073403	0,058666	0,022536	0	4,14E-06	0,244716
	Oltre 2000	0,019013	0,010999	0,026411	0,039541	0,034731	0,016591	0,005025	0	1,24E-05	0,152324
Tot		0,024804	0,013636	0,050118	0,111107	0,162156	0,095231	0,031146	0	2,07E-05	0,488219
IBRIDO-EL	Fino a 140	0	0	0	0	1,24E-05	0,000128	2,9E-05	0	0	0,00017
	1401 - 200	0	0	0	0	4,97E-05	0,000414	0,000381	0	0	0,000844
	Oltre 2000	0	0	0	0	5,38E-05	2,9E-05	6,62E-05	0,000112	0	0,000261
	Non conte	0	0	0	0	0	0	0	8,69E-05	0	0,001275
Tot		0	0	0	0	0,000116	0,000571	0,000476	0,000199	0	0,001362
TOTALE											1

TABELLA 2 DATI DEL PARCO VEICOLARE RELATIVI AI PASSENGER CARS E AI LCV ALLE PROVINCE DI FERMO E MACERATA

Nella tabella 3 sono riportati i dati del parco veicolare relativi ai *passenger cars* e ai LCV della provincia di Pesaro Urbino.

PESARO E URBINO											
Rapporto AV + LDV	Convenzio	91/441 EU	94/12 EUR	98/69 Euro	EURO IV	EURO V	EURO VI	NON CON	NON IDEN	TOTALE	
BENZINA	Fino a 140	0,040804	0,013532	0,056895	0,051194	0,094735	0,040507	0,020263	0	0,000139	0,318068
	1401 - 200	0,009583	0,005021	0,012822	0,007611	0,015987	0,005207	0,001949	0	1,16E-05	0,058192
	Oltre 2000	0,00269	0,001058	0,001764	0,001536	0,002432	0,000564	0,000282	0	1,16E-05	0,010336
Tot		0,053078	0,019611	0,07148	0,060342	0,113153	0,046277	0,022494	0	0,000162	0,386596
BENZINA C	Fino a 140	0,002293	0,000533	0,001872	0,001544	0,018592	0,009973	0,00621	0	0	0,041016
	1401 - 200	0,002381	0,001038	0,001968	0,001285	0,00472	0,002123	0,000313	0	0	0,013829
	Oltre 2000	0,000425	0,000139	0,000166	0,000181	0,000648	0,000162	5,02E-05	0	0	0,001772
Tot		0,005099	0,00171	0,004006	0,003011	0,023961	0,012258	0,006573	0	0	0,056617
BENZINA C	Fino a 140	0,002204	0,000969	0,004601	0,003493	0,020452	0,025867	0,012189	0	7,72E-06	0,069782
	1401 - 200	0,001142	0,000745	0,003038	0,003404	0,009406	0,001382	0,000506	0	0	0,019622
	Oltre 2000	0,00027	0,000108	0,00012	0,00032	0,002235	0,001644	0,000706	0	0	0,005403
Tot		0,003616	0,001822	0,007758	0,007218	0,032093	0,028893	0,013401	0	7,72E-06	0,094808
GASOLIO	Fino a 140	0,000722	6,56E-05	5,4E-05	0,010645	0,047531	0,019657	0,004288	0	0	0,082963
	1401 - 200	0,004134	0,001992	0,017345	0,051457	0,072897	0,063533	0,026767	0	0	0,238124
	Oltre 2000	0,015172	0,009016	0,023181	0,036416	0,032243	0,017843	0,005268	0	1,16E-05	0,139151
Tot		0,020028	0,011073	0,04058	0,098517	0,152672	0,101034	0,036323	0	1,16E-05	0,460238
IBRIDO-EL	Fino a 140	0	0	0	0	8,11E-05	1,16E-05	0	0	0	9,26E-05
	1401 - 200	3,86E-06	0	0	0	5,79E-05	0,000637	0,000621	0	0	0,00132
	Oltre 2000	0	0	0	0	5,02E-05	2,7E-05	0,000151	4,25E-05	0	0,00027
	Non conte	0	0	0	0	0	0	0	5,79E-05	0	0,001683
Tot		3,86E-06	0	0	0	0,000108	0,000745	0,000784	0,0001	0	0,001741
TOTALE											1

**TABELLA 3 DATI DEL PARCO VEICOLARE RELATIVI AI PASSENGER CARS E AI LCV DELLA PROVINCIA DI PESARO URBINO.**

Nella tabella 4 sono riportati i dati del parco veicolare relativi agli HDV delle province di Ancona e Ascoli Piceno.

ANCONA										
Rapporto	FASCIA	Convenzio	91/441 EU	94/12 EUR	98/69 Euro	EURO IV	EURO V	EURO VI	NON CON	TOTALE
BENZINA	Oltre 3,5	0,004416	0	0,000552	0	0	0	0	0	0,004968
TOT		0,004416	0	0,000552	0	0	0	0	0	0,004968
BENZINA E	Oltre 3,5	0,000828	0	0	0	0	0	0	0,000276	0,001104
TOT		0,000828	0	0	0	0	0	0	0,000276	0,001104
BENZINA E	Oltre 3,5	0	0	0	0	0,000276	0,00138	0	0	0,001656
TOT		0	0	0	0	0,000276	0,00138	0	0	0,001656
GASOLIO	3,6 - 7,5	0,154568	0,029258	0,040022	0,033674	0,020701	0,018769	0,004968	0,000828	0,302788
	7,6 - 12	0,093845	0,020149	0,025393	0,020425	0,014629	0,012697	0,002208	0	0,189346
	12,1 - 14	0,018217	0,00276	0,001656	0,001104	0,001656	0,003036	0	0,000276	0,028705
	14,1 - 20	0,051339	0,012697	0,023185	0,019321	0,013525	0,016009	0,003036	0,000552	0,139663
	20,1 - 26	0,093017	0,029258	0,046922	0,056307	0,015733	0,039194	0,003312	0	0,283743
	26,1 - 28	0	0,000276	0	0	0	0	0	0	0,000276
	28,1 - 32	0,001104	0,00138	0,007452	0,015457	0,004692	0,006072	0,000276	0	0,036434
	Oltre 32	0,005796	0,001104	0,001104	0,000552	0,001104	0,001104	0,000552	0	0,011317
TOT		0,417886	0,096881	0,145736	0,14684	0,07204	0,096881	0,014353	0,001656	0,992272
TOTALE										1
ASCOLI PICENO										
Rapporto	FASCIA	Convenzio	91/441 EU	94/12 EUR	98/69 Euro	EURO IV	EURO V	EURO VI	NON CON	TOTALE
BENZINA	Oltre 3,5	0,004416	0	0,000552	0	0	0	0	0	0,004968
TOT		0,004416	0	0,000552	0	0	0	0	0	0,004968
BENZINA E	Oltre 3,5	0,000828	0	0	0	0	0	0	0,000276	0,001104
TOT		0,000828	0	0	0	0	0	0	0,000276	0,001104
BENZINA E	Oltre 3,5	0	0	0	0	0,000276	0,00138	0	0	0,001656
TOT		0	0	0	0	0,000276	0,00138	0	0	0,001656
GASOLIO	3,6 - 7,5	0,154568	0,029258	0,040022	0,033674	0,020701	0,018769	0,004968	0,000828	0,302788
	7,6 - 12	0,093845	0,020149	0,025393	0,020425	0,014629	0,012697	0,002208	0	0,189346
	12,1 - 14	0,018217	0,00276	0,001656	0,001104	0,001656	0,003036	0	0,000276	0,028705
	14,1 - 20	0,051339	0,012697	0,023185	0,019321	0,013525	0,016009	0,003036	0,000552	0,139663
	20,1 - 26	0,093017	0,029258	0,046922	0,056307	0,015733	0,039194	0,003312	0	0,283743
	26,1 - 28	0	0,000276	0	0	0	0	0	0	0,000276
	28,1 - 32	0,001104	0,00138	0,007452	0,015457	0,004692	0,006072	0,000276	0	0,036434
	Oltre 32	0,005796	0,001104	0,001104	0,000552	0,001104	0,001104	0,000552	0	0,011317
TOT		0,417886	0,096881	0,145736	0,14684	0,07204	0,096881	0,014353	0,001656	0,992272
TOTALE										1

**TABELLA 4 DATI DEL PARCO VEICOLARE RELATIVI AGLI HDV DELLE PROVINCE DI ANCONA E ASCOLI PICENO.**

Nella tabella 5 sono riportati i dati del parco veicolare relativi agli HDV delle province di Fermo e Macerata.

FERMO										
Rapporto	FASCIA	Convenzio	91/441 EU	94/12 EUR	98/69 Euro	EURO IV	EURO V	EURO VI	NON CON	TOTALE
BENZINA	Oltre 3,5	0,002997	0	0	0	0	0	0	0	0,002997
TOT		0,002997	0	0	0	0	0	0	0	0,002997
BENZINA E	Oltre 3,5	0,001124	0	0	0	0	0	0	0	0,001124
TOT		0,001124	0	0	0	0	0	0	0	0,001124
BENZINA E	Oltre 3,5	0	0	0	0	0	0,000375	0	0	0,000375
TOT		0	0	0	0	0	0,000375	0	0	0,000375
GASOLIO	3,6 - 7,5	0,157737	0,025103	0,044586	0,03447	0,020232	0,021356	0,000749	0,000749	0,304983
	7,6 - 12	0,104534	0,02323	0,037467	0,02885	0,008617	0,007868	0,004121	0,000375	0,215062
	12,1 - 14	0,014987	0,004871	0,002997	0,003747	0,001873	0,001873	0,000375	0,000375	0,031098
	14,1 - 20	0,046459	0,013863	0,019858	0,019858	0,011615	0,007119	0,002623	0,000749	0,122143
	20,1 - 26	0,106782	0,023604	0,047209	0,049082	0,017235	0,0281	0,009741	0	0,281753
	26,1 - 28	0,000749	0,000375	0	0,000375	0	0	0,000375	0	0,001873
	28,1 - 32	0,000375	0,002248	0,007493	0,014987	0,004496	0,005245	0,000375	0	0,035219
	Oltre 32	0,002623	0,000375	0	0,000375	0	0	0	0	0,003372
TOT		0,434245	0,093668	0,15961	0,151742	0,064069	0,071562	0,018359	0,002248	0,995504
TOTALE										1
MACERATA										
Rapporto	FASCIA	Convenzio	91/441 EU	94/12 EUR	98/69 Euro	EURO IV	EURO V	EURO VI	NON CON	TOTALE
BENZINA	Oltre 3,5	0,003043	0	0	0	0	0	0	0	0,003043
TOT		0,003043	0	0	0	0	0	0	0	0,003043
BENZINA E	Oltre 3,5	0,000537	0	0	0	0	0	0	0	0,000537
TOT		0,000537	0	0	0	0	0	0	0	0,000537
BENZINA E	Oltre 3,5	0	0	0	0	0	0,000895	0	0	0,000895
TOT		0	0	0	0	0	0,000895	0	0	0,000895
GASOLIO	3,6 - 7,5	0,128894	0,022377	0,048693	0,043502	0,0256	0,011994	0,00179	0,000358	0,283208
	7,6 - 12	0,094343	0,020766	0,038489	0,032044	0,013784	0,01092	0,002327	0,000358	0,213033
	12,1 - 14	0,022198	0,001611	0,002506	0,002506	0,002864	0,003401	0,001432	0	0,03652
	14,1 - 20	0,03831	0,013784	0,023093	0,024347	0,013605	0,006445	0,00179	0	0,121375
	20,1 - 26	0,098281	0,024884	0,05102	0,057107	0,020945	0,027032	0,010562	0,000179	0,290011
	26,1 - 28	0,000537	0	0,000179	0	0	0	0	0	0,000716
	28,1 - 32	0,000537	0,00179	0,008951	0,019513	0,008235	0,006982	0,000895	0	0,046903
	Oltre 32	0,00179	0	0,000895	0,000537	0,000537	0	0	0	0,003759
TOT		0,384891	0,085213	0,173827	0,179556	0,085571	0,066774	0,018797	0,000895	0,995525
TOTALE										1

**TABELLA 5 DATI DEL PARCO VEICOLARE RELATIVI AGLI HDV DELLE PROVINCE DI FERMO E MACERATA**

Nella tabella 6 sono riportati i dati del parco veicolare relativi agli HDV della provincia di Pesaro Urbino.

PESARO E URBINO										
Rapporto / FASCIA	Convenzio	91/441 EU	94/12 EUR	98/69 Euro	EURO IV	EURO V	EURO VI	NON CON	TOTALE	
BENZINA ( Oltre 3,5	0,003369	0	0	0	0	0,000211	0	0	0,00358	
TOT	0,003369	0	0	0	0	0,000211	0	0	0,00358	
BENZINA E Oltre 3,5	0,000211	0	0,000211	0	0,000211	0	0	0	0,000632	
TOT	0,000211	0	0,000211	0	0,000211	0	0	0	0,000632	
BENZINA E Oltre 3,5	0	0	0	0	0	0,000211	0	0	0,000211	
TOT	0	0	0	0	0	0,000211	0	0	0,000211	
GASOLIO ( 3,6 - 7,5	0,090545	0,020846	0,036218	0,041272	0,02969	0,016425	0,002106	0,000632	0,237734	
7,6 - 12	0,079385	0,021899	0,030954	0,030533	0,019162	0,012213	0,001685	0,000421	0,196252	
12,1 - 14	0,018951	0,002106	0,001474	0,001263	0,001474	0,001474	0,000632	0,000211	0,027585	
14,1 - 20	0,043588	0,010529	0,028638	0,024847	0,018109	0,01116	0,002316	0	0,139187	
20,1 - 26	0,079806	0,02211	0,061697	0,0737	0,039166	0,048642	0,017267	0	0,342388	
26,1 - 28	0,000211	0	0,000211	0,000632	0	0,000211	0	0	0,001263	
28,1 - 32	0,000211	0,001474	0,013055	0,018109	0,008212	0,007159	0,000211	0	0,048431	
Oltre 32	0,002106	0	0,000211	0,000211	0	0,000211	0	0	0,002737	
TOT	0,314803	0,078964	0,172457	0,190566	0,115814	0,097494	0,024216	0,001263	0,995578	
TOTALE										1

**TABELLA 6 DATI DEL PARCO VEICOLARE RELATIVI AGLI HDV DELLA PROVINCIA DI PESARO URBINO.**

### 2.1.2 Frazioni dei COVNM

Per la speciazione chimica dei COVNM sono state prese come riferimento le tabelle 7 e 8, fornite dalla *European Environment Agency*. La separazione dei COVNM in diversi composti è riportata nella tabella 7 e nella tabella 8. Le frazioni proposte sono state ottenute dalla letteratura (BUWAL, 1994; TNO, 1993; Volkswagen, 1989; Umweltbundesamt, 1996; citato da EMEP 2018). Le frazioni delle tabelle sono applicate alle emissioni totali COVNM delle autovetture a benzina convenzionali (pre Euro 1) o a circuito chiuso (Euro 1 e successive) e veicoli commerciali leggeri, autovetture diesel e veicoli commerciali leggeri, diesel pesanti, veicoli di servizio e autovetture GPL. Viene proposta una speciazione comune per le autovetture diesel e i veicoli commerciali leggeri, indipendentemente dal concetto di combustione.

La speciazione COVNM per i motocicli a quattro tempi è stimata usando le frazioni derivate dai veicoli a benzina convenzionali, come nel caso degli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) e dei *Persistent organic pollutants* (POPs, Inquinanti organici persistenti). Questo approccio dovrebbe essere riconsiderato quando saranno disponibili dati più completi.

L'ultima riga della tabella 8 mostra la somma totale di queste frazioni. Si presume che la frazione rimanente sia costituita da IPA e POP.

Composizione percentuale delle emissioni di COVNM (Ntziachristos & Samaras, 2018)

Group	Species	NMVOC Fraction (% wt.)				
		Petrol 4 stroke		Diesel PC & LCV	HDV	LPG
		Convent.	Euro I & on	IDI & DI		
<b>ALKANES</b>	ethane	1.65	3.19	0.33	0.03	2.34
	propane	0.47	0.65	0.11	0.10	49.85
	butane	2.90	5.24	0.11	0.15	15.50
	isobutane	1.29	1.59	0.07	0.14	6.95
	pentane	1.78	2.15	0.04	0.06	0.35
	isopentane	4.86	6.81	0.52		1.26
	hexane	1.29	1.61			
	heptane	0.36	0.74	0.20	0.30	0.18
	octane	0.56	0.53	0.25		0.04
	2-methylhexane	0.80	1.48	0.45	0.63	0.25
	nonane	0.06	0.16	0.67		0.01
	2-methylheptane		0.57	0.12	0.21	0.09
	3-methylhexane	0.56	1.14	0.22	0.35	0.19
	decane	0.22	0.19	1.18	1.79	
	3-methylheptane	0.40	0.54	0.20	0.27	0.08
Alkanes C10-C12	0.03	1.76	2.15		0.01	
Alkanes C>13	0.06	1.45	17.91	27.50		
<b>CYCLOALKANES</b>	All	0.88	1.14	0.65	1.16	0.10
<b>ALKENES</b>	ethylene	8.71	7.30	10.97	7.01	5.20
	propylene	4.87	3.82	3.60	1.32	5.19
	propadiene		0.05			
	1-butene	0.50	0.73			
	isobutene	4.21	2.22	1.11	1.70	0.63
	2-butene	1.27	1.42	0.52		0.53
	1,3-butadiene	1.42	0.91	0.97	3.30	0.15
	1-pentene	0.09	0.11			
	2-pentene	0.23	0.34			
	1-hexene		0.17			
	dimethylhexene		0.15			
<b>ALKYNES</b>	1-butine	0.05	0.21			
	propine	0.76	0.08			
	acetylene	5.50	2.81	2.34	1.05	1.28

TABELLA 7 COMPOSIZIONE PERCENTUALE DELLE EMISSIONI DI COVNM

Composizione percentuale delle emissioni di COVNM (Ntziachristos & Samaras, 2018)

Group	Species	NMVOC Fraction (% wt.)				
		Petrol 4 stroke		Diesel PC & LCV	HDV	LPG
		Convent.	Euro I & on	IDI & DI		
ALDEHYDES	formaldehyde	2.08	1.70	12.00	8.40	1.56
	acetaldehyde	0.59	0.75	6.47	4.57	1.81
	acrolein	0.16	0.19	3.58	1.77	0.59
	benzaldehyde	0.60	0.22	0.86	1.37	0.03
	crotonaldehyde	0.02	0.04	1.10	1.48	0.36
	methacrolein		0.05	0.77	0.86	0.10
	butyraldehyde		0.05	0.85	0.88	0.11
	isobutanaldehyde			2.09	0.59	
	propionaldehyde	0.11	0.05	1.77	1.25	0.70
	hexanal			0.16	1.42	
	i-valeraldehyde			0.11	0.09	0.01
	valeraldehyde		0.01	0.41	0.40	
	o-tolualdehyde	0.19	0.07	0.24	0.80	
	m-tolualdehyde	0.38	0.13	0.34	0.59	
	p-tolualdehyde	0.19	0.06	0.35		
KETONES	acetone	0.21	0.61	2.94		0.78
	methyl ethyl ketone	0.11	0.05	1.20		
AROMATICS	toluene	12.84	10.98	0.69	0.01	1.22
	ethylbenzene	4.78	1.89	0.29		0.24
	m,p-xylene	6.66	5.43	0.61	0.98	0.75
	o-xylene	4.52	2.26	0.27	0.40	0.26
	1,2,3 trimethylbenzene	0.59	0.86	0.25	0.30	0.05
	1,2,4 trimethylbenzene	2.53	4.21	0.57	0.86	0.25
	1,3,5 trimethylbenzene	1.11	1.42	0.31	0.45	0.08
	styrene	0.57	1.01	0.37	0.56	0.02
	benzene	6.83	5.61	1.98	0.07	0.63
	C9	3.12	4.21	0.78	1.17	0.25
	C10		3.07			
	C>13	6.01	3.46	13.37	20.37	
	<b>TOTALS (all species)</b>		<b>99.98</b>	<b>99.65</b>	<b>99.42</b>	<b>96.71</b>

TABELLA 8 COMPOSIZIONE PERCENTUALE DELLE EMISSIONI DI COVNM

### 2.1.3 COVNM

La quantità di COVNM emessi nella regione Marche è stata fornita da uno studio del DIISM dell'UNIVPM, dove sono stati valutati a livello comunale seguendo la metodologia COPERT.

Nella tabella 9 sono riportati i valori di COVNM relativi ai comuni della provincia di Ancona, da cui risulta un totale di 915.639 Mg.

Agugliano	7,798			
Ancona	176,435			
Arcevia	8,693			
Barbara	2,415			
Belvedere Ostrense	3,789			
Camerano	18,171			
Camerata Picena	7,092			
Castellbellino	8,993			
Castelfidardo	38,079			
Castelleone di Suasa	2,942			
Castelplanio	7,093			
Cerreto d'Esi	6,092			
Chiaravalle	29,587			
Corinaldo	9,194			
Cupramontana	8,704			
Fabriano	60,930			
Falconara Marittima	50,211			
Filottrano	16,771			
Genga	6,769			
Jesi	73,006			
Loreto	29,000			
Maiolati Spontini	12,344			
Mergo	2,131			
Monsano	6,245			
Montecarotto	3,220			
Montemarciano	25,454			
Monte Roberto	7,407			
Monte San Vito	11,282			
Morro d'Alba	3,164			
Numana	8,170			
Offagna	3,209			
Osimo	66,043			
Ostra	10,967			
Ostra Vetere	6,315			
Poggio San Marcello	1,183			
Polverigi	7,528			
Rosora	4,144			
San Marcello	3,457			
San Paolo di Jesi	1,554			
Santa Maria Nuova	7,004			
Sassoferrato	12,746			
Senigallia	99,267			
Serra de' Conti	6,837			
Serra San Quirico	7,742			
Sirolo	9,341			
Staffolo	3,642			
Trecastelli	13,477		tot nmvoc	915,639

**TABELLA 9 VALORI DI COVNM RELATIVI AI COMUNI DELLA PROVINCIA DI ANCONA**

Nella tabella 10 sono riportati i valori di COVNM relativi ai comuni della provincia di Ascoli Piceno, da cui risulta un totale di 416.203 Mg.

Acquasanta Terme	5,206			
Acquaviva Picena	6,521			
Appignano del Tronto	3,308			
Arquata del Tronto	2,168			
Ascoli Piceno	84,188			
Carassai	2,184			
Castel di Lama	14,248			
Castignano	5,220			
Castorano	4,280			
Colli del Tronto	6,258			
Comunanza	5,747			
Cossignano	1,853			
Cupra Marittima	19,069			
Folignano	18,286			
Force	2,761			
Grottammare	36,745			
Maltignano	8,379			
Massignano	5,444			
Monsampolo del Tronto	11,848			
Montalto delle Marche	4,266			
Montedinove	0,974			
Montefiore dell'Aso	4,078			
Montegallo	0,958			
Montemonaco	1,237			
Monteprandone	24,647			
Offida	9,532			
Palmiano	0,381			
Ripatransone	7,863			
Roccafluvione	3,712			
Rotella	1,978			
San Benedetto del Tronto	93,488			
Spinetoli	15,718			
Venarotta	3,658		tot nmvoc	416,203

**TABELLA 10 VALORI DI COVNM RELATIVI AI COMUNI DELLA PROVINCIA DI ASCOLI PICENO**

Nella tabella 11 sono riportati i valori di COVNM relativi ai comuni della provincia Fermo, da cui risulta un totale di 165.174 Mg.

Altidona	8,167			
Amandola	2,810			
Belmonte Piceno	0,485			
Campofilone	4,271			
Falerone	2,834			
Fermo	44,005			
Francavilla d'Ete	0,788			
Grottazzolina	2,652			
Lapedona	0,878			
Magliano di Tenna	1,055			
Massa Fermana	0,804			
Monsampietro Morico	0,554			
Montappone	1,310			
Montefalcone Appennino	0,375			
Montefortino	0,946			
Monte Giberto	0,658			
Montegiorgio	5,444			
Monte granaro	9,036			
Monteleone di Fermo	0,358			
Montelparo	0,691			
Monte Rinaldo	0,302			
Monterubbiano	1,748			
Monte San Pietrangeli	1,854			
Monte Urano	6,180			
Monte Vidon Combatte	0,343			
Monte Vidon Corrado	0,611			
Montottone	0,758			
Moresco	0,459			
Ortezzano	0,655			
Pedaso	6,710			
Petritoli	1,874			
Ponzano di Fermo	1,275			
Porto San Giorgio	18,405			
Porto Sant'Elpidio	29,672			
Rapagnano	1,670			
Santa Vittoria in Matenano	1,088			
Sant'Elpidio a Mare	13,272			
Servigliano	1,657			
Smerillo	0,340			
Torre San Patrizio	1,452			
		tot nmvoc	165,174	

**TABELLA 11 VALORI DI COVNM RELATIVI AI COMUNI DELLA PROVINCIA FERMO**

Nella tabella 12 sono riportati i valori di COVNM relativi ai comuni della provincia di Macerata, da cui risulta un totale di 397.826 Mg.

Apiro	2,472			
Appignano	4,169			
Belforte del Chienti	4,892			
Bolognola	0,144			
Caldarola	3,759			
Camerino	14,924			
Camporotondo di Fiastrone	0,542			
Castelraimondo	4,218			
Castelsantangelo sul Nera	0,327			
Cessapalombo	0,492			
Cingoli	11,494			
Civitanova Marche	53,721			
Colmurano	1,240			
Corridonia	23,521			
Esanatoglia	1,769			
Fiastra	0,535			
Fiuminata	1,326			
Gagliole	0,711			
Gualdo	0,973			
Loro Piceno	2,435			
Macerata	38,158			
Matelica	8,829			
Mogliano	4,587			
Montecassiano	7,053			
Monte Cavallo	0,146			
Montecosaro	8,205			
Montefano	3,151			
Montelupone	3,378			
Monte San Giusto	6,790			
Monte San Martino	0,783			
Morrovalle	12,028			
Muccia	7,087			
Penna San Giovanni	1,248			
Petriolo	1,831			
Pieve Torina	1,341			
Pioraco	1,050			
Poggio San Vicino	0,260			
Pollenza	6,323			
Porto Recanati	17,810			
Potenza Picena	26,244			
Recanati	19,791			
Ripe San Ginesio	0,791			
San Ginesio	4,317			
San Severino Marche	12,845			
Sant'Angelo in Pontano	1,454			
Sarnano	3,479			
Sefro	0,400			
Serrapetrona	3,296			
Serravalle di Chienti	17,353			
Tolentino	29,263			
Treia	9,591			
Urbisaglia	2,541			
Ussita	0,460			
Valfornace	1,123			
Visso	1,156			
			tot nmvoc	397,826

**TABELLA 12 VALORI DI COVNM RELATIVI AI COMUNI DELLA PROVINCIA DI MACERATA**

Nella tabella 13 sono riportati i valori di COVNM relativi ai comuni della provincia di Pesaro Urbino, da cui risulta un totale di 569.867 Mg.

Apecchio	2,221			
Auditore	1,784			
Belforte all'Isauro	0,876			
Borgo Pace	10,458			
Cagli	10,279			
Cantiano	2,479			
Carpegna	1,925			
Cartoceto	10,417			
Colli al Metauro	18,650			
Fano	103,468			
Fermignano	11,269			
Fossombrone	19,411			
Fratte Rosa	1,316			
Frontino	0,371			
Frontone	1,555			
Gabicce Mare	10,145			
Gradara	10,573			
Isola del Piano	0,766			
Lunano	1,635			
Macerata Feltria	2,475			
Mercatello sul Metauro	6,095			
Mercatino Conca	1,167			
Mombaroccio	2,642			
Mondavio	4,643			
Mondolfo	23,494			
Monte Cerignone	0,904			
Monte Grimano Terme	1,397			
Monte Porzio	3,369			
Montecalvo in Foglia	2,945			
Monteciccardo	1,935			
Montecopiolo	1,482			
Montefelcino	3,255			
Montelabbate	8,951			
Peglio	1,352			
Pergola	7,698			
Pesaro	136,623			
Petriano	4,463			
Piandimeleto	2,346			
Pietrarubbia	0,866			
Piobbico	2,138			
San Costanzo	11,011			
San Lorenzo in Campo	4,185			
Sant'Angelo in Vado	11,215			
Sant'Ippolito	4,336			
Sassocorvaro	4,188			
Sassofeltrio	1,639			
Serra Sant'Abbondio	1,218			
Tavoletto	1,015			
Tavullia	8,803			
Terre Roveresche	6,838			
Urbania	14,108			
Urbino	40,301			
Vallefoglia	21,169			
		tot nmvoc	569,867	

**TABELLA 13 VALORI DI COVNM RELATIVI AI COMUNI DELLA PROVINCIA DI PESARO URBINO**

## 2.2 Procedura di calcolo per la speciazione chimica

Nella procedura di calcolo si è cominciato moltiplicando le percentuali dei COVNM forniti dalle tabelle 7 e 8, per i dati del parco veicolare, espressi come percentuale. Così operando si è ottenuta una media delle percentuali pesata sul tipo e quantità di veicoli facenti parte del parco veicolare regionale. Si sono considerate solo alcune tipologie di veicolo, che rappresentano la maggior parte del parco e che sono prevalentemente responsabili delle emissioni di COVNM, non considerando i veicoli ibridi e a metano:

-*Passenger cars* e LCV (light commercial vehicles) (diesel, benzina, GPL): ovvero automobili e veicoli commerciali leggeri considerati insieme nel parco veicolare regionale;

-HDV (high duty vehicles) (diesel, benzina): ovvero i mezzi pesanti.

Non avendo considerato il parco veicolare totale e considerando che la somma totale delle frazioni non è 100 (si presume che la frazione rimanente sia costituita da IPA e POP) il calcolo non considera delle percentuali. Non vengono considerate il 16.11%, 8,94%, 14.71%, 15.62% e 11.66% delle emissioni di COVNM rispettivamente per le province di Ancona, Ascoli, Fermo, Macerata e Pesaro Urbino. Si è scelto quindi di ridistribuirle facendo una semplice proporzione, assumendo che la somma totale sia 100: ( $X \cdot 100 / 83,89$ ; dove X è la percentuale del determinato composto sui COVNM totali).

È stata fatta una somma pesata delle percentuali ottenute per ogni composto per *Passengers Cars* e HDV considerando che dai dati regionali del parco veicolare risultano 98% di *Passengers Cars* e 2% di HDV:  $(98/100 \cdot X) + (2/100 \cdot Y)$ ; dove X è il considerato composto, espresso come percentuale di COVNM, derivante dai *Passenger Cars* e Y è lo stesso composto, espresso sempre come percentuale di COVNM, derivante dagli HDV.

Tale valore è stato poi moltiplicato per i COVNM totali provinciali, ottenendo così la quantità in Mg ( $10^6$ g) di ogni singolo composto emesso per ogni provincia.

## RISULTATI

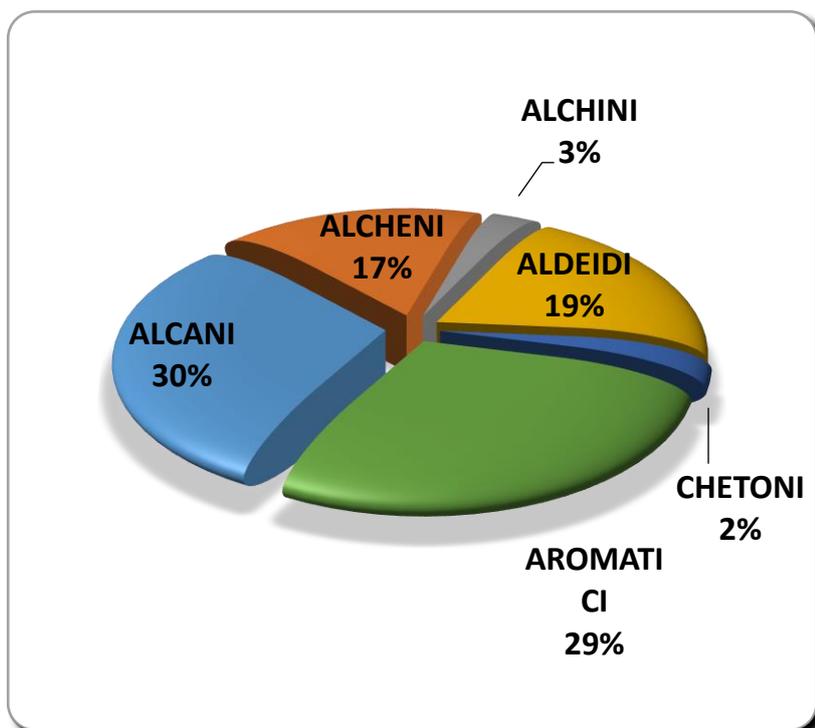
Di seguito sono presentati i risultati della speciazione chimica in termini di gruppi di COVNM, ovvero divisi per **alcani**, **alcheni**, **alchini**, **aromatici**, **chetoni**, **aldeidi**.

### 3.1 Emissioni percentuali per provincia

Nelle figure 1; 2; 3, 4; 5 sono riportate le percentuali, rispetto all'emissione totale di COVNM, di emissione dei gruppi COVNM per ogni provincia.;

Mentre nelle tabelle 14; 15; 16; 17; 18; i valori in Mg ( $10^6$  g) dei vari gruppi di COVNM.

#### 3.1.1 Provincia di Ancona

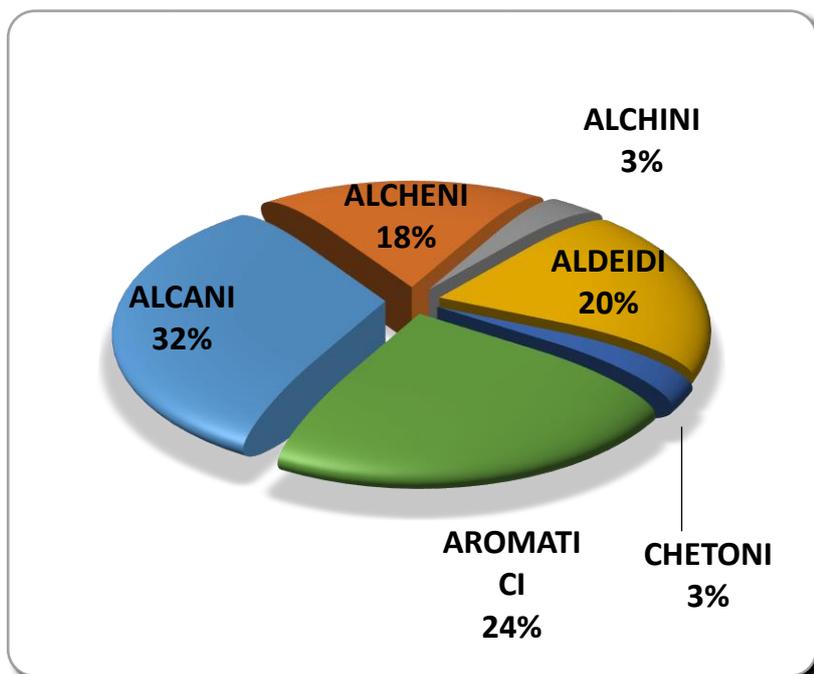


Gruppi COVNM	Mg
ALCANI	272,25
ALCHENI	152,32
ALCHINI	25,73
ALDEIDI	173,51
CHETONI	22,67
AROMATICI	271,23

TABELLA 14 QUANTITÀ COVNM PER GRUPPO EMessa DAL SETTORE TRASPORTI STRADALI NELLA PROVINCIA DI ANCONA

FIGURA 1 COMPOSIZIONE PERCENTUALE NEI GRUPPI DI COVNM DELLE EMISSIONI DI COVNM TOTALI DELLA PROVINCIA DI ANCONA

### 3.1.2 Provincia di Ascoli Piceno

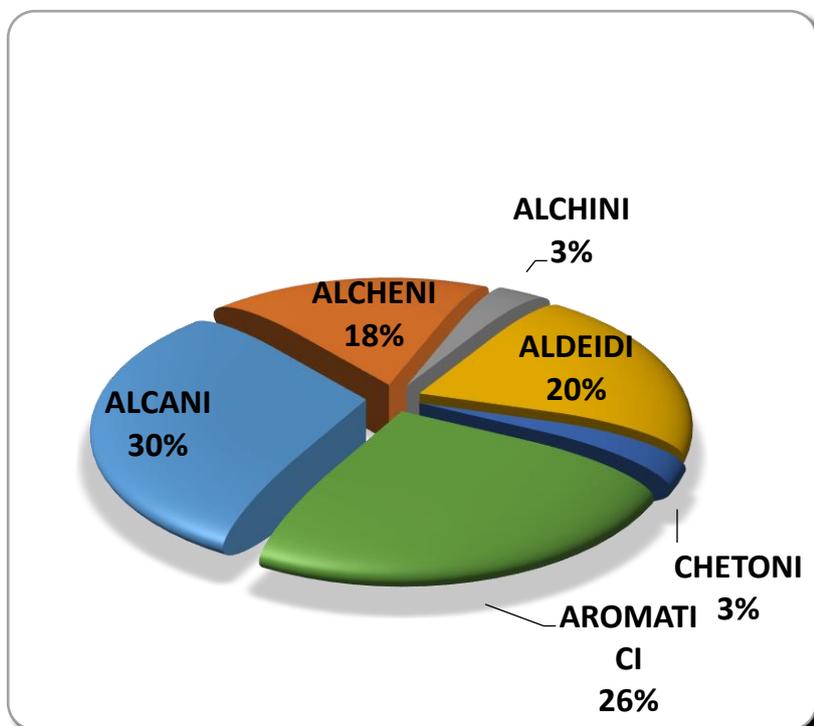


Gruppi COVNM	Mg
ALCANI	124,29
ALCHEMI	70,10
ALCHINI	12,02
ALDEIDI	77,24
CHETONI	10,18
AROMATICI	94,71

TABELLA 15 QUANTITÀ COVNM PER GRUPPO EMESA DAL SETTORE TRASPORTI STRADALI NELLA PROVINCIA DI ASCOLI PICENO

FIGURA 2 COMPOSIZIONE PERCENTUALE NEI GRUPPI DI COVNM DELLE EMISSIONI DI COVNM TOTALI DELLA PROVINCIA DI ASCOLI PICENO

### 3.1.3 Provincia di Fermo

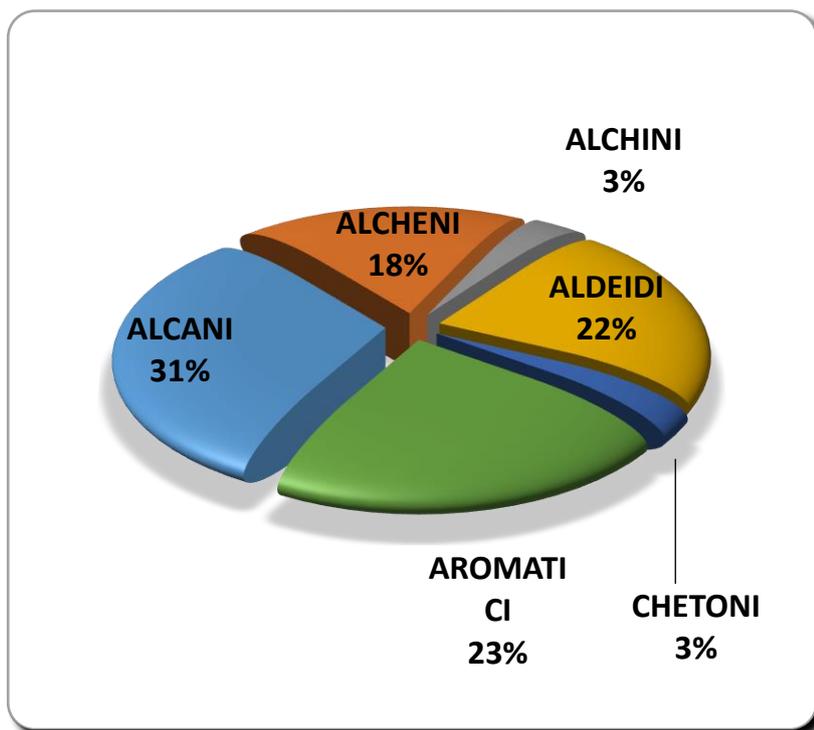


Gruppi COVNM	Mg
ALCANI	48,27
ALCHEMI	27,91
ALCHINI	4,73
ALDEIDI	32,46
CHETONI	4,22
AROMATICI	41,83

TABELLA 16 QUANTITÀ COVNM PER GRUPPO EMESA DAL SETTORE TRASPORTI STRADALI NELLA PROVINCIA DI FERMO

FIGURA 3 COMPOSIZIONE PERCENTUALE NEI GRUPPI DI COVNM DELLE EMISSIONI DI COVNM TOTALI DELLA PROVINCIA DI FERMO

### 3.1.4 Provincia di Macerata

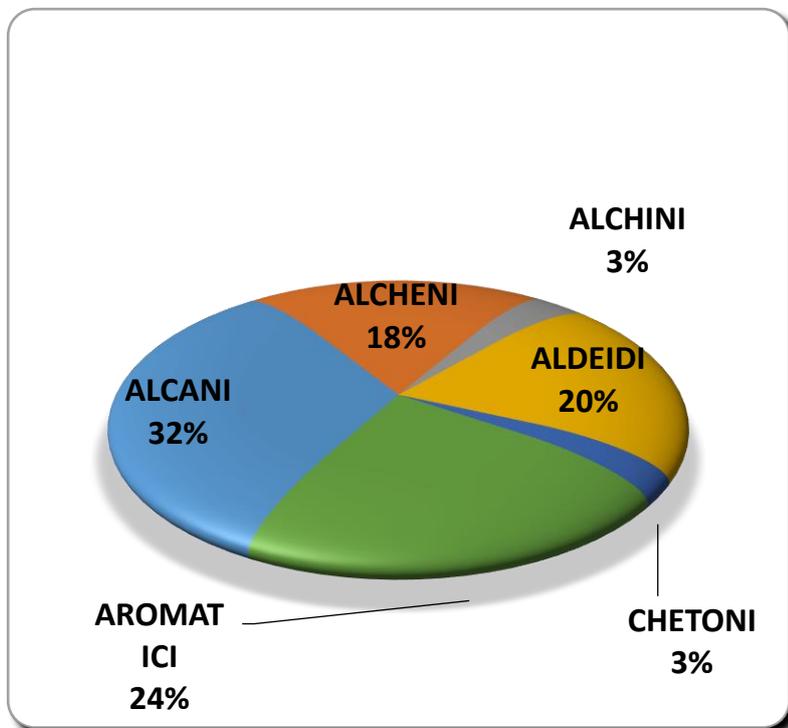


Gruppi COVNM	Mg
ALCANI	112,97
ALCHEMI	67,23
ALCHINI	11,36
ALDEIDI	79,96
CHETONI	10,26
AROMATICI	87,13

TABELLA 17 QUANTITÀ COVNM PER GRUPPO EMessa DAL SETTORE TRASPORTI STRADALI NELLA PROVINCIA DI MACERATA

FIGURA 4 COMPOSIZIONE PERCENTUALE NEI GRUPPI DI COVNM DELLE EMISSIONI DI COVNM TOTALI DELLA PROVINCIA DI MACERATA

### 3.1.5 Provincia di Pesaro Urbino



Gruppi COVNM	Mg
ALCANI	173,48
ALCHEMI	95,71
ALCHINI	16,17
ALDEIDI	105,65
CHETONI	13,95
AROMATICI	129,38

TABELLA 18 QUANTITÀ COVNM PER GRUPPO EMessa DAL SETTORE TRASPORTI STRADALI NELLA PROVINCIA DI PESARO URBINO

FIGURA 5 COMPOSIZIONE PERCENTUALE NEI GRUPPI DI COVNM DELLE EMISSIONI DI COVNM TOTALI DELLA PROVINCIA DI PESARO URBINO

### 3.1.6 Risultati delle analisi provinciali.

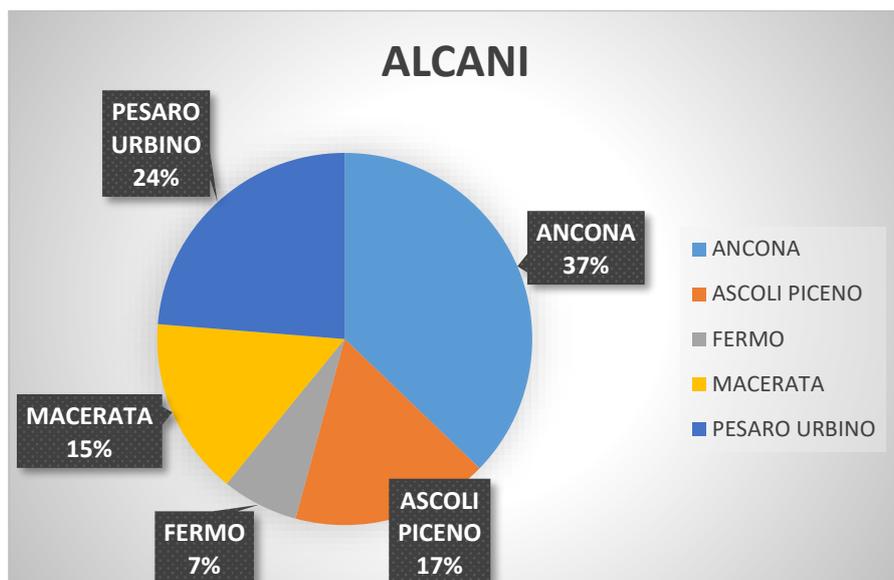
Tra le province non si evincono particolari differenze per quanto riguarda le percentuali dei vari gruppi di COVNM emessi. Si ha in tutte le province un'emissione di **alcheni** del 18% o 17% (solo la provincia di Ancona); un'emissione di **alcani** tra il 30 e il 32%; di **aldeidi** tra il 19 e 22%; di **chetoni** tra il 2 e 3% e di **alchini** del 3%.

Si registra solo una particolare differenza di emissione percentuale per gli **aromatici**. In particolare nella provincia di Ancona si ha un'emissione equivalente al 29% del totale di COVNM, mentre nelle altre province varia da un minimo del 23% (Macerata) ad un massimo del 26% (Fermo).

## 3.2 Contributi delle province all'emissioni di ogni gruppo di COVNM (alcani, alcheni, alchini, aromatici, chetoni, aldeidi)

### 3.2.1 Alcani

In figura 6 i contributi percentuali delle province all'emissione di alcani e in tabella 19 i valori di emissione in Mg di ogni provincia.



PROVINCE	ALCANI (Mg)
ANCONA	272,25
ASCOLI PICENO	124,2974
FERMO	48,27
MACERATA	112,97
PESARO URBINO	173,48

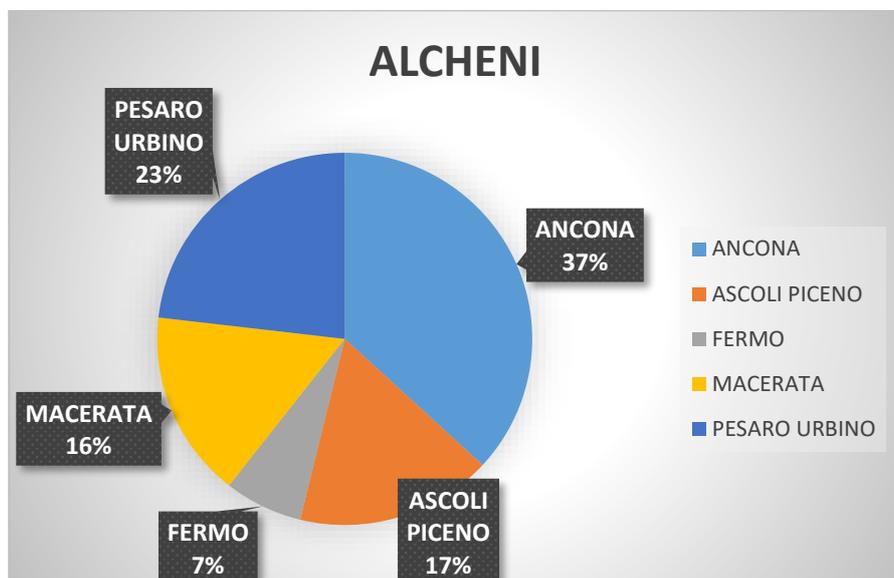
TABELLA 19

Alcani emessi dal settore trasporti stradali nelle province della regione Marche nell'anno 2016.

FIGURA 6 PERCENTUALE DEGLI ALCANI EMESSI DAL MACROSETTORE 7 DELLE PROVINCE SUL TOTALE DELLA REGIONE MARCHE NEL 2016

### 3.2.2 Alcheni

In figura 7 i contributi percentuali delle province all'emissione di alcheni e in tabella 20 i valori di emissione in Mg di ogni provincia.



PROVINCE	ALCHENI (Mg)
ANCONA	152,32
ASCOLI PICENO	70,11
FERMO	27,91
MACERATA	67,23
PESARO URBINO	95,71

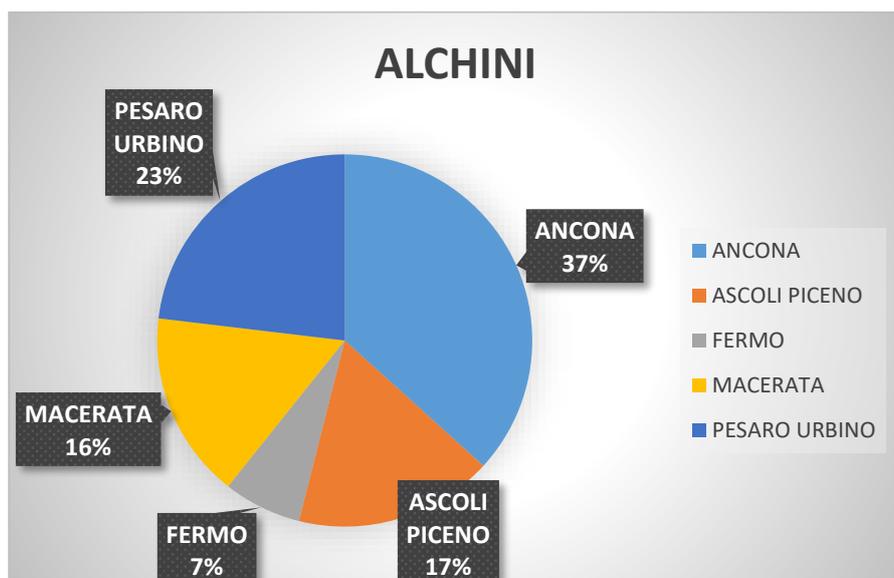
**TABELLA 20**

Alcheni emessi dal settore trasporti stradali nelle province della regione Marche nell'anno 2016.

**FIGURA 7 PERCENTUALE DEGLI ALCHENI EMESSI DAL MACROSETTORE 7 DELLE PROVINCE SUL TOTALE DELLA REGIONE MARCHE NEL 2016**

### 3.2.3 Alchini

In figura 8 i contributi percentuali delle province all'emissione di alchini e in tabella 21 i valori di emissione in Mg di ogni provincia.



PROVINCE	ALCHINI (Mg)
ANCONA	25,73
ASCOLI PICENO	12,02
FERMO	4,73
MACERATA	11,36
PESARO URBINO	16,17

**TABELLA 21**

Alchini emessi dal settore trasporti stradali nelle province della regione Marche nell'anno 2016.

**FIGURA 8 PERCENTUALE DEGLI ALCHINI EMESSI DAL MACROSETTORE 7 DELLE PROVINCE SUL TOTALE DELLA REGIONE MARCHE NEL 2016**

### 3.2.4 Aldeidi

In figura 9 i contributi percentuali delle province all'emissione di alcani e in tabella 22 i valori di emissione in Mg di ogni provincia.

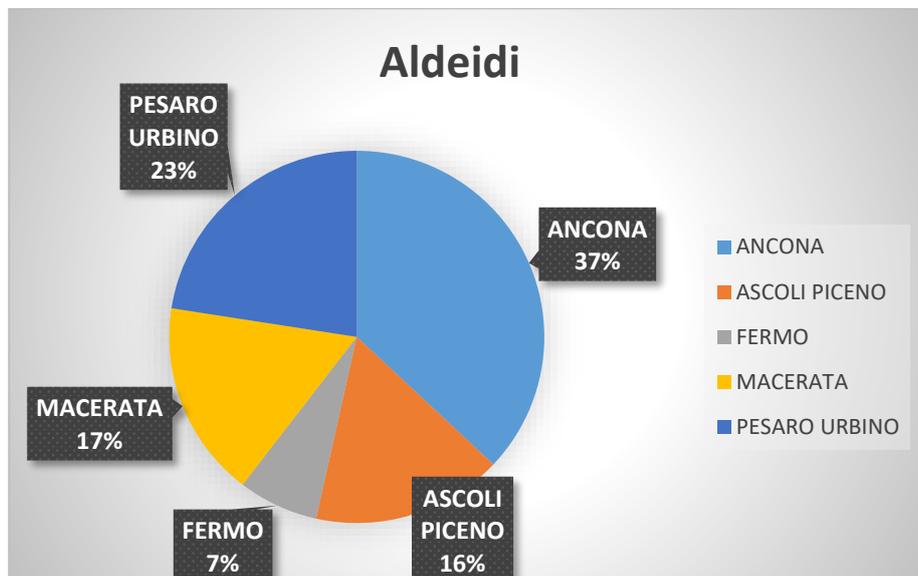


FIGURA 9 PERCENTUALE DEGLI ALDEIDI EMESSI DAL MACROSETTORE 7 DELLE PROVINCE SUL TOTALE DELLA REGIONE MARCHE NEL 2016

PROVINCE	ALDEIDI (Mg)
ANCONA	173,51
ASCOLI PICENO	77,24
FERMO	32,46
MACERATA	79,96
PESARO URBINO	105,65

TABELLA 22

Aldeidi emessi dal settore trasporti stradali nelle province della regione Marche nell'anno 2016.

### 3.2.5 Chetoni

In figura 10 i contributi percentuali delle province all'emissione di alcani e in tabella 23 i valori di emissione in Mg di ogni provincia.

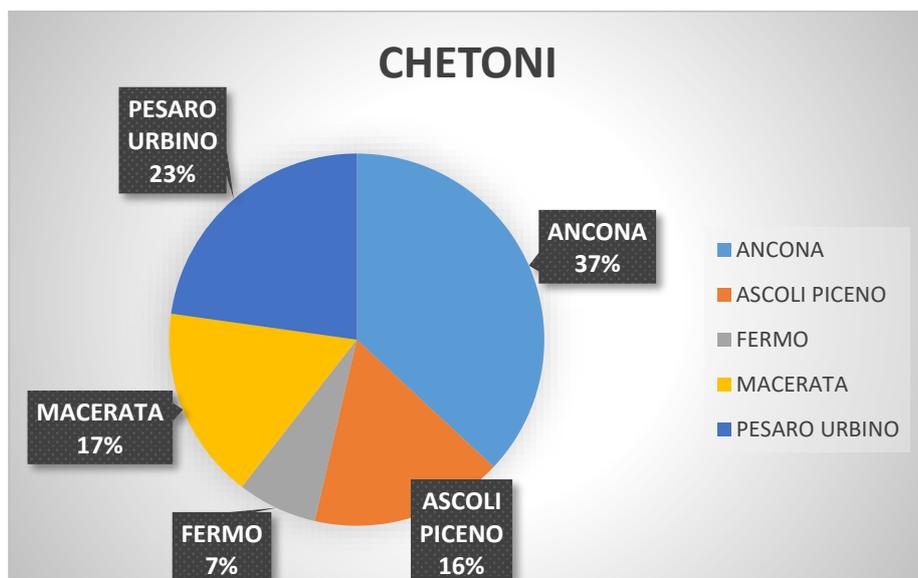


Figura 10 PERCENTUALE DEI CHETONI EMESSI DAL MACROSETTORE 7 DELLE PROVINCE SUL TOTALE DELLA REGIONE MARCHE NEL 2016

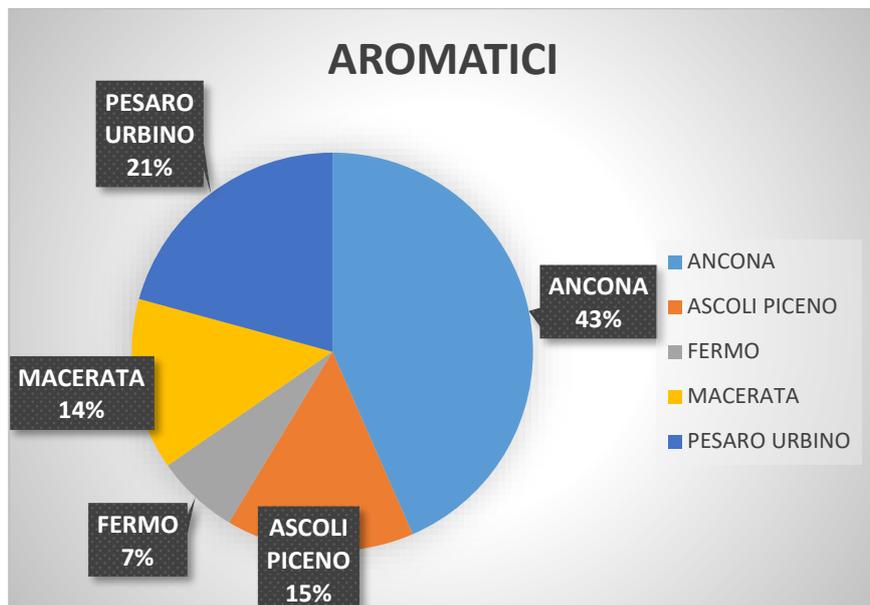
PROVINCE	CHETONI (Mg)
ANCONA	22,67
ASCOLI PICENO	10,19
FERMO	4,22
MACERATA	10,26
PESARO URBINO	13,95

TABELLA 23

Alcheni emessi dal settore trasporti stradali nelle province della regione Marche nell'anno 2016.

### 3.2.6 Aromatici

In figura 11 i contributi percentuali delle province all'emissione di alcani e in tabella 24 i valori di emissione in Mg di ogni provincia.



PROVINCE	AROMATICI (Mg)
ANCONA	271,23
ASCOLI PICENO	94,71
FERMO	41,83
MACERATA	87,13
PESARO URBINO	129,39

TABELLA 24

Alcheni emessi dal settore trasporti stradali nelle province della regione Marche nell'anno 2016.

FIGURA 11 PERCENTUALE DEGLI ALCHENI EMESSI DAL MACROSETTORE 7 DELLE PROVINCE SUL TOTALE DELLA REGIONE MARCHE NEL 2016

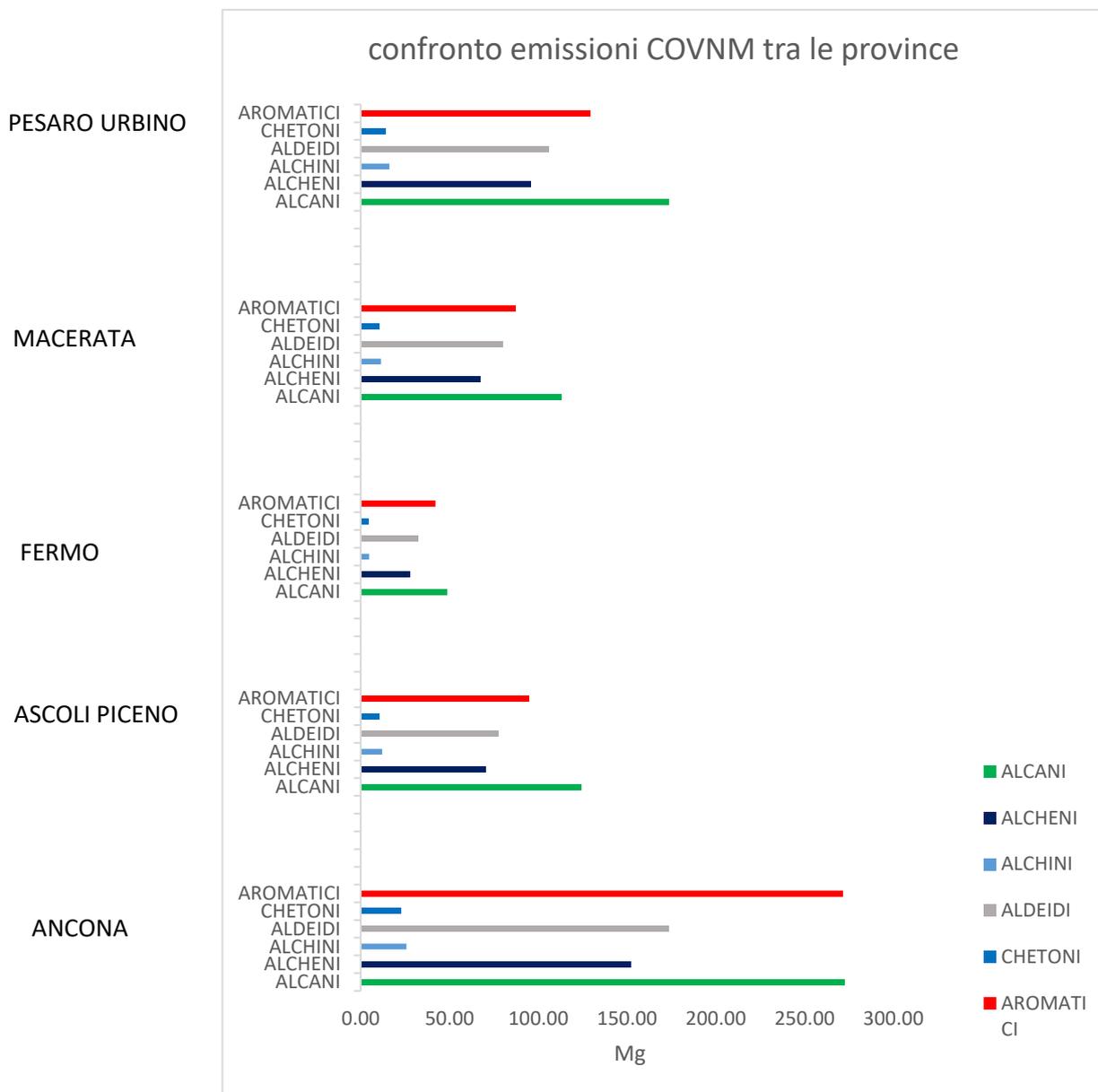
### 3.2.7 Risultati del confronto tra le province per le emissioni di uno specifico gruppo di COVNM

Anche qui si può notare l'assenza di particolari differenze percentuali di contribuzione alle emissioni dei vari gruppi di COVNM.

Ad esempio in tutti i gruppi **Fermo** contribuisce con il 7% del totale delle emissioni regionali dei gruppi di COVNM considerati. **Ascoli Piceno** contribuisce con il 17% dell'emissione di alcani, alcheni, alchini e con il 16% dei chetoni e aromatici della regione Marche. **Macerata** contribuisce con il 15% degli alcani emessi, il 16% di alcheni e alchini, il 17% di aldeidi e chetoni e il 14% di aromatici della regione Marche. **Ancona** contribuisce con il 37% per tutte le amissioni tranne che per gli aromatici, alle cui emissione contribuisce con un 43%. **Pesaro Urbino** contribuisce con 23% delle emissioni in tutti i gruppi tranne gli aromatici, alle cui emissioni contribuisce con il 21% al totale regionale.

### 3.2.8 Confronto emissioni COVNM tra le province

In figura 12 il confronto tra le emissioni dei gruppi di COVNM delle province, espresse in Mg.

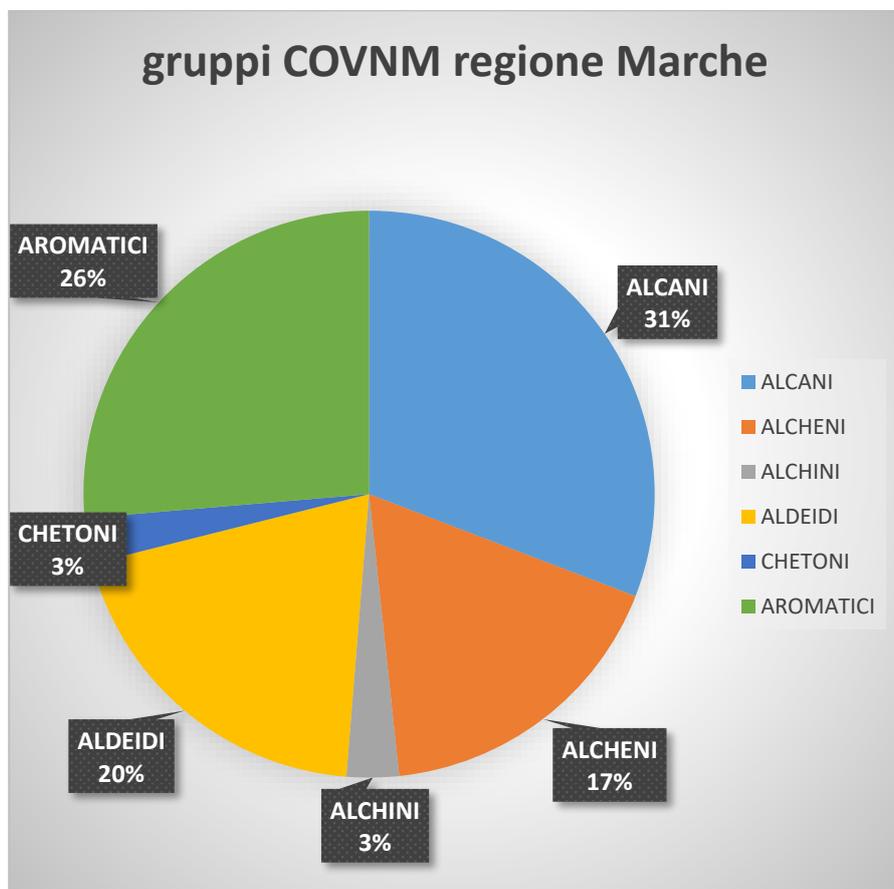


**FIGURA 12 CONFRONTO TRA LE EMISSIONI DEI GRUPPI DI COVNM DEL MACROSETTORE 7 DELLE PROVINCE DELLA REGIONE MARCHE**

Dai risultati si evince che le province di Ancona e Pesaro Urbino hanno le maggiori emissioni di tutti gruppi di COVNM con un'emissione complessiva di COVNM di 915.639 Mg e 569.867 Mg rispettivamente; mentre la provincia di Fermo risulta quella con meno emissioni complessive, 165.174 Mg.

### 3.2.9 Emissioni percentuali dei gruppi COVNM nella regione Marche

In figura 13 sono riportati i valori percentuali delle emissioni dei gruppi COVNM nella regione e in tabella sono riportati valori totali delle stesse in Mg.



Gruppi covnm	Quantità (Mg)
ALCANI	731,26
ALCHENI	413,28
ALCHINI	70,01
ALDEIDI	468,83
CHETONI	61,29
AROMATICI	624,29

**TABELLA 25 QUANTITÀ COVNM PER GRUPPO EMessa DAL SETTORE TRASPORTI STRADALI NELLA REGIONE MARCHE**

**FIGURA 13 EMISSIONI PERCENTUALI DEI GRUPPI DI COVNM DEL MACROSETTORE 7 NELLA REGIONE MARCHE**

Si nota che nella regione c'è prevalenza di emissioni di aromatici e alcani, che insieme compongono il 57% delle emissioni totali; mentre i chetoni e gli alchini sono i gruppi meno presenti, equivalenti al 6% dell'emissione totale di COVNM nella regione.

## Conclusioni

Nella speciazione chimica dei composti organici volatili non metanici (COVNM) derivanti dalle emissioni del Macrosettore 7 nella regione Marche, si fa riferimento ai dati relativi alle emissioni annuali per comune di COVNM e al parco veicolare regionale con dettaglio provinciale, valutati dal Gruppo di Ricerca Analisi Ambientali in Aria del Dipartimento di Ingegneria Industriale e Scienze Matematiche (DIISM), e alla guida all'inventario delle emissioni di inquinanti atmosferici European Monitoring and Evaluation Programme (EMEP), fornita dalla European Environment Agency (EEA), per le percentuali delle emissioni dei vari composti COVNM. Si sono prese in considerazione solo alcune tipologie di veicolo, che rappresentano la maggior parte del parco veicolare e che sono prevalentemente responsabili delle emissioni di COVNM, non considerando i veicoli ibridi e a metano

-*Passenger cars e light commercial vehicles* (LCV) (diesel, benzina, GPL): ovvero automobili e veicoli commerciali leggeri considerati insieme nel parco veicolare regionale.

- *high duty vehicles* (HDV) (diesel, benzina): ovvero i mezzi pesanti.

Dai dati, Ancona e Pesaro Urbino risultano le province che emettono maggiormente COVNM, con un'emissione annuale di 915.639 Mg e 569.867 Mg rispettivamente; mentre Fermo risulta la provincia con meno emissioni, 165.174 Mg.

Gi alcani sono il gruppo di COVNM con le emissioni più elevate (731.26 Mg), seguono gli aromatici (624.24Mg), aldeidi (468.83 Mg), alcheni (413.28 Mg), alchini (70.01), chetoni (61.29 Mg). In tutti i gruppi Fermo contribuisce con il 7% del totale delle emissioni regionali dei gruppi di COVNM considerati. Ascoli Piceno contribuisce con il 17% dell'emissione di alcani, alcheni, alchini e con il 16% dei chetoni e aromatici della regione Marche. Macerata contribuisce con il 15% degli alcani emessi, il 16% di alcheni e alchini, il 17% di aldeidi e chetoni e il 14% di aromatici della regione Marche. Ancona contribuisce con il 37% per tutte le amissioni tranne che per gli aromatici, alle cui emissione contribuisce con un 43%. Pesaro Urbino contribuisce con 23% delle emissioni in tutti i gruppi tranne negli aromatici, alle cui emissioni contribuisce con il 21% al totale regionale.

Tra le province non si evincono particolari differenze per quanto riguarda le percentuali dei vari gruppi di COVNM emessi. Si ha in tutte le province un'emissione di alcheni del 18% o 17% (solo la provincia di Ancona); di alcani tra il 30 e il 32%; di aldeidi tra il 19 e 22%; di chetoni tra il 2 e 3% e di alchini del 3%. In particolare la provincia di Ancona in percentuale emette più aromatici rispetto alle altre, con il 43% del totale degli aromatici emessi in tutta la regione. Un 29% delle sue emissioni sono aromatici, percentuale più alta rispetto alle altre province, dove al massimo si ha il 26%.

Dati da sottolineare in quanto gli aromatici comprendono molte sostanze tossiche o cancerogene come lo

stirene, che può reagire con ossidi di azoto o con ozono per produrre nuovi prodotti di ossidazione e aerosol secondari che possono causare sintomi di irritazione sensoriali, o il benzene, classificato dalla *Agency for Research on Cancer* (IARC) come gruppo 1, a cui appartengono tutte quelle sostanze per cui è stato accertato il potere carcinogeno nell'uomo (IARC, s.d.).

Inoltre è da osservare una prevalenza di emissioni in regione di aromatici e alcani con valori di 713.26 Mg e 624.24 Mg rispettivamente, che compongono il 57% delle emissioni totali di COVNM. Le province di Ancona e Pesaro Urbino insieme contribuiscono con il 64% e il 61% delle emissioni totali regionali rispettivamente degli aromatici e degli alcani.

## Bibliografia

(s.d.). Tratto da ministero della salute:

[http://www.salute.gov.it/imgs/C\\_17\\_opuscoliPoster\\_283\\_ulterioriallegati\\_ulterioreallegato\\_3\\_allerg.pdf](http://www.salute.gov.it/imgs/C_17_opuscoliPoster_283_ulterioriallegati_ulterioreallegato_3_allerg.pdf)

*Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale"*. (s.d.). Tratto da Gazzetta Ufficiale n. 88 del 14 aprile 2006 - Supplemento Ordinario n. 96. <http://www.camera.it/parlam/leggi/deleghe/06152dl.htm>.

*direttiva 93/59/CEE del Consiglio del 28 giugno 1993*. (s.d.). Tratto da direttiva 93/59/CEE del Consiglio del 28 giugno 1993, pubblicata nella Gazzetta Ufficiale n. L 186 del 28 luglio.

*direttiva 96/69/CE del Parlamento europeo*. (1996, ottobre 8). Tratto da Gazzetta Ufficiale n. L 100 del 18 aprile 1994.

*direttiva 98/69/ce del parlamento europeo e del consiglio*. (1998, ottobre 13). Tratto da Gazzetta ufficiale delle Comunità europee L 350/1 del 28/12/98.

IARC. (s.d.). *Benzene - IARC Monographs*. Tratto da <https://monographs.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/06/mono100F-24.pdf>

Ntziachristos, L., & Samaras, Z. e. (2018). *EMEP/EEA—Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2016*.

*Regolamento (CE) n. 715/2007 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 20 giugno 2007*. (s.d.). Tratto da Regolamento (CE) n. 715/2007 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 20 giugno 2007 , relativo all'omologazione dei veicoli a motore riguardo alle emissioni dai veicoli passeggeri e commerciali leggeri (Euro 5 ed Euro 6) e all'ottenimento di informazi.

*uni\_parma-Composti Organici Volatili (COV) e Idrocarburi*. (s.d.). Tratto da [http://www.dsa.unipr.it/trezzo/uni\\_parma/capitoli/inquinanti/cov\\_e\\_idrocarburi.htm](http://www.dsa.unipr.it/trezzo/uni_parma/capitoli/inquinanti/cov_e_idrocarburi.htm),